



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Evaluación de los procesos de soldadura MAG y SMAW en el grado de resistencia
mecánica a la tracción de los cordones de soldadura en los aceros de bajo carbono.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Br. Vera Pacherre, Julio (ORCID: 0000-0001-6119-4820)

ASESOR:

Dr. William Fernando Villarreal Albitres (ORCID: 0000-0003-1743-6014)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Manufactura - estándares de aplicación de soldadura

CHICLAYO - PERÚ

2019

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a JEHOVA, el todo poderoso quien es merecedor de toda gloria y honra, y quien ha estado conmigo en todo momento.

“Digno eres tu Jehová, nuestro Dios mismo, de recibir la gloria y la honra y el poder porque tu creaste todas las cosas y a causa de tú voluntad existieron y fueron creadas”.- Revelación 4: 11.

A mi madre, aunque no está presente ya que siempre la recuerdo por sus sabios consejos, a mis hijos Julio Humberto y Paula, a mis hermanos Carlos Enrique, María Isabel, Edith Auriestela y muy especialmente a mi hermano José Artemio columna fundamental y que con su ayuda, sacrificio y enorme cariño y amor me han dado una serie de valores y grandes deseos de superación.

Mi gran admiración y cariño para ellos.

El autor

Agradecimiento

Agradezco al Creador y a Jesucristo por iluminar y guiar mis pasos por el camino del bien.

A mi asesor el Dr. Ing. William Fernando Villarreal Albitres, quien con sus sabias orientaciones hicieron posible la culminación de la presente tesis.

A su excelente plana docente de la prestigiosa Universidad Privada César Vallejo por impartirme sus conocimientos que fueron de valiosa utilidad para la culminación del presente trabajo de investigación.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Mgtr. Dante Omar Panta Carranza
Coordinador de Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica

ACTA DE SUSTENCIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 11:00 horas del día 20 de diciembre de 2019, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Carrera Profesional N° 227-2019-UCV-EPIME, de fecha 12 de diciembre, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis: **EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA MAG Y SNAW EN EL GRADO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE LOS CORDONES DE SOLDADURA EN LOS ACEROS DE BAJO CARBONO**, presentada por el **Br. Vera Pacherre, Julio** con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Mecánico Electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

- Presidente : Mg. Dante Omar Panta Carranza
- Secretario : Dr. Daniel Carranza Montenegro
- Vocal : Mg. Edilbrando Vega Calderón

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

Aprobado por mayoría

Siendo las 12:00 horas del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 20 de diciembre de 2019

Mg. Dante Omar Panta Carranza
Presidente

Dr. Daniel Carranza Montenegro
Secretario

Mg. Edilbrando Vega Calderon
Vocal

Declaratoria autenticidad

Declaratoria de autenticidad

Yo, Julio Vera Pacherre, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 19327490, con el trabajo de investigación titulada: **Evaluación de los procesos de soldadura MAG y SMAW en el grado de resistencia mecánica a la tracción de los cordones de soldadura en los aceros de bajo carbono.**

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de oro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 20 de diciembre de 2019.



Julio Vera Pacherre
DNI. N° 19327490

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Índice	vi
Índice de figuras.....	ix
Índice de tablas	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad Problemática	1
1.1.1. A nivel Internacional.....	1
1.2. Trabajos Previos.	5
1.3.3 Clasificación de los procesos de soldadura.....	8
1.3.4 La soldadura eléctrica por arco	10
1.3.6 Soldadura por arco sumergido	16
1.3.7 La soldadura por arco eléctrico con alambre tubular	17
1.3.8 Soldadura por arco eléctrico con electrodo sólido y gas	17
1.3.9. Soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno y gas	19
1.3.10 La soldadura. Oxi-acetilénica.....	19
1.3.11 Ensayo de tracción (estático).....	20
1.3.12 Normativas técnicas para ensayos de probetas soldadas con proceso SMAW	23
1.4 Formulación del Problema	24
1.5. Justificación de Estudio.....	24
1.5.1 Técnica.....	24
1.5.2 Económica.....	24
1.5.3 Social	25

1.5.4 Ambiental.....	25
1.6 Hipótesis	25
1.7 Objetivos.....	25
1.7.1 Objetivo General.....	25
1.7.2 Objetivos Específicos	25
II. MÉTODO	26
2.1. Diseño de Investigación	26
2.2. Variables y Operacionalización	26
2.3 Población y Muestra.	28
2.4 Técnica e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	31
2.5 Métodos de Análisis de Datos.	34
2.6 Aspectos Éticos	34
III. RESULTADOS.....	35
3.1. Resistencia a la tracción de las probetas.....	36
3.2. Para la realización de los procedimientos de soldadura SMAW y GMAW, se tiene en consideración la tabla de variables. (Ver Anexo).....	43
3.3. Para analizar los diversos factores que influyen en la calidad de soldadura se debe considerar las variables que se dan en tabla. (Ver Anexo)	43
3.4. Diseño de la probeta según norma	43
3.5. Prueba de hipótesis	43
IV. DISCUSIÓN	46
4.1. Costos de consumibles en el proceso GMAW y SMAW	46
V. CONCLUSIONES.....	48
VI. RECOMENDACIONES.....	49
REFERENCIAS.....	50
ANEXOS.....	51
Ficha Técnica de la variable independiente.....	51

Ficha. Factores que influyen en la calidad de la soldadura proceso SMAW	52
Ficha de inspección de soldadura	53
Ficha de ensayo de tracción	54
Ficha de revisión documentaria.....	55
Evidencia fotográfica de la prueba de ensayo	56
Fotografía de la prueba de ensayo de resistencia a la tracción	57
Proceso de ejecución de la prueba de ensayo de la tracción.....	58
Probetas soldadas con los procesos SMAW y GMAW.....	59
Valores experimentales durante el ensayo de resistencia de Tracción	60
Valores de la t de Student	61
Acta de aprobación de originalidad de tesis	62
Reporte del Turnitin	63
Autorización de publicación de tesis repositorio institucional	64
Autorización de la Versión final del trabajo de investigación	65

Índice de figuras

Figura 1. Clasificación general de los procesos de soldadura	9
Figura 2. Carta maestra de los procesos de soldadura	9
Figura 3. Diagrama del circuito de soldadura	10
Figura 4. Partes del Circuito de Soldadura por Arco Eléctrico	11
Figura 5. Fusión del electrodo.....	11
Figura 6. Flujo Eléctrico	13
Figura 7. Efecto de la polaridad y el tipo de corriente	15
Figura 8 Soldadura por arco sumergido	16
Figura 9. Soldadura por arco eléctrico con alambre tubular	17
Figura 10. Representación de la soldadura con CO ₂	18
Figura 11. Proceso de soldadura TIG	19
Figura 12. Química de la llama Oxiacetilénica	20
Figura 13. Máquina Universal de tracción.	21
Figura 14. Diagrama esfuerzo – deformación	22
Figura 15. Dimensiones de la probeta para el ensayo de Tracción	23
Figura 16. Probetas soldadas para el ensayo de tracción	35
Figura 17. Esfuerzo a la tracción vs deformación longitudinal – Probeta 1-SMAW... ..	36
Figura 18. Esfuerzo a la tracción vs deformación longitudinal - Probeta 2-SMAW.. ..	37
Figura 19. Gráfico de la probeta 3	38
Figura 20. Esfuerzo a la tracción vs deformación longitudinal – Probeta - GMAW.....	39
Figura 21. esfuerzo a la tracción vs deformación longitudinal – Probeta - GMAW.....	40
Figura 22 esfuerzo a la tracción vs deformación longitudinal – Probeta. 6-GMAW	41
Figura 23 esfuerzo a la tracción vs deformación longitudinal - Probeta Suministro.....	42

Índice de tablas

Tabla 1. Procesos recomendados para la soldadura de metales y aleaciones.....	18
Tabla 2. Operacionalización de las variables	27
Instrumentos de recolección de datos	32
Resumen de medidas estadística.....	45
Costos de combustibles	46

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar los procesos de soldadura MAG y SMAW en el grado de resistencia a la tracción de los cordones de soldadura en los aceros de bajo carbono, para dicho objetivo se encamino a llevar a cabo una investigación del tipo, según el propósito, aplicado, y según el diseño de investigación, experimental y como población se consideró a uniones de placas de acero de bajo contenido de carbono (ASTM A36) y como muestras a placas soldadas, tres de ellas con el proceso SMAW y las otras tres con el proceso GMAW, todas con una sola pasada una en cada cara y una probeta de suministro (sin soldar), determinando así su resistencia a la tracción.

Con los resultados obtenidos ayudará a las empresas no solo con el análisis sino también a todos aquellos que quieran reducir sus costos de fabricación, tiempo de ejecución, desperdicios, y obtener una excelente calidad y buena productividad con el proceso de soldeo. El proceso de soldar al arco con gas protector –GMAW o (MIG/MAG) se puede considerar como un proceso de soldeo flexible, de bajo costo y alta productividad, debido a su forma de diseño de este proceso GMAW y de poder convertirse en un proceso automático y robotizado, los métodos y técnicas que se usan en este trabajo son de tipo bibliográfico.

Palabras claves: Resistencia, tracción, cordones, SMAW, GMAW.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the MAG and SMAW welding processes in the degree of tensile strength of the weld seams in low carbon steels. For this purpose, it was intended to carry out a type investigation, according to the purpose, applied, and according to the experimental, experimental design and as a population, joints of steel plates with a low carbon content (ASTM A36) and as samples to welded plates were considered, three of them with the SMAW process and the other three with the GMAW process, all with a single pass on each side and a supply specimen (without welding), thus determining its tensile strength.

With the results obtained, it will help companies not only with the analysis but also with all those who want to reduce their manufacturing costs, execution time, waste, and obtain excellent quality and good productivity with the welding process. The process of welding to the arc with protective gas -GMAW or (MIG / MAG) can be considered as a flexible welding process, of low cost and high productivity, due to its design form of this GMAW process and of being able to become an automatic and robotic process, the methods and techniques used in this work are of a bibliographic type.

Keywords: Resistance, traction, cords, SMAW, GMAW.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

1.1.1. A nivel Internacional

“La soldadura es una actividad que se realiza en muchas industrias. Es decir, en todo trabajo con metales que con la utilización de la soldadura se fusionan dos metales. En Rusia se hace mención que la metodología que se utiliza con relación a la soldadura es de alta tecnología. Como ejemplo los submarinos nucleares no se construyen, sino que son soldados con millones de juntas soldadas. A cada junta soldada va asignada con el nombre del soldador que la trabajó y esta grabación la mantiene durante todo el servicio de la nave. En cuanto a la responsabilidad comparada con la de Chérnovil ante una posible destrucción repercute mucho en la calidad del trabajo. Pero existen soldaduras que no se han hecho ni con la mano más experta, pero sí con la ayuda robótica” (Russki, 2013,P.17-20).

“La aplicación del proceso GMAW se emplea, considerándose el más común en Estados Unidos, Japón y Europa Occidental, esto es por su fácil automatización y gran producción. Y esto se debe a que la flexibilidad es lo más sobresaliente, ya que se puede soldar aceros de bajo contenido de carbono, aluminio, inoxidable, y cobre, desde espesores de 0,6 mm y con cualquier posición. Y también por ser limpio y por ser compatible con cualquier medida de protección del medio ambiente” (OCHOA R., RIOFRIO G., & JARA D., 2017).

“Se menciona que en el Perú la utilización de la soldadura en muchos lugares de la nación trabaja en forma artesanal sin técnica, y con poca capacitación de las personas responsables de esta labor, incrementando la contaminación medio ambiente por los gases que emite el proceso” (Delgado, 2016,P.135).

“Según lo manifiesta que como cualquier proyecto de estructuras metálicas. Todas las uniones son por lo general soldadas, estas al combinarse con los factores medio ambientales a condiciones de aire libre y alturas elevadas. Después varios ensayos, se encontró que las soldaduras realizadas a más de 3.000 m (9.800 pies) sobre el nivel del mar, se puede ver que hay síntomas de porosidad y afectando en su totalidad calidad de la soldadura” (Lincoln,2012, p.26)

Ventajas de la soldadura MIG/MAG

En dicho proceso hay más ventajas que desventajas, tales como:

Posiciones de soldadura: Se puede trabajar en cualquier posición.

Resultados esperados: Al término del trabajo nos da una excelente calidad de la soldadura.

Diferentes grados de espesores: Se realizan trabajos con espesores de materiales, de 0,7mm hasta 6 mm, sin preparación de bordes.

No emite agentes contaminantes: Gran reducción de gases contaminantes o tóxicos hacia la atmósfera.

Comodidad de trabajo: Depende de la habilidad del soldador, ya que el proceso puede transformarse en automático o semiautomático con buenos resultados sin mucho esfuerzo. Y además se sueldan capas de raíz, de relleno y cubierta en piezas de mayor espesor.

Excelente producción y calidad: Da una elevada productividad y gran acabado de la soldadura. Es decir, alto rendimiento de fusión, penetración profunda, economía, fácil manejo, etc.

Desventajas de la soldadura MIG/MAG

Las desventajas que hay que considerarlas antes de seleccionar el equipo son las siguientes:

Alto costo: si bien es cierto que la forma de manipular el equipo es sencillo, pero el precio del equipo puede ser muy alto. Es decir, si se tiene un presupuesto muy bajo.

Enfriamiento: Su sistema de enfriamiento es mejor con relación a otros métodos de trabajo.

Dificultad de uso en lugares delicados: Muchos soldadores no siempre la recomiendan para trabajos dificultosos. Es por eso que es importante antes de trabajar con este proceso de soldadura leer cuidadosamente todas las instrucciones, y también las precauciones, el gas apropiado, tipo de alambre, y otras informaciones importantes, para evitar cualquier problema.

Aplicaciones y utilización de la soldadura MIG- MAG.

*La soldadura GMAW además de usarse en talleres de soldadura de estructuras metálicas livianas, sino también en la industria de estructuras-metal mecánica pesada, en la industria naval. En la producción de oleoductos, también es muy importante en la producción de depósitos hidráulicos, en construcciones metálicas, en la industria de procesos de chapas, en la industria automotriz. Es tan variada la soldadura GMAW que puede ser difícil. Sin embargo, es el proceso que más se aplica hoy día.

Aplicaciones y utilizaciones de la soldadura SMAW

Debido a la gran productividad, rentabilidad y calidad, la soldadura SMAW ha sido remplazada gradualmente. Pero debido a su capacidad para soldar en lugares restringidos se hace notar que todavía se usa. Sobre todo en estructuras pesadas, como la industria naval y la soldadura en el “campo”. Este proceso tiene una gran aplicación en casi todos los aceros y muchas aleaciones no ferrosas, y pocas veces se usa para soldar aluminio.

1.1.2. A nivel Nacional

La formación de piezas, partes y juntas con el método de soldeo e usos prácticos de los procesos son aplicados con poco conocimiento, es por eso que:

“Se hace mención que en el Perú la utilización de la soldadura en muchos lugares de la nación se trabaja en forma artesanal sin criterio técnico y con poca capacidad de las personas responsables de esta labor, incrementando la contaminación del medio ambiente por los gases que emanan dichos procesos” (Delgado, 2016, P. 135).

Según hecha una investigación, los procesos de soldaduras más comunes y usados son: La soldadura oxiacetilénica, es el proceso SMAW, y poco usados los procesos GMAW, GTAW, y otros.

Tipos de soldadura más usados en el Departamento de Lambayeque:

La soldadura Autógena u Oxiacetilénica, la soldadura SMAW, y el proceso GMAW.

Tipos de soldaduras más usados en el Departamento de la Libertad:

En la Libertad los procesos más utilizados son:

El proceso más común es el Semiautomático (GMAW), muchas industrias lo utilizan por su alta producción, el proceso (SMAW) es el más utilizado para trabajos de mantenimiento y el proceso GTAW o TIG es específico para aceros inoxidable o para metales no Ferrosos, sin embargo en algunas industrias encontramos los tres procesos, dependiendo del tipo de trabajo que se tenga que realizar, entre los más comunes están el MIG-MAG y el TIG, el proceso de soldadura OXIACETILÉNICO, es utilizado para forja, tratamientos térmicos, corte, en la industria Automotriz y mantenimiento.

1.1.3 A nivel Local

Uno de los lugares de mayor auge comercial en el departamento de La Libertad, es Chepén, caracterizado por ser una zona agroindustrial, en la existen grandes empresas dedicadas al pilado de arroz y otros derivados. El tipo de cosecha a modo de pilado de arroz permite el gran desgaste de piezas permitiendo la demora de trabajo y la baja productividad

Es decir, en Chepén hay deficiencia en la aplicación de la tecnología de la soldadura GMAW, debido a que existen solo en el taller del Instituto Superior “CIRO ALEGRIA BAZAN DE CHEPÉN” dicha máquina de soldar MIG-MAG y sobre todo si se tratan de soldar aceros de bajo contenido de carbono, es decir no está desarrollada la capacidad necesaria para soldar dichos aceros de tales máquinas ya que no se cuenta con soldadores capacitados y calificados con este proceso de soldadura en la región del valle Jequetepeque, lo que permite la necesidad de programar cursos de capacitaciones teóricas-prácticas de soldadura especialmente con el proceso MIG/MAG y de esta manera aportar y mejorar la calidad, productividad y competitividad en los proyectos de metal mecánica y de estructuras metálicas de acero de bajo contenido de carbono que se ejecutan en el valle Jequetepeque.

1.2. Trabajos Previos.

1.2.1. Internacional

Esto ha sido el interés de ingenieros, científicos e investigadores por encontrar los factores que influyan en obtener un mejor método de soldar.

En la tesis “Aplicación del proceso MIG en la reparación de piezas de aluminio en motores de combustión interna”, se encontró que la resistencia a la tracción y otros factores físicos, superan a los de la misma pieza cuando se suelda y esto permite que el electrodo continuo sólido para el aluminio del proceso GMAW, es recomendado para soldar planchas y piezas fundidas de grandes espesores, como las culatas. El proceso GMAW no es recomendado para lugares en que las condiciones ambientales son adversas; como la alta velocidad del viento, temperatura baja o lluvia intensa (Ibarra, 2011, p.64).

En los últimos años la tecnología de la soldadura ha sido favorecida en mejorar los procedimientos de soldadura para asegurar una alta resistencia de las uniones de piezas metálicas en acero de bajo carbono.

Según el investigador en su trabajo sobre la SOLDADURA TIG Y MIG DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO 6061 Y 7020, ESTUDIOS MICROESTRUCTURALES Y DE PROPIEDADES MECÁNICAS. Hace mención que los procesos GTAW y GMAW están reemplazando a otros convencionales, como el SMAW, que al ser aplicados a aleaciones de aluminio, nos dan una excelente soldadura con pequeñas fallas y también con estas soldaduras no es necesario el uso de fundentes de protección y posteriormente puedan influir en juntas soldadas.

También se aplica en cualquier posición de soldadura y su calidad al término de la junta tienen un buen acabado y en muchas aleaciones de aluminio se aplican estas dos técnicas. (Gómez de Salazar, Ureña, Villauriz, Manzanéolo, & Barrena, 2013).

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA DEL SECTOR INDUSTRIAL DE LA CIUDAD DE LOJA, CASO PRÁCTICO PROCESO MIG-MAG

“El presente trabajo de investigación se hizo con el fin de hacer un análisis y evaluación de los procesos de soldadura en la ciudad de Loja permitiendo interpretar los factores económicos, de conocimiento y de tecnología, incidiendo en los parámetros, de calidad, productividad y competitividad. Centrándose el proceso MIG-MAG, que tecnológicamente está ganando espacio en el desarrollo industrial del país, y lo han introducido en el taller de metalmecánica del Área de Energía de la UNL, considerándose como una alternativa para mejorar el nivel práctico de los estudiantes de la universidad y así conocer y especializarse en dicho proceso de soldadura. Además, que propongan una guía de prácticas elaboradas técnicamente y para que los estudiantes las realicen sin dificultad” (OCHOA R., RIOFRÍO., & JARA D., 2017)

1.2.2. Nacional

Según el investigador Pajuelo (2009) en su tesis que tuvo como objetivo evaluar el proceso GTAW con material de aportación o no en planchas de acero estructural, concluye que los ensayos de tracción indican que hay una pérdida de ductilidad, pero esta no es de consideración ya que no presentan fisuras ni agrietamiento después del ensayo de doblado. Con el proceso GTAW los resultados con las probetas de ensayo sin material de aporte, alcanza y hasta supera las características de las uniones soldadas comparando con las probetas que tienen material de aporte. Entonces el uso de este proceso sin material de aporte es beneficioso ya que abarata costos ya que no utiliza material de aporte y aumenta la velocidad productiva.

1.3. Teorías Relacionadas al tema.

1.3.1 La soldadura como unión metálica

“Lo primero que se considera para llegar a comprender los procesos, es el estudio de los fenómenos que se dan al producirse la unión de dos superficies metálicas. Sabemos que los metales se encuentran conformados por granos y estos a su vez en un arreglo periódico de átomos originando lo que se le conoce de retícula cristalina. Su promedio de tamaño de los granos varía, uno se encuentra alejado de otro por un espacio llamado límite de grano. Dichos espacios sirven para determinar las propiedades del metal” (SOLDEXA – OERLIKON, 2010)

“Al considerar un átomo dentro de un grano, este se encuentra unido a otros mediante fuerzas de cohesión. Pero los que están libres en la periferia no podrían completar sus enlaces. Si en esta situación se coloca en contacto apropiado dos superficies similares, formarán los enlaces, conformando así la superficie que se formó casi equivalente al límite de grano. Posibilitando reproducir dicho fenómeno de manera controlada, originando así los procesos de soldadura” (SOLDEXA-ORLIKON, 2010)

1.3.2 Naturaleza de las superficies metálicas

“En lo descrito anteriormente se ha tomado en consideración dos superficies metálicas planas, de manera ideal, a fin de establecer un contacto íntimo entre ellas. Pero, las superficies metálicas son raras que se encuentren en dicho estado, permitiendo impedir en forma práctica que se reproduzca el proceso mencionado” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

“A fin de poder comprender los procesos en la realidad, se necesita hacer un análisis de las características de las superficies reales, como están en forma natural. Toda superficie real, que se examina en la escala atómica es sumamente irregular. Ya que se encuentra formada por picos y valles variables alrededor de unos doscientos diámetros atómicos que corresponden a superficies más perfectas que el hombre sería capaz de hacer, hasta cien mil diámetros atómicos en superficies con desbaste” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

1.3.3 Clasificación de los procesos de soldadura

“La manera, para alcanza la unión de dos superficies metálicas, en realizar la soldadura, son someterlas a una presión a ambas. Si dicha presión tiene la magnitud apropiada, romperá las capas de humedad y de óxido y deformará la superficie, alcanzando la unión que se necesita. Así origina y la conocemos como Soldadura por Presión” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

“Esta soldadura se puede aplicar o no energía térmica, pero debe considerar cuando así, suceda, que la temperatura del proceso debe permanecer inferior del punto de fusión de los materiales que participan. Su primer efecto del empleo de la energía térmica es de disminuir la tensión de fluencia de los materiales que se van a soldar, también disociar los óxidos y sacar la humedad” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

“Otra forma de obtener la soldadura, es el uso de la energía térmica para fundir de manera local los metales que se quieren soldar y, así, lograr eliminar las capas de óxido y humedad y obtener un contacto íntimo de las piezas por fusión y solidificación de los materiales que se unen. Que se conoce, como Soldadura por Fusión. Con sus diversas aplicaciones de esta soldadura. Su campo de aplicación depende, de una serie de factores como: del material que se va a soldar, espesor, requisitos a cumplir el cordón de soldadura, y de construcción. La variedad de ejecutar el cordón de soldadura, ya sea por su forma, así también por el método y sus aplicaciones, ha dado lugar al desarrollo de una serie de procesos con dicha técnica. Al seleccionar el proceso que más favorezca, el más apropiado y económico, presupone el conocimiento de su forma de ejecución y sus particularidades” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010).

1.3.4 La soldadura eléctrica por arco

“Es una unión por fusión, en que la soldadura se produce debido al calor originado por el arco eléctrico, con o sin presión y con o sin material de aportación. La corriente eléctrica es transformada en calor, la temperatura aproximada alcanza los 4 000°C. La corriente eléctrica es el flujo de electrones que pasa a través de la sección de un conductor en un circuito cerrado. Si se produce una abertura en cualquier lugar del circuito, los electrones se movilizan con elevada velocidad y saltan en el espacio que hay entre los terminales, estos espacios pueden ser entre 1,5mm hasta 3 mm (longitud del arco), y se origina una chispa eléctrica, con la necesaria presión o voltaje a fin de que puedan fluir los electrones de manera continua. Por medio de esta apertura, que se forma continuamente. A través de esta apertura, se forma el arco eléctrico, y de esta manera funde el metal mientras avanza. Entonces, el arco eléctrico es, el flujo continuo de electrones que se encuentra dentro de un medio gaseoso, que produce luz y calor” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

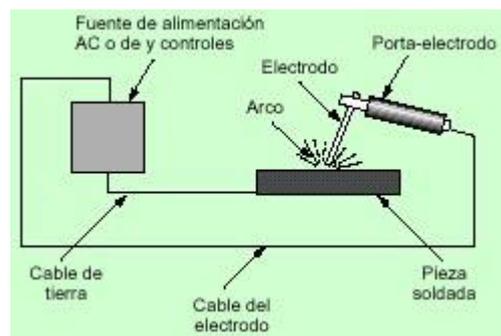


Figura 3. Diagrama del circuito de soldadura

1.3.4.1. Soldadura por arco eléctrico manual con electrodo revestido (SMAW)

Esta unión, es un proceso de soldadura que une piezas metálicas por fusión.

“Para formar la unión, queda concentrado el calor que da un arco eléctrico que se establece entre los bordes de las piezas que se va a soldar y una varilla metálica (electrodo). Originándose una zona de fusión y, cuando se solidifica, queda establecida la junta permanente. Que es el principio en que funciona la soldadura por arco eléctrico” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

El equipo consta de:

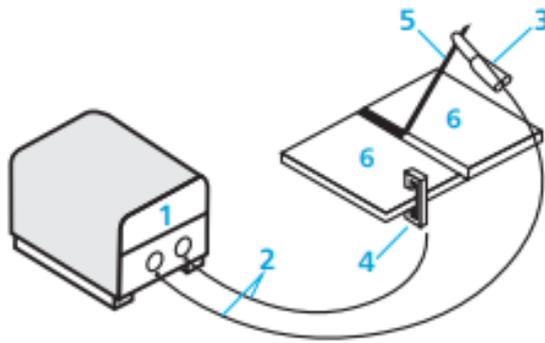


Figura 4. - Elementos del Circuito de Soldadura por Arco Eléctrico

1. Generador de corriente (Fuente de poder)
2. Cables de soldadura
3. Porta-Electrodo
4. Masa o tierra
5. Electrodo
6. Pieza de trabajo

“Al cerrarse momentáneamente el circuito, cuando toca la punta del electrodo con la pieza a soldar, y se retira rápidamente, a una altura prefijada, entre 1,5 mm hasta 3 mm (longitud del arco) formándose así el arco. El calor va a fundir la área reducida entre el metal que se va soldar y la punta del electrodo, y se forma pequeños glóbulos metálicos, estos están protegidos por una escoria líquida, los que son transportados al metal base mediante fuerzas electromagnéticas, y dando como resultado de fundir los dos metales y se va solidificando mientras avanza el arco” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010).

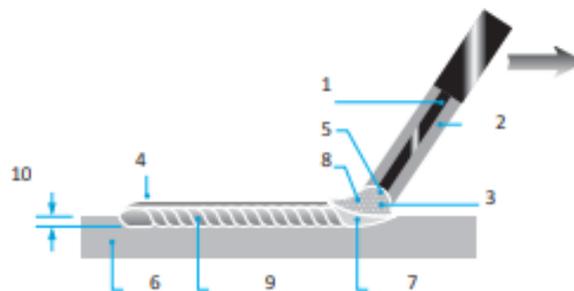


Figura 5. Fusión del electrodo

1. Núcleo metálico
2. Revestimiento
3. Gota en formación
4. Escoria
5. Arco eléctrico
6. Metal base
7. Baño de fusión y cráter del metal base en fusión
8. Protección gaseosa
9. Cordón depositado
10. Penetración.

1.3.4.2 Nociones de electricidad con relación al arco eléctrico

Con la finalidad de entender más la ejecución del arco eléctrico en soldadura, es importante saber los principios fundamentales que están involucrados la electricidad.

a. El circuito eléctrico

“La corriente eléctrica es flujo de carga eléctrica que circula a través de la sección de un conductor en un circuito cerrado” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

b. El circuito de soldadura por arco eléctrico

“La corriente eléctrica comienza a fluir, empezando por el borne de la fuente de poder, aquí es fijado el cable del electrodo (1), y terminando en el borne de la máquina de soldar, donde queda fijado el cable de la masa (2). Como se observa, en la Fig.6, partiendo de (1) la corriente va al porta-electrodo, luego va al electrodo; en el extremo del electrodo hace un salto de la electricidad a la pieza y se forma el arco, continúa fluyendo la electricidad por el metal de trabajo hasta el borne de tierra (2) y luego vuelve a la fuente de poder. El circuito se establece solamente si el arco está encendido” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

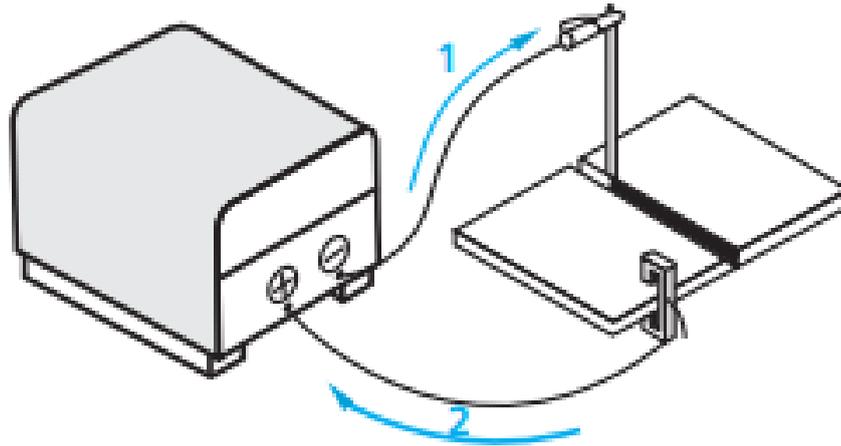


Figura 6. Flujo Eléctrico

c. Voltaje y amperaje

“Por ejemplo, el agua puede circular dentro de una tubería, cuando hay una presión que la obligue; en la corriente eléctrica para que fluya y circule en un circuito, es necesario una «presión», que obligue a fluir a los electrones dentro de un conductor (máquina en funcionamiento). Dicha *presión*, que obliga a la corriente eléctrica, se denomina diferencia de potencial, voltaje o tensión” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

“La tensión se da en voltios y es medido con el instrumento llamado voltímetro; ciertas máquinas para soldar tienen un voltímetro y un regulador para el voltaje. La cantidad de agua, que circula por una tubería, es medida con una magnitud física en unidad de tiempo (metros cúbicos por segundo). De manera similar es utilizada, para que se exprese la magnitud de corriente eléctrica, es decir la cantidad de electrones por cada segundo. La unidad que se emplea es el Coulomb en cada Segundo, y se da en Amperios, y es medido con el amperímetro” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

d. Clases de corriente eléctrica

“**Corriente alterna (CA)**. Es la energía eléctrica que cambia de manera cíclica la polaridad. Esta la realiza de 100 a 120 veces por segundo. El tiempo que comprende entre los cambios de polaridad se le denomina como ciclo (50 a 60 ciclos). En nuestro país se emplea, generalmente, la corriente alterna de 220 voltios y 60 ciclos. Dicha energía se transporta mediante redes eléctricas monofásicas que emplean 2 cables o redes eléctricas trifásicas que emplean 3 cables para su transporte. Las máquinas para soldar suelen emplear monofásica o trifásica.

Corriente continua (CC). En los circuitos eléctricos, las cargas eléctricas o electrones, mantienen el mismo sentido, movilizándose del polo negativo hacia el polo positivo (sentido real)” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

e. Polaridad

“En la clase de corriente continua es de importancia tener conocimiento de su dirección del flujo de corriente. Dicha dirección del flujo de corriente en el circuito de soldadura se expresa como POLARIDAD. Si se conecta el cable del porta-electrodo al polo negativo (-) de la máquina y si se conecta el cable de tierra al polo positivo (+) de la máquina, el circuito se llama POLARIDAD DIRECTA o NORMAL. Además con esta polaridad es para darle mayor velocidad de fusión en el electrodo” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010).

“Si se conecta el cable del porta-electrodo al polo positivo (+) de la máquina de soldar y si el cable de tierra al polo negativo de la máquina, el circuito se llama POLARIDAD INVERTIDA o INDIRECTA. Con esta polaridad se consigue mayor penetración en la unión soldada” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

“Algunas máquinas no cambian los cables, debido a que llevan una llave de conmutación permitiendo así poder cambiar la polaridad. Pero los electrodos con su revestimiento que tienen componentes químicos, pueden hacer variar la polaridad, es por eso que se debe seguir las normas de los electrodos según la AWS” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

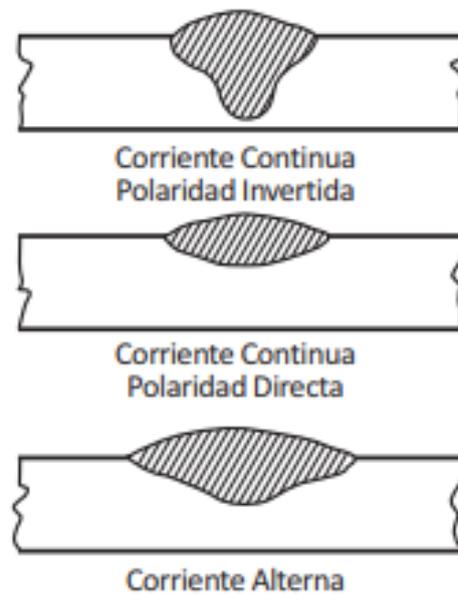


Figura 7. Efecto de la polaridad y el tipo de corriente

f. Fenómenos del arco eléctrico para soldar

“En sus extremos de los polos del arco, el voltaje va a variar de acuerdo a la longitud del arco. Cuando roza la punta del electrodo con la pieza, su voltaje es cero y aumenta cuando la longitud del arco es mayor, debido a retirarse mucho el electrodo, el arco es interrumpido y la máquina regresa a su “voltaje en vacío”, este voltaje siempre es mucho mayor que el voltaje con que se trabaja. El amperaje que se necesita para poder fundir el electrodo y la pieza que se va a soldar se ha de elevar mientras aumenta el diámetro del electrodo que se use, según la norma AWS. Y esta regulación la realiza el soldador según el diámetro del electrodo” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

.1.3.5 Máquinas de soldar por arco eléctrico

“Luego que se inicia el arco, este a de ceder de manera automática e inmediata pasar de voltaje en vacío a un voltaje de trabajo, y así permitir que se mantenga el arco (voltaje de trabajo es el voltaje de la máquina estando el arco encendido; varía de 17 voltios hasta 45 voltios). La máquina debe permitir la regulación del amperaje que se necesita para soldar; este amperaje va a variar con: el diámetro del electrodo, posición a trabajo, espesor de las piezas a soldar” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

“Aparte de las características mencionadas, una máquina para soldar debe poseer gran resistencia y solidez, de tal manera que se pueda trabajar en las más severas condiciones en las que se desempeña el trabajo del soldador” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

1.3.6 Soldadura por arco sumergido

“En sus principios físicos son parecidos a la soldadura de arco eléctrico manual. Operando, el electrodo se remplaza con un alambre desnudo y cuando se va consumiendo, es alimentado por medio de sistema automático. El arco se cubre (nombre que se da a la soldadura) y se protege con un polvo granular y fusible, llamado fundente, que es un compuesto de silicatos y minerales” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

“El fundente es similar al revestimiento de los electrodos, físico y metalúrgico. En lo **físico**, hace que por medio de la escoria la proteja al baño de soldadura de los gases de la atmósfera, y así formar un cordón que esté sin poros y evitando la pérdida de calor muy rápida. En lo **metalúrgico**, impedir las pérdidas de los elementos de aleación y agregando al metal que se va depositando” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)



Fig. 15

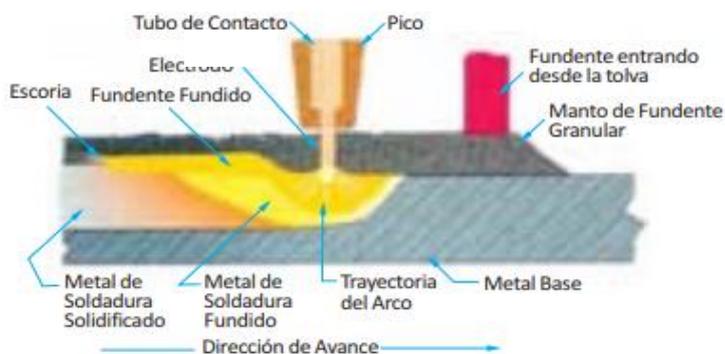


Figura 8 Soldadura por arco sumergido

1.3.7 La soldadura por arco eléctrico con alambre tubular

“En esta unión con este proceso, la fusión se consigue con un arco que se produce mediante el electrodo tubular (alambre que se consume) y la pieza. Su protección es obtenida por medio de un fundente que está en el interior del alambre tubular. No es necesario la protección adicional de un gas que se suministra exteriormente. En la figura se ve el proceso, en el que se indica el alambre con núcleo de flujo, su envoltura del gas protector, el metal base, el arco y la escoria de protección. Este proceso puede ser semiautomático o automático, pero el que más se aplica es el semiautomático” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

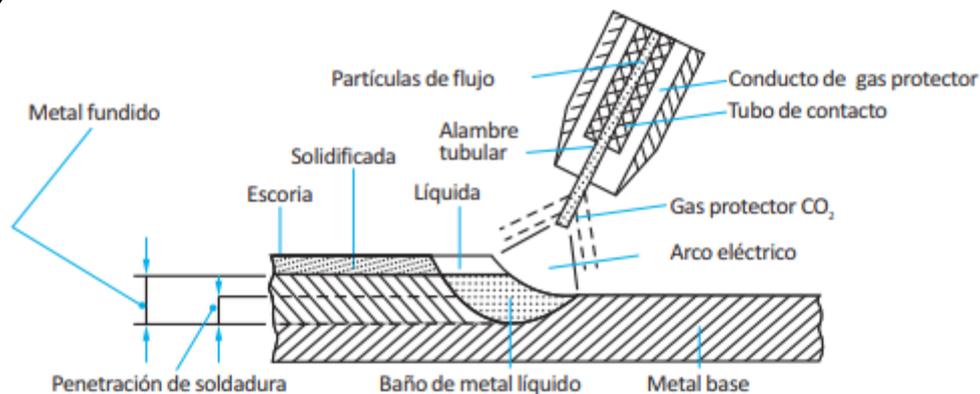


Figura 9. Soldadura por arco eléctrico con alambre tubular

1.3.8 Soldadura por arco eléctrico con electrodo sólido y gas

“Este sistema de soldar por Arco Metálico con Gas, llamada GMAW, el arco es originada por la corriente de 100 a 400 Amperios por mm². Y Gas de Protección, el arco se forma entre el extremo del alambre depositado y la pieza a soldar. La protección se consigue totalmente de los gases que se suministran de manera simultánea con el metal de aportación” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

Hay dos clases de este proceso, los que están establecidos por la utilización del gas de protección:

MIG Es el que usa como gas de protección inerte puro (helio o argón), para soldar metales no ferrosos.

MAG: El que usa como protección. Dióxido de carbono (CO₂) o una mezcla de CO₂+Argón, para metales ferrosos.

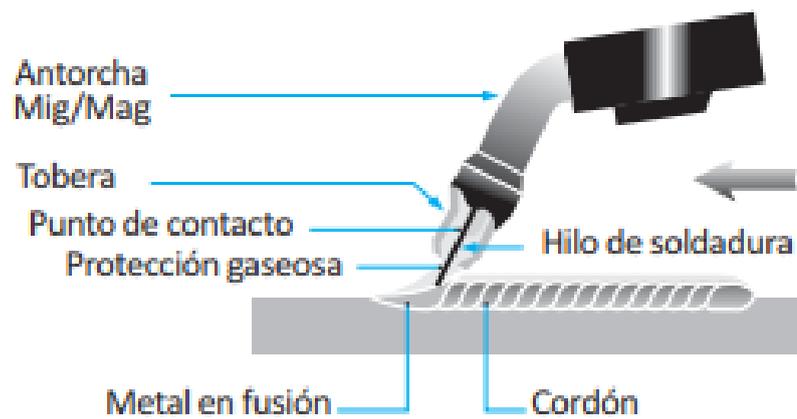


Figura 10. Representación de la soldadura con CO2.

Tabla 1. Procesos recomendados para la soldadura de metales y aleaciones

PROCESO DE SOLDADURA	Acero dulce bajo carbono -tipos SAE 1010 y 1020	Aceros de mediano carbono -tipos SAE 1030 y 1050	Aceros de baja aleación - tipos SAE 2340, 3145, 4130 y 4350	Aceros austeníticos inoxidables tipos AISI 301, 310, 316 y 347	Aceros ferríticos y martensíticos inoxidables - tipos AISI 405, 410, 430	Aleaciones de alta resistencia y elevada temperatura - tipos 17-14, CuM, 16-25-6 y 19-9 DL	Hierro fundido y hierro gris	Aluminio y aleaciones de aluminio	Magnesio y aleaciones de magnesio	Cobre y aleaciones de cobre	Níquel y aleaciones de alto contenido de níquel	Plata	Oro, platino e iridio	Titanio y aleaciones de titanio
Arco metálico protegido	R	R	R	R	R	R	S	S	NA	NR	R	NR	NR	NA
Arco sumergido	R	R	R	R	S	S	NR	NR	NA	NR	S	NR	NR	NA
Soldadura TIG	S	S	S	R	S	S	S	R	R	R	R	R	R	
Soldadura MIG	S	S	S	R	S	S	NR	R	S	R	R	S	S	S
Soldadura por Arco con presión	R	R	R	R	S	S	NR	S	NR	S	S	S	S	S
Soldadura por puntos	R	R	R	R	S	S	NA	R	S	S	R	NR	S	S
Soldadura a Gas	R	R	S	S	S	S	R	S	NR	S	S	R	R	NA
Soldadura fuerte al horno	R	R	S	R/S	S	NR	NR	R	NR	S	R	S	S	S
Soldadura fuerte a soplete	S	S	NR	S	S	NR	R	R	NR	R	R	R	R	S

R=Recomendado S= Satisfactorio NR= No recomendado NA=No aplicable

Fuente: (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

1.3.9. Soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno y gas

“Este proceso para soldar por arco de tungsteno con gas (GTAW), es una soldadura, en donde la fusión es originada debido al calor de un arco que se forma entre el electrodo de tungsteno (no - consumible) y la pieza que se va a soldar. La protección es obtenida de un gas inerte ya sea helio o argón.

La Fig. 11 se observa el proceso GTAW. Donde está indicando el electrodo de tungsteno, el arco y la envoltura del gas que protege a la pieza que se va a trabajar. La varilla desnuda del material de aporte se aplica en forma manual, y se introduce en el arco y en el baño de fusión, parecido a la soldadura oxiacetilénica. Se puede usar o no material de aportación” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)



Figura 11. Proceso de soldadura TIG

1.3.10 La soldadura. Oxi-acetilénica.

“En esta soldadura, el calor que se necesita para calentar la pieza y el material de aporte y así llevarlos a un estado de fusión, proviene de una llama de elevada temperatura, que se obtiene de la mezcla del gas acetileno y el oxígeno, llegando a temperatura más alta con unos 3200°C. Los dos gases son mezclados proporcionalmente en un soplete diseñado en

forma tal, que el soldador puede regular la llama, y dándole el ajuste según la necesidad del trabajo” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

“Se puede obtener una llama normal, si es alimentada en volúmenes iguales, tanto de oxígeno como de acetileno (para soldar aceros); si aumentamos en forma proporcional el acetileno, se consigue la llama conocida como carburante (los aceros se calientan mucho, la soldadura se hace dura y quebradiza). Y a la inversa, tomando con referencia a la llama neutra, aumentamos la proporción de oxígeno, se consigue la llama oxidante (pieza de acero produce óxidos y la soldadura muy quebradiza). Ambas llamas tienen características y usos precisos que se debe considerar” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

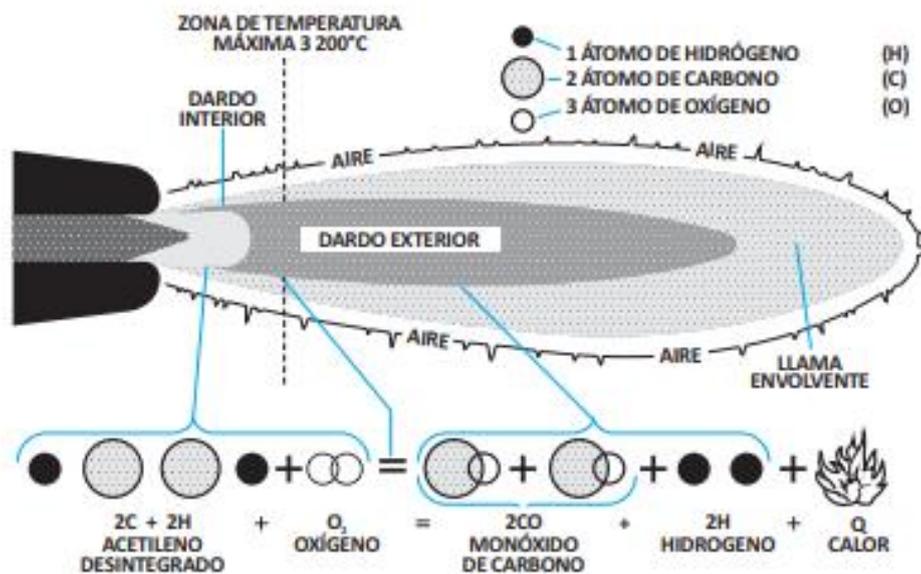


Figura 12. Química de la llama Oxiacetilénica

1.3.11 Ensayo de tracción (estático)

“El ensayo es el más utilizado y adecuado para definir mejor las “propiedades mecánicas” de esfuerzos versus deformaciones, apreciándose diversas propiedades como el límite elástico, límite plástico, esfuerzo de fluencia, entre otras propiedades. Los ensayos de esfuerzo - deformación de un metal consisten en aplicar una carga axial a la probeta la cual deberá contar con dimensiones normalizadas que permitan verificar una adecuada resistencia a la tracción hasta el límite que proporcione la carga máxima de resistencia a la rotura, pasando por valores de fluencia, la velocidad a la que sucede este suele ser de un orden muy pequeño” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)



Figura 13. Máquina Universal de tracción.

1.3.11.1 Esfuerzo

El esfuerzo es una fuerza que actúa sobre el área unitaria en la que se aplica, según la siguiente fórmula.

$$\text{Esfuerzo} = \frac{\text{Fuerza aplicada}}{\text{Área sobre la cual se aplica la fuerza}}$$

1.3.11.2. Deformación

Existen dos formas de deformación denominadas deformación unitaria de ingeniería (1° ecuación) y deformación unitaria real (2° ecuación), la cual se describe a continuación.

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

$$\varepsilon_v = \ln\left(\frac{L_f}{L_0}\right)$$

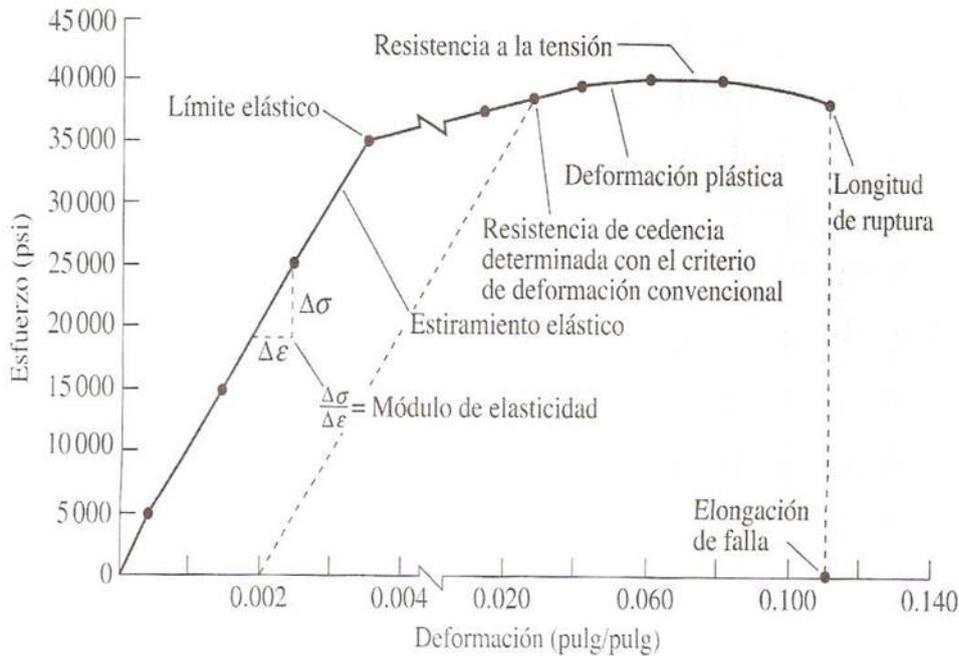


Figura 14. Diagrama esfuerzo – deformación

1.3.11.3 Límite de fluencia

“Según Askeland (2016), menciona que existe una zona que se diferencia entre la zona plástica y la zona elástica denominada límite de fluencia. Este punto de límite de fluencia indica que está comenzando la zona plástica. Antes de llegar hasta esta zona el comportamiento de la pieza a ser analizada tiene un comportamiento elástico y en esta zona (zona plástica) donde la pieza tiende a tener un comportamiento que sigue la Ley de Hooke” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

$$\sigma = E\varepsilon$$

1.3.11.4 Esfuerzo máximo

“El esfuerzo máximo es el valor máximo que puede soportar la probeta en donde una vez pasado este esfuerzo la probeta sufrirá una estricción y finalmente una fractura” (Smith, 2010).

1.3.11.5 Deformación máxima a la ruptura

“Corresponde al máximo estiramiento al que se puede someter cierto material antes de que falle. Para poder determinar esta propiedad de manera gráfica, se usa una regresión de

datos, es decir, se calcula el módulo de Young, usando datos de la recta de comportamiento elástico y se genera una nueva recta para el caso de la máxima deformación, asumiendo que, en ese punto, como el comportamiento es plástico, es permanente. Esto se muestra en la siguiente figura, dónde la recta que nace desde el punto c, representa la recta generada con la regresión, pues tiene igual pendiente que la recta en la zona elástica” (Lazaro, 2010)

1.3.12 Normativas técnicas para ensayos de probetas soldadas con proceso SMAW

1.3.12.1 Norma AWS D1.1 para soldadura SMAW

“Según AWS (2000) Dicha norma se dan temas con relación a: ensayos destructivos y no destructivos para comprobar la calidad en juntas de filete y plana, partes de una junta a tope soldada en plancha, tipo de bisel de acuerdo al espesor de material a soldar y proceso, deposición de soldadura en posición (3G) vertical ascendente, vertical inclinada hacia la izquierda y derecha según las normas establecidas, tipos de materiales que se emplean en el proceso SMAW y técnicas de corte, entre otras (pp. 02 – 10)” (OERLIKON, 2010).

1.3.12.2 Norma de ensayo de tracción ASTM E8

Según ASTM (2015) menciona que según la norma las muestras para ensayo de tracción planas deben de tener las características dadas en la siguiente figura.

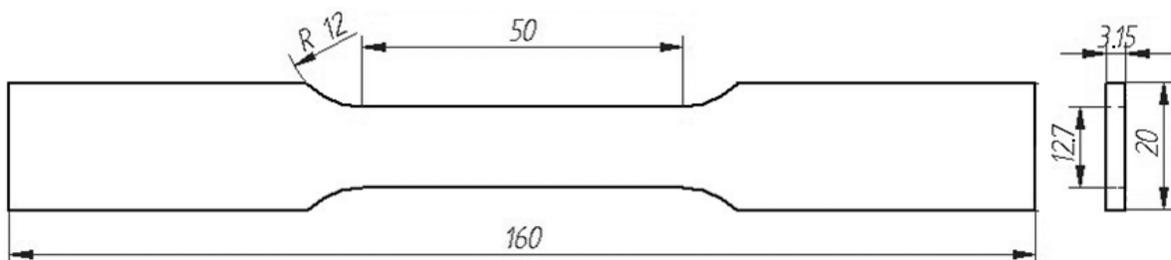


Figura 15. Probeta para ensayos de tensión ASTM E8. Dimensiones en mm

Una vez preparada las probetas proceder al ensayo de tracción siguiendo lo siguiente: Encender y graduar la máquina de tracción, habilitar el software adecuado que permita registrar los datos obtenidos, tipiar los datos en el software como son: las medidas de la muestra, los parámetros de operación restantes, comenzará a graficarse la curva del material en la pantalla, al término de la prueba se registra los resultados obtenidos.

1.3.12.3 Aplicaciones y usos de la soldadura SMAW

“La soldadura SMAW ha sido reemplazada por otras de diferente tipo como son MIG, MAG, TIG, entre otras, pero por su bajo costo, su facilidad de trabajo en zonas de difícil acceso lo hace aún una forma de trabajo muy atractiva para los entendidos en el tema” (SOLDEXA-OERLIKON, 2010)

“En la construcción pesada como la Industria Naval y soldaduras “en campo”, se utiliza la soldadura SMAW, este proceso se tiene una gran aplicación para soldar casi todos los aceros y una serie de aleaciones no ferrosas. Para soldar aceros como los: de alta resistencia, templados y revenidos, de alta aleación, inoxidable y varias fundiciones. Este proceso también se emplea para unir el níquel con sus aleaciones y en menor escala, el cobre y sus aleaciones, aunque poco se utiliza para soldar aluminio” (Martínez-Conesa, Estrems, & Miguel, 2010)

1.4 Formulación del problema

¿En qué grado el proceso de soldadura GMAW es mecánicamente más resistente que el proceso SMAW?

1.5. Justificación de estudio

1.5.1 Técnica

Este trabajo de investigación es importante porque permitirá realizar un análisis comparativo de cordones de soldadura de dos procesos distintos, permitiéndonos conocer cuál es su comportamiento mecánico bajo pruebas de AWS, tomando en consideración que proceso de soldado es el adecuado.

1.5.2 Económica

Esta mi trabajo de investigación nos va a permitir conocer el comportamiento de esfuerzo y deformación de estos cordones de soldadura, con lo cual se podrá identificar el proceso más adecuado para trabajos determinados, evitando sobrecostos en las actividades industriales donde se aplique estos procesos de soldadura.

1.5.3 Social

Este trabajo de investigación tiene un gran impacto social muy positivo debido a que va a permitir seguir la normatividad par el proceso de soldadura la cual contempla diversas medias de seguridad para el soldador y el personal que está cercano al proceso de soldadura, siendo esto beneficioso, ya que se va a proteger más al trabajador.

1.5.4 Ambiental.

El mejoramiento ambiental es favorable debido a que, a través del seguimiento del procedimiento de soldadura de acuerdo a la norma, permitirá minimizar los desperdicios por las malas prácticas de soldadura.

1.6 Hipótesis

El proceso de soldadura GMAW es mecánicamente más resistente que el proceso SMAW

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Evaluar los procesos MIG - MAG y SMAW para determinar la resistencia mecánica en los aceros de bajo carbono

1.7.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar los procedimientos para realizar los procesos de soldadura MIG - MAG y SMAW.
- ✓ Analizar los diversos parámetros que intervienen en la calidad de los cordones de soldadura MIG - MAG y SMAW.
- ✓ Diseñar las probetas según Norma.
- ✓ Realizar los ensayos de tracción a las probetas de soldadura MIG MAG / SMAW para determinar sus características mecánicas.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

Para responder a las preguntas de investigación esta tesis aplica y permite los siguientes diseños de investigación.

Investigación aplicada

Porque es el tipo de indagación en la que el problema identificado es conocido por responsables de la investigación, el cual emplea el proceso de investigación para responder a las interrogantes particulares, de forma tal que se solucione el problema, como es la ejecución de un adecuado proceso de soldadura SMAW y GMAW para poder encontrar la mejor resistencia mecánica en un acero ASTM A36 (Hernández, 2006, p. 152).

Según el diseño de investigación: Experimental.

Porque se manipula la variable independiente (cordones de soldaduras SMAW y GMAW) (causas) para evaluar las consecuencias sobre la variable dependiente en este caso la resistencia a la tracción (efectos) (Hernández; et al, 2006, p.152).

2.2. Variables y Operacionalización

Variable Independiente

Es aquella que es manipulada por el investigador (causa), y que constituye el estímulo dentro de una investigación experimental, generando una respuesta o efecto que es conocida como variable dependiente. Por lo general es la variable que influye o impacta de manera directa el estado o situación de la variable dependiente (procesos SMAW - GMAW y cordones de soldadura).

Variable Dependiente.

Es aquella variable (Resistencia a la Tracción), que es el resultado de la aplicación de la variable independiente, y es afectada debido a la presencia de la variable independiente.

Tabla 2. Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Independiente Procesos SMAW y GMAW	SMAW Soldadura manual o “Soldadura Eléctrica”. GMAW Soldadura por arco metálico con gas. (SOLDEXA-OERLIKON, 2010).	Procesos de soldadura SMAW y GMAW para ejecutar cordones de soldadura y unir el material base apropiadamente sin malogra la pieza	Sin gas (SMAW) Con gas (GMAW).	En forma cualitativa
Dependiente Resistencia a la tracción.	Carga de rotura por tensión, el cual es el esfuerzo máximo que una pieza puede soportar hasta que la misma falle viéndose reflejada la falla en forma de rotura (Ashland, 2016, p.79)	Resistencia que se opone a la probeta de acero ASTM A 36 hasta su rotura. Es decir se trata de aplicar a la probeta un esfuerzo axial de tracción hasta que origine rotura a la probeta	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fuerza. ➤ Área. ➤ Deformación ➤ Límite de fluencia. ➤ Carga de rotura. 	1:1 Natural

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Población y Muestra.

Población.

Conjunto de sujetos que concuerdan porque tienen las mismas peculiaridades (Hernández, Fernández & Baptista, 2006, p.238).

Se ha conformado de una platina de 1.5 metros de largo y de ancho de 1 pulgada por 1/8 pulgada de espesor.

Para la prueba, es el conjunto de seis (6) probetas y una probeta de suministro sin soldar de acero ASTM A36.

Muestra

Muestra es una parte de la población que deberá tener ciertas características como representatividad.

La muestra está conformada por cada una de las probetas de acero ASTM A36 en las que se harán los cordones de soldadura y realizarán las pruebas de ensayo de resistencia a la tracción a cada una de ellas, para este estudio el tipo de muestreo que se aplicará será no probabilístico en que no intervendrá el azar ni la aleatoriedad (Ñaupas, Mejía, Novoa & Villagómez, 2011, p.238).

Descripción de la elaboración de las muestras

El material de la muestra fue recogido de la ferretería “Flores” (Chepén) el día 7 de mayo del 2019.

Descripción:

Fue hecha de platina 1 de pulgada por 1/8 de espesor, se utilizó 150 cm para sacar las 7 probetas, el material es el acero ASTM A36. Aceros Arequipa. Sus dimensiones se muestran en la figura 15.

Aceros Arequipa, sus valores mínimos están dados por la norma y son:

- Límite de fluencia: 36 000 lbs/pulg²
- Resistencia a la tracción: 58 000- 80 000 lbs/pulg²
- Alargamiento: 20 %

Los productos que tiene aceros Arequipa con norma ASTM A36/A36M -14 son los siguientes: Perfiles, barras, platinas, canales U(C), planchas, planchas estriadas.

Las probetas se harán en los talleres del Instituto Superior Público “Ciro Alegría Bazán” de Chepén

Debido a que son sensibles a la oxidación, serán empaquetadas después de que se han hecho hasta el momento de la prueba.

Número de muestras:

Para el número de muestras no hay un número determinado , como ejemplo tenemos la tesis “Estudios de la Soldabilidad de la Unión Disimilar de un acero estructural ASTM A36 con una aleación de aluminio AA5052-H34 para su ensayo de tracción del acero estructural ASTM A36, utilizó tres probetas para determinar la resistencia mecánica (Moreno Zavala, 2015, p.32). En mi proyecto de investigación utilizare siete probetas, tres para el proceso SMAW y tres para el proceso GMAW y una probeta como suministro (sin soldar) para darle más exactitud y seguridad al realizar el ensayo y porque el ancho de la platina casi tiene las medidas de la probeta y viene estandarizada de fábrica, y se le dará la forma y sobre todo los radios con exactitud y precisión con ayuda de algunas herramientas como: amoladora con cuchilla de corte y de esmerilar, vernier, compás, limas planas y redondas.

Recolección de la muestra

La muestra se tomará de una porción de platina de acero ASTM A36 del de pulgada por 1/8 de pulgada de espesor, cuando sea terminada de hacer la muestra se transportará al lugar de la prueba de ensayo. La muestra se tomará y se conservará en condiciones normales ya que después de ser hecha será empaquetada para evitar la oxidación con el medio ambiente.

Las siete probetas que se elaborarán servirán para hacer todo el ensayo de tracción tanto para el proceso SMAW y el proceso GMAW y además se utilizó siete probetas porque económicamente es más barato.

El Aparato o Sistema experimental e instrumental.

La máquina que realiza los ensayos de tracción de la Universidad de Trujillo tiene los siguientes elementos:

- **Una unidad de control:** La computadora y su impresora que sirve para describir las gráficas dosificadas
- **Batería** en caso de ausencia del fluido eléctrico
- **La interface** sirve para traducir los datos del lenguaje dinámico al lenguaje ordenador.
- **La unidad de fuerza** que es la bomba hidráulica
- **La unidad de enfriamiento** que enfría las mangueras y todos los accesorios
- **La unidad central** o de ensayo o principal

El elemento del aparato que representan las variables independientes:

Son los dos procesos, el equipo del proceso SMAW y el equipo del proceso GMAW

INSTRUMENTOS/EQUIPO

El tipo o instrumento que servirá para capturar los datos es la INTERFASE porque es la que capta y traduce los datos del lenguaje dinámico al lenguaje ordenador.

Para medir el desplazamiento se usará el instrumento potenciómetro y la unidad que se usa es el milímetro (mm).

El potenciómetro es un instrumento que se emplea para medir la diferencia de potencial eléctrico, al potenciómetro también se le conoce como voltímetro.

El potenciómetro y el voltímetro los dos son dispositivos de medición del voltaje, pero la diferencia significativa entre ambos es que el potenciómetro mide la f.e.m (fuerza electromotriz) del circuito, mientras que el voltímetro es un tipo de medidor que mide la tensión del terminal del circuito.

El parámetro ASPEREZA, en mecánica se define como el conjunto de irregularidades que posee una superficie y la puedo medir con el VERNIER en milímetros.

DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

Las variables

La resistencia a la tracción es la variable dependiente, mientras que los procesos de soldadura tanto del proceso smaw como del proceso gmaw, es la variable independiente

El procedimiento experimental

La probeta de ensayo es sujeta en sus extremos, un extremo al cabezal móvil ubicado en la máquina y el otro a la célula de carga, correspondientemente. Las mordazas de sujeción deben estar bien fijadas con la muestra, en la ejecución del ensayo, durante la aplicación de la carga los extremos de las probetas no se deben deslizar, a su vez no deben influir tensiones externas que causen rotura en los puntos de sujeción.

Iniciado el proceso y por aplicación de las cargas se va ir observando el alargamiento o deformación en las partes centrales de las probetas y finalmente se produce la ROTURA.

EL ensayo se considere válido, cuando la rotura ocurra dentro de la longitud calibrada en la parte central de la probeta, es decir no en el cordón de la soldadura, sino fuera de la soldadura. Finalmente la máquina digital nos da la prueba de ensayo a la tracción mediante un gráfico de la curva de tensión vs deformación.

2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnica: En el presente trabajo de indagación se utilizó las pruebas para ensayo a la tracción.

Materiales e instrumentos utilizados:

- Platina ASTM A36 de 1 pulgada por 1/8 de pulgada de espesor para las muestras,
- Vernier para calibrar y dar las medidas exactas a la probeta
- Máquina amoladora con piedra de corte y de desbaste para darle forma a la muestra
- La máquina de tracción universal para hacer los ensayos a la tracción a las probetas.

. Instrumentos de recolección de datos

Técnicas	Propósito	Instrumentos
Observación	Registro de ensayos de tracción. Análisis del proceso de soldadura.	Ficha de registro de ensayo de tracción. Ficha de evaluación de soldadura.
Revisión Documentaria	Revisión de normas técnicas para ensayo.	Ficha de revisión documentaria.

Fuente: Elaboración propia.

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos al ser recogidos fueron tomados en la computadora de la máquina universal y luego ser registradas en la hoja de datos.

Observación

Mediante esta técnica se podrá especificar el procedimiento de trabajo que debe seguir para realizar una unión soldada, pudiendo identificar el proceso adecuado, adicionalmente permitirá llevar un registro de los ensayos de tracción a los que ha sido sometido las probetas.

Revisión documentaria

Técnica que permite la exploración de los manuales donde se especifica el procedimiento de soldadura, así como también la revisión de la normatividad correspondiente para la realización de los ensayos de esfuerzo – deformación.

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Ficha de registro de ensayo de tracción

Este instrumento permitió llevar un registro de los resultados de las pruebas de esfuerzo-deformación que se realizarán en una máquina de tracción universal para de esta manera comparar los resultados.

El instrumento está organizado en 02 partes en la primera el nombre del sujeto que lleva el registro de la prueba, la máquina donde se realiza la prueba y en la segunda parte el registro de los resultados del ensayo.

Ficha de inspección de soldadura

Con este instrumento, se realiza el registro de la calidad de la soldadura realizada, se evaluarán los parámetros del procedimiento.

La ficha de control de diseño cuenta con 02 partes, en la primera parte se ubican los datos del investigador, la fecha de la evaluación, en la segunda parte se registrarán los parámetros de la evaluación de la soldadura.

Ficha de revisión documentaría.

Este documento se emplea para tener un registro de los diversos documentos consultados para el desarrollo de la presente investigación, tiene dos partes, la primera donde está el registro del nombre de la persona que hace la revisión y en la segunda la descripción de la revisión.

Validez

Para determinar lo tanto confiable de los datos encontrados se hará la prueba de la hipótesis y el nivel del 5%, la hipótesis será aceptada si es que los valores se observarán menor al nivel de significación del 5%. Significa que la probabilidad de que los datos recogidos no sean un 5%.

Significa que el 5% son apropiados y que las pruebas que se han hecho son apropiadas y adecuadas.

Técnica de evaluación estadística

La evaluación de la hipótesis de investigación, se utilizó la técnica estadística de la prueba T-Student.

Confiabilidad.

Los instrumentos utilizados son fichas que cumplen la confiabilidad de trabajos de investigación y fueron proporcionados por la Universidad César Vallejo mediante las FICHAS DE INSPECCIÓN DE SOLDADURA (Anexo 01), FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN (Anexo 02).

2.5 Métodos de análisis de datos.

Considerando la importancia que tiene el análisis de los datos recolectados, para poder determinar la asociación de las variables, se utilizó la estadística descriptiva a través de tablas y figuras estadísticas de las variables en estudio. De esta manera se obtuvieron los resultados que permitieron conocer el nivel de input o entrada de la máquina de ensayo por tracción.

2.6 Aspectos éticos

Como aspectos éticos se tuvo en cuenta el respeto a la propiedad intelectual de los autores revisados, realizando las citas correspondientes, así mismo la confidencialidad de los datos proporcionados por la empresa investigadas, además los datos recolectados fueron tomados tal como se registraron, respetando la veracidad de los resultados, agregando así mismo que los resultados de esta indagación, respecto al diseño de la maquinaria, busca tener un efecto positivo en la sociedad, buscando de esta manera el beneficios ocal.

III. RESULTADOS

Probetas soldadas antes del ensayo de tracción

- Las tres probetas en el proceso SMAW están soldadas con una máquina de soldar marca Solandinas TC- 230 AC de 25 voltios y con 100 amperios. Material de aporte: electrodo Cellocord AWS E 6011 AP de 1/8 de pulgada de diámetro.
- Las tres probetas en el proceso GMAW están soldadas con una máquina MIG-MAG TELWIN con gas de protección Ar.CO2. Material de aporte: Alambre desnudo. Tipo 70 S-3 calibre 0.9 mm de diámetro, con 133 amperios, 21.7 voltios, velocidad de avance 9.8 m/minuto.



Figura 16. Probetas soldadas para el ensayo a la tracción

- a) **Probeta 6 .Soldada con el proceso GMAW.**
- b) **Probeta 5. Soldada con el proceso GMAW.**
- c) **Probeta 4. Soldada con el proceso GMAW.**
- d) **Probeta 3. Soldada con el proceso SMAW.**
- e) **Probeta 2. Soldada con el proceso SMAW.**
- f) **Probeta 1. Soldada con el proceso SMAW.**

3.1. Resistencia a la tracción de las probetas

Se muestra el resultado de las 6 probetas para conocer el comportamiento de la resistencia mecánica a la rotura.

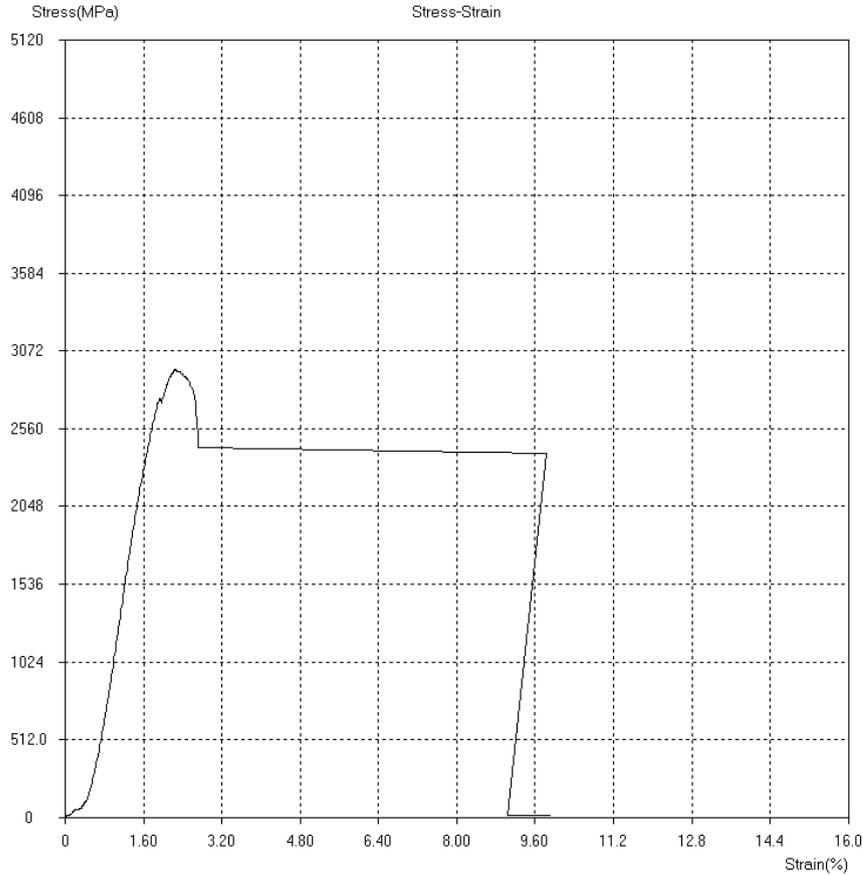


Figura 17. Gráfico del esfuerzo a la tracción vs deformación longitudinal de la probeta 1. SMAW.

La figura 17 muestra el comportamiento del esfuerzo a la tracción versus elongación. Se observa que el punto de fluencia alcanza a 2688 MPa, mientras que el punto de elasticidad ocurre a los 2304 MPa, para una elongación de 1.6%, la resistencia última a la tracción para esta probeta fue de 2430 MPa, para una elongación de 8.5 %

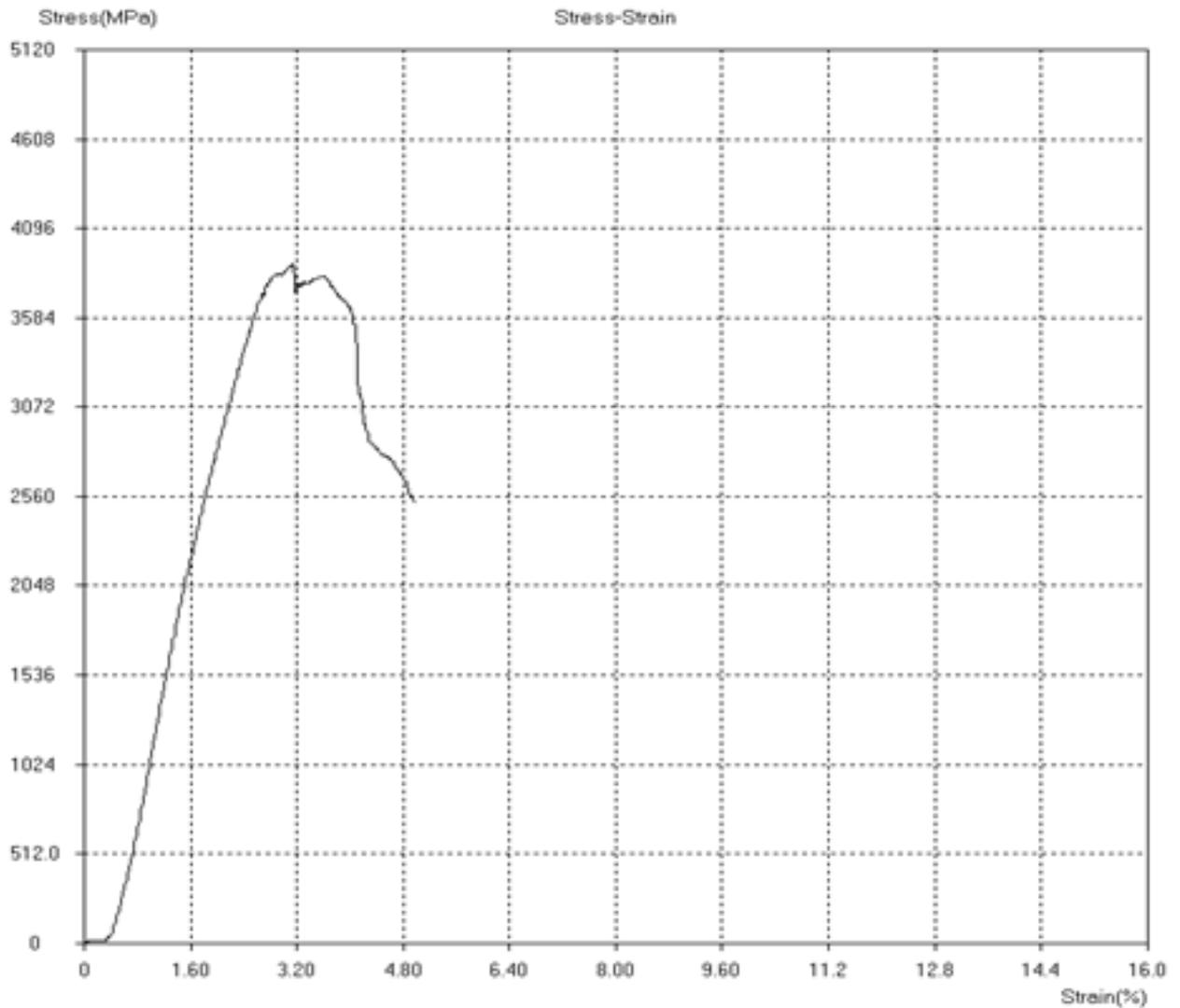


Figura 18. Gráfico del esfuerzo a la tracción vs deformación longitudinal de la probeta 2. SMAW.

La figura 18 muestra el comportamiento del esfuerzo a la tracción versus elongación. Se puede observar que el punto de fluencia alcanza a 3840 MPa, mientras que el punto de elasticidad ocurre a los 3584 MPa, para una elongación de 2.4 %, la resistencia última a la tracción para esta probeta fue de 2560 MPa, para una elongación de 4.85 %.

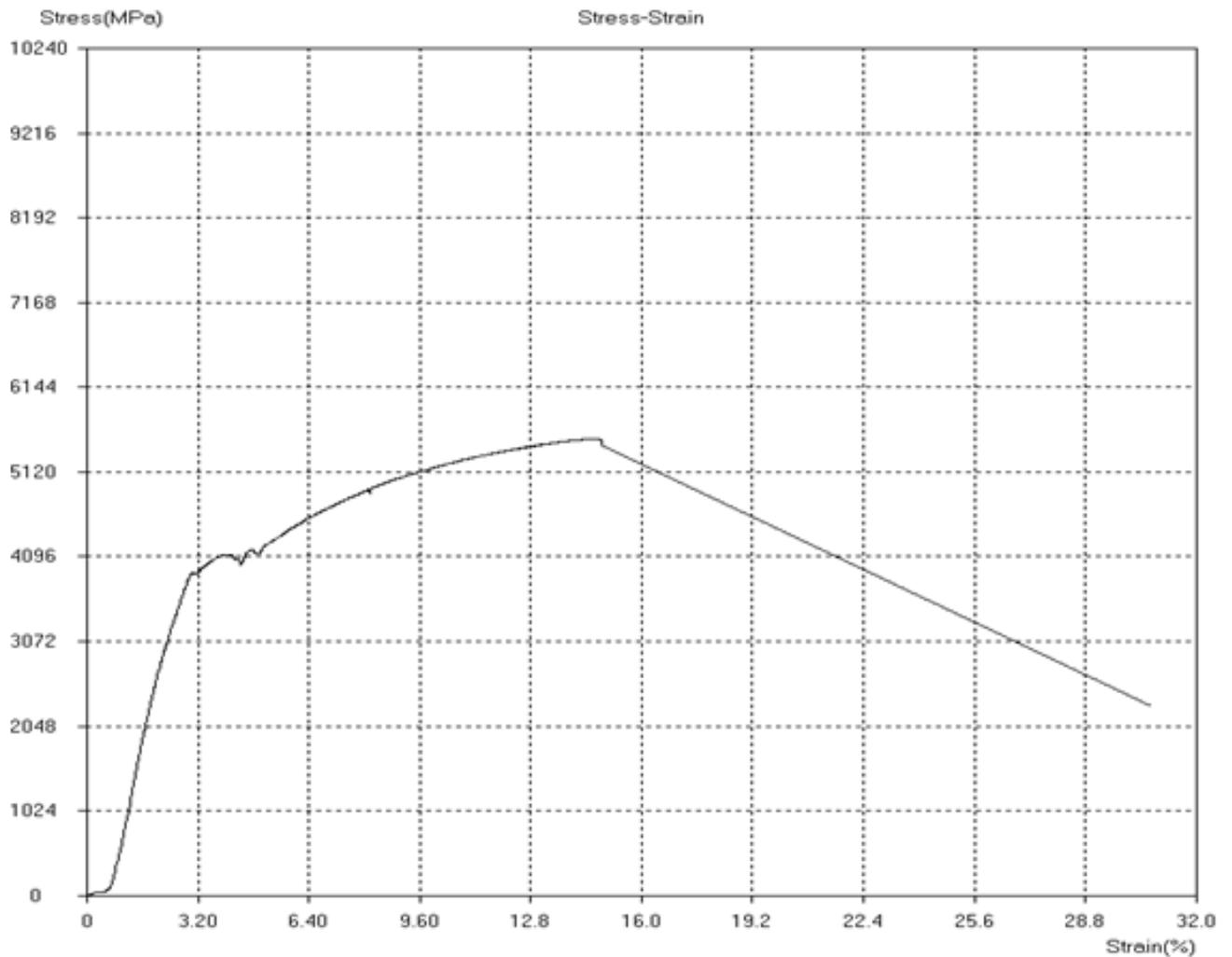


Figura 19. Gráfico del esfuerzo a la tracción vs deformación longitudinal de la probeta 3. SMAW.

La figura 19. muestra el comportamiento del esfuerzo de tracción versus elongación. Se puede observar que el punto de fluencia alcanza a 5460 MPa, mientras que el punto de elasticidad ocurre a los 3892 MPa, para una elongación de 3.00%, la resistencia última a la tracción para esta probeta fue de 2390 MPa, para una elongación de 30.4 %.

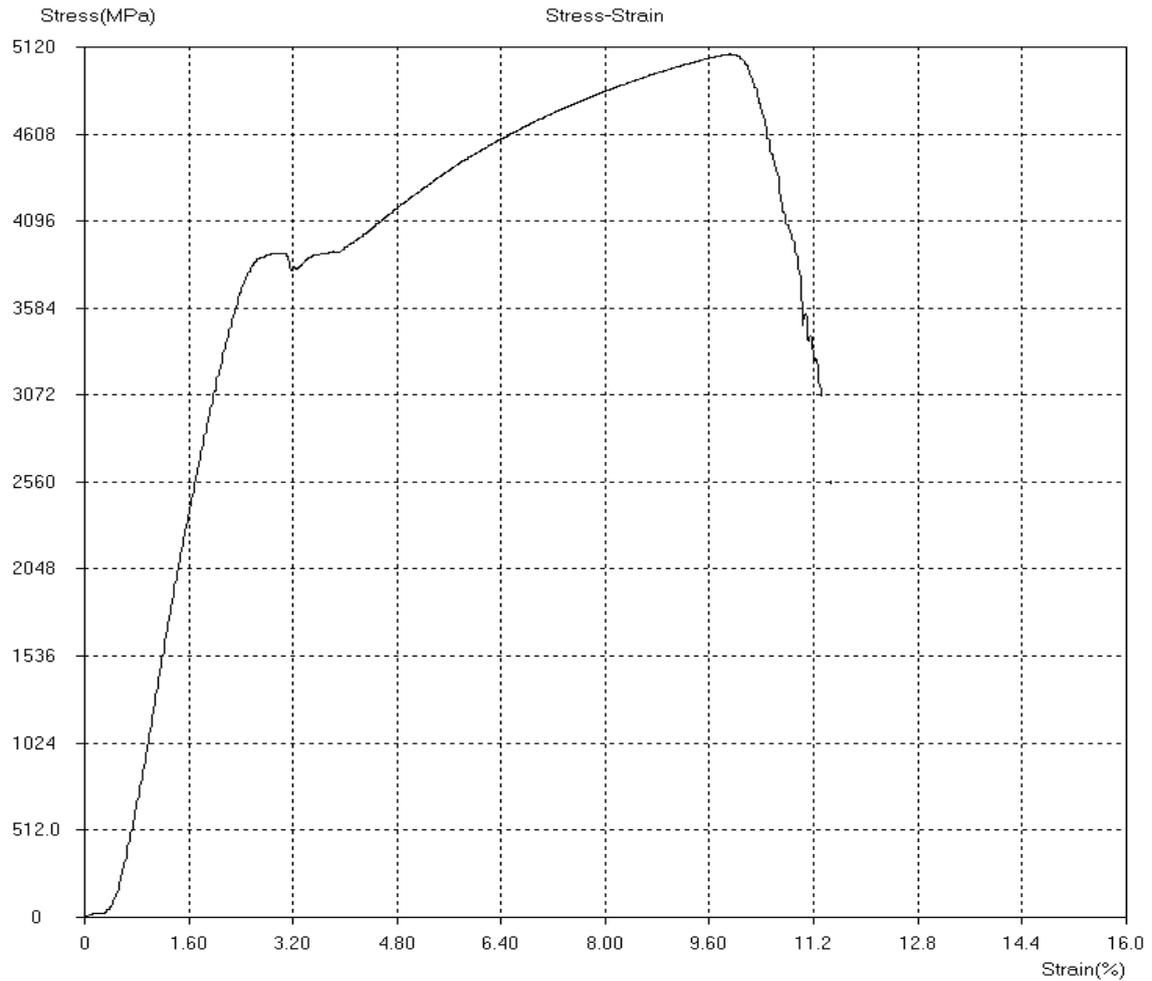


Figura 20. Gráfico del esfuerzo a la tracción vs deformación longitudinal de la probeta 4. GMAW

La figura 20 muestra el comportamiento del esfuerzo a la tracción versus elongación. Se puede observar que el punto de fluencia alcanza a 5068.8 MPa, mientras que el punto de elasticidad ocurre a los 3584 MPa, para una elongación de 2.4 %, la resistencia última a la tracción para esta probeta fue de 3072 MPa, para una elongación de 11.25 %.

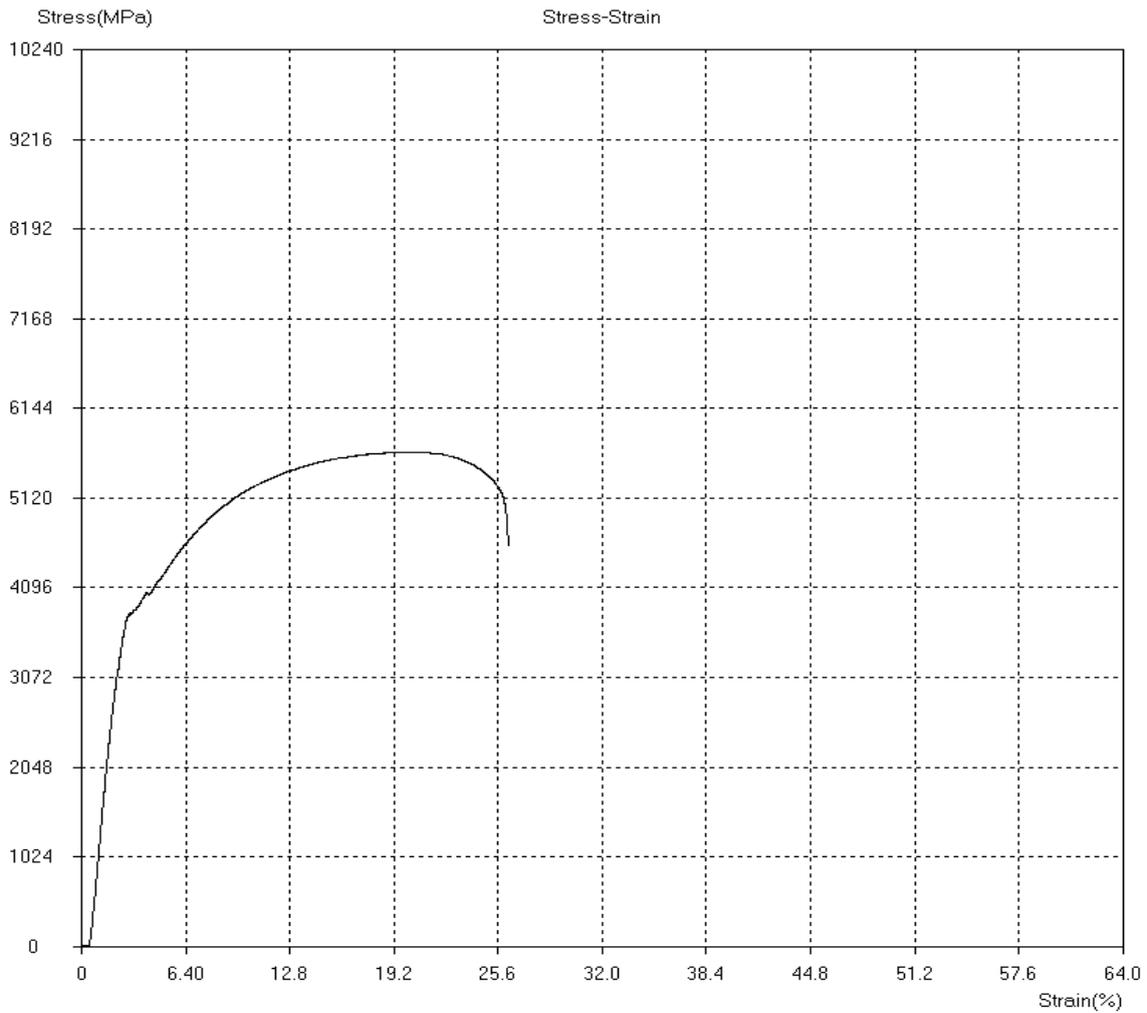


Figura 21. Gráfico del esfuerzo a la tracción vs deformación longitudinal de la probeta 5. GMAW.

La figura 21 muestra el comportamiento del esfuerzo a la tracción vs elongación. Se puede observar que el punto de fluencia alcanza a 5632 MPa, mientras que el punto de elasticidad ocurre a los 3755 MPa, para una elongación de 4.7%, la resistencia última a la tracción para esta probeta fue de 4608 MPa, para una elongación de 25.8 %.

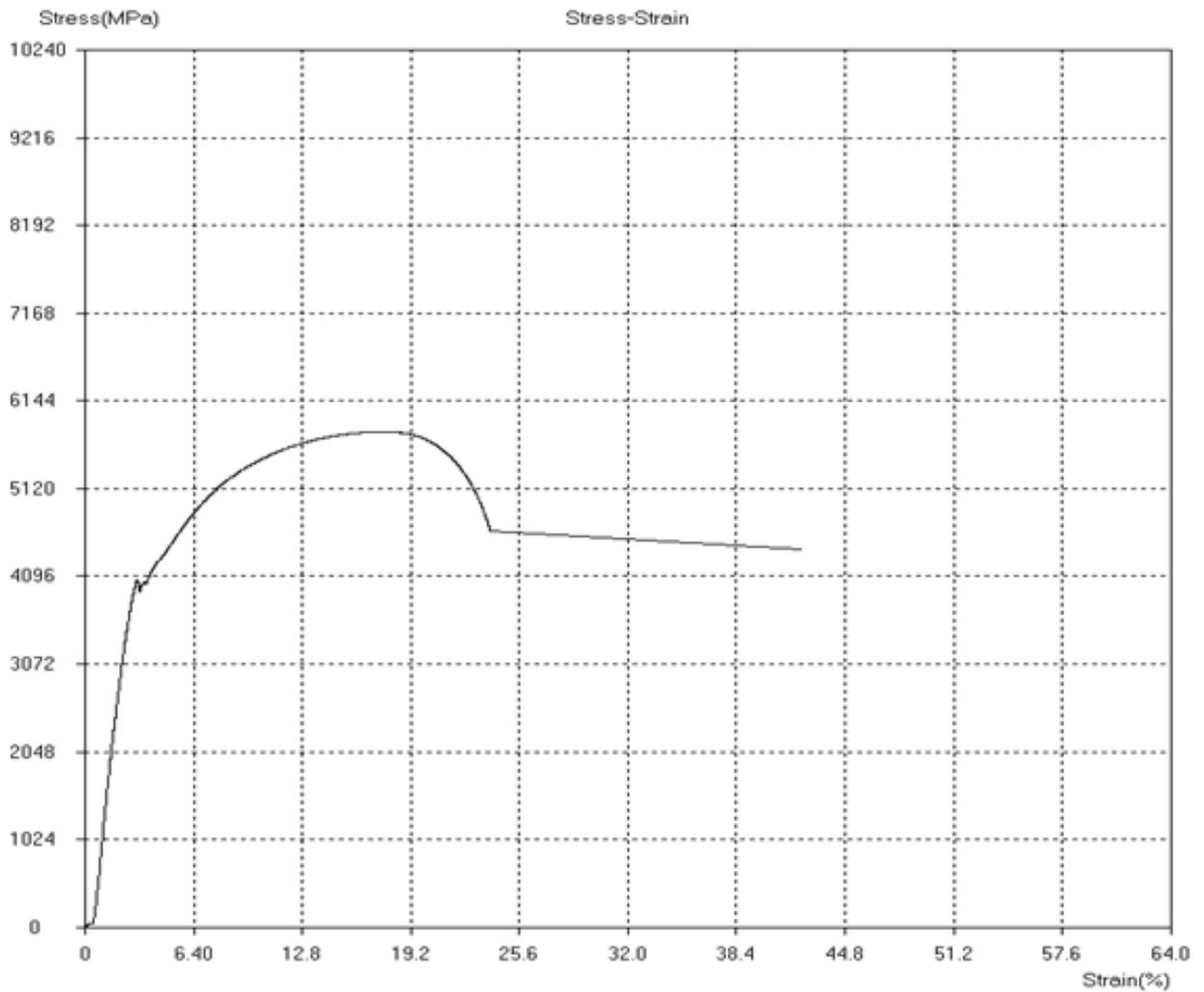


Figura 22. Gráfico del esfuerzo a la tracción vs deformación longitudinal de la probeta 6. GMAW.

La figura 22 muestra el comportamiento del esfuerzo a la tracción versus elongación. Se puede observar que el punto de fluencia alcanza a 5803 MPa, mientras que el punto de elasticidad ocurre a los 4000 MPa, para una elongación de 3.20 %, la resistencia última a la tracción para esta probeta fue de 4437 MPa, para una elongación de 42.0%.

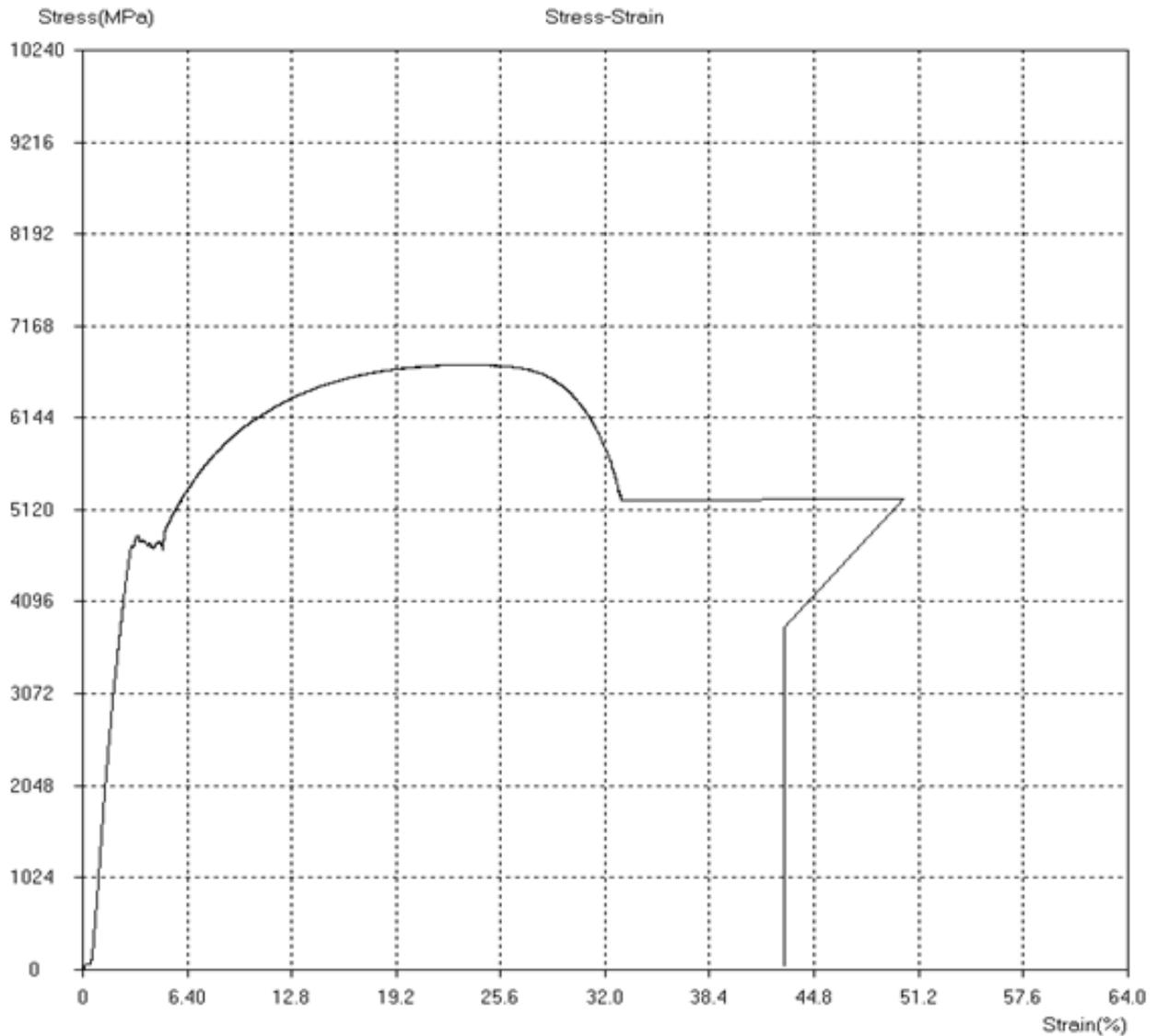


Figura 23. Gráfico del esfuerzo a la tracción vs deformación longitudinal de la probeta 7. Suministro (sin soldar).

La figura 23 muestra el comportamiento del esfuerzo a la tracción versus elongación. Se puede observar que el punto de fluencia alcanza a 6656 MPa, mientras que el punto de elasticidad ocurre a los 4610 MPa, para una elongación de 3.20 %, la resistencia última a la tracción para esta probeta es de 5248 MPa, para una elongación de 42.7 %.

3.2. Para la realización de los procedimientos de soldadura SMAW y GMAW, se tiene en consideración la tabla de variables. (Ver Anexo)

3.3. Para analizar los diversos factores que influyen en la calidad de soldadura se debe considerar las variables que se dan en tabla. (Ver Anexo)

3.4. Diseño de la probeta según norma

En mi trabajo de investigación para llevar a cabo el diseño y la confección de las probetas se ha utilizado las normas técnicas para ensayos de probetas soldadas según la norma AWS D 1.1. En esta norma tratan de temas relacionados a ensayos destructivos a fin de comprobar la calidad de uniones de filete y plancha, partes de una unión a tope soldada en plancha (OERLIKON, 2010, p02-10) y según la norma de ensayo de tracción ASTM E8. Menciona que una de las probetas debe tener las siguientes características presentadas en la figura 15, cuyas dimensiones están dadas en milímetros.

Para el diseño y confección de las probetas se ha utilizado el acero ASTM A36, de bajo contenido de carbono y que se utiliza en la construcción de estructuras metálicas livianas y pesadas (ASTM, 2015, p.36).

3.5. Prueba de hipótesis

3.5.1. Planteamiento de hipótesis

H₀: El proceso de soldadura MIG-MAG es mecánicamente es menos resistente que el proceso SMAW.

H₁: El proceso de soldadura MIG-MAG es mecánicamente más resistente que el proceso SMAW.

3.5.2. Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Estadístico de prueba

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}\right)}}$$

Grados de libertad:

$$gl = \frac{\left[\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right]^2}{\left[\frac{(s_1^2/n_1)^2}{n_1 - 1}\right] + \left[\frac{(s_2^2/n_2)^2}{n_2 - 1}\right]}$$

Realizando los cálculos correspondientes: **gl = 2**

Valor crítico o teórico:

$$t_{2;0,95} = 2,92 \text{ (tabla estadística de } t \text{ – Student)}$$

Regla de decisión:

Rechazar la hipótesis nula, si $t_{experimental} > t_{2;0,05}$

Aceptar la hipótesis nula, si $t_{experimental} \leq t_{2;0,05}$

Cálculo del valor del estadístico de prueba (Valor experimental)

A partir de los datos recopilados en la muestra y realizando los cálculos correspondientes, para las medidas estadísticas de resumen se tiene:

Resumen de Medidas estadísticas

Grupo	Proceso	Tamaño de la muestra (n_i)	Media Resistencia Máxima	Desviación estándar (s_i)
1	MIG MAG	3	4039,0	841,80
2	SMAW	3	2383,3	20,82

Fuente: Elaboración Propia

$$t = \frac{4039,0 - 2383,3}{\sqrt{\frac{2(841,80)^2 + 2(20,82)^2}{3 + 3 - 2} \left(\frac{3 + 3}{9}\right)}} = 3,41$$

Decisión

Luego como el valor experimental pertenece a la región de rechazo, es posible rechazar la hipótesis nula. Es decir, existe evidencia que el proceso de soldadura con GMAW es mecánicamente más resistente que el proceso SMAW con un nivel de significancia del 5%.

IV. DISCUSIÓN

4.1. Costos de consumibles en el proceso GMAW y SMAW

En este estudio de investigación se propone usar el proceso GMAW que tiene como consumible el alambre sólido que en este caso, para remplazar al electrodo revestido tipo E6011 deberá usarse el electrodo sólido tipo 70 S-3 calibre 0.9 mm.

Debido a que hay varios procesos de soldadura con rendimientos diferentes, su consumo de consumibles va a variar considerablemente entre uno y otro proceso.

El Tabla indica el costo de consumibles para varios procesos de soldadura.

Costos de consumibles

Proceso	Eficiencia de deposición (%)	Pérdida de electrodos		Consumibles/ 100 kg metal depositado		
		Pérdida por colillas (%)	Eficiencia electrodo (%)	Electrodo (kg)	Fundente (kg)	Gas (m ³)
Electrodo manual celulósico	60	12	48	155	-	-
Electrodo manual rutilico	70-80	12	50-68	145-170	-	-
Electrodo manual bajo hidrógeno	72	12	60	160-170	-	-
Mig (corto circuito)	93	2	91	110	-	17-42
Mig (spray)	95	2	93	108	-	7-11
Tubular c/protección	83	1	82	122	-	4-20
Tubular s/protección	80	1	79	126	-	-
Arco sumergido	99	1	98	102	85-100	-

Fuente: Indura Ecuador S.A.

En el Tabla 1 se observa que para el proceso SMAW usando un electrodo celulósico de tipo E 6011 se tiene una eficiencia del 60%, pero en este proceso hay una pérdida por desperdicio de colillas del 12% lo que nos da una eficiencia real solo el 48%.

También podemos observar que para depositar 100 kilogramos de material de aporte se tiene que adquirir 155 kilogramos del electrodo celulósico.

En el Tabla 1 tenemos que el pmd (promedio del material depositado) es de 100 kilogramos, sabiendo que el precio por kilogramo del electrodo E 6011 es de 3.7 dólares

americanos, según el Tabla # que para depositar 100 kg de soldadura celulósica de tipo E 6011 se debe comprar 155 kilogramos.

Es decir tener un costo de $155\text{kg} \times 3.7 \text{ USD}$

Costo de electrodo SMAW = 573.5 USD

Para conocer los costos con el proceso GMAW se aplica la misma relación cambiando

Los precios por kilogramo y el porcentaje de eficiencia.

En el Tabla 1 tenemos que el pmd es de 100 kilogramos y sabemos que el precio por kilogramo de alambre sólido calibre 0.9 mm es de 4.68 dólares americanos, además tenemos que para que se deposite 100 kg de soldadura por gas (GMAW) con material de aporte de alambre sólido de tipo 70 S-3 calibre 0.9 mm se debe comprar 110 kilogramos.

Entonces que para obtener 100 kilogramos de soldadura se tiene un costo de **$110\text{kg} \times 4.68 \text{ USD}$** .

COSTO DE ALAMBRE SÓLIDO (GMAW) = 514.8 USD

V. CONCLUSIONES

En la investigación concluimos que:

- La determinación del proceso de soldadura GMAW con una sola pasada se logra conseguir uniones en el acero ASTM A36 con una óptima resistencia a la tracción encontrándose valores comprendidos entre 3072 MPa hasta 4437 MPa con una sola pasada y comparando con la probeta sin soldar que tiene una resistencia de 5248 MPa.
- El mejor proceso de soldadura es el proceso GMAW con relación al proceso SMAW ya que con este proyecto es una buena oportunidad de inversión para todas aquellas empresas que quieran invertir en una mejor tecnología en cuanto a procesos de soldadura que se requiera, debido a que reduce los costos de producción por desperdicios e imprevistos, por velocidades de fusión.
- Para los resultados y experimentación para la evaluación de los procesos SMAW y GMAW en el grado de resistencia mecánica a la tracción de los cordones de soldadura en los aceros ASTM A36, se tiene que:
 - El material base que se utilizó en la experimentación corresponde a un acero ASTM A36.
 - Los materiales de aporte corresponden según las especificaciones de la AWS es el Cellocord AP 6011 de 1/8 de pulgada de diámetro y el alambre ER 70 S- 3 con calibre 0.9 mm y como gas de protección Arg-CO₂.
 - Los valores máximos de penetración que se obtuvieron fue de 3.45 mm, con valores de 100 Amperios y 25 Voltios en el proceso SMAW y en el proceso GMAW con 133 Amperios, y 21.7 Voltios, con una velocidad de avance de 9.8 m/minuto y el gas de protección una mezcla de Arg-CO₂.
 - La variable de mayor influencia en la penetración es el amperaje

VI. RECOMENDACIONES

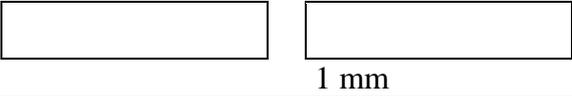
- Se recomienda que en las futuras investigaciones se realicen más pruebas de ensayo de resistencia mecánica como flexión, torsión, dureza.
- Sugerir hacer más pruebas de ensayo con el proceso MIG-MAG, ya que muestra mayores grados de resistencia mecánica a la tracción.
- Para ejecutar la soldadura con los procesos SMAW y GMAW en los metales de base de bajo contenido de carbono, es importante seleccionar los consumibles apropiados considerando la resistencia mecánica y la composición química de los metales base.
- Es importante evitar la ejecución del procedimiento de soldadura cuando el clima tiene alta humedad.
- Se recomienda más práctica de soldadura las que serán ejecutadas por los estudiantes y sobre todo que apliquen los procesos no muy comunes en el mercado como: la soldadura por Plasma, (PAW), la soldadura oxiacetilénica, la soldadura por electroescoria (EGW), etc.

REFERENCIAS

- Bazán Navarro, C. E. (2002). *Determinación de electrodos y cálculo de costos desoldadura al arco asistidos por computadora*. Piura - Perú: Universidad de Piura.
- Delgado, M. A. (2016,P.135). *Diseño de un sistema de extracción y tratamiento*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado el 14 de 10 de 2018, de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/7162>
- Gómez de Salazar, J. M., Ureña, A., Villauriz, E., Manzanéolo, S., & Barrena, I. (2013). *Soldadura TIG y MIG de las aleaciones de aluminio 6061 y 7020*.
- Gutiérrez Baque, J. R. (2018). *Análisis de los tiempos improductivos en el mantenimiento de máquinas de soldar en los procesos (smaw, gmaw, gtaw, pac) de la empresa servicios y productos Joel Gutiérrez*. Guayaquil - Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Martínez-Conesa, E. J., Estrems, M., & Miguel, V. (2010). *Desarrollo de un modelo matemático de diferencias finitas para el análisis del campo de temperaturas en la soldadura por arco de chapas finas de acero inoxidable*. Cartagena - España.
- Ochoa R., Á. B., Riofrío G., V. M., & JARA D., J. F. (2017). *Análisis y evaluación de los procesos de soldadura del sector industrial de la ciudad de Loja, caso práctico proceso MIG-MAG*. Loja - Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Oerlikon. (2010). *Manual de Soldadura*. Lima: Oerlikon.
- Russki. (22 de 10 de 2013,P.17-20). *Cómo se fabrican submarinos nucleares en Rusia*. Recuperado el 14/10/2018, de https://es.rbth.com/cultura/tecnologias/2013/10/22/como_se_fabrican_submarinos_nucleares_en_rusia_33545
- Soldexa-Oerlikon. (2010). *Manual de Soldadura*. Lima: Oerliko.
- Villareal, W. (2005). *An experimental Investigation into the Effect of Interface Friction on Bagasse Compaction between Grooved Stell Platens*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Sheldon Ross (2009). *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*.

ANEXOS

Ficha Técnica de la variable independiente.

DISEÑO DE LA JUNTA A TOPE SIN CHAFLÁN	 1 mm
MATERIAL BASE	
* MATERIAL BASE	ACERO ASTM A36
* ESPESOR (mm)	3.15 mm (1/8')
* ELECTRODO	AWS E6011 CELLOCORD
* ASW N	AP
DIÁMETRO	1/8'
NOMBRE COMERCIAL	CELLOCORD AP
DATOS TÉCNICOS	
* TEMPERATURA	25 C
An expe* POLARIDAD	DIRECTA (ELEC. NEGATIVO)
* VELOCIDAD DE AVANCE	10 cm/min
* POSICIÓN DE LA SOLDADA	1 G
* VOLTAJE	24 V
* AMPERAJE	110 AMP (A)
* PASADA	UNA SOLA PASADA
* GAS PROTECTOR	CO2 O ARGÓN CON CO2
* EXTENSIÓN DEL ELECTRO	10 mm
* AMPERAJE MIG	110 AMP (A) (PERILLA EL 6 EN PERILLA EL
* AVANCE DEL ALAMBRE	6
* ELECTRODO (ALAMBRE)	ER 70S-6 (AWS AG.18) (1G)
* PRESIÓN DEL GAS	17.5 kgf/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Ficha. Factores que influyen en la calidad de la soldadura proceso SMAW

* ELECTRODOS APROPIADOS, SECOS Y CONSERVADOS.
* AMPERAJE CORRECTO
* LONGITUD ADECUADO DEL ARCO, APROPIADO ANGULO DE INCLINACIÓN DEL ELECTRODO.
* JUNTAS LIMPIAS.
PROCESO GNAW * SELECCIÓN DEL GAS ADECUADO
* CORRIENTE APROPIADA
EN TODO PROCESO EL AMPERAJE SE ELIGE SEGÚN: EL MATERIAL BASE, EL ESPESOR DEL MATERIAL, DIÁMETRO DEL ALAMBRE, POSICIÓN DE LA JUNTA.
* EXTENSIÓN DEL ALAMBRE
* VOLTAJE DEL ARCO CORECTO, LA LONGITUD DEL ARCO ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAR AL VOLTAJE
* ÁNGULO DE BOQUILLA: TRANSVERSAL Y LONGITUD
* VELOCIDAD DE AVANCE

Fuente: Elaboración propia.

Ficha de inspección de soldadura

					FICHA DE INSPECCIÓN DE SOLDADURA				
Nombre y Apellidos Evaluador					Julio Vera Pacherre				
Nombre y Apellidos Soldador					Julio Vera Pacherre				
Tipo de Soldadura					Proceso SMAW - Proceso GMAW				
Posición Soldadura					Plana - Horizontal - 1G				
Otros									
Proceso de soldadura SMAW					Proceso de soldadura GMAW				
Ítem	Fecha	Amperaje	Porosidad	Aspectos Soldadura	Ítem	Fecha	Amperaje	Porosidad	Aspectos Soldadura
1	26/06/19	100	Sin porosidad	Bueno	1	26/06/19	133	Sin porosidad	Bueno
2	26/06/19	100	Con porosidad	Regular	2	26/06/19	133	Sin porosidad	Bueno
3	26/06/19	100	Sin porosidad	Bueno	3	26/06/19	133	Sin porosidad	Bueno

Fuente: Elaboración propia.

Ficha de ensayo de tracción

		FICHA DE ENSAYO DE TRACCIÓN					
Nombre y Apellidos Supervisor		Julio Vera Pacherre					
Nombre y Apellidos Operador		Julio Vera Pacherre					
Marca de máquina de ensayo tracción		Máquina TE-CHINA					
Capacidad de la máquina		10 TONELADAS					
Otros							
Proceso SMAW							
Item	Fecha	Límite Elástico (Mpa)	Esfuerzo de fluencia	Esfuerzo Máximo	Fuerza de rotura (kN)	Deformación de rotura (%)	Deformación Elasticidad (%)
1	28/06/19	2304	2688.0	2400	11.81	8.50	1.6
2	28/06/19	3584	3840.0	2560	15.56	4.85	2.4
3	28/06/19	3892	5460.0	2390	22.10	30.40	3.0
Proceso GMAW							
4	28/06/19	3584	5068.8	3072	20.33	11.25	2.4
5	28/06/19	3755	5632.0	4608	22.52	25.80	4.7
6	28/06/19	4000	5803.0	4437	23.14	42.00	3.2

Fuente: Elaboración propia.

Ficha de revisión documentaria

		FICHA DE REVISIÓN DOCUMENTARIA									
		Tipo de fuente	Libro	<input checked="" type="checkbox"/>	Revista	<input type="checkbox"/>	Manual	<input type="checkbox"/>	Norma	<input type="checkbox"/>	Otro
Nombre de la fuente		Probabilidades y Estadísticas para ingenieros y Científicos									
Nombre del Documento											
Título / Asunto		Prueba de la Hipótesis									
Volumen		681 páginas									
Tomo / Legajo											
Folio / Página		314 – 315 ; 321 – 322									
Lugar y Fecha del Doc.		Universidad de California - 2009									
Autor		SHELDON ROSS									
Ubicación de la Fuente		Academia Press (2009)									
CONTENIDO											
		Ejercicios y ejemplos de Prueba de Hipótesis									

Fuente: Elaboración propia.

Evidencia fotográfica de la prueba de ensayo



Realizando la prueba de ensayo a la tracción en la máquina universal.

Fotografía de la prueba de ensayo de resistencia a la tracción



Máquina universal de la Facultad de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Nacional de Trujillo

Proceso de ejecución de la prueba de ensayo de la tracción



Máquina universal en el proceso de ejecución de la prueba de ensayo a la tracción.

Probetas soldadas con los procesos SMAW y GMAW



Probetas soldadas con los procesos SMAW y GMAW, incluida la probeta de suministro (sin soldar)

Valores experimentales durante el ensayo de resistencia de Tracción

Proceso	Probetas	σ_f Fluencia (MPa)	Fuerza Máxima Rotura (kN)	σ_y (MPa) Elasticida d	Deformación del punto de elasticidad ε (%)	Esfuerzo de rotura $\sigma_{máx}$ (MPa)	Deformaci ón del esfuerzo de rotura ε (%)
SMAW (normal)	1	2688	11,81	2304	1.6	2400	8.50
	2	3840	15,56	3584	2.4	2360	4.85
	3	5460	22,10	3892	3.0	2390	30.40
MIG – MAG	4	5068.8	20,33	3584	2.4	3072	11.25
	5	5632	22,58	3755	4.7	4608	25.80
	6	5803	23,14	4000	3.2	4437	42.0
Suministro		6656	23,25	4610	3.2	5248	42.70

Fuente: Elaboración propia.

Valores de la t de Student

TABLA A3 Valores de $t_{\alpha, n}$

n	$\alpha = .10$	$\alpha = .05$	$\alpha = .025$	$\alpha = .01$	$\alpha = .005$
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.474	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

Otras Probabilidades:

$$P\{T_8 < 2.541\} = .9825 \quad P\{T_8 < 2.7\} = .9864 \quad P\{T_{11} < .7635\} = .77 \quad P\{T_{11} < .934\} = .81 \quad P\{T_{11} < 1.66\} = .94 \quad P\{T_{12} < 2.8\} = .984.$$

Fuente: Sheldon, M. Ross, 2009.

Acta de aprobación de originalidad de tesis

UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 203-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	--

Yo, **MGRT. DECIDERIO ENRIQUE DÍAZ RUBIO**, docente de la Facultad **DE INGENIERÍA** y Escuela Profesional **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA** de la Universidad César Vallejo Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada

EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA MAG Y SMAW EN EL GRADO DE RESISTENCIA MECÁNICA A LA TRACCIÓN DE LOS CORDONES DE SOLDADURA EN LOS ACEROS DE BAJO CARBONO

Del estudiante **VERA PACHERRE, JULIO**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **13%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 30 de enero de 2020

Mg. Deciderio Enrique Díaz Rubio

DNI: 16728343

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	-----------------------	--------	---------------------------------

Reporte del Turnitin

Evaluación de los procesos de soldadura MAG y SMAW en el grado de resistencia mecánica a la tracción de los cordones de soldadura en los aceros de bajo carbono

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.edu.xunta.gal Fuente de Internet	4%
2	manualzz.com Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	1%
5	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
6	docslide.us Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
8	dspace.esPOCH.edu.ec	

Autorización de publicación de tesis repositorio institucional

	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
---	---	---

Yo Julio Vera Pacherre, identificado con DNI N° 19327490, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, autorizo (x) , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado: Evaluación de los procesos de soldadura MAG y SMAW en el grado de resistencia mecánica a la tracción de los cordones de soldadura en los aceros de bajo carbono; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



 FIRMA

DNI. N°: 19327490

FECHA: 07 de febrero del 2020

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	-----------------------------------	--------	---------------------------------

Autorización de la Versión final del trabajo de investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

VERA PACHERRE, JULIO

INFORME TÍTULADO:

Evaluación de los procesos de soldadura MAG y SMAW en el grado de resistencia mecánica a la tracción de los cordones de soldadura en los aceros de bajo carbono

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

SUSTENTADO EN FECHA : 20 de Diciembre 2019

NOTA O MENCIÓN : Aprobado por mayoría



[Handwritten Signature]
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Dante Omar Panta Carranza
Coordinador de Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN