

**PRUEBAS DE TRACCIÓN A LA SOLDADURA DE PROBETAS DE ALUMINIO 6063  
BAJO LA NORMA ASME PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS MONOPLAZA  
DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO.**

**RUBY SHARAY ESTRADA CIFUENTES**

**INSTITUCIÓN UNIVERSIARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA SISTEMAS ELECTROMECAÓNICOS  
MEDELLÍN  
2023**

**PRUEBAS DE TRACCIÓN A LA SOLDADURA DE PROBETAS DE ALUMINIO 6063  
BAJO LA NORMA ASME PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS MONOPLAZA  
DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO.**

**RUBY SHARAY ESTRADA CIFUENTES**

**Trabajo de grado para optar al título de tecnólogo en sistemas electromecánicos**

**Asesor técnico**

**William Orozco Murillo**

**MSc Gestión Energética Industrial**

**Asesor metodológico**

**Elkin Mauricio González Montoya**

**Ingeniero Mecánico**

**INSTITUCIÓN UNIVERSIARIA PASCUAL BRAVO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ELECTROMECÁNICOS**

**MEDELLÍN**

**2023**

## Contenido

1.1 .....	1
Resumen .....	11
Abstract.....	12
Glosario .....	13
Introducción.....	1
Planteamiento del problema .....	2
1. Descripción .....	2
1.1. Formulación .....	3
1.2. Justificación .....	4
2. Objetivos.....	5
2.1. Objetivo general .....	5
2.2. Objetivos específicos.....	5
3. Referentes teóricos .....	6
3.1. Primer tema de saberes.....	6
<b>3.2. Definición de prueba de tracción .....</b>	<b>7</b>
3.3. Módulo de elasticidad:.....	8
3.4. Fórmula y cálculo de resistencia a la tracción:.....	9
3.5. Esfuerzo y deformación.....	10
3.5.3. ¿Cuáles son los tipos de ensayos de tracción?.....	13
3.5.4. Curva de tensión-deformación.....	13
4. Material.....	14
4.1. Aluminio 7075.....	14
6. Definición de chasis.....	20

6.1. Tipos de chasis.....	21
6.1.3. Cargas ejercidas sobre el chasis.....	23
8. Soladura.....	25
10. Probeta.....	27
11. ¿Qué es el Código ASME?.....	28
12. Zona Afectada Térmicamente .....	29
14. Tipo de proyecto .....	33
15. Método .....	34
15.1. Instrumentos de recolección de información. ....	36
15.1.1. Fuentes primarias .....	36
15.1.2. Fuentes secundarias .....	37
16. Resultados.....	38
20. Conclusiones.....	86
Recomendaciones .....	87
Referencias bibliográficas .....	89

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Componentes químicos aluminio 7075 .....	16
Tabla 2 Propiedades físicas del aluminio 7075 .....	16
Tabla 3 Propiedades físicas del aluminio 6063 .....	18
Tabla 4 Propiedades Mecánica Aluminio 6063.....	19
Tabla 5 Propiedades química Aluminio 6063 .....	19
Tabla 6 Medidas de tubería .....	20
Tabla 7 Cronograma de preparación .....	39
Tabla 8 Resultados/ productos esperados .....	40
Tabla 9 Materiales .....	43
Tabla 10 Amperaje y voltaje de soldadura.....	47
Tabla 11 Comparación probetas finalizada fase de soldadura y emparejada .....	53
Tabla 12 Resultados de prueba de tracción .....	74
Tabla 13 Resultados de carga máxima .....	75
Tabla 14 Conclusión probeta con mas resistencia.....	76
Tabla 15 Conclusión probetas con resistencia similar.....	77
Tabla 16 Conclusión probeta con menos resistencia.....	78
Tabla 17 Resultados pruebas de tracción .....	84

## Lista de ecuaciones

Ecuación 1 Formulas modulo Elástico .....	9
Ecuación 2 Formulas modulo Elástico .....	9
Ecuación 3 Formulas modulo Elástico .....	10
Ecuación 4 Formulas esfuerzo y deformación .....	12

## Lista de figuras

Figuras 3-1 Maquina ensayo e tracción.....	7
Figuras 3-2 Ficha Técnica máquina de tracción.....	8
Figuras 3.5.4-1 Curva de deformación.....	14
Figuras 6-1 Estructura de Chasis.....	21
Figuras 6.1-1 Estructura de Chasis tubular.....	22
Figuras 6.1-2 Chasis Monocasco.....	23
Figuras 8-1 Chasis Monocasco.....	26
Figuras 10-1 Probeta.....	27
Figuras 11-1 Tension- full section.....	28
Figuras 12-1 Zona térmica.....	30
Figuras 12-2 Fusión.....	31
Figuras 12-3 Efecto ZAT.....	31
Figuras 16-1 Herramientas de medidas.....	41
Figuras 16-2 Fabricación acoples.....	42
Figuras 16-3 Acoples.....	43
Figuras 16-4 Tubería bajo norma ASME.....	44
Figuras 16-5 Corte de tubería.....	45
Figuras 16-6 Tubería.....	46
Figuras 16-7 Herramienta.....	46
Figuras 16-8 Módulo de soldadura.....	48
Figuras 16-9 Ensayo de soldadura (vista exterior).....	49
Figuras 16-10 Ensayo de soldadura (vista interior).....	50
Figuras 16-11 Tubería definitiva.....	51
Figuras 16-12 Calculo tubería.....	56
Figuras 16-13 Máquina para realizar prueba de tracción.....	57
Figuras 16-14 Programación ingresada en el software.....	58
Figuras 16-15 Software para realización de la prueba.....	59

Figuras 16-16 Ensayo tubería 1 con soldadura.....	60
Figuras 16-17 Resultado tubería 1 con soldadura D X T .....	61
Figuras 16-18 Resultado tubería 1 con soldadura D X F .....	61
Figuras 16-19 Montaje tubería 1 con soldadura .....	62
Figuras 16-20 Fractura tubería 1 con soldadura vista interna .....	62
Figuras 16-21 Ensayo tubería 2 con soldadura.....	63
Figuras 16-22 Resultado tubería 2 con soldadura D X T .....	64
Figuras 16-23 Resultado tubería 2 con soldadura D X F .....	64
Figuras 16-24 Montaje tubería 2 con soldadura .....	65
Figuras 16-25 Fractura tubería 2 con soldadura vista frente .....	65
Figuras 16-26 Fractura tubería 2 con soldadura vista interna .....	66
Figuras 16-27 Ensayo tubería 3 con soldadura.....	67
Figuras 16-28 Resultado tubería 3 con soldadura D X T .....	68
Figuras 16-29 Resultado tubería 3 con soldadura D X F .....	68
Figuras 16-30 Fractura tubería 3 con soldadura vista frente .....	69
Figuras 16-31 Fractura tubería 3 con soldadura vista interna .....	69
Figuras 16-32 Ensayo tubería 4 con soldadura.....	70
Figuras 16-33 Resultado tubería 4 con soldadura D X T .....	71
Figuras 16-34 Resultado tubería 4 con soldadura D X F .....	71
Figuras 16-35 Montaje tubería 4 con soldadura .....	72
Figuras 16-36 Fractura tubería 4 con soldadura vista frente .....	72
Figuras 16-37 Fractura tubería 4 con soldadura vista interna .....	73
Figuras 16-38 Propiedades mecánicas y composición química del aluminio .....	79
Figuras 16-39 Ensayo tubería sin soldadura.....	81
Figuras 16-40 Resultado tubería sin soldadura D X T .....	82
Figuras 16-41 Resultado tubería sin soldadura D X F.....	82
Figuras 16-42 Montaje tubería sin soldadura .....	83
Figuras 16-43 Fractura tubería sin soldadura .....	83



## **Lista de ilustración**

Ilustración 1 Método.....	35
Ilustración 2 Diagrama de flujo .....	40
Ilustración 3 Formato datos de soldadura.....	55

## **Lista de anexos**

Anexo 1 Propiedades mecánicas y composición química del aluminio 6066 T1 .....	91
Anexo 2 Mordazas de máquina de tracción para agarre de probetas .....	92
Anexo 3 Máquina de tracción SHIMADZU.....	93

## **Resumen**

# **PRUEBAS DE TRACCIÓN A LA SOLDADURA DE PROBETAS DE ALUMINIO 6063 BAJO LA NORMA ASME PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS MONOPLAZA DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO.**

**RUBY SHARAY ESTRADA CIFUENTES**

El objetivo principal de este trabajo de grado es abordar una necesidad fundamental en la Institución Universitaria Pascual Bravo, que consiste en la participación de estudiantes, docentes y administrativos en competencias nacionales e internacionales de vehículos de tracción eléctrica construidos bajo la estructura de un chasis monoplaça. Con el fin de analizar las posibilidades de construcción de este chasis utilizando aluminio, se ha planteado realizar un estudio investigativo y práctico. En este estudio, se busca cumplir con las normas establecidas por los eventos para garantizar la seguridad de los participantes de la institución. Además, se implementarán las normas y estándares recomendados por el área de ingeniería para lograr un desarrollo óptimo del proceso de construcción y análisis.

El proyecto se centrará en la realización de probetas, en las cuales se definirán los parámetros de soldadura. A través de pruebas de tracción aplicadas a estructuras compuestas por 4 tubos de aluminio, se analizará la resistencia de las soldaduras, con el objetivo de determinar si el aluminio es un material adecuado para la construcción de chasis monoplaça en competencias de vehículos eléctricos.

***Palabras claves:*** Aluminio, Chasis, Competencia, Ingeniería, tracción, Pruebas, Norma ASME

## **Abstract**

The main objective of this undergraduate project is to address a fundamental need at the Pascual Bravo University Institution, which involves the participation of students, teachers, and administrators in national and international competitions of electric traction vehicles built under the structure of a monoplace chassis. In order to analyze the possibilities of constructing this chassis using aluminum, it has been proposed to carry out an investigative and practical study. This study aims to comply with the established regulations for the events to ensure the safety of the institution's participants. Additionally, the engineering department's recommended standards and norms will be implemented to achieve an optimal development of the construction and analysis process.

The project will focus on conducting tests on test specimens, in which welding parameters will be defined. Through tensile tests applied to structures composed of 4 aluminum tubes, the strength of the welds will be analyzed with the objective of determining if aluminum is a suitable material for the construction of monoplace chassis in electric vehicle competitions.

**Keywords:** Aluminum, Chassis, Competition, Engineering, ttraction, Tests, Standard ASME

## Glosario

### Primer término:

**Chasis:** Armazón del automóvil que soporta la carrocería.

**Deformar:** Hacer que algo pierda su forma regular o natural.

**Elasticidad:** Propiedad general de los cuerpos sólidos, en virtud de la cual recobran más o menos completamente su extensión y forma, tan pronto como cesa la acción de la fuerza que las deformaba.

**Ingeniería:** Conjunto de conocimientos orientados a la invención y utilización de técnicas para el aprovechamiento de los recursos naturales o para la actividad industrial.

**Investigación:** Investigación que tiene por fin ampliar el conocimiento científico, sin perseguir, en principio, ninguna aplicación práctica.

**Norma:** Regla que se debe seguir o a que se deben ajustar las conductas, tareas, actividades, entre otros.

**Porosidad:** La porosidad es contaminación del metal de soldadura en forma de un gas atrapado.

**Probeta:** Muestra de cualquier sustancia o material para probar su elasticidad, resistencia.

**Rotura:** Acción y efecto de romper o romperse.

**Soldar:** Pegar y unir sólidamente dos cosas, o dos partes de una misma cosa, normalmente con alguna sustancia igual o semejante a ellas.

**Tubo:** Pieza hueca, de forma por lo común cilíndrica y generalmente abierta por ambos extremos.

**Zona térmica:** Es el área en una pieza de acero que se afecta cuando se realizan procesos de soldadura o de corte de materiales que implican aplicar calor para realizar la soldadura o el corte.

**Segundo término:**

**Área:** Superficie comprendida dentro de un perímetro.

**Aleación:** Producto homogéneo, obtenido por fusión, compuesto de dos o más elementos químicos, uno de los cuales, al menos, debe ser un metal.

**Construir:** Acción y efecto de construir.

**Criterio:** Juicio o discernimiento.

**Diámetro:** Recta que une dos puntos de una circunferencia, una curva cerrada o una esfera, pasando por su centro.

**Ensayar:** Probar, reconocer algo antes de usarlo.

**Estándar:** Que sirve como tipo, modelo, norma, patrón o referencia.

**Estructura:** Disposición o modo de estar relacionadas las distintas partes de un conjunto.

**Máquina:** Conjunto de aparatos combinados para recibir cierta forma de energía y transformarla en otra más adecuada, o para producir un efecto determinado.

**Material:** Elemento o combinación de elementos, generalmente en estado sólido, que se utiliza para cubrir necesidades específicas.

**Monoplaza:** Dicho de un vehículo: Que tiene una sola plaza.

## **Introducción**

En la actualidad, la Institución Universitaria Pascual Bravo se encuentra participando en eventos nacionales de vehículos eléctricos, con la ambición de expandir su presencia y competir a nivel internacional en un futuro cercano. Ante este desafío, surge la necesidad imperante de cumplir rigurosamente con los reglamentos establecidos por las competencias, especialmente en lo que respecta a la fabricación de cada vehículo que será presentado. El objetivo primordial es salvaguardar la vida de los pilotos que deseen formar parte de estas competencias.

Con este propósito en mente, se llevará a cabo una exhaustiva serie de ensayos de tracción para determinar los parámetros necesarios que la ingeniería demanda. Estos parámetros serán empleados en el diseño de un chasis monoplaza eléctrico, cuya premisa fundamental será la de cumplir con altos estándares de resistencia y seguridad durante la participación en dichas competencias. El alcance último de este proyecto radica en proporcionar a la comunidad estudiantil una herramienta investigativa de gran relevancia, que contribuya significativamente a la construcción de chasis monoplaza eléctricos capaces de competir a nivel nacional e internacional, sin verse afectados por posibles penalizaciones derivadas del incumplimiento de las normativas establecidas por la ingeniería.

De esta manera, el trabajo se concibe no solo como una mera cumplimentación de requisitos reglamentarios, sino como una verdadera oportunidad de investigación que empodere a los estudiantes y promueva un desarrollo excepcional en el ámbito de los vehículos eléctricos de competición, con énfasis en su competitividad y seguridad. Este proyecto, por su naturaleza y envergadura, desempeñará un papel fundamental en la configuración de un futuro exitoso y trascendente para la participación de la Institución Universitaria Pascual Bravo en el emocionante mundo de las competencias de vehículos eléctricos

## **Planteamiento del problema**

### **1. Descripción**

La problemática principal que impulsa este proyecto radica en la necesidad de abordar los desafíos de construcción de un chasis para vehículos de tracción eléctrica destinados a competencias nacionales e internacionales en representación de la Institución Universitaria Pascual Bravo. Es fundamental garantizar que el chasis cumpla con los estándares de resistencia y seguridad establecidos por las competencias, así como cumplir con los requisitos de las normativas vigentes.

La construcción de un chasis para competencias de vehículos eléctricos implica superar múltiples obstáculos técnicos y normativos. Uno de los principales desafíos es la soldadura, donde se deben establecer los parámetros adecuados para lograr uniones sólidas y confiables. Es esencial determinar los mejores parámetros de soldadura, incluyendo el tipo de aporte, los materiales de relleno y los procesos utilizados, para garantizar la resistencia y durabilidad del chasis durante las competencias.

Además, se requiere realizar pruebas de tracción exhaustivas para evaluar la resistencia de las soldaduras y garantizar que el chasis pueda soportar las cargas y condiciones extremas a las que estará expuesto durante las competencias. Estas pruebas permitirán identificar los parámetros de soldadura más eficientes y confiables, proporcionando una guía precisa para la construcción del chasis.

La falta de un enfoque adecuado en la determinación de los parámetros de soldadura y la falta de pruebas de tracción rigurosas podrían llevar a la construcción de un chasis inadecuado, que no cumpla con los requisitos de resistencia y seguridad. Esto podría resultar en la exclusión del vehículo de las competencias o, peor aún, poner en peligro la integridad física del piloto.

Por lo tanto, este proyecto se propone abordar esta problemática a través de un estudio exhaustivo de los parámetros de soldadura y la realización de pruebas de tracción rigurosas. El objetivo es proporcionar una guía confiable y precisa para la construcción del chasis de vehículos eléctricos,



asegurando su resistencia, durabilidad y seguridad durante las competencias nacionales e internacionales. Al superar esta problemática, se sentarán las bases para el éxito y la excelencia de la participación de la Institución Universitaria Pascual Bravo en el emocionante mundo de las competencias de vehículos eléctricos

### **1.1. Formulación**

¿Un chasis de un monoplaza para competencias realizado por estudiantes de la Institución Universitaria Pascual Bravo cumplirá con los requisitos de resistencia establecidos de la norma ASME para la soldadura en una probeta de aluminio 6063?

## 1.2. Justificación

La Institución Universitaria Pascual Bravo tiene como objetivo participar en competencias nacionales e internacionales de vehículos monoplaza eléctricos, y para lograrlo es imprescindible cumplir con los requisitos y parámetros establecidos por estas competencias. Uno de los aspectos críticos que ha sido identificado como determinante para el éxito en estas competencias es la construcción del chasis, especialmente en lo que respecta a los parámetros de soldadura y la resistencia estructural.

El propósito principal de este proyecto es establecer los parámetros de soldadura óptimos y realizar pruebas de tracción exhaustivas que permitan determinar la resistencia y durabilidad del chasis. Estos parámetros de soldadura serán fundamentales para guiar el diseño y la construcción de futuros vehículos de competencia, asegurando que cumplan con los estándares de calidad y seguridad requeridos.

Las pruebas de tracción jugarán un papel crucial en la evaluación de la resistencia del chasis, permitiendo identificar los límites de carga que puede soportar y garantizando su integridad estructural durante las competencias. Mediante la realización de estas pruebas, se podrá analizar y comparar diferentes configuraciones de soldadura y técnicas, con el fin de determinar cuáles son los más eficientes y confiables en términos de resistencia y seguridad.

Al enfocarnos en el establecimiento de los parámetros de soldadura y la realización de pruebas de tracción rigurosas, este proyecto busca proporcionar una guía precisa y fundamentada para la construcción de chasis de vehículos monoplaza eléctricos destinados a competencias. Al hacerlo, se contribuirá a garantizar la seguridad de los competidores y a evitar penalizaciones por incumplimiento de los estándares establecidos. Además, se brindará a la Institución Universitaria Pascual Bravo una herramienta de investigación invaluable que fomentará la excelencia en la construcción de chasis para competencias nacionales e internacionales de vehículos eléctricos

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

Realizar pruebas de tracción en 4 probetas de aluminio 6063 bajo la norma ASME e implementación de parámetros de soldadura para la construcción de un chasis monoplaza de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

### **2.2. Objetivos específicos**

1. Fabricar las 4 probetas de aluminio bajo las especificaciones establecidas en la norma ASME y ensayos de parámetros de soldadura.
2. Realizar los ensayos destructivos de tracción en la máquina SHIMADZU.
3. Comparar los resultados del ensayo a tracción con el fin de identificar la probeta con mayor resistencia mecánica en la zona soldada.

### 3. Referentes teóricos

#### 3.1. Primer tema de saberes

El chasis de un vehículo monoplaza es un componente crucial para garantizar la integridad del piloto ante posibles eventos fortuitos en competencias nacionales e internacionales. En la actualidad, la mayoría de estos vehículos emplean elementos estructurales capaces de soportar las diversas cargas a las que están sometidos. Por lo tanto, es fundamental definir el límite de rotura en varias de las funciones principales para optimizar el chasis utilizando el material de aluminio 6063.

La resistencia y la rigidez son criterios primordiales en el diseño del chasis. Mediante estudios, se ha identificado la posibilidad de optimizar factores como el peso y los valores de tensión-deformación utilizando dos técnicas de optimización estándar: el boxeo y el refuerzo. Estas técnicas serán aplicadas en el diseño del chasis. Las pruebas se realizarán utilizando dos aleaciones diferentes: magnesio y silicio.

La estructura del chasis está conformada por una serie de tuberías principales y secundarias que se unen para formar un vínculo. Es esencial que este vínculo cumpla con un sistema antivuelco eficiente para brindar una mejor protección lateral. Dicho sistema debe estar compuesto por un mínimo de tres elementos ubicados estratégicamente en el chasis. Además, se requiere una protección frontal que también deberá contar con un mínimo de tres elementos en cada lado del vehículo, garantizando así la formación de un triángulo de vida correcto. Estos elementos se unirán mediante una soldadura adecuada para el material de aluminio, asegurando su integridad y evitando fracturas (ver figura del monoplaza).

En el desarrollo de la prueba de tracción, se debe tener en cuenta el tipo de soldadura que se aplicará en la probeta, ya que esto también determinará el límite de fractura en su estructura.

La optimización de un chasis se logra al encontrar un equilibrio entre el peso y la rigidez. Es necesario realizar un estudio exhaustivo de tensiones y deformaciones para lograr un mejor

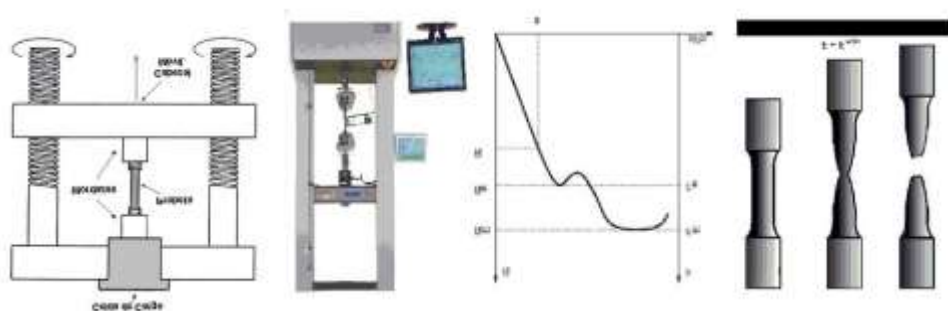
rendimiento. Con el objetivo de mejorar la eficiencia de los chasises, se utilizan nuevos materiales como el aluminio 6063, que ofrece propiedades favorables para este propósito.

Es importante destacar que esta prueba de tracción no tendría un objetivo claro si el chasis no cumpliera con su finalidad principal, que es brindar seguridad al piloto durante las competencias

A continuación, se proporcionarán definiciones de los términos claves y relevantes que deben tenerse en cuenta para comprender y desarrollar el proyecto

### 3.2. Definición de prueba de tracción

El ensayo de tracción es uno de los tipos de pruebas mecánicas más importantes y comunes. Una prueba de tracción aplica una fuerza a un material y mide la respuesta de la muestra a la tensión. Esta prueba es fundamental para la determinación de algunas características principales de un material. en forma de probetas bajo la norma ASME, se somete a tracción en una máquina NDS marca Shimazu, que aplica a los extremos de estas 2 fuerzas iguales y opuestas que aumentan lentamente con el tiempo. Se registran los esfuerzos unitarios (relación entre la fuerza aplicada y la sección inicial de la probeta) y las deformaciones (relación entre el alargamiento del tramo útil de la probeta y su longitud inicial), y los datos correspondientes permitirán determinar la resistencia.



*Figuras 3-1 Maquina ensayo e tracción*

Figura 1: Maquina ensayo e tracción

Fuente: <https://www.areatecnologia.com/materiales/ensayo-de-traccion.htm>



Figuras 3-2 Ficha Técnica máquina de tracción

Figura 2: Ficha Técnica maquina de tracción

Fuente: Propia

### 3.3. Módulo de elasticidad:

El módulo elástico, también conocido como módulo de elasticidad, es una medida de la resistencia de un objeto o sustancia a deformarse elásticamente cuando se le aplica una tensión. Representa la relación entre las cargas aplicadas y las deformaciones resultantes durante el período elástico de proporcionalidad.

Se define como la pendiente de la curva tensión-deformación en la región elástica de un material. Un material con un módulo elástico mayor es considerado más rígido, ya que requiere una mayor fuerza para producir una deformación elástica.

El módulo elástico está estrechamente relacionado con la energía de enlace de los átomos en el material. Si la gráfica de carga-desplazamiento muestra una pendiente pronunciada en la zona de equilibrio, esto indica que se necesitan grandes fuerzas para separar los átomos y permitir la deformación elástica. Por lo tanto, un material con un módulo de elasticidad alto posee una mayor resistencia a la deformación elástica. Referencia: Akash Singh (2016)

### 3.4. Fórmula y cálculo de resistencia a la tracción:

**Módulo Elástico:** El módulo de elasticidad longitudinal es una constante (para valores de tensión dentro del rango de reversibilidad completa de deformaciones). En este caso su valor se define mediante el coeficiente de la tensión y de la deformación que aparecen en una barra recta estirada que esté fabricada en el material para el cual pretendemos estimar el módulo de elasticidad:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/S}{\Delta L/L}$$

Donde:

$E$  es el módulo de elasticidad longitudinal.

$\sigma$  es la tensión sobre la barra usada para determinar el módulo de elasticidad.

$\epsilon$  es la deformación unitaria en cualquier punto de la barra.

*Ecuación 1 Formulas modulo Elástico*

Ecuación 1. Formulas modulo Elástico

Fuente: <https://modulos10.com/elasticidad/modulo-de-elasticidad-del-aluminio/>

La ecuación anterior se puede expresar también como:

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

*Ecuación 2 Formulas modulo Elástico*

Ecuación 2. Formulas modulo Elástico

Fuente: <https://modulos10.com/elasticidad/modulo-de-elasticidad-del-aluminio/>

$$E_{sec} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon}$$

Donde:

$E_{sec}$  es el módulo de elasticidad secante.  
 $\Delta\sigma$  es la variación del esfuerzo aplicado  
 $\Delta\epsilon$  es la variación de la deformación unitaria

*Ecuación 3 Formulas modulo Elástico*

Ecuación 3. Formulas modulo Elástico

Fuente: <https://modulos10.com/elasticidad/modulo-de-elasticidad-del-aluminio/>

### 3.5. Esfuerzo y deformación

La resistencia de los materiales es un aspecto crucial a considerar al seleccionar materiales para aplicaciones de ingeniería, como estructuras o elementos sometidos a fuerzas actuantes, como un chasis monoplaza de competencia.

El proceso de selección implica el estudio, análisis y pruebas de los materiales. Una prueba común utilizada es la prueba de tracción, que evalúa la resistencia a la tracción de un material.

La resistencia a la tracción se refiere a la capacidad de un material para resistir las fuerzas de tracción sin deformarse permanentemente. Esta propiedad es esencial para determinar la idoneidad de un material en un proyecto de ingeniería.

Durante la prueba de tracción, se somete una muestra del material a fuerzas de tracción gradualmente crecientes, registrando el esfuerzo (fuerza aplicada por unidad de área transversal) y la deformación (cambio en la longitud de la muestra) resultantes.

La relación entre el esfuerzo y la deformación proporciona información sobre las propiedades mecánicas del material, como su módulo de elasticidad, límite elástico y resistencia última.



Considerar la resistencia de los materiales y realizar pruebas de tracción es fundamental para asegurar un rendimiento óptimo y la integridad estructural en proyectos de ingeniería.

Referencia: 2023 StudeerSnel B.V., Keizersgracht 424, 1016 GC Amsterdam

### **3.5.1. ¿Qué es el esfuerzo?**

En ciencia de los materiales, el esfuerzo se refiere a la distribución interna de fuerzas dentro de un material en respuesta a una carga aplicada. También se puede entender como la fuerza interna por unidad de área que actúa en el material.

El esfuerzo se expresa en unidades de fuerza divididas por unidades de área, como pascal (Pa) en el sistema internacional. Se calcula dividiendo la fuerza aplicada sobre una sección transversal del material por el área de esa sección.

El esfuerzo puede tener diferentes componentes, como el esfuerzo normal o axial, que actúa en la dirección perpendicular a la sección transversal, y el esfuerzo cortante o de corte, que actúa en un plano paralelo a la sección transversal.

Comprender el esfuerzo es fundamental en el diseño y análisis de estructuras y componentes, ya que permite evaluar la capacidad de un material para resistir las fuerzas aplicadas sin deformarse o fallar. Además, el estudio de los esfuerzos ayuda a determinar los límites de carga seguros y a seleccionar materiales adecuados para una aplicación específica.

Referencia: "Introduction to the Mechanics of Materials" de William F. Riley, Leroy D. Sturges y Don H. Morris.

### 3.5.2. ¿Qué es la deformación?

Es el cambio de la forma original que sufre un material al estar sometido a esfuerzos. Cabe mencionar que existen dos tipos de deformación: las deformaciones elásticas y plásticas.

Las deformaciones elásticas se presentan cuando un material deformado aún conserva sus propiedades de elasticidad que tratan de recuperar la forma original de un material.

Las deformaciones plásticas son aquellas deformaciones permanentes, en las que un material pierde sus propiedades elásticas y se comporta plásticamente.

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

**Donde:**

$\sigma$  = *Esfuerzo*

$\epsilon$  = *Deformación unitaria*

$P$  = *Carga aplicada*

$A_0$  = *Área de sección transversal inicial*

$\Delta L$  = *Variación de longitud*

$L_0$  = *Longitud inicial*

*Ecuación 4 Formulas esfuerzo y deformación*

Ecuación 4. Formulas esfuerzo y deformación

Fuente: <https://deingenierias.com/el-acero/diagrama-esfuerzo-deformacion/>

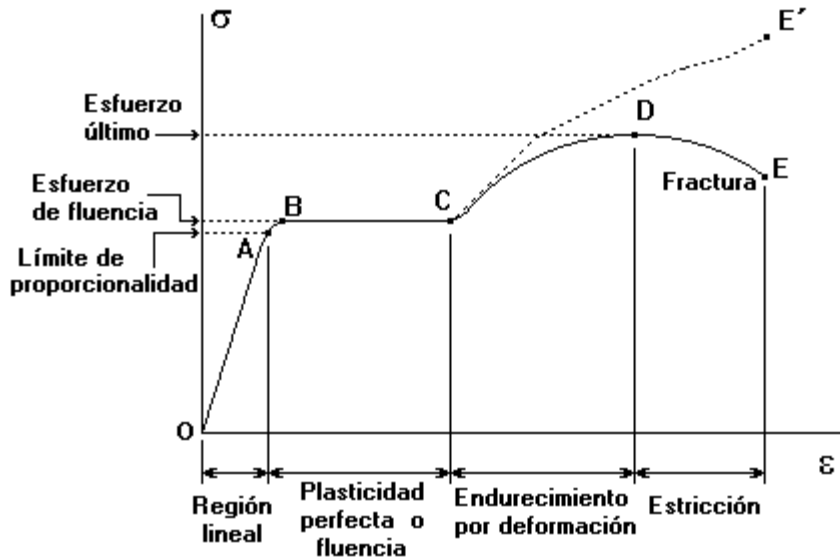
### 3.5.3. ¿Cuáles son los tipos de ensayos de tracción?

- La prueba de tracción se puede clasificar en los siguientes tipos según los propósitos que se enumeran a continuación:
- Bajo una carga en continuo aumento (suave): prueba clásica de tracción casi estática.
- Bajo carga de reposo constante (estática): prueba de tracción estática.
- Bajo carga alterna para la determinación de la curva de deformación por tensión cíclica: LCF (fatiga de ciclo bajo).
- A temperatura ambiente (10 a 35 °C): Ensayo de tracción estándar.
- A temperaturas elevadas (demasiado por encima de 1000 °C): Prueba de tracción a temperatura elevada o prueba de tracción en caliente.
- A bajas temperaturas o prueba de tracción a temperatura criogénica (hasta -269°C).
- A velocidades de prueba muy bajas: pruebas de fluencia.

### 3.5.4. Curva de tensión-deformación

Las curvas de tensión y deformación resaltan la deformación del material en respuesta a aplicaciones de carga de tracción, compresión o torsión. Según el material que se esté probando (ya sea frágil o dúctil) una curva de tensión y deformación puede indicar las propiedades clave del material, incluida su región elástica, la región plástica, el límite elástico y la resistencia máxima a la tracción.

La curva de tensión-deformación proporciona una larga lista de parámetros importantes necesarios para el diseño de la aplicación.



Figuras 3.5.4-1 Curva de deformación

Figura 3. Curva de deformación

Fuente: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Curva-tipica-Esfuerzo-Deformacion-de-un-material\\_fig1\\_267511738](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Curva-tipica-Esfuerzo-Deformacion-de-un-material_fig1_267511738)

## 4. Material

### 4.1. Aluminio 7075

El aluminio 7075 es una aleación de aluminio que es ampliamente reconocida por su alta resistencia y excelente rendimiento en aplicaciones estructurales y aeroespaciales. A continuación, te proporciono información sobre el aluminio 7075:

**Composición química:** El aluminio 7075 pertenece a la serie de aleaciones de aluminio-zinc, y su composición química típica incluye aproximadamente un 90% de aluminio, un 5,6% de zinc, un 2,5% de cobre, un 1,6% de magnesio y trazas de otros elementos.

**Propiedades mecánicas:** El aluminio 7075 es conocido por su alta resistencia a la tracción y su excelente relación resistencia-peso. Tiene una resistencia a la tracción que supera los 570 MPa (megapascales) y una alta resistencia a la fatiga. Además, presenta buena maquinabilidad y soldabilidad.

**Aplicaciones:** Debido a su alta resistencia, el aluminio 7075 se utiliza ampliamente en aplicaciones donde se requiere un material ligero pero con alta resistencia, como en la fabricación de estructuras de aviones, piezas de automóviles de alto rendimiento, bicicletas de competición, equipos deportivos y componentes de alta precisión.

**Tratamientos térmicos:** El aluminio 7075 puede ser tratado térmicamente para mejorar aún más sus propiedades. Los tratamientos térmicos comunes incluyen el tratamiento de solución y envejecimiento, que permite obtener una combinación óptima de resistencia y tenacidad en el material.

Es importante destacar que, si bien el aluminio 7075 tiene una alta resistencia, también es menos resistente a la corrosión que algunas otras aleaciones de aluminio. En entornos corrosivos, se recomienda aplicar recubrimientos protectores o seleccionar aleaciones con mayor resistencia a la corrosión, como el aluminio 6061 o el aluminio 2024.

El aluminio 7075 ha demostrado ser una aleación confiable y versátil en numerosas aplicaciones donde se requiere resistencia y rendimiento excepcionales. Sin embargo, siempre es recomendable consultar fuentes actualizadas y especializadas para obtener información precisa y actualizada sobre las propiedades y aplicaciones del aluminio 7075.

**Referencia:** "Aluminum Alloys: Structure and Properties" de Carl T. Sims y Raymond E. Smith.

## COMPOSICION QUIMICA

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Ti+Zr	Otros	Al
0,40%	0,50%	1,20-2,00%	0,30%	2,10-2,90%	0,18-0,28%	5,10-6,10%	0,20%	0,25%	0,15%	Resto

Tabla 1 Componentes químicos aluminio 7075

Tabla 1. Componentes químicos aluminio 7075

Fuente: Castro Carmen <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15220/4/UPS-KT01494.pdf>

“La alta resistencia a la fatiga y una buena maquinabilidad son también algunas de las cualidades favorables del aluminio 7075; sin embargo, el aluminio 7075 es menos resistente a la corrosión que muchas otras aleaciones de aluminio. Debido a su alta relación resistencia / densidad, el 7075 se utiliza en las industrias aeronáutica y aeroespacial, así como en equipos de defensa y equipos deportivos” (David Cortez 2021)

Características	Al 7075-T6, T651	Al 7075-T73, T7351
Resistencia general a la corrosión	Valoración C (Debe estar protegido contra la corrosión al menos en las superficies de colocación)	Valoración C (Debe estar protegido contra la corrosión al menos en las superficies de colocación)
Agrietamiento por corrosión bajo tensión	Valoración C (Fallas de servicio con tensión sostenida que actúa en una dirección transversal corta en relación con la estructura del grano; fallas limitadas en pruebas de laboratorio de especímenes transversales cortos)	Valoración B (No se conoce ningún caso de falla en el servicio; fallas limitadas en pruebas de laboratorio para muestras transversales cortas)
Tabajabilidad (Frio)	Valoración D (Valoraciones van de la A a la D)	Valoración D (Valoraciones van de la A a la D)
Maquinabilidad	Valoración B (Valoraciones van de la A a la E)	Valoración B (Valoraciones van de la A a la E)
Braseado, soldadura por arco y gas	Valoración D (No se han desarrollado métodos de soldadura comúnmente utilizados)	Valoración D (No se han desarrollado métodos de soldadura comúnmente utilizados)
Resistencia a la soldadura por puntos y costura	Valoración B (Soldable con técnicas especiales)	Valoración B (Soldable con técnicas especiales)

Tabla 2 Propiedades físicas del aluminio 7075

Tabla 2. Propiedades físicas del aluminio 7075

Fuente: <https://www.teknika4.com/es/aluminio-7075>

## **4.2. Aluminio 6063**

El aluminio 6063 es el material que utilizaremos en este proyecto de grado. Al igual que el aluminio 6061, pertenece a la serie 6xxx de aleaciones de aluminio y contiene elementos de magnesio y silicio. Esta aleación se utiliza principalmente en la fabricación de perfiles de aluminio.

Debido a sus propiedades, el aluminio 6063 es adecuado para la fabricación y soldadura, además de ser compatible con el proceso de anodizado. El anodizado es un proceso electroquímico mediante el cual se recubre la superficie del aluminio con una capa metálica, lo que le confiere mayor dureza y resistencia. Estas características hacen que el aluminio 6063 sea un material altamente eficaz en estructuras arquitectónicas.

En la industria, este tipo de aluminio tiene diversas aplicaciones, especialmente en la construcción y la industria automotriz. Algunos ejemplos incluyen marcos de ventanas, puertas, estructuras de mobiliario, piezas para automóviles y sistemas de ensamblaje

Propiedades físicas del aluminio 6063	
Densidad	2700 kg/m <sup>3</sup>
Punto de fusión	600°C
Módulo de elasticidad	69.5 GPa
Resistencia eléctrica	0.035x10 <sup>-6</sup> Ω.m
Conductividad térmica	200 W/m.K
Expansión térmica	23.5 x 10 <sup>-6</sup> /K

*Tabla 3 Propiedades físicas del aluminio 6063*

Tabla 3. Propiedades físicas del aluminio 6063

Fuente: T. 4, "No Titule," [Online]. Available: <https://www.teknika4.com/es/aluminio-6063>.



Propiedades mecánicas	Aleación de aluminio 6063 Suave O	Aleación de aluminio 6063 Suave O
Prueba de stress		90 Min MPa
Fuerza tensil	130 Max MPa	150 Min MPa
Elongación A50 mm	16 Min %	10 Min %
Dureza Brinell	25 HB	50 HB
Elongación A	18 Min %	12 Min %

Tabla 4 Propiedades Mecánica Aluminio 6063

Tabla 4. Propiedades Mecánica Aluminio 6063

Fuente: “No Title,” [Online]. Available: <https://www.teknika4.com/es/aluminio-6063>.

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros	Al
<b>Min</b>	0.20				0.45					
<b>Max</b>	0.60	0.35	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.10	0.15	Resto

Tabla 5 Propiedades química Aluminio 6063

Tabla 5. Propiedades química Aluminio 6063

Fuente: <https://delmetal.com.ar/productos/aluminio/6063.pdf>

## 5. Medidas de la tubería

Longitud total	27.5 mm
Diámetro externo	25.5 mm
Espesor	2.2 mm
Diámetro interno	21.1 mm

*Tabla 6 Medidas de tubería*

Tabla 6: Medidas de tubería

Fuente: Propia

## 6. Definición de chasis

El chasis de un vehículo, también conocido como bastidor, es un componente fundamental que cumple diversas funciones en la estructura del automóvil. Es un marco metálico sobre el cual se ensamblan y se montan todos los demás componentes del vehículo. Su principal propósito es proporcionar una base sólida y resistente que soporte el cuerpo del vehículo y los esfuerzos generados durante su funcionamiento.

El chasis se encarga de soportar y distribuir las cargas y fuerzas producidas por la marcha del vehículo, asegurando un equilibrio adecuado en el funcionamiento de los elementos mecánicos. Además, ofrece el soporte necesario para los sistemas principales y auxiliares del vehículo, tales como el sistema de protección contra volcamientos, las baterías y otros componentes esenciales.

Una vez que se determina la aplicación específica del vehículo, la carrocería se instala sobre el chasis, completando la estructura del automóvil. Este proceso de montaje garantiza una integración adecuada y eficiente de todos los componentes, permitiendo un funcionamiento óptimo del vehículo en su conjunto.

Para una mejor comprensión, se adjunta la figura 11, que ilustra visualmente la disposición y la importancia del chasis en el conjunto del vehículo.



*Figuras 6-1 Estructura de Chasis*

Figura 4. Estructura de Chasis

**Fuente:** Propia

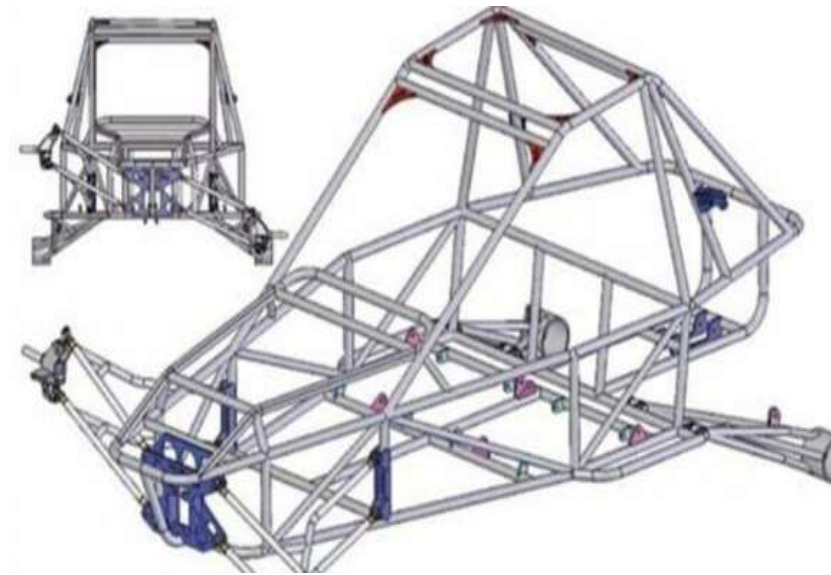
## **6.1. Tipos de chasis**

Dentro del ámbito automotriz, se reconocen diversos tipos de chasis, los cuales desempeñan un papel crucial al brindar soporte y rigidez al vehículo. Su diseño y estructura están concebidos para garantizar la seguridad del conductor en caso de colisión. En el contexto de competencias automovilísticas, es posible identificar dos tipos principales de chasis:

### **6.1.1. Chasis Tubular**

El chasis tubular es una sofisticada estructura compuesta por conexiones metálicas que se extienden desde la parte delantera hasta la trasera del vehículo. Esta configuración permite al chasis soportar diversas cargas de manera efectiva. Una de las características distintivas del chasis tubular es su baja rigidez torsional, lo cual le otorga una notable capacidad de absorción de impactos.

En términos técnicos, esta técnica implica la utilización de tubos metálicos soldados para conformar una estructura que sirve de base para el vehículo. Sobre esta estructura se añaden elementos aerodinámicos y paneles que recubren el chasis, brindando así una apariencia y funcionalidad óptimas (M. Salas Martín, 2016)



*Figuras 6.1-1 Estructura de Chasis tubular*

Figura 5. Estructura de Chasis tubular

**Fuente:** <https://www.pinterest.es/pin/718042734336573677/>

### 6.1.2. Monocasco

El chasis monocasco se caracteriza por ser una estructura única fabricada en una sola pieza, utilizando materiales compuestos como la fibra de carbono. Este tipo de chasis es ampliamente utilizado en competiciones automovilísticas debido a que ofrece una mayor rigidez y un peso reducido en comparación con los chasis tubulares (M. Salas Martín, 2016).

La configuración del chasis monocasco se basa en cubrir toda la forma del vehículo, desde el suelo hasta el techo, creando un cuerpo integrado en el que no se distingue claramente entre la carrocería y el chasis. Una de las ventajas destacadas de este diseño es que proporciona una estructura más ligera, rígida y segura en su conjunto.

El uso de materiales compuestos, como la fibra de carbono, en la construcción del chasis monocasco permite alcanzar un equilibrio óptimo entre resistencia y peso. Esta combinación resulta especialmente beneficiosa en el ámbito de las competiciones automovilísticas, donde la reducción de peso y la rigidez son elementos cruciales para mejorar el rendimiento del vehículo.

Para una mejor comprensión visual, se adjunta la figura 14 que ilustra la configuración del chasis monocasco.

Si necesitas más información o deseas complementar algún aspecto específico, no dudes en indicarlo.



*Figuras 6.1-2 Chasis Monocasco*

Figura 6. Chasis Monocasco

**Fuente:**<https://www.drivingyourdream.com/cursoautomocion/curso-de-diseno-de-coches19>

### **6.1.3. Cargas ejercidas sobre el chasis**

#### **6.1.3.1. Carga muerta (M).**

Las cargas muertas representan el peso de los elementos que están fijos y forman parte de las cargas gravitacionales que actúan sobre una estructura. Estas cargas tienen una magnitud

constante y actúan verticalmente. Las estructuras están sujetas a cargas muertas que actúan de manera continua a lo largo del tiempo. Estas cargas pueden calcularse teniendo en cuenta las dimensiones y propiedades de los materiales utilizados, como el peso específico o la densidad.

Las cargas muertas incluyen el peso propio de la estructura, así como otras cargas permanentemente unidas a ella. Estas cargas permanecen fijas en un mismo lugar y no varían con el tiempo. Es importante considerar las cargas muertas al diseñar una estructura, ya que representan una carga constante que debe ser soportada de manera segura.

En resumen, las cargas muertas son cargas de magnitud constante que actúan de forma permanente sobre una estructura. Estas cargas incluyen el peso propio de la estructura y otras cargas que están unidas a ella de manera permanente.

#### **6.1.3.2. Carga viva (V)**

Las cargas vivas son un factor importante a considerar en el diseño de estructuras ya que, a diferencia de las cargas muertas, su magnitud y posición pueden variar en el tiempo. Estas cargas pueden ser producidas por elementos externos como personas, vehículos, maquinarias, viento, agua, entre otros. Por ejemplo, en el diseño de un edificio, se debe considerar el peso de las personas y los objetos que puedan estar en su interior, así como también el movimiento de los mismos. De esta manera, se garantiza la seguridad y estabilidad de la estructura ante posibles cargas vivas. En resumen, las cargas vivas son aquellos esfuerzos variables que actúan sobre una estructura y que deben ser cuidadosamente considerados en su diseño y construcción.

## 7. Análisis estático

En los diferentes análisis estáticos se tratan dos aspectos de la estructura del chasis, estos son la rigidez y la resistencia.

La rigidez es la capacidad del elemento estructural para soportar esfuerzos sin tener deformaciones o desplazamientos. Para poder obtener valores y observar las tensiones que se producen a flexión, hemos aplicado como criterio de rigidez la siguiente fórmula:

$$F < L / 250$$

Siendo  $f$  la flecha, es decir, el desplazamiento máximo, y  $L$  la longitud entre apoyos.

## 8. Soldadura

La soldadura es un método utilizado para unir o fusionar piezas mediante la aplicación de calor o compresión, logrando que las piezas se conviertan en una entidad continua y resistente. Este proceso implica el uso de una corriente eléctrica que genera un intenso calor, lo cual provoca la fusión del metal. A medida que el metal se enfría, se solidifica y se adhiere firmemente, generando una unión duradera.

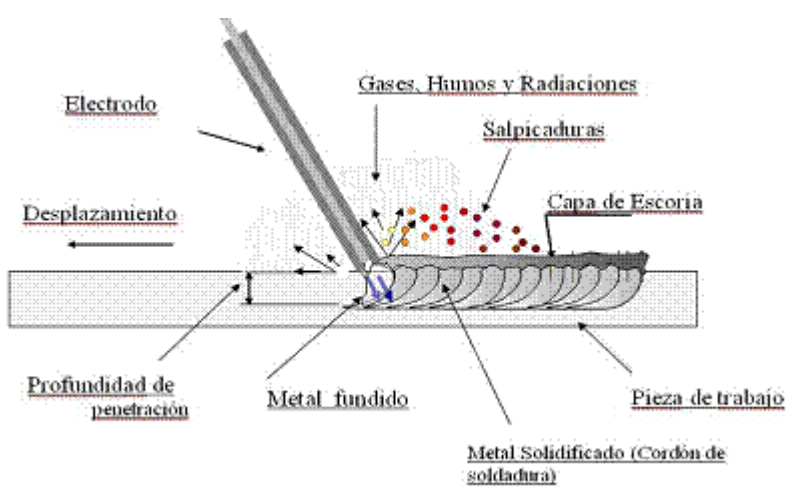
La soldadura es ampliamente utilizada en diversas industrias, incluyendo la construcción, la fabricación de automóviles, la industria naval, entre otras. Proporciona una forma eficiente y confiable de unir componentes metálicos, permitiendo la creación de estructuras y productos robustos.

Es importante destacar que existen diferentes técnicas de soldadura, como la soldadura por arco eléctrico, la soldadura por resistencia, la soldadura por gas, entre otras. Cada técnica tiene sus propias características y aplicaciones específicas.

En resumen, la soldadura es un proceso que implica la fusión y unión de piezas metálicas mediante la aplicación de calor o compresión. Proporciona una forma eficaz de crear uniones sólidas y duraderas en la fabricación de diversos productos y estructuras

## 9. Soldadura por arco eléctrico

Esta es la más básica entre todos los tipos existentes. Asimismo, es la más simple de usar y dominar al completo. El proceso de esta soldadura consiste en crear un arco eléctrico entre el metal que quiere soldarse y el electrodo. A partir de este arco se sube la temperatura del metal hasta conseguir que se derrita y unir así las piezas. Su uso suele estar dirigido a la manufactura, la construcción o la reparación.



Figuras 8-1 Chasis Monocasco

Figura 7. Chasis Monocasco

**Fuente:** <https://www.stargas.com.ve/blog/proceso-de-soldadura-por-arco-electrico-con-electrodo-revestido-smaw/>

La soldadura puede remontarse hasta tiempos muy lejanos, pero fue hasta el siglo XIX que se descubrió la soldadura moderna. Se atribuye al inglés Sir Humphry Davy el haber proporcionado las bases para la soldadura moderna gracias a dos descubrimientos: del acetileno y la proporción de un arco entre dos electrodos de carbono, sirviéndose de una batería (Danny Wladimir 2019). En el periodo de 1877 a 1903 se hizo un gran número de

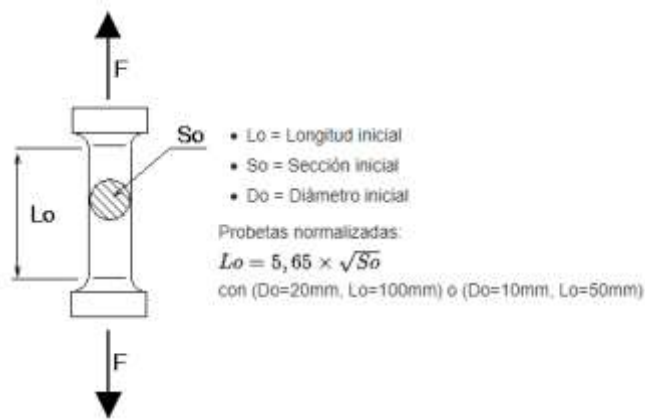


descubrimientos e inventos relacionados con la soldadura. Durante dicho periodo se desarrollaron la soldadura y el corte con gas (Danny Wladimir 2019). La producción de oxígeno y posteriormente la licuefacción del aire junto con la introducción de un conducto o soplete de chorro de aire, ayudaron al desarrollo de la soldadura y del corte, en 1867. Antes de 1900, el hidrógeno y el gas de carbón se utilizaban junto con el oxígeno. Sin embargo, aproximadamente en 1900 se desarrolló un soplete adecuado para usarse con acetileno a baja presión.

## 10. Probeta

En ciencia de materiales, una probeta es una pieza (generalmente de dimensiones normalizadas), constituida por un determinado material cuyas características se desean estudiar.

La probeta en el ensayo de tracción se sostiene por los dos extremos, a la vez que una fuerza de tracción se aplica a velocidad constante; obteniéndose la curva tensión-deformación:



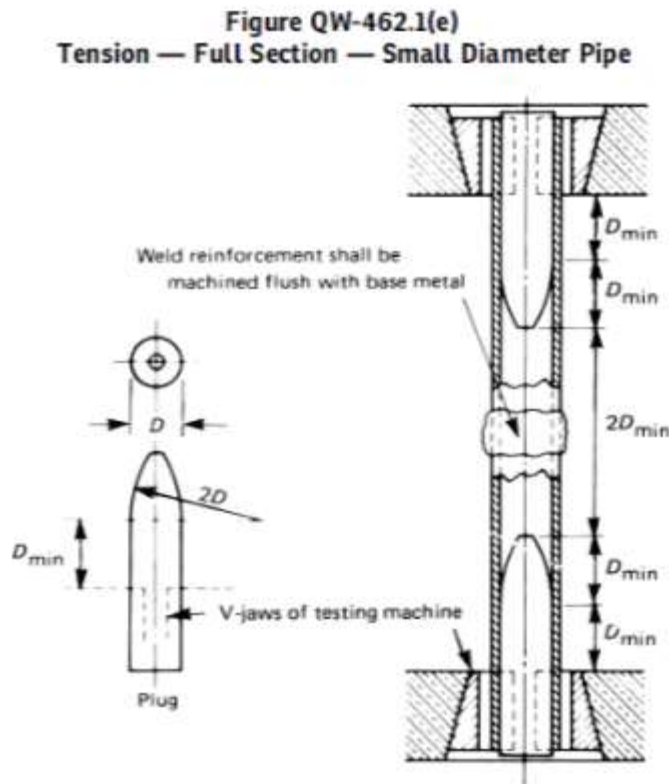
Figuras 10-1 Probeta

Figura 7. Probeta

**Fuente:**

## 11. ¿Qué es el Código ASME?

ASME es el acrónimo de American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos). Es una asociación de profesionales, que ha generado un código de diseño, construcción, inspección y pruebas para equipos, entre otros, calderas y recipientes sujetos a presión.<sup>12</sup> Este código tiene aceptación mundial. La ASME cuenta con 110.000 miembros en 150 países



*Figuras 11-1 Tension- full section*

Figura 8. Tension- full section

**Fuente:** ASME Boiler and Pressure Vessel Code – Section IX:  
Qualification Standard for Welding, Brazing, and Fusing  
Procedures; Welders; Brazers; and Welding, Brazing, and Fusing  
Operators

## **12. Zona Afectada Térmicamente**

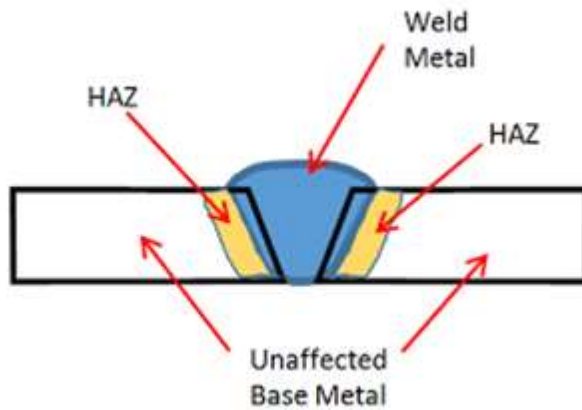
La zona afectada térmicamente (ZAT) es un área adyacente a la zona tratada en la soldadura, donde se producen cambios en las propiedades del material debido a la alta temperatura generada durante el proceso de soldadura. Estos cambios pueden ser el resultado de tensiones causadas por el calentamiento y enfriamiento desigual.

Durante la soldadura, la ZAT experimenta un calentamiento significativo debido al aporte de calor necesario para fundir y unir las piezas. Posteriormente, esta zona se enfría rápidamente, lo que puede generar tensiones residuales en el material. Estas tensiones pueden afectar las propiedades mecánicas, como la resistencia, la tenacidad y la ductilidad de la aleación.

Es importante tener en cuenta que la ZAT se encuentra entre la zona soldada o cortada y la base del material que no ha sido afectada por el proceso. Esta área puede variar en tamaño y propiedades dependiendo de la técnica de soldadura utilizada, los materiales involucrados y los parámetros de soldadura.

Para mitigar los efectos negativos en la ZAT, es común utilizar técnicas de precalentamiento y post-soldadura, así como tratamientos térmicos posteriores, con el objetivo de reducir las tensiones residuales y restaurar las propiedades del material en la medida de lo posible.

En resumen, la ZAT es el área adyacente a la zona tratada en la soldadura donde se producen cambios en las propiedades del material debido a la alta temperatura y las tensiones derivadas del calentamiento y enfriamiento desigual. Comprender y controlar los efectos en la ZAT es fundamental para garantizar la integridad y calidad de las uniones soldadas



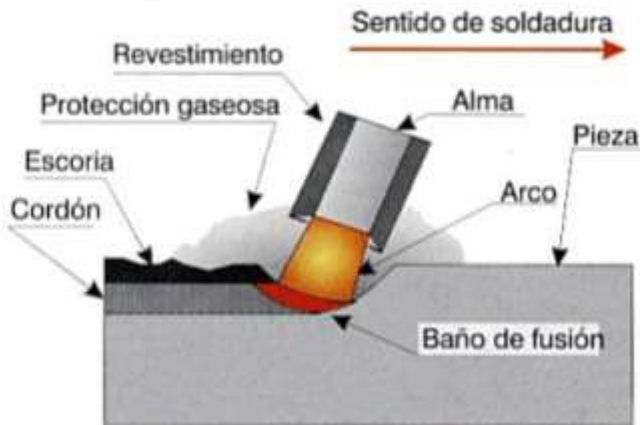
*Figuras 12-1 Zona térmica*

Figura 9. Zona térmica

**Fuente:** <https://vsmabrasivos.com/zat-o-zona-afectada-termicamente-que-es/>

Fusión: es un proceso físico que resulta en la transición de fase de una sustancia de un sólido a un líquido. Esto ocurre cuando aumenta la energía interna de los sólidos, típicamente por la aplicación de calor o presión, el cual aumenta la temperatura de la sustancia al punto de fusión.

En este caso, el aluminio tiene un punto de fusión que se acerca a los 1220°F (660°C). A diferencia de los otros metales, en el caso del aluminio es casi el doble del punto de fusión del zinc y la mitad de la temperatura del proceso de fusión del acero inoxidable.



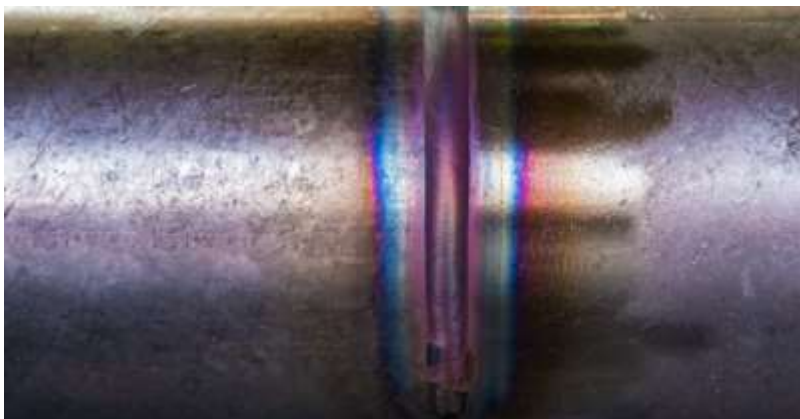
Figuras 12-2 Fusión

Figura 10. Fusión

Fuente: <http://eafimoro12.blogspot.com/2013/03/clasificacion-de-soldaduras-mas.html>

### 12.1. Efectos de las zonas afectadas térmicamente

Físicamente, la ZAT, puede ser muy reconocible, ya que es visible como una serie de franjas de colores derivados de la oxidación y provocada por la temperatura alcanzada, pudiendo ir desde diversas tonalidades de amarillo, para las temperaturas más bajas, marrones y púrpuras para las intermedias, y azules para las más altas.



Figuras 12-3 Efecto ZAT

Figura 11. Efecto ZAT

Fuente: <https://www.gasparini.com/es/blog/que-es-zat-zona-afectada-termicamente/>

### 13. Zona sobrecalentada

La microestructura presentada está basada en la martensita transformada a alta temperatura. Esta microestructura se compone de martensitas dispuestas en forma de listones, que son características de temperaturas superiores a 1300 °C, donde la martensita ha perdido su estructura tetragonal debido a la migración del carbono. En esta subzona, es probable que también estén presentes carburos  $\epsilon$ , formados durante el proceso de enfriamiento.

La dureza de esta subzona es mayor en comparación con otras áreas, ya que la dureza de la martensita está relacionada con la cantidad de carbono presente y no con el tamaño de grano. Es importante destacar que el perfil de dureza ha sido obtenido mediante la aplicación de cargas relativamente altas en forma de grandes indentaciones. Sin embargo, no es posible discernir la transición de una zona a otra dentro de la ZAT únicamente a partir de los perfiles de dureza.

En resumen, la microestructura presentada se basa en la martensita transformada a alta temperatura, con martensitas en forma de listones y posible presencia de carburos  $\epsilon$ . La dureza en esta subzona es mayor debido a la cantidad de carbono presente. Sin embargo, para identificar las diferentes zonas dentro de la ZAT, se requiere un análisis más detallado y no se puede inferir únicamente a partir de perfiles de dureza obtenidos con cargas relativamente altas.

#### **14. Tipo de proyecto**

El presente proyecto se enmarca dentro de la categoría de desarrollo experimental, con el propósito fundamental de definir los parámetros de soldadura óptimos para la fabricación de un chasis monoplaça eléctrico de competición a nivel nacional e internacional.

La investigación se centra en la evaluación de la resistencia del material de aluminio 6063, el cual desempeña un papel crucial en la durabilidad y el rendimiento del chasis. Con el fin de alcanzar este objetivo, se llevarán a cabo pruebas de tracción en diferentes probetas, siguiendo las normas y estándares establecidos para este tipo de ensayos.

El diseño y la construcción de las probetas se regirán por las normas industriales aplicables, las cuales especificarán las dimensiones y el proceso de fabricación necesarios para garantizar la fiabilidad y la precisión de los resultados obtenidos. Asimismo, se seguirán rigurosamente las normas de soldadura correspondientes, las cuales establecerán los parámetros clave, como el amperaje, el voltaje y los ángulos de soldadura óptimos para la estructura del chasis.

Mediante la variación controlada de estos parámetros, se buscará identificar la combinación más favorable que permita obtener una resistencia óptima del material. El análisis de los resultados obtenidos en las pruebas de tracción permitirá definir los parámetros de soldadura adecuados para la construcción del chasis, asegurando su resistencia y confiabilidad en competencias automovilísticas.

En resumen, este proyecto de desarrollo experimental tiene como objetivo principal definir los parámetros de soldadura óptimos para la fabricación de un chasis monoplaça eléctrico de competición. A través de pruebas de tracción en probetas diseñadas y fabricadas según las normas establecidas, se buscará determinar los parámetros de soldadura que garanticen la resistencia deseada del material. Estos hallazgos proporcionarán directrices claras y prácticas para la construcción del chasis, asegurando su desempeño óptimo en competencias automovilísticas.

## 15. Método

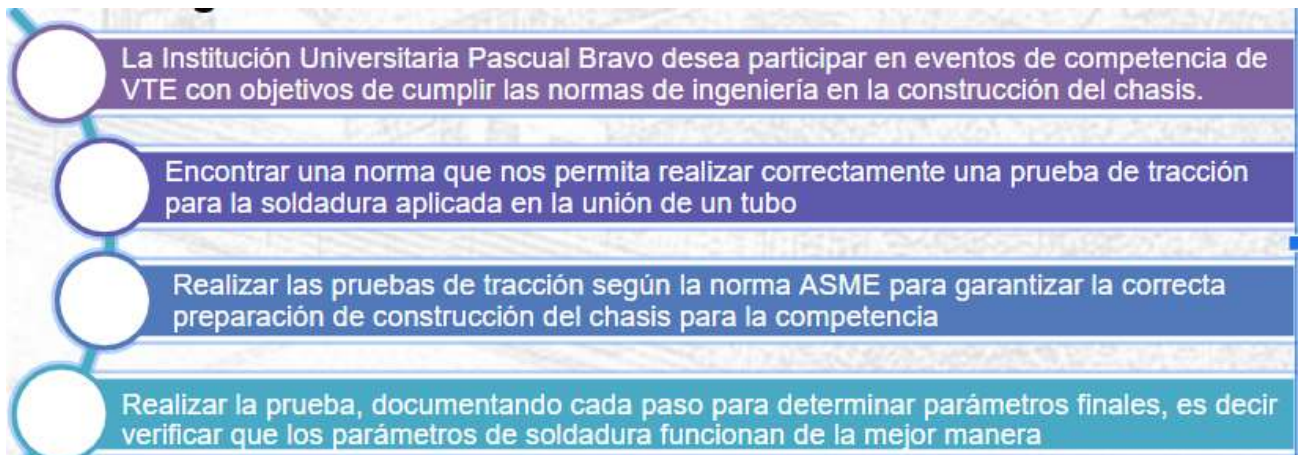
El primer paso en el método consiste en identificar la norma que nos permita realizar adecuadamente una prueba de tracción para evaluar la calidad de las soldaduras en el chasis. Se llevará a cabo una exhaustiva revisión de las normas técnicas y estándares de ingeniería aplicables, con el objetivo de encontrar aquella que se ajuste mejor a nuestras necesidades y garantice resultados confiables y precisos.

Una vez seleccionada la norma, se procederá a realizar las pruebas de tracción bajo la norma ASME. Estas pruebas se llevarán a cabo siguiendo rigurosamente los procedimientos y parámetros establecidos por la norma, con el objetivo de garantizar la perfecta preparación y ejecución de las pruebas. Se registrarán meticulosamente los datos obtenidos durante las pruebas de tracción, asegurando así una documentación precisa y detallada de los resultados.

Finalmente, se documentará todo el proceso en un informe detallado. Este informe incluirá la descripción de los procedimientos de fabricación de las probetas, la aplicación de los parámetros de soldadura, la ejecución de las pruebas de tracción bajo la norma ASME y los resultados obtenidos. Esta documentación será fundamental para respaldar y validar el método utilizado, así como para proporcionar una guía clara y precisa para futuros proyectos de construcción de chasis.

En resumen, la Institución Universitaria Pascual Bravo ha desarrollado un método que permite cumplir con las normas de ingeniería en la construcción de un chasis para participar en competencias de vehículos de tracción eléctrica. Este método se basa en la identificación de una norma adecuada para la prueba de tracción, la realización de pruebas siguiendo los estándares de la norma ASME, y la documentación detallada de todo el proceso. Con este enfoque, se garantiza la calidad y confiabilidad del chasis construido.





*Ilustración 1 Método*

Ilustración 1. Método

Fuente: Propia

## **15.1. Instrumentos de recolección de información.**

### **15.1.1. Fuentes primarias.**

Una de las fuentes primarias que utilizamos para la realización de nuestro anteproyecto fue la investigación previa del proyecto Escudería Bravo, que brinda información detallada sobre la construcción de un chasis de competición utilizando material de acero. Dado que nuestro proyecto de grado se centra en la fabricación de un chasis de aluminio, esta investigación nos permitió obtener conocimientos fundamentales sobre la construcción de chasis en general.

Además, quiero destacar la invaluable contribución del profesor Elkin Mauricio González Montoya, quien fue una fuente clave de información y conocimientos. Siempre estuvo a nuestro lado, brindando orientación y asesoramiento durante todo el proceso. También contamos con el apoyo del profesor William Orozco Murillo, así como de otros docentes y laboratoristas de la Institución Universitaria Pascual Bravo, quienes proporcionaron valiosos aportes y colaboraron en el desarrollo de nuestro proyecto.

Agradezco profundamente a todos aquellos que nos brindaron su apoyo y conocimientos, ya que su participación fue fundamental para el éxito de nuestro anteproyecto. Su guía y experiencia nos permitieron adquirir una base sólida de conocimientos y enriquecer nuestro proyecto de grado

### **15.1.2. Fuentes secundarias.**

Para complementar nuestra investigación, recurrimos a diversas fuentes secundarias disponibles en internet. Utilizamos cualquier comentario o información relevante relacionada con nuestro tema como retroalimentación para el proyecto. Uno de los recursos más utilizados fue Google Académico, ya que nos permitió realizar búsquedas más específicas y detalladas para cubrir nuestras necesidades de conocimiento a lo largo del trabajo de grado.

Además, consultamos manuales de uso y mantenimiento proporcionados por los fabricantes, catálogos relacionados con nuestra área de estudio y hemerotecas especializadas. Estas fuentes nos brindaron información valiosa y actualizada para respaldar nuestros argumentos y fundamentar nuestras conclusiones.

Es importante mencionar que todas las fuentes utilizadas se encuentran debidamente referenciadas en nuestra bibliografía, garantizando así la integridad académica de nuestro trabajo.

Al aprovechar estas fuentes secundarias, pudimos obtener un conjunto diverso de conocimientos que enriquecieron nuestro proyecto. La utilización de Google Académico nos permitió acceder a investigaciones científicas y académicas relevantes, mientras que los manuales, catálogos y hemerotecas nos proporcionaron información práctica y actualizada.

En resumen, durante nuestro trabajo de grado nos apoyamos en diversas fuentes secundarias disponibles en internet. Utilizamos comentarios y recursos relacionados con nuestro tema como retroalimentación para el proyecto. Google Académico fue una herramienta clave para buscar información detallada y precisa. Además, consultamos manuales, catálogos y hemerotecas especializadas para complementar nuestro conocimiento. Todas las fuentes utilizadas están adecuadamente citadas en nuestras referencias bibliográficas.

## 16. Resultados

Este proyecto se centra en la investigación, innovación y desarrollo tecnológico para establecer parámetros de construcción de un chasis monoplaça de competencia. Siguiendo los lineamientos propuestos por el autor Roberto Hernández-Sampieri en su libro "Metodología de la investigación", debido a que se busca mejorar un diseño existente del cual se desconoce su estado, se enmarca en la categoría de desarrollo experimental (Sampieri, 2014).

El objetivo principal consiste en documentar los procesos de fabricación de las probetas y aplicar parámetros de soldadura específicos, con el fin de llevar a cabo un ensayo de tracción en la zona de la soldadura, siguiendo las normas técnicas colombianas y la norma ASME. Esto garantizará la calidad y la comparabilidad de los resultados obtenidos.

Una vez finalizado el ensayo, se realizará un análisis exhaustivo de los datos obtenidos y se extraerán conclusiones fundamentadas. Este análisis permitirá evaluar la resistencia y el rendimiento de las soldaduras en las probetas, identificar posibles mejoras en el diseño y proporcionar recomendaciones prácticas para futuros proyectos similares.

En resumen, este proyecto se alinea con la investigación, innovación y desarrollo tecnológico para establecer parámetros de construcción de un chasis monoplaça de competencia. Se seguirán los principios metodológicos propuestos por Hernández-Sampieri, y se llevarán a cabo procesos documentados de fabricación de probetas y aplicación de parámetros de soldadura específicos. Los resultados obtenidos se analizarán en detalle y se extraerán conclusiones fundamentadas. El enfoque de desarrollo experimental garantizará la mejora continua del diseño y la generación de conocimientos prácticos para la industria

Detalle/ Actividad	Responsable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Búsqueda norma ASME	Ruby Sharay Estrada Cifuentes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Diseñar acoplamiento	Ruby Sharay Estrada Cifuentes		X	X									
Diseñar probeta	Ruby Sharay Estrada Cifuentes				X	X							
Fabricación de acoplamiento	Ruby Sharay Estrada Cifuentes					X	X	X	X				
Fabricación de probeta	Ruby Sharay Estrada Cifuentes								X	X			
prueba de tracción	Ruby Sharay Estrada Cifuentes										X		
Resultados y trabajo escrito	Ruby Sharay Estrada Cifuentes										X	X	
informe final	Ruby Sharay Estrada Cifuentes											X	X

*Tabla 7 Cronograma de preparación*

Tabla 2. Cronograma de preparación

Fuente: Propia

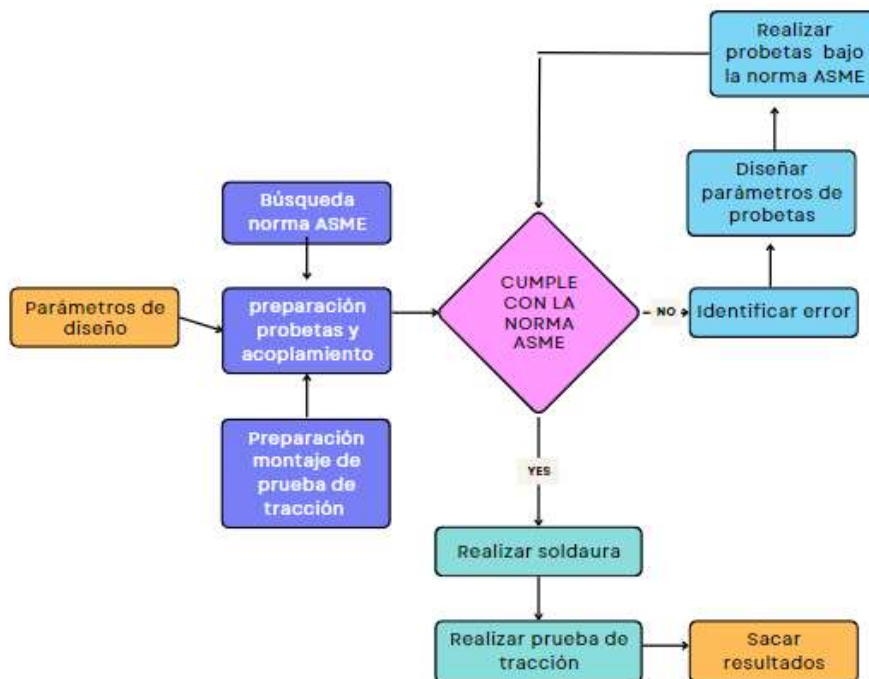


Ilustración 2 Diagrama de flujo

## Ilustración 2. Diagrama de flujo

Fuente: Propia

Se entregará información dada sobre pruebas de tracción realizadas en un tubo de aluminio 6063 el cual se realizará diferente aplicación de soldadura y se determinará cuales parámetros son los más indicados para este material, para determinar la resistencia del Al 6063 en función de un chasis monoplaza eléctrico para competencias nacionales e internacionales con el fin de que este cumpla desde el punto de la ingeniería las normas regidas por las competencias específicos:

Resultado/Producto esperado	Cantidad
Fabricación de probetas de Aluminio 6063	4
ensayos de tracción	4
Proyecto de grados	1

Tabla 8 Resultados/ productos esperados

## Tabla 3. Resultados/ productos esperados

Fuente: Propia

## 17. Primero a desarrollar:

Ante de la realización de pruebas de tracción en cuatro probetas de aluminio 6063 debemos de fabricar y condicionar estas siguiendo las pautas establecidas por la norma ASME, como parte del proceso de construcción del chasis monoplaza en la Institución Universitaria Pascual Bravo.

La fabricación de las cuatro probetas de aluminio se llevará a cabo de acuerdo con las especificaciones precisas estipuladas en la norma ASME. La figura 16 de la norma proporciona indicaciones sobre las dimensiones externas e internas de la tubería, y también sugiere la inclusión de refuerzos conocidos como "balas". Estas balas tienen la función de garantizar y facilitar el proceso de fabricación.

El primer paso para llevar a cabo la fabricación de estas probetas es tomar las medidas requeridas por la norma, que incluyen el diámetro de nuestra tubería. Estas medidas se tomarán con herramientas específicas como una cinta métrica flexible y un calibrador vernier, asegurando la precisión necesaria en el proceso.



*Figuras 16-1 Herramientas de medidas*

Figura 12. Herramientas de medidas

Fuente: [https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-619205925-flexometro-de-5-metros-stanley-stht-3085-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-619205925-flexometro-de-5-metros-stanley-stht-3085-_JM)

Después de tomar las medidas necesarias, se llevará a cabo la selección de un material con una ductilidad más alta que el aluminio para el proceso de fabricación. En este caso, se ha optado por utilizar acero debido a sus propiedades favorables.

Una vez completado el plano con las medidas exactas, se procederá a realizar los acoples necesarios en la máquina de torno. Estos acoples se llevarán a cabo siguiendo los procedimientos y técnicas adecuadas para garantizar una correcta integración de las piezas



*Figuras 16-2 Fabricación acoples*

Figura 13. Fabricación acoples

Fuente: Propia

Montamos nuestra barra de acero en el torno para empezar el proceso, luego de un tiempo y de trabajar en ellos de acuerdo a las medidas estipuladas, nuestros acoples quedaron en forma de bala, respetado la norma ASME.





*Figuras 16-3 Acoples*

Figura 14. Acoples

Fuente: Propia

*Tabla 9 Materiales*

### *Materiales*

Acoples para probetas

Lija especial

Tubo en acero

Torno

Planos con medidas específicas

Fuente. Diseño propio

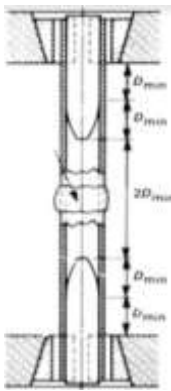
---

Tabla 4. Materiales

Fuente. Propia

### 17.1. Construcción de la probeta:

En esta etapa, se procederá a la construcción de la estructura predefinida en el diseño, siguiendo las especificaciones establecidas por la norma ASME, con el propósito de fabricar las probetas destinadas a las pruebas de tracción. Es importante recordar que, para la construcción de las probetas, es necesario tener en cuenta las medidas especificadas por la norma, las cuales deben estar relacionadas con los acoplamientos requeridos. Esto garantizará la conformidad con los estándares establecidos y la consistencia en los resultados obtenidos durante las pruebas de tracción.



*Figuras 16-4 Tubería bajo norma ASME*

Figura 15. Tubería bajo norma ASME

Fuente: ASME Boiler and Pressure Vessel Code – Section IX

## 17.2. Corte de la tubería



*Figuras 16-5 Corte de tubería*

Figura 16. Corte de tubería

Fuente: Propia

Una vez que las probetas han sido cortadas a las medidas estipuladas, se procede a realizar una exhaustiva revisión de cada una de ellas. Durante esta etapa, se aplican rigurosos parámetros de inspección, excluyendo cualquier presencia de curvas, agujeros u otros elementos que puedan afectar negativamente los resultados.

El objetivo principal de esta revisión es asegurar la integridad y la calidad de cada probeta, evitando cualquier factor que pueda comprometer la precisión de los resultados obtenidos. Se lleva a cabo una inspección minuciosa para garantizar que las probetas cumplan con los estándares establecidos, siguiendo las directrices de la norma aplicable y asegurando que se encuentren en óptimas condiciones para las pruebas de tracción.



*Figuras 16-6 Tubería*

Figura 19. Tubería

Fuente: Propia

**Preparación de la probeta:** Con una herramienta especial procedemos a pasarla por los lados internos de la probeta para quitar la rebaba de aluminio y así garantizar un mejor proceso y que el acople quede de acuerdo a la norma.



*Figuras 16-7 Herramienta*

Figura 18. Herramienta

Fuente: [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-863268012-herramienta-de-metal-para-quitar-rebasas-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-863268012-herramienta-de-metal-para-quitar-rebasas-_JM)

**Pruebas de parámetros para soldadura:** siguiendo los procedimientos previos, se observa en la figura (28) que las tuberías han sido cortadas según las medidas establecidas y se han descartado las piezas con curvas para fines de las pruebas de tracción. Estas tuberías seleccionadas se utilizaron para llevar a cabo los ensayos de los parámetros de soldadura.

Durante los ensayos, se establecieron límites y se exploraron diversas variables. Se realizaron pruebas para determinar los valores óptimos de parámetros como amperaje, voltaje y ángulos de la máquina de soldadura aplicados al aluminio. Estos parámetros fueron ajustados y ajustados en función de los resultados obtenidos, con el objetivo de lograr la resistencia deseada en la soldadura.

Es importante tener en cuenta que, al soldar aluminio, se deben considerar ciertas recomendaciones para obtener soldaduras de alta calidad. Entre estas recomendaciones se incluyen la limpieza adecuada de las superficies a unir, la selección del tipo y diámetro del electrodo de soldadura, así como el uso de técnicas de soldadura específicas para el aluminio.

Se realizaron múltiples pruebas y ajustes en los parámetros de soldadura, con el fin de encontrar la combinación óptima que garantizara la resistencia y calidad requeridas en la unión de las tuberías de aluminio. Se documentaron cuidadosamente los resultados obtenidos durante cada prueba y se tomaron en consideración para las etapas posteriores del proceso.

En resumen, las pruebas de parámetros para la soldadura de las tuberías de aluminio involucraron la selección de las piezas adecuadas para las pruebas de tracción, la exploración y ajuste de los parámetros de soldadura, y la consideración de las recomendaciones específicas para la soldadura de aluminio. Estos esfuerzos fueron realizados con el objetivo de lograr uniones sólidas y duraderas en la construcción del chasis.

*Tabla 10 Amperaje y voltaje de soldadura*

Amperaje	Voltio
60	50.0

Tabla 10. Amperaje y voltaje de soldadura

Fuente: Propia



*Figuras 16-8 Módulo de soldadura*

Figura 19. Módulo de soldadura

Fuente. Propia

Al realizar la soldadura en el material de aluminio, es importante tener en cuenta su naturaleza peculiar. La soldadura de aluminio presenta ciertos desafíos debido a sus propiedades específicas, por lo que se requiere un enfoque cuidadoso y preciso. Conscientes de esto, se realizaron consideraciones detalladas al seleccionar los parámetros de soldadura y se asignó un soldador experimentado para llevar a cabo este trabajo de manera óptima.

La elección de los parámetros de soldadura fue un proceso minucioso y se basó en el conocimiento de las propiedades del aluminio. Se consideraron aspectos como la temperatura, la velocidad de soldadura, el tipo y la configuración del electrodo, así como el control de la protección gaseosa durante el proceso. Estos factores se tuvieron en cuenta para garantizar una fusión adecuada del aluminio y lograr una unión sólida y duradera.

Además, se valoró la experiencia del soldador en la soldadura de aluminio. La habilidad y destreza del soldador desempeñan un papel fundamental en la calidad y precisión de la soldadura. Se seleccionó cuidadosamente a un soldador con experiencia en la soldadura de aluminio, lo que garantizó un manejo experto de la máquina de soldadura y una ejecución meticulosa de los parámetros establecidos.

Es importante destacar que, a lo largo del proceso de soldadura, se realizó un seguimiento continuo y se documentaron cuidadosamente los resultados obtenidos.

En resumen, la soldadura en el material de aluminio requirió una cuidadosa selección de parámetros y la participación de un soldador experimentado. Mediante un enfoque meticoloso y la valoración de las particularidades del aluminio, se logró realizar la soldadura de manera eficiente y confiable. Este enfoque garantizó que las probetas cumplieran con los estándares de resistencia y calidad necesarios para la construcción del chasis.: Propia



*Figuras 16-9 Ensayo de soldadura (vista exterior)*

Figura 20. Ensayo de soldadura (vista exterior)

Fuente: Propia



*Figuras 16-10 Ensayo de soldadura (vista interior)*

Figura 21. Ensayo de soldadura (vista interior)

Fuente: Propia

Una vez finalizada la soldadura, se procedió a realizar los acabados finales en las tuberías utilizando herramientas como el torno, la lima y la lija. Estas etapas adicionales fueron fundamentales para lograr un resultado uniforme y estético, asegurando que la tubería se emparejara de manera precisa con la soldadura.

El torno fue utilizado para dar forma y pulir las áreas donde se unieron la tubería y la soldadura, eliminando cualquier irregularidad o aspereza que pudiera afectar la apariencia y la funcionalidad de la unión. Con el uso de la lima, se realizaron ajustes finos en los bordes y secciones específicas, garantizando una transición suave y una superficie homogénea.

Además, se empleó la lija para refinar aún más la superficie de la tubería y su unión soldada, eliminando imperfecciones mínimas y proporcionando un acabado uniforme. Se utilizó una lija de grano fino para obtener un resultado pulido y de alta calidad.

Es importante destacar que durante todo el proceso de acabado se tuvo especial cuidado en mantener la integridad de la soldadura y evitar cualquier daño o debilitamiento de la unión. Se



realizaron las correcciones y ajustes necesarios para lograr un emparejamiento preciso y asegurar que la tubería y la soldadura estuvieran perfectamente alineadas.

En resumen, la finalización del proceso incluyó el uso de herramientas como el torno, la lima y la lija para lograr un acabado uniforme y preciso en la tubería y la soldadura. Estas etapas adicionales garantizaron un resultado estético y funcional, permitiendo que la unión se integre de manera fluida y proporcionando una apariencia profesional.



*Figuras 16-11 Tubería definitiva*

Figura 22. Tubería definitiva





Fuente: Propia





Después de eliminar el restante de la soldadura, se observó una ligera presencia de porosidad en los resultados finales. No obstante, consideramos que se trata de una aplicación de soldadura aceptable, teniendo en cuenta las limitaciones del entorno no controlado en el que nos encontramos y el hecho de que no se realizó ninguna preparación adicional en la probeta.

Se determinó que el primer ensayo de soldadura fue aceptable y se aplicaron correctamente los parámetros mencionados anteriormente, así como otros aspectos que diferencian una soldadura

de menor importancia o profesionalismo, que requeriría más manipulación, costos y tiempo. Es importante destacar que este trabajo de grado tiene como objetivo definir parámetros que cualquier estudiante o persona pueda utilizar para soldar aleaciones de aluminio en la construcción de un chasis para competencias.

Realizamos una revisión exhaustiva de cada una de las piezas para evaluar las diferencias en la aplicación de la soldadura, y durante la prueba de tracción, identificamos las disparidades resultantes. Es importante tener en cuenta que, debido a la falta de preparación previa y al hecho de que la soldadura fue realizada por un operario humano, no podemos garantizar una consistencia absoluta en la calidad del trabajo en todas las ocasiones.

<p>Probeta 1</p> <p>Tubería con soldadura</p>			<p>Porosidad en la zona de soldadura</p>
<p>Probeta 2</p> <p>Tubería con soldadura</p>			<p>Porosidad en la zona de soldadura</p>

Probeta 3  Tubería con soldadura			Porosidad en la zona de soldadura
Probeta 4  Tubería con soldadura			Porosidad en la zona de soldadura

*Tabla 11 Comparación probetas finalizada fase de soldadura y emparejada*

Tabla 11. Comparación probetas finalizada fase de soldadura y emparejada

Fuente: Propia

A continuación, se planteará una serie de pruebas que serán fundamentales para la realización de la soldadura en la tubería:

- Pruebas de voltaje y amperaje
- Observar la calidad de a la soldadura
- Calificar el nivel de porosidad e imperfecciones
- Realizar varias pruebas de la realización de la soldadura para verificar que se pudiera repetir el acabado y proceso
- Con el torno retiramos un poco la soldadura para ver su aplicación internamente.

17.3. Parámetros de soldadura

**FORM QW-482 SUGGESTED FORMAT FOR WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)**  
 (See QW-200.1, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

---

Organization Name Instituto Universitario Pascual Bravo By \_\_\_\_\_  
 Welding Procedure Specification No. Procedimiento 001 Date \_\_\_\_\_ Able \_\_\_\_\_ Supporting POR No.(s) N/A  
 Revision No. 0 Date 4/26/2023

Welding Process(es) SMAW Type(s) Manual  
(Automatic, Manual, Machine, or Semi-Automatic)

---

**JOINTS (QW-402)**

Joint Design A type  
 Root Spacing 0  
 Backing: Yes \_\_\_\_\_ No X  
 Backing Material (Type) NA  
(Refer to both backing and retainer)

Metal     Nonfusing Metal  
 Nonmetallic     Other

Sketches, Production Drawings, Weld Symbols, or Written Description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the details of weld groove may be specified.

Sketches may be attached to illustrate joint design, weld layers, and bead sequence (e.g., for notch toughness procedures, for multiple process procedures, etc.)

**Details**

---

**\*BASE METALS (QW-403)**

P-No. 21 Group No. 21 to P-No. \_\_\_\_\_ Group No. \_\_\_\_\_  
 OR  
 Specification and type/grade or UNS Number Auminio  
 to Specification and type/grade or UNS Number Tubería de 1 pulgada  
 OR  
 Chem. Analysis and Mech. Prop. NA  
 to Chem. Analysis and Mech. Prop. \_\_\_\_\_

Thickness Range:  
 Base Metal: Groove 2 mm Fillet \_\_\_\_\_  
 Maximum Pass Thickness ≤ 1/2 in. (13 mm) (Yes) \_\_\_\_\_ (No) X  
 Other \_\_\_\_\_

---

**\*FILLER METALS (QW-404)**

	1	2
Spec. No. (SFA) _____		
AWS No. (Class) _____	E1100	
F-No. _____	21	
A-No. _____	SFA-E3	
Size of Filler Metals _____	3/8"	
Filler Metal Product Form _____	-	
Supplemental Filler Metal _____	NA	
Weld Metal		
Deposited Thickness:		
Groove _____	5 mm	
Fillet _____	-	
Electrode-Flux (Class) _____	-	
Flux Type _____	-	
Flux Trade Name _____	-	
Consumable Insert _____	-	
Other _____	-	

\*Each base metal-filler metal combination should be recorded individually.

FORM QW-482 (Back)

WPS No. \_\_\_\_\_ Rev. \_\_\_\_\_

<b>POSITIONS (QW-405)</b> Position(s) of Groove _____ 1G Welding Progression: Up _____ * Down _____ * Position(s) of Fillet _____ Other _____				<b>POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)</b> Temperature Range _____ Time Range _____ Other _____																										
<b>PREHEAT (QW-406)</b> Preheat Temperature, Minimum _____ Interpass Temperature, Maximum _____ Preheat Maintenance _____ Other _____ (Continuous or special heating, where applicable, should be recorded)				<b>GAS (QW-408)</b> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Percent Composition</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Gas(es)</th> <th style="text-align: center;">(Mixture)</th> <th style="text-align: center;">Flow Rate</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Shielding</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Trailing</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Backing</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table>					Percent Composition			Gas(es)	(Mixture)	Flow Rate	Shielding	-	-	-	Trailing	-	-	-	Backing	-	-	-	Other	-	-	-
	Percent Composition																													
	Gas(es)	(Mixture)	Flow Rate																											
Shielding	-	-	-																											
Trailing	-	-	-																											
Backing	-	-	-																											
Other	-	-	-																											
<b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)</b>																														
		Filler Metal																												
Weld Pass(es)	Process	Classifi- cation	Diameter	Current Type and Polarity	Amps (Range)	Wire Feed Speed (Range)	Energy or Power (Range)	Volts (Range)	Travel Speed (Range)	Other (e.g., Remarks, Com- ments, Hot Wire Addition, Technique, Torch Angle, etc.)																				
1	SMA W	A6061	1/8"	DC EN	60	-	-	25-35	puntos	1G																				
Amps and volts, or power or energy range, should be recorded for each electrode size, position, and thickness, etc.																														
Pulsing Current _____ NA Heat Input (max.) _____ NA																														
Tungsten Electrode Size and Type _____ NA <small>(Pure Tungsten, 2% Thoriated, etc.)</small>																														
Mode of Metal Transfer for GMAW (FCAW) _____ NA <small>(Spray Arc, Short Circuiting Arc, etc.)</small>																														
Other _____																														
<b>TECHNIQUE (QW-410)</b>																														
String or Weave Bead _____ pulso																														
Orifice, Nozzle, or Gas Cup Size _____																														
Initial and Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc.) _____ Limpieza previa con pulidora																														
Method of Back Gouging _____																														
Oscillation _____																														
Contact Tube to Work Distance _____																														
Multiple or Single Pass (Per Side) _____ Paso simple or un solo lado																														
Multiple or Single Electrodes _____																														
Electrode Spacing _____																														
Peening _____																														
Other _____																														

(87/10)

Ilustración 3 Formato datos de soldadura

Ilustración 3. Formato datos de soldadura

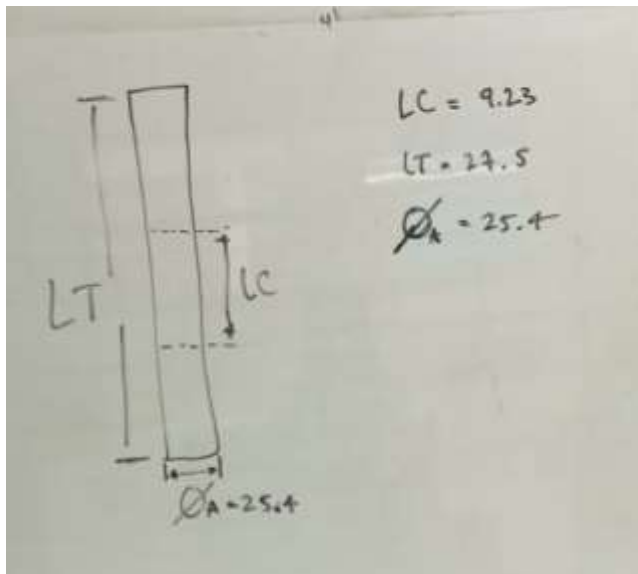
Fuente: Propia

## 18. Segundo a realizar

### 18.1. Realizar los ensayos destructivos de tracción en la máquina NDS Shimazu

A continuación, procederemos a realizar las pruebas de tracción utilizando los siguientes parámetros. Se llevarán a cabo pruebas en cuatro probetas con soldadura.

Antes de comenzar las pruebas, tomaremos medidas precisas de cada probeta, incluyendo la longitud total, longitud calibrada, diámetro de la zona de agarre de las mordazas y el diámetro de la zona de carga central (LC). Estos datos son fundamentales para garantizar la validez y el éxito de las pruebas



Figuras 16-12 Calculo tubería

Figura 23. Calculo tubería

Fuente: Propia

A continuación, se planteará una serie de recomendaciones que serán fundamentales para la realización de la prueba de tracción.

- Guantes para evitar que el sudor ingresa en la máquina, esto evitara deterioro de la misma
- Medición de las terceras partes para identificar la zona donde se debería fracturas la tubería
- Ropa de seguridad

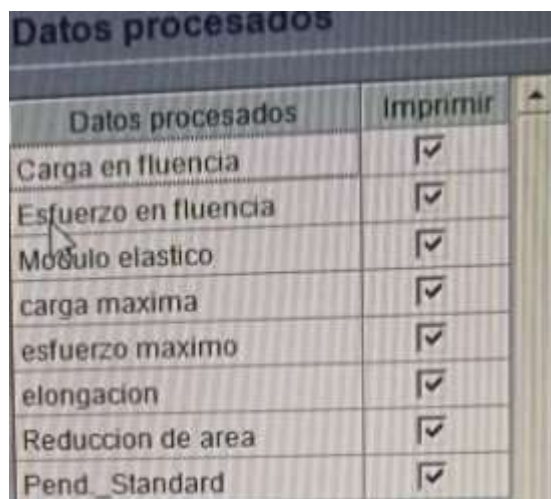


*Figuras 16-13 Máquina para realizar prueba de tracción*

Figura 24. Máquina para realizar prueba de tracción

Fuente: Propia

Luego procedemos a marca el tubo y a ingresarlo los parámetros en la máquina NDS Shimazu.



Datos procesados	Imprimir
Carga en fluencia	<input checked="" type="checkbox"/>
Esfuerzo en fluencia	<input checked="" type="checkbox"/>
Módulo elastico	<input checked="" type="checkbox"/>
carga maxima	<input checked="" type="checkbox"/>
esfuerzo maximo	<input checked="" type="checkbox"/>
elongacion	<input checked="" type="checkbox"/>
Reduccion de area	<input checked="" type="checkbox"/>
Pend_Standard	<input checked="" type="checkbox"/>

*Figuras 16-14 Programación ingresada en el software*

Figura 25. Programación ingresada en el software

Fuente: Propia





*Figuras 16-15 Software para realización de la prueba*

Figura 26. Software para realización de la prueba

Fuente: Propia

Procedemos a colocar la probeta en su posición correspondiente y calibrar la máquina de manera adecuada.

A continuación, adjunto los resultados obtenidos por el sistema de la máquina para su revisión.

## 18.2. Resultado Probeta con soldadura 1

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo		Nombre de metodo de ensayo	
Operador	Yordi Pineda	Fecha de informe	4/19/2023
Fecha de ensayo	4/19/2023	Temperatura	27
Humedad:	53%	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Traccion	Velocidad	1mm/min
Forma	Cilindrica	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

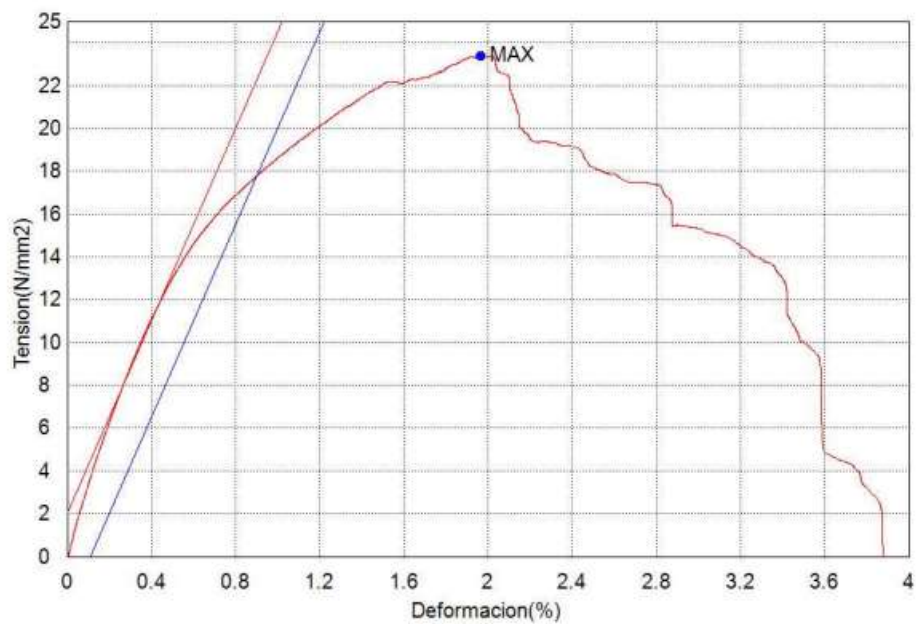
Nombre	Carga en fluencia	Esfuerzo en fluencia	Modulo elastico	carga maxima
Parametros	0.2 %	0.2 %	Fuerza 4 – 6 kN	Calc. at Entire Areas
Unidad	kN	N/mm2	GPa	kN
T5-S	8.98085	17.7239	2.24811	11.8572
Media	8.98085	17.7239	2.24811	11.8572
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Nombre	esfuerzo maximo	elongacion	Reduccion de area	Pend_Standard
Parametros	Calc. at Entire Areas			Fuerza 4 – 6 kN
Unidad	N/mm2	%	%	N/mm
T5-S	23.4005	2.95699	1.56859	12248.8
Media	23.4005	2.95699	1.56859	12248.8
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Figuras 16-16 Ensayo tubería 1 con soldadura

Figura 27. Ensayo tubería 1 con soldadura

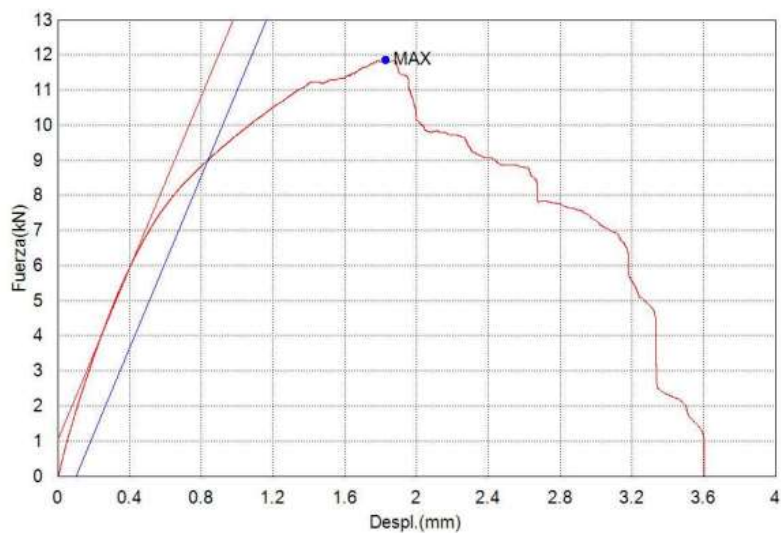
Fuente: Propia



*Figuras 16-17 Resultado tubería 1 con soldadura D X T*

Figura 28. Resultado tubería 1 con soldadura D X T

Fuente: Propia



Comentarios

*Figuras 16-18 Resultado tubería 1 con soldadura D X F*

Figura 29. Resultado tubería 1 con soldadura D X F

Fuente: Propia



*Figuras 16-19 Montaje tubería 1 con soldadura*

Figura 29. Montaje tubería 1 con soldadura

Fuente: Propia



*Figuras 16-20 Fractura tubería 1 con soldadura vista interna*

Figura 30. Fractura tubería 1 con soldadura vista interna

Fuente: Propia

### 18.3. Resultado Probeta con soldadura 2

## T2-S

Nombre de producto		Nombre de archivo de ensayo	
Nombre de metodo de ensayo		Operador	Yordi Pineda
Fecha de informe	4/19/2023	Fecha de ensayo	4/19/2023
Temperatura	26.8	Humedad:	54%
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	1mm/min	Forma	Cilindrica
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

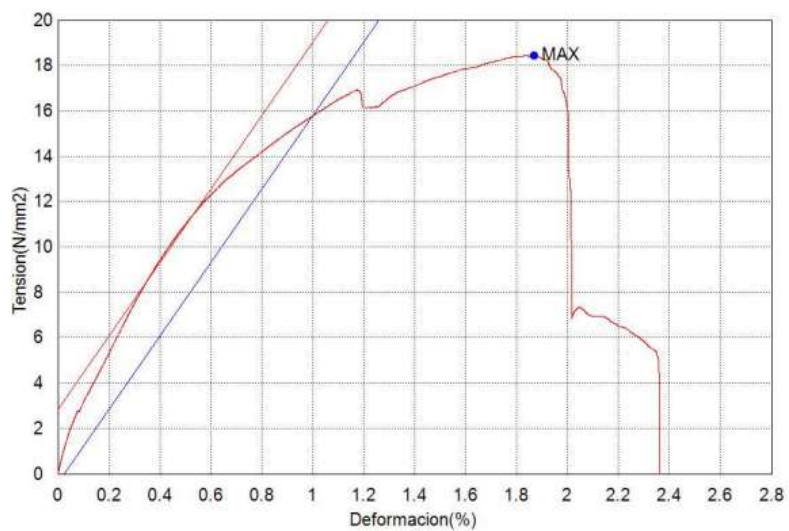
Nombre	Carga en fluencia	Esfuerzo en fluencia	Modulo elastico	carga maxima
Parametros	0.2 %	0.2 %	Fuerza 4 – 6 kN	Calc. at Entire Areas
Unidad	kN	N/mm2	GPa	kN
T2-S	7.96681	15.7227	1.61950	9.33795
Media	7.96681	15.7227	1.61950	9.33795
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Nombre	esfuerzo maximo	elongacion	Reduccion de area	Pend. Standard
Parametros	Calc. at Entire Areas			Fuerza 4 – 6 kN
Unidad	N/mm2	%	%	N/mm
T2-S	18.4287	1.25000	1.95882	8548.06
Media	18.4287	1.25000	1.95882	8548.06
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Figuras 16-21 Ensayo tubería 2 con soldadura

Figura 31. Ensayo tubería 2 con soldadura

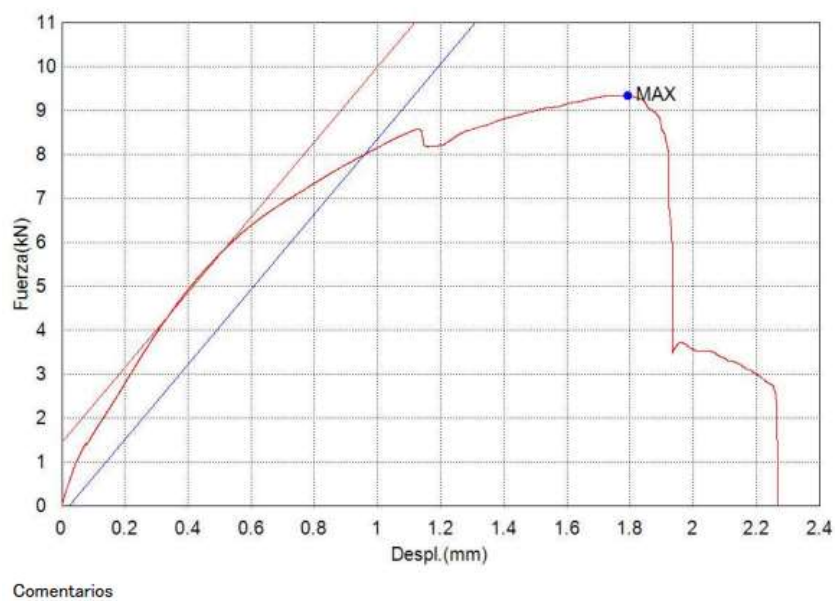
Fuente: Propia



*Figuras 16-22 Resultado tubería 2 con soldadura D X T*

Figura 32. Resultado tubería 2 con soldadura D X T

Fuente: Propia



*Figuras 16-23 Resultado tubería 2 con soldadura D X F*

Figura 33. Resultado tubería 2 con soldadura D X F

Fuente: Propia



*Figuras 16-24 Montaje tubería 2 con soldadura*

**Figura 34. Montaje tubería 2 con soldadura**

**Fuente: Propia**



*Figuras 16-25 Fractura tubería 2 con soldadura vista frente*

**Figura 35. Fractura tubería 2 con soldadura vista frente**

**Fuente: Propia**





*Figuras 16-26 Fractura tubería 2 con soldadura vista interna*

Figura 36. Fractura tubería 2 con soldadura vista interna

Fuente: Propia



### 18.4. Resultado Probeta con soldadura 3

## T3-S

Nombre de producto		Nombre de archivo de ensayo	
Nombre de metodo de ensayo		Operador	Yordi Pineda
Fecha de informe	4/19/2023	Fecha de ensayo	4/19/2023
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	1mm/min	Forma	Cilindrica
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

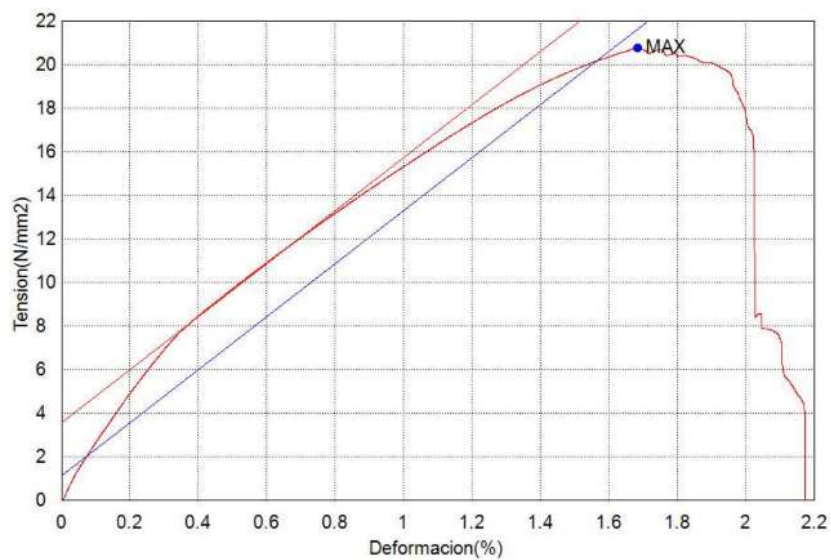
Nombre	Carga en fluencia	Esfuerzo en fluencia	Modulo elastico	carga maxima
Parametros	0.2 %	0.2 %	Fuerza 4 – 6 kN	Calc. at Entire Areas
Unidad	kN	N/mm2	GPa	kN
T3-S	10.1957	20.1215	1.21696	10.5074
Media	10.1957	20.1215	1.21696	10.5074
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Nombre	esfuerzo maximo	elongacion	Reduccion de area	Pend_Standard
Parametros	Calc. at Entire Areas			Fuerza 4 – 6 kN
Unidad	N/mm2	%	%	N/mm
T3-S	20.7365	1.59340	5.43585	6776.28
Media	20.7365	1.59340	5.43585	6776.28
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

*Figuras 16-27 Ensayo tubería 3 con soldadura*

Figura 37. Ensayo tubería 3 con soldadura

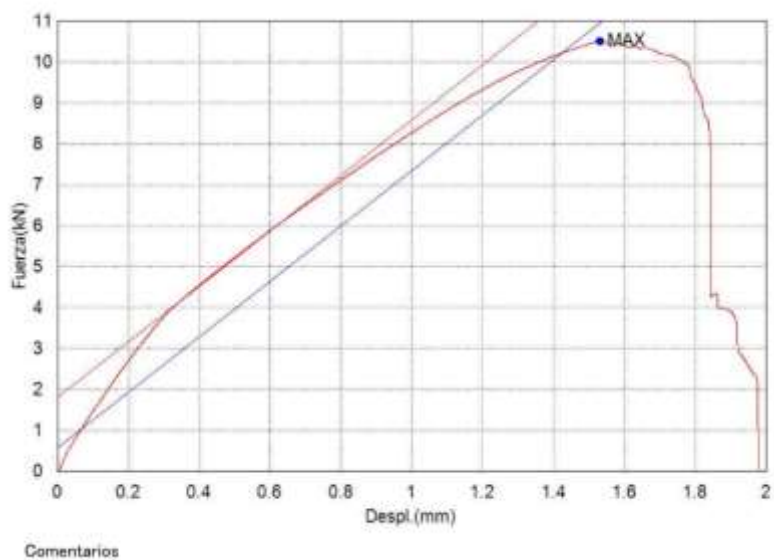
Fuente: Propia



Figuras 16-28 Resultado tubería 3 con soldadura D X T

Figura 38. Resultado tubería 3 con soldadura D X T

Fuente: Propia



Figuras 16-29 Resultado tubería 3 con soldadura D X F

Figura 39. Resultado tubería 3 con soldadura D X F

Fuente: Propia



*Figuras 16-30 Fractura tubería 3 con soldadura vista frente*

Figura 40. Fractura tubería 3 con soldadura vista frente

Fuente: Propia



*Figuras 16-31 Fractura tubería 3 con soldadura vista interna*

Figura 41. Fractura tubería 3 con soldadura vista interna

Fuente: Propia

## 18.5. Resultado Probeta con soldadura 4

### T4-S

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo		Nombre de metodo de ensayo	
Operador	Yordi Pineda	Fecha de informe	4/19/2023
Fecha de ensayo	4/19/2023	Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Traccion	Velocidad	1mm/min
Forma	Cilindrica	Nº de partidas:	1
Nº de muestras:	1		

Nombre	Carga en fluencia	Esfuerzo en fluencia	Modulo elastico	carga maxima
Parametros	0.2 %	0.2 %	Fuerza 3 – 6 kN	Calc. at Entire Areas
Unidad	kN	N/mm2	GPa	kN
T4-S	8.76904	17.3059	0.99889	8.83303
Media	8.76904	17.3059	0.99889	8.83303
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

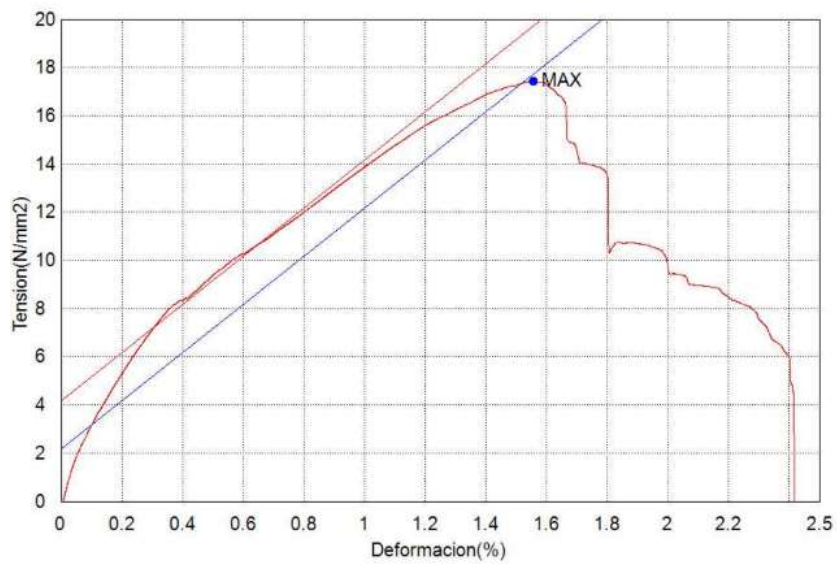
  

Nombre	esfuerzo maximo	elongacion	Reduccion de area	Pend_Standard
Parametros	Calc. at Entire Areas			Fuerza 3 – 6 kN
Unidad	N/mm2	%	%	N/mm
T4-S	17.4322	0.98575	3.12481	5543.75
Media	17.4322	0.98575	3.12481	5543.75
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Figuras 16-32 Ensayo tubería 4 con soldadura

Figura 42. Ensayo tubería 4 con soldadura

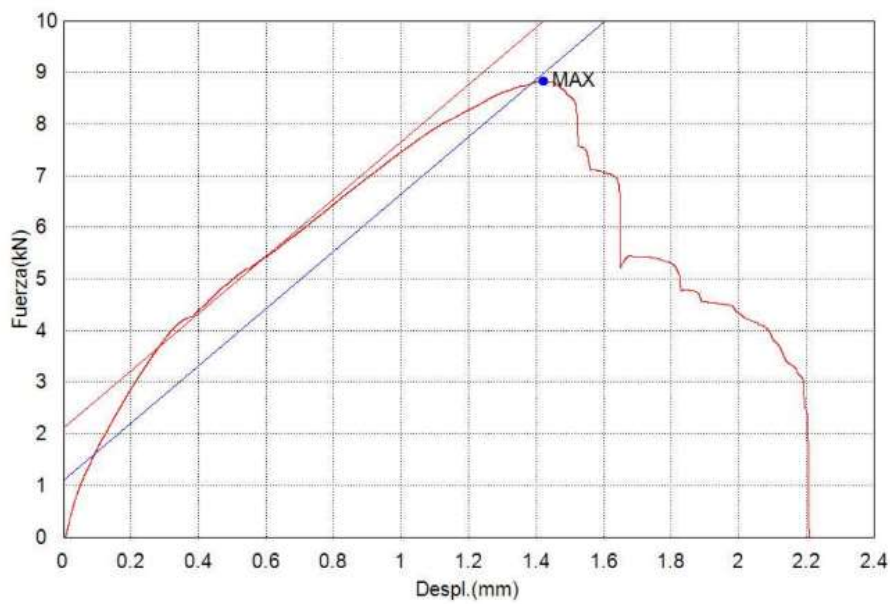
Fuente: Propia



Figuras 16-33 Resultado tubería 4 con soldadura D X T

Figura 43. Resultado tubería 4 con soldadura D X T

Fuente: Propia



Comentarios

Figuras 16-34 Resultado tubería 4 con soldadura D X F

Figura 44. Resultado tubería 4 con soldadura D X F

Fuente: Propia



*Figuras 16-35 Montaje tubería 4 con soldadura*

Figura 45. Montaje tubería 4 con soldadura

Fuente: Propia



*Figuras 16-36 Fractura tubería 4 con soldadura vista frente*

Figura 46. Fractura tubería 4 con soldadura vista frente

Fuente: Propia



*Figuras 16-37 Fractura tubería 4 con soldadura vista interna*

Figura 47. Fractura tubería 4 con soldadura vista interna

Fuente: Propia

## 19. Tercero analizar resultado

### 19.1. Comparación

Tabla 12 Resultados de prueba de tracción

Probeta	Carga en fluencia	Esfuerzo en fluencia	Modulo elástico	Carga Máxima	Esfuerzo Máximo	Elongación	Reducción de área	Pend.Standar fuerza 18-24 kN	Carga en fluencia unidad Tonelada
Probeta – Soldada 1	8.9808 5 kN	17.723 9 N/mm 2	2.2481 1 Gpa	11.857 2 kN	23.400 5 N/mm 2	2.95699 %	1.56859 %	12248.8 N/mm	0.91579 2T
Probeta – Soldada 2	7.9668 1 kN	15.722 7 N/mm 2	1.6195 0 Gpa	9.3379 5 kN	18.428 7 N/mm 2	1.25000 %	1.95882 %	8548.06 N/mm	0.81238 8T
Probeta – Soldada 3	10.195 kN	20.121 5 N/mm 2	1.2169 6 Gpa	10.507 4 kN	20.736 5 N/mm 2	1.59340 %	5.43585 %	6776.28 N/mm	1.0396T
Probeta – Soldada 4	8.7690 4 kN	17.305 9 N/mm 2	0.9988 9 Gpa	8.8330 3 kN	17.432 2 N/mm 2	0.99575 %	3.12481 %	5543.75 N/mm	0.89419 3T

Tabla 12. Resultados de prueba de tracción

Fuente: Propia



## 19.2. Observación

### Carga de fluencia

- Se define que la probeta Probeta – Soldada 3 es la primera que más resistencia tiene ya que su carga en fluencia 10.195 kN
- Se define que la probeta Probeta – Soldada 1 es la segunda que más resistencia tiene 8.98085 kN
- Se define que la probeta Probeta – Soldada 4 es la tercera que más resistencia tiene 8.76904 kN
- Se define que la probeta Probeta – Soldada 2 es la que menos resistencia tuvo resistencia ya que su carga en fluencia 7.96681 kN

### Carga máxima

Carga Máxima	Probeta
11.8572 kN - 1.2091 Toneladas	Probeta – Soldada 1
9.33795 kN - 0.952206 Toneladas	Probeta – Soldada 2
10.5074 kN - 1.0715 Toneladas	Probeta – Soldada 3
8.83303 kN - 0.900718 Toneladas	Probeta – Soldada 4


*Tabla 13 Resultados de carga máxima*

Tabla 13. Resultados de carga máxima

Fuente: Propia

Donde llega el punto donde no vuelve a su forma original.

- Probeta que más resistencia tuvieron



Probeta 3 con soldadura	Observaciones
	<p>Se pudo observar que la probeta tratada con soldadura muestra una resistencia dentro de un rango considerable. Es importante destacar que esta probeta no recibió ningún tratamiento adicional igual que las otras cuatro probetas. Sorprendentemente, esta probeta fue la que mostró la mayor resistencia entre todas. Estos resultados resaltan la importancia y la eficacia de la soldadura en el fortalecimiento de las estructuras. Aunque no se le realizó ningún tratamiento específico, la probeta soldada logró obtener una resistencia notablemente superior a las demás. Esto demuestra el potencial de la soldadura como un método eficiente para mejorar la resistencia de las estructuras sin la necesidad de procedimientos adicionales. Estos hallazgos respaldan la relevancia de considerar cuidadosamente la aplicación de soldadura en diversos proyectos de construcción, ya que puede ser una alternativa viable y efectiva para fortalecer las estructuras sin aumentar la complejidad ni los costos de producción.</p>

*Tabla 14 Conclusión probeta con mas resistencia*

Tabla 14. Conclusión probeta con mas resistencia

Fuente: Propia

- Probetas con resistencia similar

Probeta 1 con soldadura	Probeta 4 con soldadura	Observaciones
		<p>A pesar de la presencia de porosidad en ambas probetas, se observa que el proceso de soldadura fue uniforme y lograron alcanzar una resistencia similar. Esto destaca la importancia de considerar tanto la presencia de porosidad como la uniformidad y resistencia lograda en la soldadura. Aunque la porosidad puede afectar ligeramente la integridad, es alentador ver que ambos casos obtuvieron una resistencia aceptable</p>

*Tabla 15 Conclusión probetas con resistencia similar*

Tabla 15. Conclusión probetas con resistencia similar

Fuente: Propia

- Probeta con menor resistencia

Probeta 2 con soldadura	Observaciones
	<p>En comparación con las otras probetas, se observa que esta presenta una porosidad más pronunciada en forma de luna. Además, esta porosidad es más profunda que la que se encuentra en otras partes de la tubería soldada. Este hallazgo sugiere que este punto en particular pudo haber sido el lugar de inicio de la fractura. Es importante destacar que la presencia de una porosidad más profunda en esta área específica de la probeta puede haber debilitado su resistencia estructural y contribuido al inicio de la fractura durante la prueba de tracción. Estos resultados subrayan la importancia de mantener un control riguroso sobre la calidad de la soldadura y de detectar posibles áreas problemáticas, como esta, para garantizar la integridad y durabilidad de las uniones soldadas en futuros proyectos.</p>

Tabla 16 Conclusión probeta con menos resistencia

Tabla 16. Conclusión probeta con menos resistencia

Fuente: Propia

### Comparación con otro chasis de competencia

Investigando se encuentra un trabajo de grados el cual le realizo los debidos estudios al compuesto de aluminio 6063 T1, lo resultados fueron los siguientes:

<b>Aluminio 6063– T1</b>	
<b>Propiedades mecánicas</b>	
Dureza Brinell	42
Módulo de elasticidad $E$	68.9 GPa
Módulo de elasticidad de corte $G$	25.8 GPa
Esfuerzo de fluencia $\sigma_y$	89.6 MPa
Esfuerzo máximo $\sigma_{m\acute{a}x}$	152 MPa
<b>Composición química (%)</b>	
Al	$\leq 97.5$
Si	0.20-0.60
Fe	$\leq 0.35$
Cu	$\leq 0.10$
Mn	$\leq 0.10$
Zn	$\leq 0,10$

*Figuras 16-38 Propiedades mecánicas y composición química del aluminio*

Figura 48. Propiedades mecánicas y composición química del aluminio

Fuente: Castro Carmen <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15220/4/UPS-KT01494.pdf>

Al comparar el valor del esfuerzo máximo y realizar la conversión a toneladas, se evidencia que la probeta resistió una fuerza de 9.8 toneladas. Este resultado indica que nuestra resistencia en términos del esfuerzo máximo es consistente con otros estudios realizados en el campo.

Estos hallazgos respaldan la validez de nuestros parámetros de soldadura y demuestran que la aplicación de soldadura utilizada en las probetas fue efectiva en términos de resistencia. La capacidad de la probeta para soportar una carga significativa sin fallar de manera catastrófica indica una unión soldada confiable y de calidad.

Es importante destacar que estos resultados respaldan la importancia de seguir prácticas adecuadas de soldadura, como el uso de parámetros óptimos, la preparación adecuada de las superficies y la implementación de técnicas de soldadura adecuadas. Estas medidas contribuyen a garantizar la integridad de la unión soldada y su capacidad para soportar las cargas esperadas en aplicaciones reales.

En conclusión, nuestros resultados confirman que la resistencia alcanzada en la probeta, en relación con el esfuerzo máximo, es coherente con estudios previos y demuestra la eficacia de los parámetros de soldadura empleados. Estos hallazgos respaldan la importancia de seguir prácticas adecuadas de soldadura para lograr uniones soldadas confiables y duraderas

Prueba de tracción de tubería sin soldadura

## Ensayo tensión

Nombre de producto	T1 - Aluminio - Tubería	Nombre de archivo de ensayo	Prueba T1.xtas
Nombre de metodo de ensayo	Metodo Tension sharay.xmas	Operador	Yordi Pineda
Fecha de informe	4/14/2023	Fecha de ensayo	4/14/2023
Temperatura	25.1	Humedad:	64%
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	1mm/min	Forma	Cilindrica
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

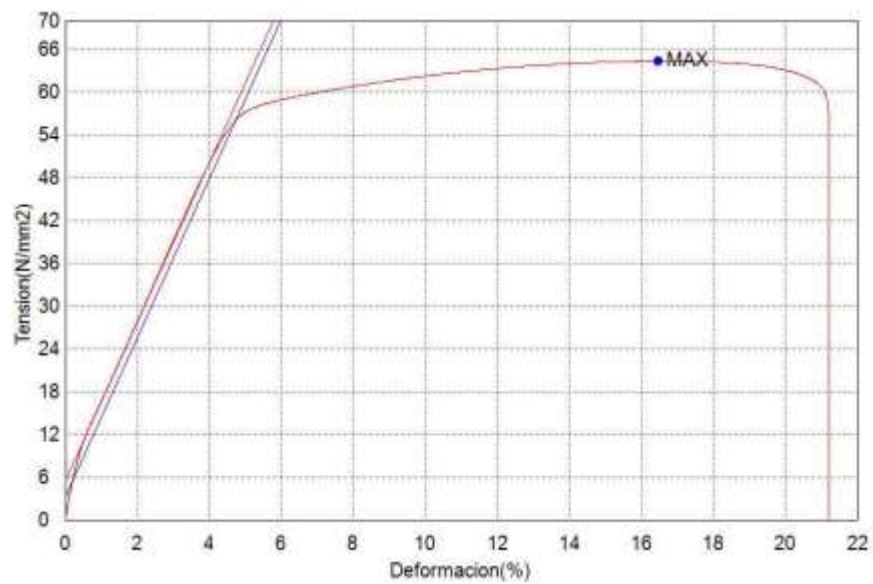
Nombre	Carga en fluencia	Esfuerzo en fluencia	Modulo elastico	carga maxima
Parametros	0.2 %	0.2 %	Fuerza 18 - 24 kN	Calc. at Entire Areas
Unidad	kN	N/mm2	GPa	kN
Metodo	28.3032	55.8570	1.11732	32.5774
Media	28.3032	55.8570	1.11732	32.5774
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Nombre	esfuerzo maximo	elongacion	Reduccion de area	Pend_Standard
Parametros	Calc. at Entire Areas			Fuerza 18 - 24 kN
Unidad	N/mm2	%	%	N/mm
Metodo	64.2923	10.6717	17.2903	6133.85
Media	64.2923	10.6717	17.2903	6133.85
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Figuras 16-39 Ensayo tubería sin soldadura

Figura 49. Ensayo tubería sin soldadura

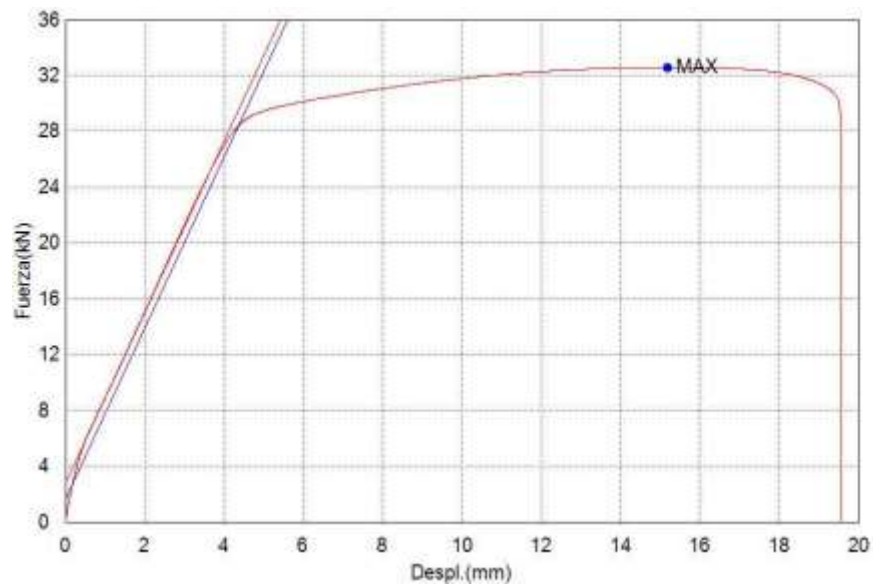
Fuente: Propia



*Figuras 16-40 Resultado tubería sin soldadura D X T*

Figura 50. Resultado tubería sin soldadura D X T

Fuente: Propia



*Figuras 16-41 Resultado tubería sin soldadura D X F*

Figura 51. Resultado tubería sin soldadura D X F

Fuente: Propia





*Figuras 16-42 Montaje tubería sin soldadura*

Figura 52. Montaje tubería sin soldadura

Fuente: Propia



*Figuras 16-43 Fractura tubería sin soldadura*

Figura 53. Fractura tubería sin soldadura

Fuente: Propia

Tabla resultados prueba de tubería sin soldadura

Probeta	Carga en fluencia	Esfuerzo en fluencia	Modulo elástico	Carga Máxima	Esfuerzo Máximo Calc.at entre	Elongación	Reducción de área	Pend.Stardard fuerza 18-24 kN	Carga en fluencia a unidad Tonelada
Probeta 0.0 sin soldadura	28.303 2 kN	55.857 0 N/mm 2	1.1173 2 Gpa	32.577 4 kN	64.292 3 N/mm 2	10.6717 %	17.2903 %	6133.85 N/mm	2.8861 T

*Tabla 17 Resultados pruebas de tracción*

Tabla 17. Resultados pruebas de tracción

Fuente: Propia

En resumen, los resultados obtenidos en la prueba de tracción realizada a la probeta sin soldadura confirman que la tubería cumple de manera sobresaliente con los requisitos de resistencia y calidad necesarios para su aplicación en el chasis. La capacidad de la tubería para resistir cargas de tracción es un factor crítico que asegura su rendimiento confiable y duradero en el contexto del chasis.

Durante la prueba de tracción, se sometió la probeta a fuerzas crecientes, con el objetivo de evaluar su comportamiento bajo tensiones extremas. Los resultados obtenidos revelaron que la tubería exhibe una resistencia excepcional, superando ampliamente los estándares y especificaciones establecidas. Esta capacidad de resistencia a la tracción es esencial para garantizar la integridad estructural del chasis y la seguridad de los ocupantes del vehículo.

La tubería sin soldadura demostró una gran capacidad para soportar las cargas de tracción a las que estará sometida durante la operación del chasis, lo cual es fundamental para su funcionamiento óptimo. Esta resistencia adicional no solo garantiza la estabilidad del chasis en situaciones de alta exigencia, como aceleraciones o frenadas bruscas, sino que también contribuye a la durabilidad general del vehículo.

La selección de una tubería sin soldadura para el chasis proporciona múltiples beneficios, incluyendo una distribución de carga más uniforme y una mayor resistencia a la fatiga. Estas características son cruciales para mantener la integridad estructural del chasis a lo largo del tiempo y bajo diferentes condiciones de uso.

En conclusión, los resultados positivos obtenidos en la prueba de tracción respaldan de manera sólida y contundente la elección de la tubería sin soldadura para su implementación en el chasis. Su excepcional resistencia a la tracción y su capacidad para soportar cargas extremas garantizan un desempeño confiable y seguro, brindando una base sólida para el funcionamiento y la longevidad del chasis en su conjunto.

## 20. Conclusiones

Basándome en los puntos que hemos discutido sobre las probetas, el ensayo de tracción y los parámetros de soldadura, he refinado y elaborado conclusiones más profesionales y precisas:

- En la elaboración de las 4 probetas en material aluminio, se experimentaron diferentes parámetros de voltaje y amperaje en la soldadura donde se evidenció que la probeta número 3 obtuvo una mayor resistencia a la tracción esto se debe a los procedimientos cuidadosos bajo la norma ASME que se implementó durante la fabricación de la misma, igualmente empleada en las demás probetas.
- La presencia de porosidad en las probetas soldadas fue evidente, lo cual puede afectar la integridad de la soldadura. Sin embargo, se pudo constatar que el proceso de soldadura fue aplicado de manera uniforme y consistente en todas las probetas analizadas.
- A pesar de la porosidad, las probetas soldadas lograron alcanzar resistencias comparables. Esto indica que, a pesar de las imperfecciones visibles, el proceso de soldadura resultó efectivo en proporcionar una resistencia adecuada.
- Durante el ensayo de tracción, se identificó que la ubicación de la porosidad en la soldadura desempeñó un papel crucial en la resistencia y en el punto de inicio de la fractura. Específicamente, se detectó que las áreas con porosidad más profunda, como las de forma de luna, se mostraron más susceptibles a la fractura.
- Estos resultados enfatizan la importancia de mantener un control riguroso de la calidad de la soldadura, así como de la detección temprana de áreas problemáticas, como la

porosidad profunda. Estas acciones son fundamentales para garantizar la integridad y durabilidad de las uniones soldadas en futuros proyectos.

- “Se verificará la resistencia de la barra antivuelco de cada vehículo de la siguiente forma: se le aplicará una carga de 1500 N de forma vertical, lateral y frontal El vehículo, luego de la prueba, no debe evidenciar deformación aparente” Reglamento segunda competencia según la norma evidenciando esto cumple parcialmente bajo los criterio establecidos.
- Los resultados de la prueba realizada a la probeta sin soldadura confirman que la tubería cumple con los estándares de calidad necesarios para su aplicación en el chasis, garantizando así su confiabilidad y seguridad

En resumen, a pesar de las imperfecciones de porosidad, se pudo constatar que la soldadura aplicada en las probetas fue uniforme y logró proporcionar una resistencia adecuada. Estos hallazgos recalcan la importancia de seguir parámetros de soldadura apropiados, controlar la calidad del proceso y detectar posibles áreas problemáticas con el objetivo de obtener resultados sólidos y duraderos en aplicaciones de soldadura

### **Recomendaciones**

- **Utilización de soldadura por fricción:** Se recomienda emplear la avanzada técnica de soldadura por fricción para la unión de componentes mecánicos. Esta técnica de soldadura ofrece una serie de ventajas superiores, como una menor distorsión térmica y una mayor resistencia de la unión soldada. Al optar por esta técnica, se garantiza una unión de alta calidad y fiabilidad, lo que resulta en una mayor durabilidad y rendimiento de las estructuras soldadas.

- **Ambiente controlado durante el proceso de soldadura:** Es esencial llevar a cabo el proceso de soldadura en un entorno controlado. Esto implica realizar la soldadura en un ambiente libre de contaminantes, como oxígeno y humedad, que pueden comprometer la integridad de la unión soldada. Mediante la creación de un ambiente controlado, se asegura la máxima calidad y confiabilidad de la soldadura, lo que se traduce en una resistencia excepcional a largo plazo y una vida útil prolongada de las estructuras soldadas.
- **Aplicación de tratamiento térmico al material:** Se recomienda aplicar un tratamiento térmico adecuado al material antes o después del proceso de soldadura. Este tratamiento térmico se realiza con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas y la resistencia del material, generando una unión soldada más resistente y confiable. Al someter el material a un tratamiento térmico, se optimiza su estructura cristalina, se reducen las tensiones residuales y se fortalece la zona afectada por el calor, lo que resulta en una soldadura de máxima calidad y una resistencia excepcional.
- **Proceso uniforme de remoción de soldadura:** Se enfatiza la importancia de llevar a cabo un proceso uniforme y meticuloso para eliminar los residuos de soldadura, asegurándose de que la superficie de la soldadura y la tubería se encuentren al mismo nivel. Este proceso meticuloso garantiza la eliminación de irregularidades y discontinuidades en la superficie de la unión soldada, lo que podría debilitar la resistencia y durabilidad de la estructura. Al lograr una eliminación uniforme de los residuos de soldadura, se logra una superficie lisa y homogénea, lo que se traduce en una unión soldada de la más alta calidad.

Estas recomendaciones, basadas en las mejores prácticas de la industria, tienen como objetivo optimizar el proceso de soldadura, mejorar la calidad de las uniones soldadas y garantizar la integridad estructural de los componentes. Al seguir estas recomendaciones profesionales, se obtendrán resultados superiores y altamente confiables en aplicaciones de soldadura.

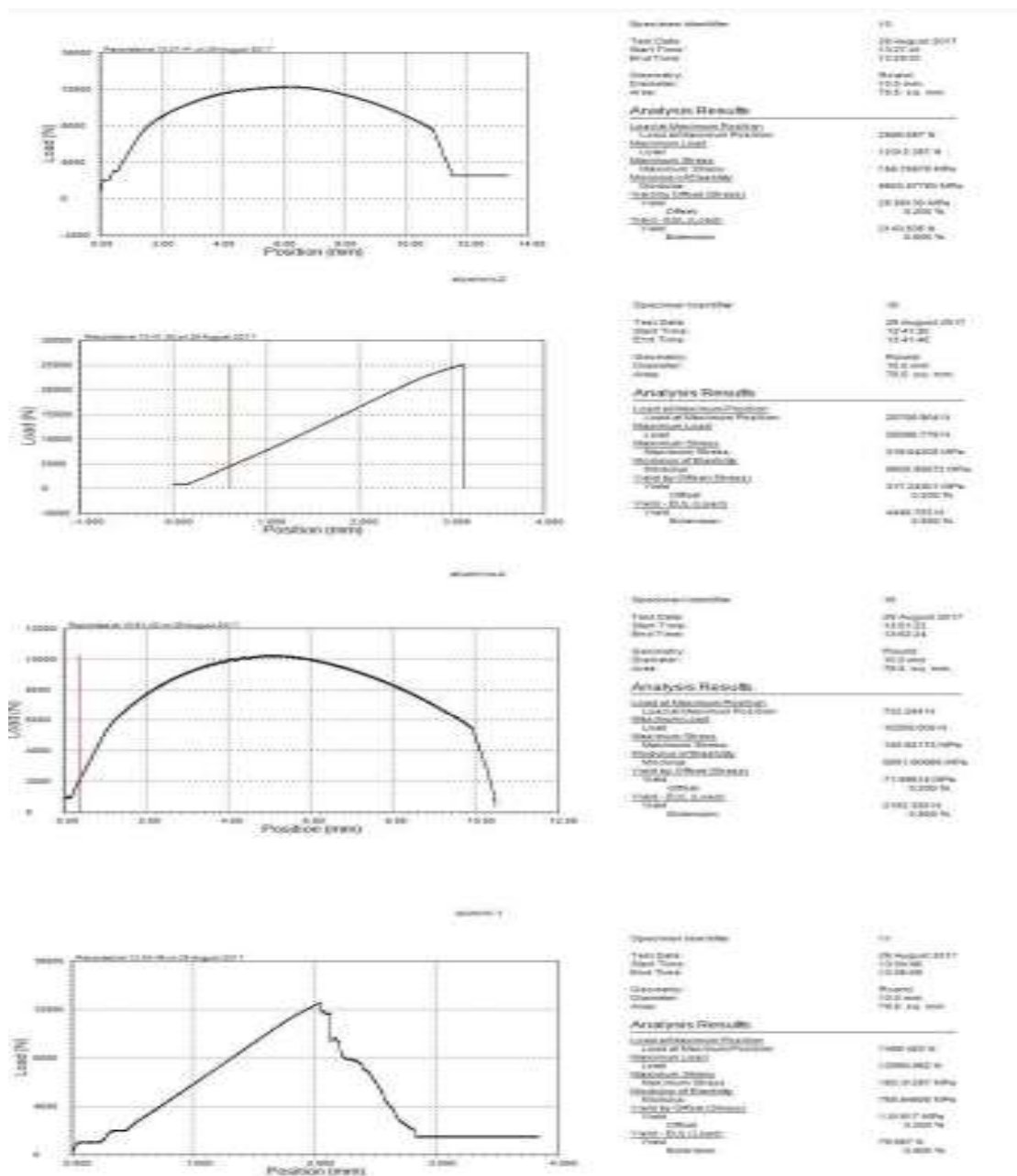
### Referencias bibliográficas

- [1] Akash Singh Patel and Atul Srivastava, “Modeling, Analysis Optimization of TATA 2518 TC Truck Chassis Frame using CAE Tools,” *Int. J. Eng. Res.*, vol. V5, no. 10, pp. 70–80, 2016, doi: 10.17577/ijertv5is100122.
- [2] shell-eco-marathon-regions.pdf.”
- [3] T. 4, “No Title,” [Online]. Available: <https://www.teknika4.com/es/aluminio-6063>.
- [4] <https://delmetal.com.ar/productos/aluminio/6063.pdf>
- [5] <https://www.motoryracing.com/coches/noticias/chasis-automotriz-y-su-evolucion/>
- [6] <https://www.hierrosmolina.com/blog/que-es-la-soldadura-definicion-tipos-de-electrodos-yconsejos/>
- [7] <https://www.caranddriver.com/es/formula-1/a30808605/halo-indycar-red-bull/>
- [8] [https://www.elconfidencial.com/deportes/formula-1/2014-03-07/tom-prycecuando-un-extintor-no-salvaba-una-vida-sino-que-la-segaba\\_98403/](https://www.elconfidencial.com/deportes/formula-1/2014-03-07/tom-prycecuando-un-extintor-no-salvaba-una-vida-sino-que-la-segaba_98403/)
- [9] <https://grupokefren.com/materiales/metales/aleacion-de-aluminio-6063/>
- [10] <https://industrialphysics.com/es/base-de-conocimientos/articulos/por-que-esimportante-la-prueba-de-traccion/>
- [11] <https://www.materialwelding.com/cual-es-el-procedimiento-de-prueba-de-traccion-los-tipos-de-equipos-y-el-informe-de-laboratorio/>
- [12] M. Omer, “Design and Analysis of Composite Chassis for Shell Eco Marathon Prototype Vehicle 2016 using Finite Element Analysis Design and Analysis of Composite Chassis for Shell Eco Marathon Prototype Vehicle 2016 using Finite Element Analysis,” 2016.
- [13] “Analysis and Optimization of Chassis of Electric Go Kart by Finite Element Analysis,” pp. 1–6.  
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5370/1518%202008.pdf>
- [15] S. Eco-marathon, “No Title.”
- [16] C. O. N. E. L. A. De, “Preámbulo.”
- [17] “PREGUNTAS Y RESPUESTAS FRECUENTES AL REGLAMENTO.”
- [18] “shell-eco-marathon-regions.pdf.” .
- [19] M. Salas Martín, “Escuela Politécnica Superior de Linares,” no. 20, pp. 1–83, 2016.
- [20] tony guerra Sepulveda, “Contenido,” 2018, [Online].

- [21] A. Calvo, "Diseño Y Análisis De Un Chasis Para Un Prototipo De," pp. 1–110, 2006, [Online]. Available: [file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/Diseño y análisis de un chasis para un prototipo de Fórmula SAE \(2\).pdf](file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/Diseño%20y%20análisis%20de%20un%20chasis%20para%20un%20prototipo%20de%20Fórmula%20SAE%20(2).pdf).
- [22] "TESIS DE GRADO."
- [23] T. 4, "No Title," [Online]. Available: <https://www.teknika4.com/es/aluminio-6063>.
- [24] "A1011 hslas gr 45," p. 2017, 2017.
- [25] C. D. E. Ingeniería and M. Automotriz, "Diseño y construcción de un chasis tubular para un vehículo de competición tipo supercrosscar," 2014.
- [26] [https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Curva-tipica-Esfuerzo-Deformacion-de-unmaterial\\_fig1\\_267511738](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Curva-tipica-Esfuerzo-Deformacion-de-unmaterial_fig1_267511738)
- [27] <https://www.teknika4.com/es/aluminio-7075>
- [28] <https://es.scribd.com/document/500614407/Aleaciones-de-aluminio-aeronautica>
- [29] <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/11/etica-soldadura.html>
- [30] "Introduction to the Mechanics of Materials" de William F. Riley, Leroy D. Sturges y Don H. Morris.
- [31] "Aluminum Alloys: Structure and Properties" de Carl T. Sims y Raymond E. Smith.
- [32] ASME Boiler and Pressure Vessel Code – Section IX: Qualification Standard for Welding, Brazing, and Fusing Procedures; Welders; Brazers; and Welding, Brazing, and Fusing Operators
- [33] Reglamento II competencia nacional de vehículos de tracción eléctrica.pdf



ANEXOS



Anexo 1 Propiedades mecánicas y composición química del aluminio 6066 T1

Anexo1. Propiedades mecánicas y composición química del aluminio 6066 T1

Fuente: Castro Carmen <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15220/4/UPS-KT01494.pdf>



*Anexo 2 Mordazas de máquina de tracción para agarre de probetas*

Anexo 2. Mordazas de máquina de tracción para agarre de probetas

Fuente: Propia



*Anexo 3 Máquina de tracción SHIMADZU.*

Anexo 3. Máquina de tracción SHIMADZU.

Fuente: Propia