



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

“ESTUDIO COMPARATIVO DEL PROCESO DE SOLDADURA
SMAW Y GTAW EN UN ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO
AISI 420 Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS”

AUTOR: Pilatasig Plasencia Jairo Danilo

TUTOR: Ing. Henry Vaca. Mg.

AMBATO – ECUADOR

2019

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del proyecto experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “ESTUDIO COMPARATIVO DEL PROCESO DE SOLDADURA SMAW Y GTAW EN UN ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS” Elaborado por el señor Jairo Danilo Pilatasig Plasencia con cédula de ciudadanía 050388486-8, y estudiante que ha culminado con la malla curricular vigente de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.


Certifico:

Que el presente proyecto es original de su autor.

Ha sido revisado cada uno de sus capítulos.

Esta concluido y puede continuar el trámite correspondiente.

Ambato. Enero de 2020



Ing. Mg. Henry Vaca

Tutor

AUTORÍA DEL PROYECTO

Yo, Jairo Danilo Pilatasig Plasencia con C.C. 050388486-8, declaro que los criterios emitidos en el presente proyecto experimental bajo el tema: “ESTUDIO COMPARATIVO DEL PROCESO DE SOLDADURA SMAW Y GTAW EN UN ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS” así como también los contenidos presentados, ideas, análisis y conclusiones son auténticas y de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este proyecto experimental.

Ambato. Enero de 2020



Jairo Danilo Pilatasig Plasencia

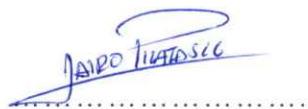
Autor

DERECHOS DE AUTOR

Yo, Jairo Danilo Pilatasig Plasencia, con C.C. 050388486-8, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Experimental o parte de él, un documento para la lectura, consulta y proceso de investigación según las normas Institucionales.

Cedo los derechos de mi Proyecto Experimental con fines de difusión pública, además la reproducción del mismo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando que dicha reproducción no represente ganancia económica y se realice bajo mis derechos de autor.

Ambato. Enero de 2020



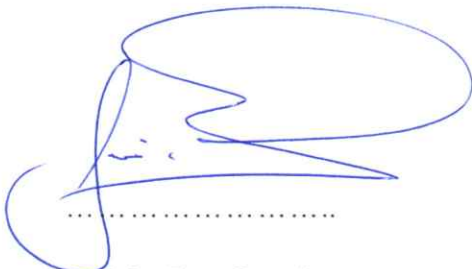
Jairo Danilo Pilatasig Plasencia

Autor

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental realizado por el alumno Jairo Danilo Pilatasig Plasencia de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “ESTUDIO COMPARATIVO DEL PROCESO DE SOLDADURA SMAW Y GTAW EN UN ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS”

Ambato. Enero de 2020

A blue ink signature consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke at the bottom.

Ing. Mg. Juan Paredes

A blue ink signature with a circled 'D' above the name 'J. López V.' and a large 'X' mark over the signature.

Ing. Mg. Jorge López

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios por su amor y su inmensa bondad, darle gracias que con su ayuda me ha brindado salud, perseverancia y la capacidad para dar un paso más en la vida y lograr uno de mis objetivos, gracias por acompañarme en el transcurso de la vida, en los momentos difíciles y no dejarme desfallecer.

A mis padres, Oswaldo Pilatasig y Olga Plasencia quienes son el motor fundamental en mi vida y el ejemplo a seguir, gracias por apoyarme en todo momento y nunca dejarme solo, quienes me enseñaron el ejemplo de la perseverancia y la constancia, por sus valiosos consejos que me ayudaron a ser una mejor persona y poder manifestar que es para mis padres esta meta cumplida.

A mi abuelita, Rosa quien fue mi segunda madre una persona maravillosa que desde el cielo estará muy orgullosa que me enseñó a ser una persona humilde y de bien y será la persona más importante en vida gracias por el amor y la felicidad que me brindaste.

A mi hermana, Aracely Fernanda por su apoyo brindado para salir adelante y por su amor infinito.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la vida, por guiarme en el transcurso de mi carrera, brindándome la capacidad de no rendirme en los momentos difíciles y así poder culminar uno de mis sueños, a mis padres por confiar y creer en mí, por la ayuda incondicional que nunca dejaron de apoyarme en los momentos buenos y malos, gracias por todos los momentos felices que me han brindado, a mi hermana quien estuvo apoyándome todo el trascurso de mi vida, a mis familiares cercanos y amigos quienes generosamente contribuyeron con un granito de arena para que este sueño se haga realidad.

Al Ing. Mg. Henry Vaca por compartirme sus conocimientos, paciencia para ser un guía y un apoyo incondicional para la realización de este trabajo experimental.

A la prestigiosa Universidad Técnica de Ambato por darme la oportunidad de ser parte de sus alumnos y formarme en ella.

A los Docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Carrera de Ingeniería Mecánica quienes nos brindaron sus conocimientos y experiencias de vida profesional.

ÍNDICE DE GENERAL

| | |
|--|-------|
| CERTIFICACIÓN DEL TUTOR..... | II |
| AUTORÍA DEL PROYECTO | III |
| DERECHOS DE AUTOR | IV |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO | V |
| DEDICATORIA..... | VI |
| AGRADECIMIENTO | VII |
| ÍNDICE DE GENERAL | VIII |
| ÍNDICE DE FIGURAS | XI |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | XIII |
| RESUMEN EJECUTIVO..... | XVII |
| ABSTRACT | XVIII |
| CAPÍTULO I | 1 |
| MARCO TEORICO | 1 |
| 1.1. Antecedentes Investigativos..... | 1 |
| 1.1.1. Investigaciones preliminares | 1 |
| 1.1.2. Justificación | 2 |
| 1.1.3. Fundamentación Teórica | 3 |
| 1.1.3.1. Ingeniería de Materiales | 3 |
| 1.1.3.2. Soldadura | 3 |
| 1.1.3.3. Proceso de soldadura | 6 |
| 1.1.3.4. El acero..... | 10 |
| 1.1.3.5. Diagrama de equilibrio hierro-carbono | 10 |
| 1.1.3.6. Clasificación de los aceros inoxidables | 15 |
| 1.1.3.7. Diagrama de fase hierro – cromo | 15 |
| 1.1.3.8. Ensayos a realiza en un Acero | 16 |
| 1.1.3.9. Probetas para ensayos de tracción..... | 18 |

| | | |
|-------------------|---|----|
| 1.1.4. | Formulación del problema | 19 |
| 1.1.5. | Preguntas directrices | 19 |
| 1.1.6. | Delimitación del problema..... | 20 |
| 1.1.7. | Hipótesis | 20 |
| 1.1.8. | Señalamiento de variables de la hipótesis | 20 |
| 1.1.8.1. | Variable independiente | 20 |
| 1.1.8.2. | Variable dependiente | 20 |
| 1.1.9. | Objetivos..... | 20 |
| 1.1.9.1. | Objetivo General: | 20 |
| 1.1.9.2. | Objetivos Específicos: | 21 |
| CAPÍTULO II | | 22 |
| METODOLOGÍA | | 22 |
| 2.1. | Materiales | 22 |
| 2.1.1. | Acero martensítico AISI 420..... | 22 |
| 2.1.2. | Material de Aporte E-308, para el proceso de soldadura SMAW | 22 |
| 2.1.3. | Material de Aporte E-308L, para el proceso de soldadura SMAW..... | 23 |
| 2.1.4. | Material de Aporte ER 308, para el proceso de soldadura GTAW | 24 |
| 2.1.5. | Material de Aporte ER 312, para el proceso de soldadura GTAW | 25 |
| 2.2. | Método | 25 |
| 2.2.1. | Nivel o tipo de investigación | 25 |
| 2.2.2. | Procedimiento de mecanizado de las probetas..... | 26 |
| 2.2.3. | Procedimiento de los ensayos de tracción, de impacto y de dureza Vickers..... | 30 |
| 2.2.4. | Población y muestra | 33 |
| 2.2.4.1. | Población..... | 33 |
| 2.2.4.2. | Muestra | 33 |
| 2.2.5. | Operacionalización de variables | 36 |
| 2.2.5.1. | Variable independiente | 36 |

| | |
|---|-----|
| 2.2.5.2. Variable dependiente | 37 |
| 2.2.6. Plan de recolección de información..... | 38 |
| 2.2.7. Plan de procesamiento y análisis..... | 38 |
| CAPÍTULO III | 39 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 39 |
| 3.1. Proceso y análisis de resultados..... | 39 |
| 3.2. Tabulación de resultados | 42 |
| 3.2.1. Tabulación de los análisis del acero inoxidable martensítico AISI 420..... | 42 |
| 3.2.1.1. Ensayos de tracción de la probeta Acero Inoxidable AISI 420 | 46 |
| 3.2.1.2. Ensayos de impacto de la probeta Acero Inoxidable AISI 420 | 73 |
| 3.2.1.3. Ensayos de dureza VICKERS de los especímenes acero con calidad 420 | 87 |
| 3.2.2. Interpretación de resultados | 99 |
| 3.2.2.1. Interpretación de los ensayos a tracción..... | 99 |
| 3.2.2.2. Interpretación de los ensayos de impacto..... | 105 |
| 3.2.2.3. Interpretación de los ensayos de dureza Vickers | 110 |
| 3.2.3. Resumen de resultados | 113 |
| 3.2.4. Verificación de la hipótesis | 118 |
| 3.2.4.1. Formulación de la hipótesis | 118 |
| 3.2.5. Verificación estadística | 118 |
| CAPÍTULO IV | 122 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 122 |
| 4.1. Conclusiones | 122 |
| 4.2. Recomendaciones..... | 125 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 127 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1-1: Posiciones de soldadura..... | 4 |
| Figura 1-2: Tipos de unión..... | 5 |
| Figura 1-3: Tipos de soldadura..... | 5 |
| Figura 1-4: Tipos de bisel..... | 5 |
| Figura 1-5: Electrodo Revestido..... | 6 |
| Figura 1-6: DCEN ó DCEP..... | 7 |
| Figura 1-7: Equipo que se utilizan en soldadura GMAW..... | 8 |
| Figura 1-8: Boquilla en el proceso MIG..... | 8 |
| Figura 1-9: Soldadura por Arco con Núcleo de Fundente protegida con Gas..... | 9 |
| Figura 1-10: Soldadura por Arco con Núcleo de Fundente y Autoprotección..... | 10 |
| Figura 1-11: Diagrama de fases Hierro - Carbono..... | 11 |
| Figura 1-12: Diagrama de Propiedades..... | 13 |
| Figura 1-13: Tipos de Aceros Inoxidables Martensíticos..... | 14 |
| Figura 1-14: Tipos de Aceros Inoxidables..... | 15 |
| Figura 1-15: Diagrama de Fase Hierro - Cromo..... | 16 |
| Figura 1-16: Esfuerzo Ingenieril Vs Deformación..... | 17 |
| Figura 1-17: a) Pruebas de Charpy y de Izod. b) dimensiones de las probetas..... | 17 |
| Figura 1-18: Etapas para la medida de la fuerza con..... | 18 |
| Figura 1-19: Especímenes de probetas redondas para tracción..... | 19 |
| Figura 2-1: Eje de Acero Inoxidable AISI 420..... | 22 |

| | |
|---|-----|
| Figura 2-2: Material de Aporte E-308L..... | 23 |
| Figura 2-3: Material de Aporte E-308L..... | 24 |
| Figura 3-1: Resistencia a la Tracción. Sut (MPa)..... | 102 |
| Figura 3-2: Límite de fluencia. Sy (MPa)..... | 103 |
| Figura 3-3: Alargamiento (%)..... | 104 |
| Figura 3-4: Energía Absorbida (J) | 108 |
| Figura 3-5: Resistencia al impacto (J/cm ²) | 109 |
| Figura 3-6: Material Base (HV1)..... | 110 |
| Figura 3-7: Térmicamente afectada (HV1)..... | 111 |
| Figura 3-8: Fusión (HV1) | 112 |
| Figura 3-9: Ensayo de Tracción..... | 113 |
| Figura 3-10: Ensayo de Impacto..... | 114 |
| Figura 3-11: Ensayo de Dureza Vickers | 115 |
| Figura 3-12: Ensayos de dureza, de impacto y de dureza Vickers | 116 |
| Figura 3-13: Campana de Gauss | 121 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1-1: Propiedades mecánicas..... | 12 |
| Tabla 1-2: Propiedades mecánicas..... | 14 |
| Tabla 1-3: Dimensiones de Probetas para Tracción Redondas..... | 18 |
| Tabla 2-1: Amperajes recomendadas..... | 23 |
| Tabla 2-2: Características Recomendadas de Material de Aporte E-308L..... | 24 |
| Tabla 2-3: Procedimientos operacionales de Material de Aporte ER-312..... | 25 |
| Tabla 2-4: Operacionalización de variable independiente..... | 36 |
| Tabla 2-5: Operacionalización de variable dependiente..... | 37 |
| Tabla 3-1: Parámetros del proceso de soldadura SMAW..... | 44 |
| Tabla 3-1: Análisis de ensayos de tracción de probetas de material AISI 420..... | 46 |
| Tabla 3-2: Análisis de ensayos de tracción con electrodo ER-312 en la probeta de AISI 420..... | 49 |
| Tabla 3-3: Análisis de ensayos de tracción con electrodo ER 308 en la probeta de AISI 420..... | 53 |
| Tabla 3-4: Análisis de ensayos de tracción con electrodo ER-308 y ER 312 en la probeta de AISI 420..... | 57 |
| Tabla 3-5: Análisis de ensayos de tracción con electrodo E 312 -16 en la probeta de AISI 420..... | 61 |
| Tabla 3-6: Análisis de ensayos de tracción con electrodo E-308L-16 en la probeta de AISI 420..... | 65 |
| Tabla 3-7: Análisis de ensayos de tracción con electrodo E308L-16 y E312-16 en la probeta de AISI 420..... | 69 |

| | |
|--|----|
| Tabla 3-8: Análisis de ensayos de impacto en la probeta de AISI 420 | 73 |
| Tabla 3-9: Análisis de ensayos de impacto con electrodo ER 312 en la probeta de AISI 420 | 75 |
| Tabla 3-10: Análisis de ensayos de impacto con electrodo ER 308 en la probeta de AISI 420 | 77 |
| Tabla 3-11: Análisis de ensayos de impacto con electrodo ER 308 y ER 312 en la probeta de AISI 420 | 79 |
| Tabla 3-12: Análisis de ensayos de impacto con electrodo E 312-16 en la probeta de AISI 420 | 81 |
| Tabla 3-13: Análisis de ensayos de impacto con electrodo E308L-16 en la probeta de AISI 420 | 83 |
| Tabla 3-14: Análisis de ensayos de impacto con electrodo E308L-16 y E312-16 en la probeta de AISI 420 | 85 |
| Tabla 3-15: Análisis de ensayos de dureza VICKERS con electrodo ER312 en la probeta de AISI 420 | 87 |
| Tabla 3-16: Análisis de ensayos de dureza VICKERS con electrodo ER308 en la probeta de AISI 420 | 89 |
| Tabla 3-17: Análisis de ensayos de dureza VICKERS con ER312 y ER308 en la probeta de AISI 420 | 91 |
| Tabla 3-18: Análisis de ensayos de dureza VICKERS con electrodo E312-16 en la probeta de AISI 420 | 93 |
| Tabla 3-19: Análisis de ensayos de dureza VICKERS con electrodo E308L-16 en la probeta de AISI 420 | 95 |
| Tabla 3-20: Análisis de ensayos de dureza VICKERS con E312-16 y E308L-16 en la probeta de AISI 420 | 97 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 3-21: Datos de los ensayos de tracción en especímenes con material de aporte ER-312 | 99 |
| Tabla 3-22: Datos de los ensayos de tracción en especímenes con material de aporte ER-308 | 99 |
| Tabla 3-23: Datos de los ensayos de tracción en especímenes con material de aporte ER-308 y ER 312 | 100 |
| Tabla 3-24: Datos de los ensayos de tracción en especímenes con material de aporte E312-16..... | 100 |
| Tabla 3-25: Datos de los ensayos de tracción en especímenes con material de aporte E308L-16..... | 101 |
| Tabla 3-26: Datos de los ensayos de tracción en especímenes con material de aporte E308L-16 Y E312-16..... | 101 |
| Tabla 3-27: Datos de los ensayos de impacto en especímenes con material de aporte ER-312 | 105 |
| Tabla 3-28: Datos de los ensayos de impacto en especímenes con material de aporte ER-308 | 105 |
| Tabla 3-29: Datos de los ensayos de impacto en especímenes con material de aporte ER-308 y ER-312..... | 106 |
| Tabla 3-30: Datos de los ensayos de impacto en especímenes con material de aporte E 312-16..... | 106 |
| Tabla 3-31: Datos de los ensayos de impacto en especímenes con material de aporte E308L-16..... | 107 |
| Tabla 3-32: Datos de los ensayos de impacto en especímenes con material de aporte E308L-16..... | 107 |
| Tabla 3-33: Datos obtenidos de los ensayos de dureza Vickers en probetas de AISI 420..... | 110 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 3-34: Ensayos de tracción en las probetas de AISI 420..... | 113 |
| Tabla 3-35: Ensayos de impacto en las probetas de AISI 420..... | 114 |
| Tabla 3-36: Ensayos de dureza VICKERS en las probetas de AISI 420..... | 115 |
| Tabla 3-37: Verificación del Sut de materiales de aporte | 119 |
| Tabla 3-38: Tabla t- Student | 120 |

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL PROCESO DE SOLDADURA SMAW Y
GTAW EN UN ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 Y SU
INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS**

AUTOR: Pilatasig Plasencia Jairo Danilo

TUTOR: Ing. Henry Vaca. Mg.

RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo de investigación hace referencia a la comparación de los procesos de soldadura SMAW y GTAW en un acero inoxidable martensítico, con distintos materiales de aporte en cada uno de los procesos de soldadura, para lograr beneficios tecnológicos y científicos en las industrias, obteniendo propiedades mecánicas iguales o mejores que las existentes con un menor costo de fabricación.

Este proyecto se realizó en un acero inoxidable martensítico AISI 420 con los procesos de soldadura SMAW y GTAW con material de aporte en el proceso GTAW ER 312, ER 308 y una combinación de ER 308 y ER 312; mientras que en el proceso SMAW se usó E 312-16, E 308 L-16 y de igual manera una combinación de ambas, continuando con la construcción de las probetas para posteriormente realizar ensayos de tracción, de impacto y de dureza VICKERS, originando resultados válidos con la finalidad de evaluar su influencia en las propiedades mecánicas de las juntas elaboradas, fundamentándose en el código AWS B4.0, realizándose los ensayos en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del Gobierno Municipal de Tungurahua.

Posteriormente de haber realizado los ensayos requeridos, se procedió a efectuar un análisis e interpretación de resultados, obteniendo que el proceso de soldadura GTAW es el más recomendable, mientras que el material de aporte que tiene mayor resistencia a la tracción 674.6 MPa, así como límite de fluencia 136.380 Mpa, es el ER – 312.

Finalmente se dieron conclusiones y recomendaciones de los resultados obtenidos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL PROCESO DE SOLDADURA SMAW Y
GTAW EN UN ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 Y SU
INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS**

AUTOR: Pilatasig Plasencia Jairo Danilo

TUTOR: Ing. Henry Vaca. Mg.

ABSTRACT

The research work refers to the comparison of the SMAW and GTAW welding processes in a martensitic stainless steel, with different contribution materials in each of the welding processes, to achieve technological and scientific benefits in the industries, obtaining mechanical properties equal or better than existing ones with a lower manufacturing cost.

This project was carried out in an AISI 420 martensitic stainless steel with the SMAW and GTAW welding processes with input material in the GTAW ER312, ER308 process and a combination of ER308 and ER312; while in the SMAW process E312-16, E308 L-16 and a combination of both were used, continuing with the construction of the specimens to subsequently perform tensile, impact and hardness tests VICKERS, resulting in valid results with The purpose of evaluating its influence on the mechanical properties of the joints produced, based on the AWS code B4.0, the tests being carried out at the Carrocero Metalmechanical Productive Development Center of the Municipal Government of Tungurahua.

After having performed the required tests, an analysis and interpretation of the results was carried out, obtaining that the GTAW welding process is the most recommended, while the contribution material that has the highest tensile strength 674.6 MPa, as well as limit of creep 136,380 Mpa, is the ER - 312.

Finally, conclusions and recommendations of the results obtained were given.

CAPÍTULO I

MARCO TEORICO

1.1. Antecedentes Investigativos

1.1.1. Investigaciones preliminares

Las investigaciones preliminares referentes al tema son:

El Estudio comparativo del proceso de soldadura MIG y TIG en un acero inoxidable 416 utilizado en la industria alimentación y de generación de calor en la Unidad Profesional Azcapotzalco del Instituto Politécnico Nacional de México D.F., concluye que en los procesos aplicados en ambas uniones, el cordón que presenta un mejor aspecto en el acabado de soldadura es el de tipo TIG, observándose que el tamaño de grano permanece sin cambios significativo, donde las pruebas de tensión y dobléz no muestra gran diferencia en el comportamiento, aplicando dichos procesos en la industria, generando calor igualitario en ambos procesos, originando una resistencia mecánica apropiada, con una elasticidad, ductilidad y fragilidad aceptable, donde no se observa precipitación o perdida de cromo, generando imperfecciones internas en dicho proceso, con un progreso palpable y medible [1].

Estudios comparativos de los procesos de soldadura SMAW y GMAW en las uniones de tuberías de transporte de combustible”, en la Escuela Politécnica del Litoral, dice que el proceso GMAW es más veloz que el de tipo SMAW, suministrando mayor cantidad de material de aporte en un menor tiempo que con el proceso por electrodo revestido, no siendo apropiados para aplicar en zonas donde se genere alta velocidad del viento, temperaturas bajas o en zonas lluviosas, originando mayor confiabilidad en el proceso SMAW [2].

El análisis comparativo de los procesos de soldadura GTAW-SMAW, GTAW-GMAW y GMAW-GMAW, aplicados en dos posiciones de soldadura 6G y 1GR utilizado en la Industria Petrolera en Tubería de Acero ASTM A-106 GRB, previa a la obtención del grado de Master en Diseño Producción y Automatización Industrial de la Escuela Politécnica Nacional: Quito, concluye que los sistemas de soldaduras semi-automáticos (GMAW) generan mayor velocidad que los procesos manuales (SMAW), mayor productividad así como estética, menor cantidad de partículas considerada como escoria u óxido, controlando de mejor manera el material de depósito que el originado por el arco eléctrico de electrodo de tungsteno protegido con gas (GTAW) [3].

1.1.2. Justificación

Este proyecto tiene como finalidad realizar una investigación que permita analizar el proceso de soldadura SMAW Y GTAW en acero inoxidable AISI 420, contribuyendo a realizar mejores procedimientos de soldadura.

Mediante la realización de los ensayos requeridos para determinar las propiedades mecánicas se definirán los parámetros y cuidados y parámetros que se debe tener presente la hora de ejecutar los procesos de soldadura con el tipo de acero.

Por lo explicado anteriormente se da el interés de perfeccionar la calidad del proceso de soldadura en materiales inoxidables con los procesos de soldadura SMAW Y GTAW, con el objetivo de conocer de una manera adecuada las diferentes variantes que tienen los mismos procesos de soldadura tanto como en su estructura química, así como en sus propiedades mecánicas. Una vez concluido el estudio este permitirá obtener un panorama mucho más amplio acerca del proceso de soldadura SMAW Y GTAW en el acero martensítico AISI 420, por ende, este análisis ayudará a despertar el interés de investigación sobre este tipo unión de aceros y a su vez brindará beneficios a los proveedores.

1.1.3. Fundamentación Teórica

1.1.3.1. Ingeniería de Materiales

La ingeniería de materiales analiza las relaciones de las propiedades con disposiciones de componentes internos, aplicándose a los electrones existentes en un átomo individual agrupándose en seis categorías que son: mecánicas, eléctricas, térmicas, magnéticas, ópticas y químicas, donde el material está expuesto a estímulos externos que dan algún tipo de respuesta, expresándose en términos específicos, definiendo su forma y tamaño, en base a varios criterios basados en la ductilidad, degradación del material, elevadas temperaturas, así como los ambientes corrosivos [4].

1.1.3.2. Soldadura

Según [5], la Sociedad Americana de Soldadura AWS, conceptualiza la soldadura como una coalescencia de metales, las cuales se originan por el calentamiento de temperaturas correctas, con o sin presión del material de aporte, re cristalizándose en una fusión mecánica resistente, entre dos o más piezas diferentes, pudiendo unirse hasta alcanzar el estado plástico, las cuales pueden ser deformada por la acción de golpes, obteniéndose una unión de piezas metálicas mediante distintos medios, pudiendo utilizarse sistemas de calentamiento por combustión como oxígeno, rellenando las partes o elementos a soldar, debiendo tomar en cuenta factores como son:

- Composición química.
- Compatibilidad de las propiedades físicas de los metales, el cual puede originarse si se da contacto de átomo – átomo, mezclándose los metales bases y de aporte, modificándose la zona afectada de manera térmica.
- Punto de fusión superior a 450°C.
- Igualdad de las propiedades mecánicas en las juntas soldadas.
- Mejorando su soldabilidad o habilidad para fusionar el material.

La designación de acuerdo con las Normas ANSI y AWS A3.0:2001 son: [6]

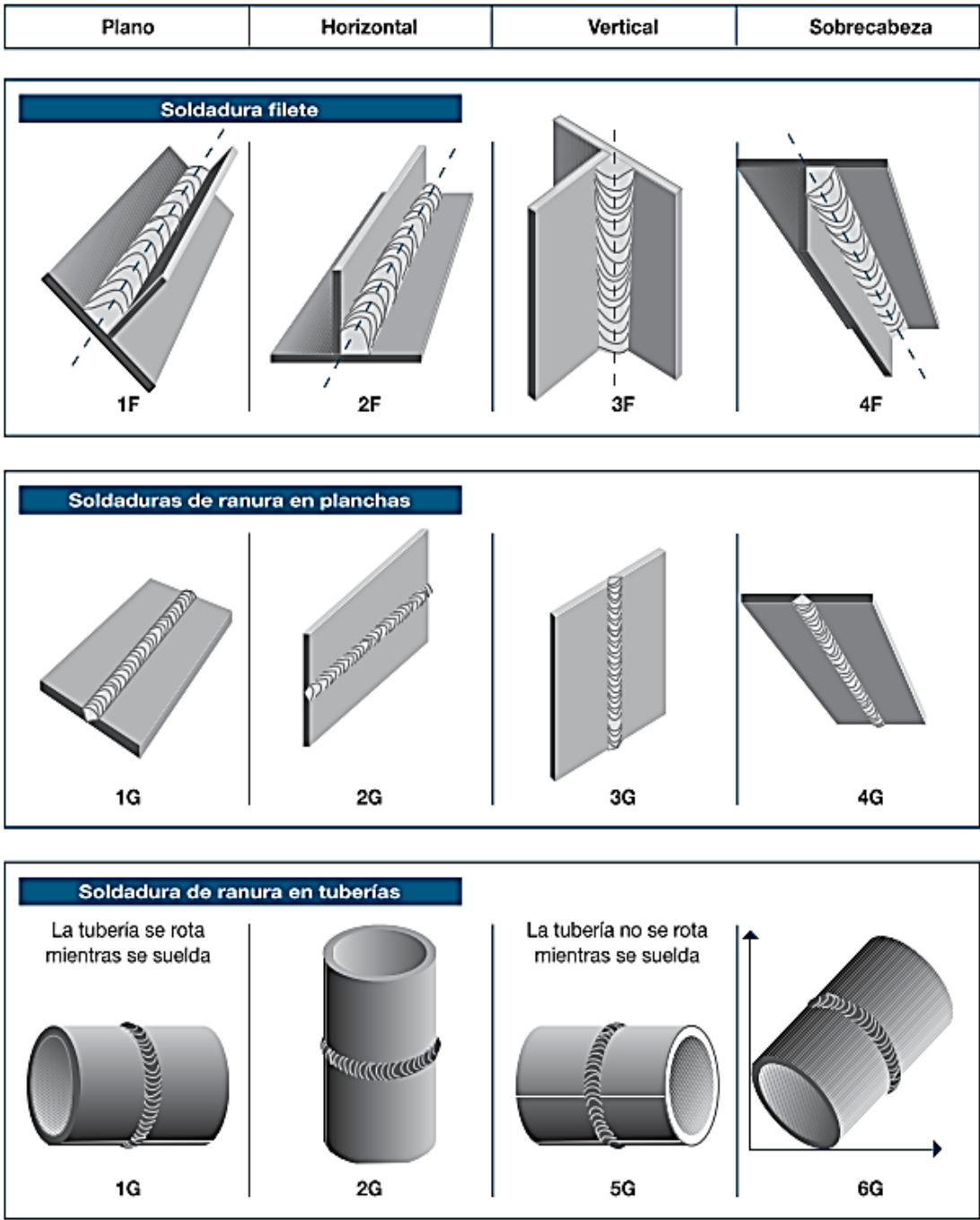


Figura 1-1: Posiciones de soldadura [7].

- Los tipos de unión básicos son:

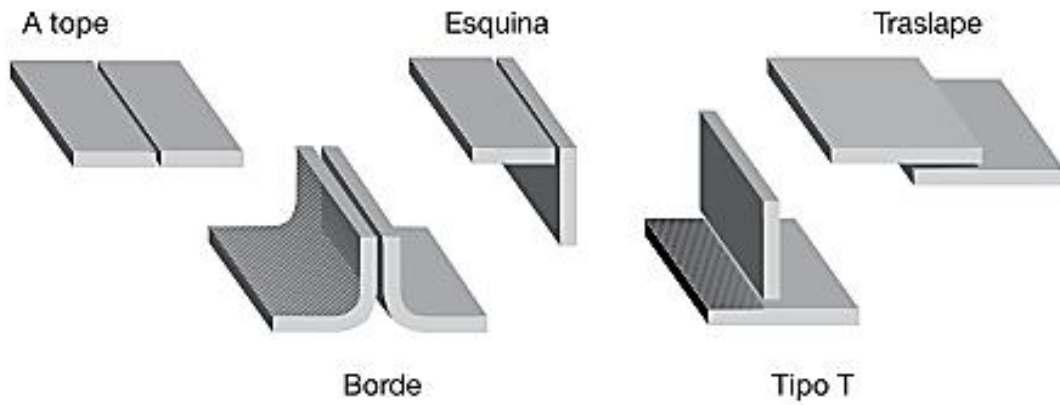


Figura 1-2: Tipos de unión [6].

- Según [6], los tipos básicos de soldadura son:



Figura 1-3: Tipos de soldadura [6].

- Según [6], las formas de bisel son:

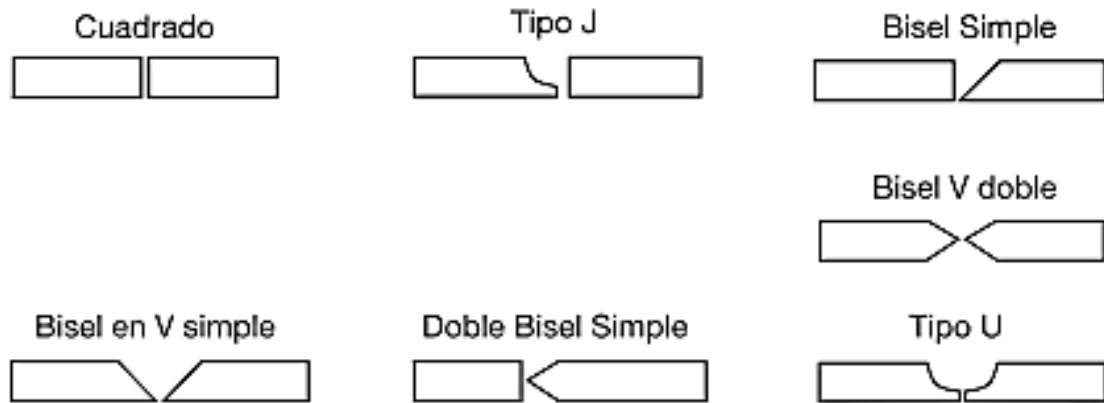


Figura 1-4: Tipos de bisel [6].

1.1.3.3. Proceso de soldadura

Los procesos de soldadura por el código AWS D1.1-2010 se clasifican en:

- **SMAW – Soldadura de arco con electrodo revestido (Arc welding with a coated electrode)**, se caracteriza por utilizar un arco eléctrico como fuente de energía el cual se forma por una mayor resistencia, a altas temperaturas, útil para unir metales y aleaciones [8].

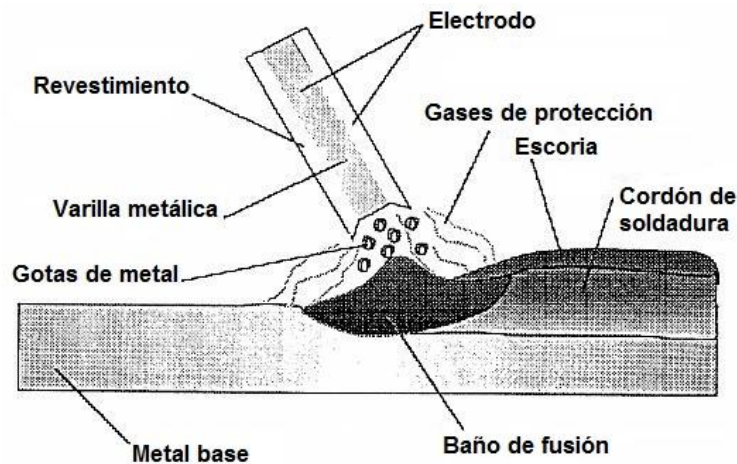


Figura 1-5: Electrodo Revestido [8].

Las variables principales que maneja el proceso SMAW son:

a) Corriente de soldadura, la cual se origina por una corriente que puede ser de tipo corriente alterna CA o corriente continua CC, la cual se maneja en base a la polaridad, el cual se da en base al amperaje en varios factores de soldadura y tipo de unión, el cual debe originar suficiente fusión y penetración [8].

b) Voltaje del arco, varía de acuerdo al tipo de electrodo, diámetro y revestimiento [8].

c) Velocidad de soldadura, es la tasa en la que el material de aporte se mueve a lo largo de una determinada junta, dependiendo de factores como son, el tipo de corriente, polaridad, amperaje, así como la posición de soldadura, el espesor del material, el tipo de junta, entre las más importantes [8].

d) Fuente de energía, esta se da para el soldeo, el mismo que se caracteriza por la caída o intensidad de corriente constante [8].

- **GTAW – Gas Tungsten Arc Welding o TIG (Tungsten Inert Gas)**, es un proceso pro arco, en el cual la energía se utiliza para fundir el metal que proviene de un arco estabilizado, a través de una columna de plasma con un tipo de corriente CC o CA, donde la energía cinética de la partícula es proporcional a su masa y al cuadrado de la velocidad, empleándose un metal base para fundir, donde se genera soldaduras de gran calidad, nulas proyecciones, un soldeo sin aporte, soldaduras disimilares, acabado excelente y control preciso en el aporte térmico, donde el gas se establece en un electrodo de tungsteno no consumible (W) puro o aleado con torio (Th) o zirconio (Zr), el cual puede actuar de cátodo (DCEN o polaridad directa) o de ánodo (DCEP o polaridad inversa) [9].

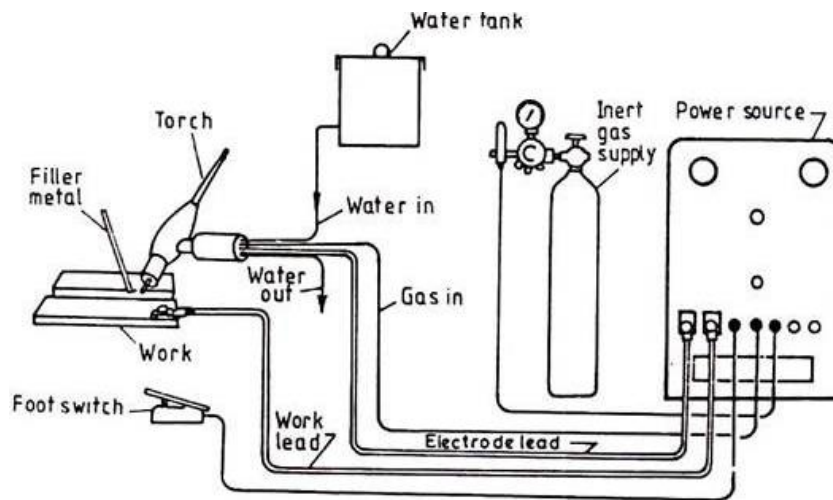


Figura 1-6: DCEN ó DCEP [9].

- **GMAW – Soldadura de Arco con electrodo metálico y gas de protección (Gas Metal Arc Welding)**, es un proceso semiautomático GMAW ó MIG (Metal Inert Gas), es un arco ejecutado entre un alambre sólido el cual funciona con electrodo continuo, donde se caracteriza por brindar protección a la soldadura a través de un gas inerte o activo, siendo un proceso eficiente que se puede aplicar en todos los metales comerciales, pudiendo ser ejecutada en todas las posiciones, para depositarse grandes cordones, trabajando con corriente directa (DC) [10].

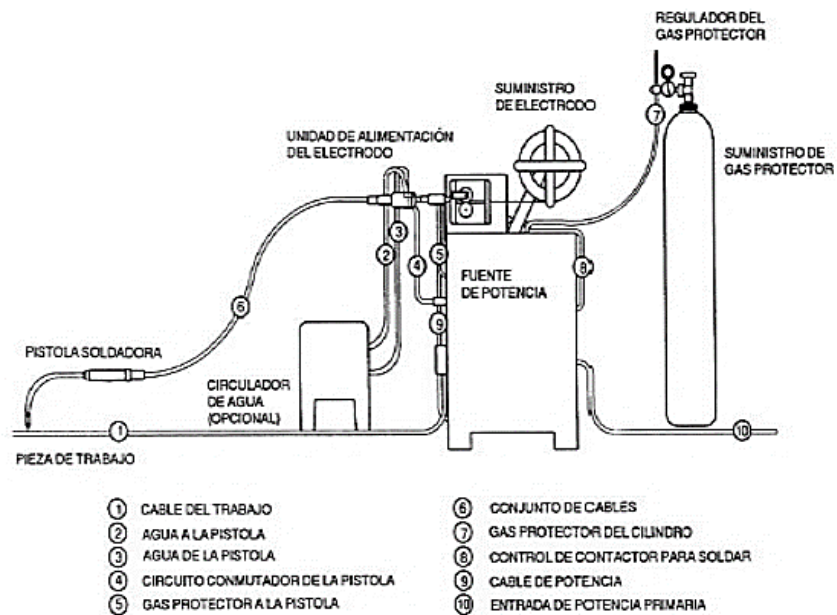


Figura 1-7: Equipo que se utilizan en soldadura GMAW [10].

Las ventajas que tiene la soldadura de tipo MIG (soldadura con metal gas activo), es que puede utilizar materiales diversos como el acero estructural, acero inoxidable, aluminio, cobre, entre otros, teniendo en cuenta además que por cada kilogramo se aprovecha solo el 65%, a través de la boquilla que se emplea, donde se ingresa el gas a la tobera, mediante la boquilla de contacto con el electrodo continuo genera un arco que procede a fundir, generando un gas protector [10].

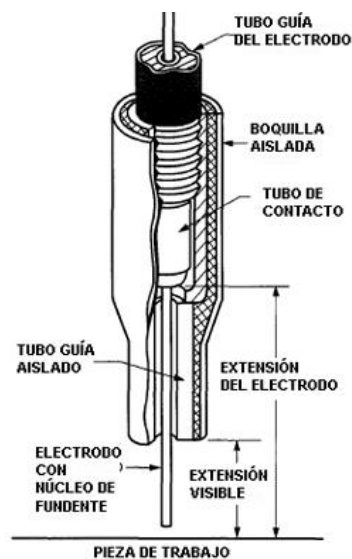


Figura 1-8: Boquilla en el proceso MIG [10].

- **FCAW – Soldadura por Arco con Alambre Tubular (Flux Core Arc Welding)**, este tipo de soldadura aprovecha un arco originado entre el electrodo continuo del metal de aporte y el material base, empleándose como protección de un fundente de tipo tubular, con o sin gas, procedente de manera externa, donde el diámetro a utilizarse del alambre varía entre 1.2 a 4.0 mm, caracterizándose por la productividad de alambre de manera continua [11].

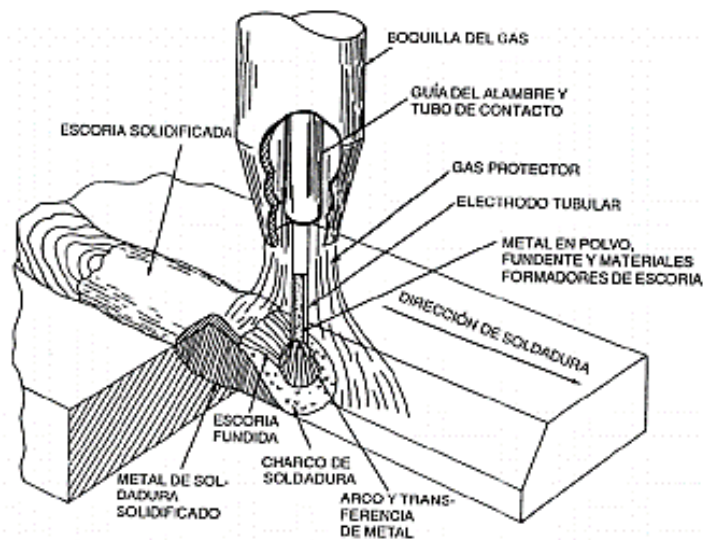


Figura 1-9: Soldadura por Arco con Núcleo de Fundente protegida con Gas [10].

- **SAW – Soldadura de Arco Sumergido (Submerged Arc Welding)**, se refiere al arco que se origina entre el material base y la punta del electrodo consumible, cubriéndose con una capa de fundente granulado, llevado a cabo por un equipo totalmente automático, para incrementar la productividad del electrodo el mismo que puede ser remplazado, siendo empleadas en la producción de grandes tanques, plantas químicas, así como estructuras pesadas, derramando el fundente originado en una costra protectora, con una alta deposición de alambres de hasta 3/16” de diámetro, con altas corrientes las cuales se ejecutan en un tipo corriente alterna CA o corriente continua CC, originándose alta productividad, poca tensión transversal, bajo riesgos de grietas provocadas por hidrogeno, protegiendo la soldadura fundida, limpiando y desoxidando [10].

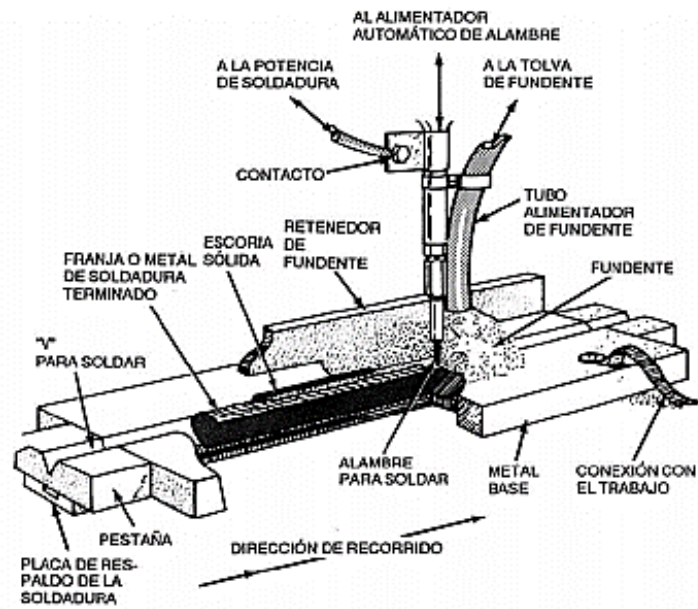


Figura 1-10: Soldadura por Arco con Núcleo de Fundente y Autoprotección [10].

1.1.3.4. El acero

El acero es el material realizado por combinaciones de resistencia con un alto rango de propiedades mecánicas y físicas, de estilos suaves y dúctiles, los cuales pueden ser normalizados o endurecidos, utilizados en la manufacturación de máquinas y herramientas [12].

- Aceros al carbono

Esta clase de aceros tiene una composición de aleación de hierro más carbono con un porcentaje del 1.2%, originándose la oxidación, así como otras impurezas disminuidos a un nivel requerido [12].

1.1.3.5. Diagrama de equilibrio hierro-carbono

El diagrama de hierro – carbono, presentes en las fases que son enfriado o calentados a temperaturas variados a una escala logarítmica.

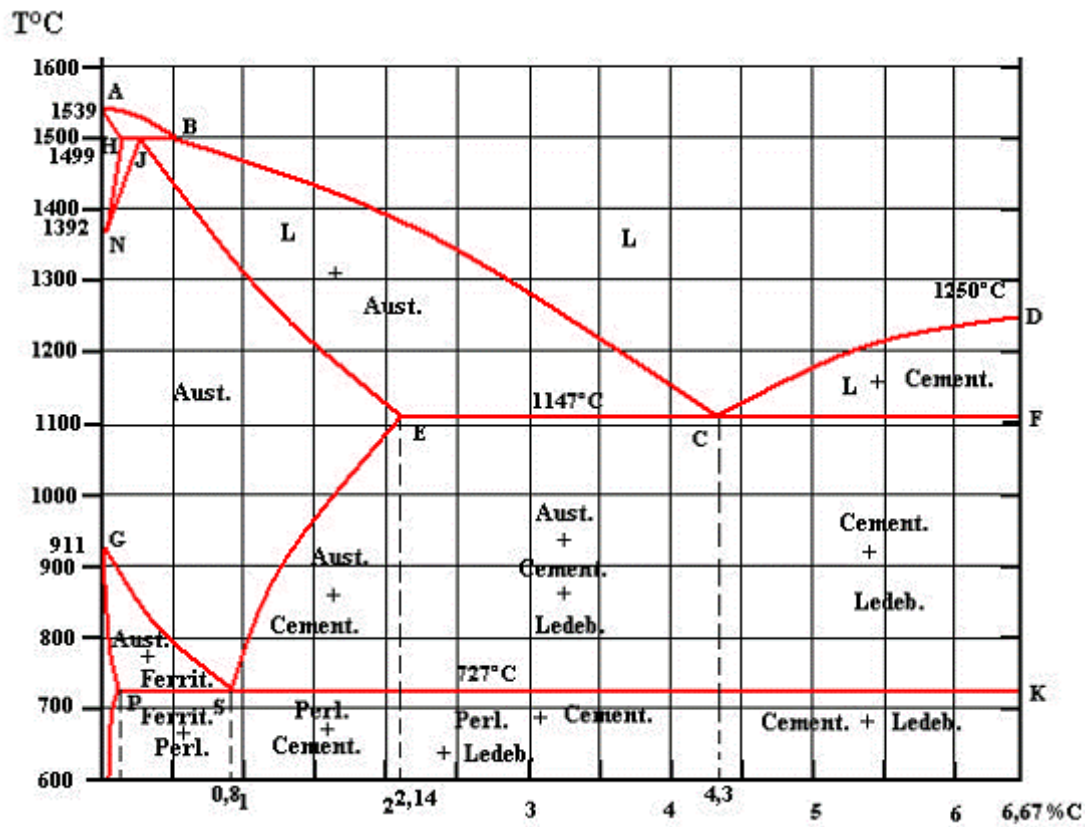


Figura 1-11: Diagrama de fases Hierro - Carbono [13].

Donde se caracterizan de la siguiente manera:

- **Cementita**, denominado carburo de hierro, con una composición del 6.67% de carbono y 93.3% de hierro [12].
- **Ferrita**, definida como solución intersticial, compuesta de átomos de hierro con estructuras cristalinas de tipo BCC [12].
- **Austenita**, se le denomina así al hierro gamma con un contenido de carbono variante del rango del 0 a 2% [12].
- **Perlita**, la misma que se compone del 86.5% de ferrita y del 13.5% de cementita.
- **Bainita**, se forma a partir de la transformación isotérmica de la Austenita la cual se encuentra entre 215 y 540 C [12].

- **Martensita**, se da del enfriamiento de los aceros al carbono en la fase austenítica hasta llegar a una temperatura ambiente [12].
- **Ledeburita**, marca el límite entre los aceros y fundiciones originado por su contenido de carbono del 1.75% [12].

Acero Inoxidable Martensítico AISI 420

Los aceros AISI 420, son aceros inoxidable martensíticos ferromagnéticos semi-suaves, con muy buena dureza al temple, con una mayor resistencia a la corrosión, a los hidróxidos como los de estilo sódico, potásico, cálcico, etc. [14].

Según [14], los tratamientos térmicos que se pueden dar a los Aceros Inoxidables Martensíticos AISI 420, son:

- Recocido, cual se ejecuta a una temperatura de 830 a 885°C, enfriando 2 horas en el horno, lográndose una dureza aproximada de 86 a 95 HRb, evitando descarburación.
- Endurecido a una temperatura a 760 a 790 °C, enfriando en aceite.
- Revenido, a una temperatura de 250 a 370°C, lográndose durezas de 48 a 56 HRc

Las propiedades mecánicas son:

Tabla 1-1: Propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 420

| Condición | Resistencia a la tensión | | Límite de cadencia | | Elongación (%) | Reducción de área (%) | Dureza Brinell |
|---------------------|--------------------------|------|--------------------|------|----------------|-----------------------|----------------|
| | ksi | MPa | ksi | MPa | | | |
| Reconocido | 95 | 655 | 50 | 345 | 25 | 55 | 196 |
| Templado Y revenido | 250 | 1724 | 215 | 1482 | 8 | 25 | 512 |

Fuente: [14].

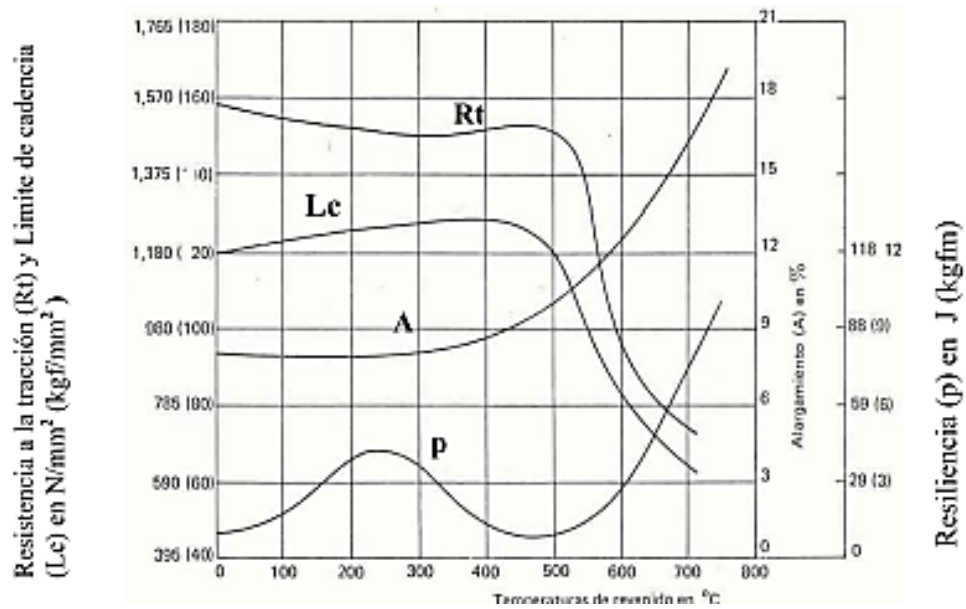


Figura 1-12: Diagrama de Propiedades mecánicas en función de la temperatura de revenido [14].

Según [14], las propiedades físicas son:

- Densidad: 0.279 lb/in³ ó 7690 Kg/m³
- Calor específico hasta 100°C: 0.11 Btu/lb°F ó 460 J/kg°K
- Resistividad eléctrica: 331 ohm-cir-mil/ft ó 550 microhm-mm.
- Coeficiente térmico: 5.7x10⁻⁶ °F ó 10.3x10⁻⁶ °K

Los aceros aleantes martensíticos inoxidables se dividen en:

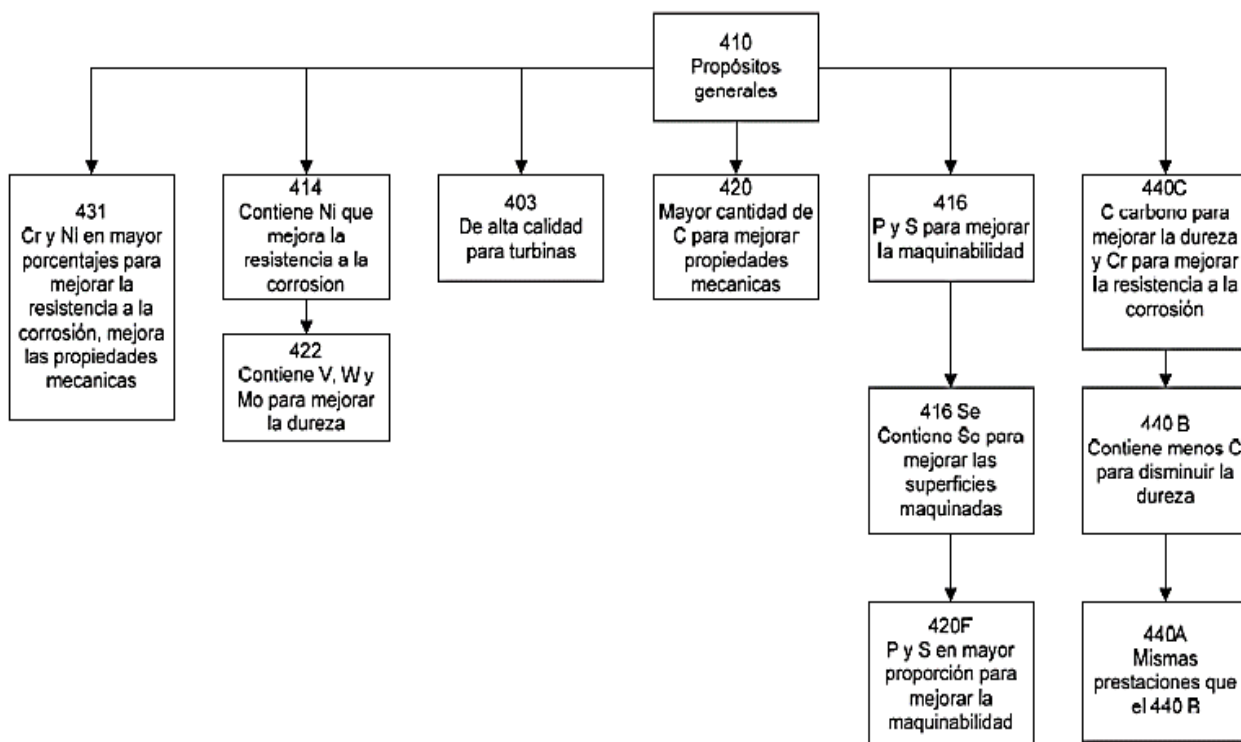


Figura 1-13: Tipos de Aceros Inoxidable Martensíticos [15].

Las cuales poseen las siguientes propiedades:

Tabla 1-2: Propiedades mecánicas

| AIS Type | Room Temperatura (annealed) | | | Hardness RockwellB+ | Max Service Temp (F) in Air | |
|----------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|--------------|
| | Tensile Strength (1000psi) | Yield Strength,0,2% (1000psi) | Elongación 2in (%) | | continuous | Intermittent |
| 403 | 75 | 40 | 35 | 82 | 1300 | 1450 |
| 410 | 75 | 40 | 35 | 82 | 1300 | 1450 |
| 414 | 115 | 90 | 20 | 97 | 1300 | 1450 |
| 416 | 75 | 40 | 30 | 82 | 1250 | 1400 |
| 416 Se | 95 | 50 | 25 | 92 | 1250 | 1400 |
| 420 | 125 | 90 | 20 | 24(Rc) | 1500 | 1600 |
| 421 | | | | | | |
| 440 A | 105 | 60 | 20 | 95 | 1400 | 1500 |
| 440 B | 107 | 62 | 18 | 96 | 1400 | 1500 |
| 440 C | 110 | 65 | 14 | 97 | 1400 | 1500 |

Fuente: [15].

1.1.3.6. Clasificación de los aceros inoxidables

Las clasificaciones de los aceros inoxidables se dividen en:

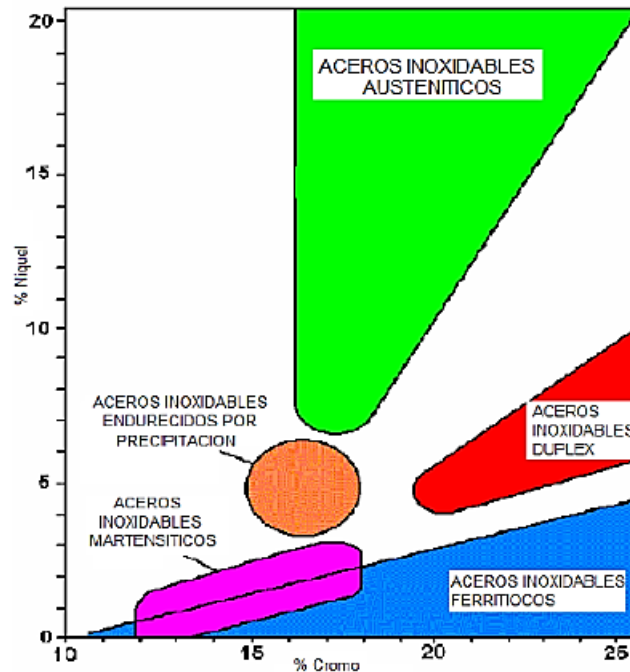


Figura 1-14: Tipos de Aceros Inoxidables [15].

1.1.3.7. Diagrama de fase hierro – cromo

El diagrama de hierro – cromo puede definir los conceptos básicos, en los que se divide el acero inoxidable como son:

- Martensíticos
- Austeníticos
- Ferríticos
- Dúplex
- Endurecido por precipitación

Por lo que el diagrama de hierro – cromo es:

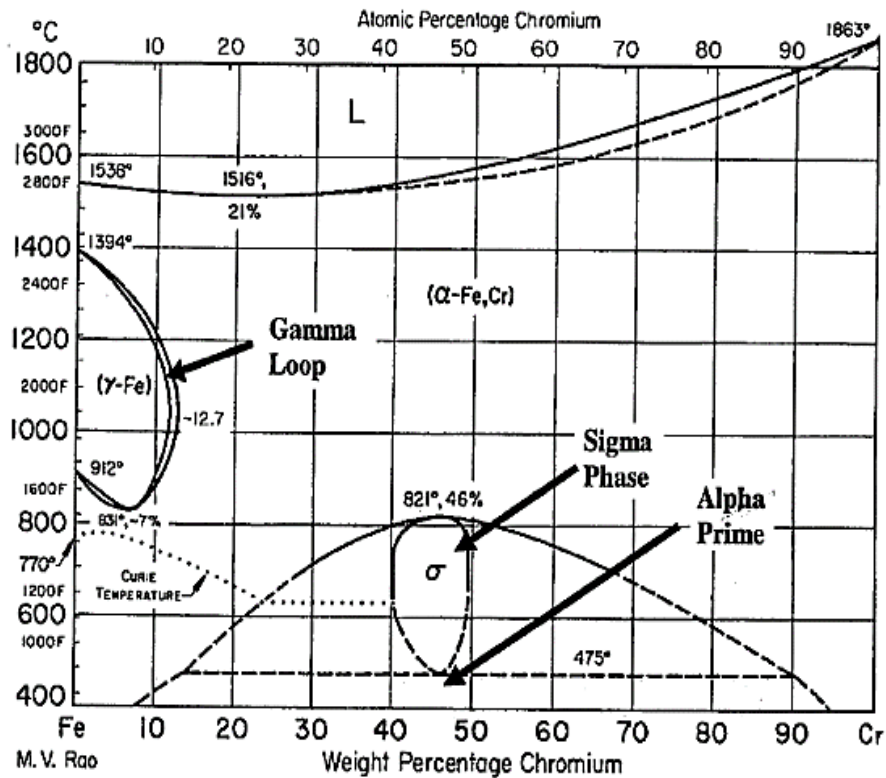


Figura 1-15: Diagrama de Fase Hierro - Cromo [16].

1.1.3.8. Ensayos a realizar en un Acero inoxidable AISI 420

Los ensayos normados que se puede dar para determinar las propiedades del material son:

- **Ensayos de Tracción**, según [8], es el ensayo, que se origina al aplicarse en una probeta delimitada, midiéndose la resistencia del material ante una fuerza estática o dinámica aplicada, pudiendo obtener el módulo de Young y la ductilidad del material, pudiendo aplicarse en especímenes de distinto tamaño, definiéndose en base a las siguientes ecuaciones que son:

$$\text{Esfuerzo Ingñieril} = \sigma = \frac{F}{A}$$

$$\text{Deformación Ingñieril} = \epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

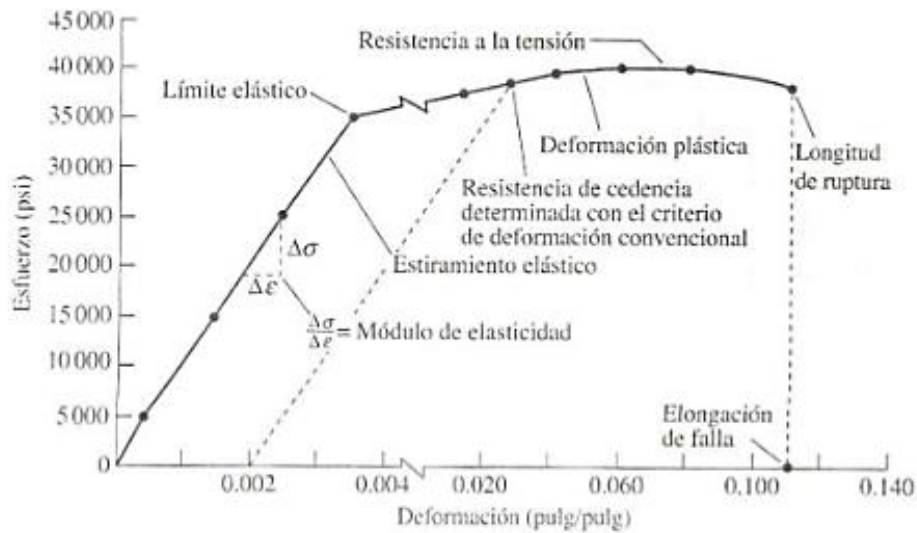


Figura 1-16: Esfuerzo Ingenieril Vs Deformación [8].

- **Ensayos de Impacto**, Este tipo de ensayo se da cuando un material determinado es sometido a carga súbita, evaluándose su fragilidad, resistencia al choque, incidiendo en la oscilación libre la cual es transmitida por el impacto originado [17].

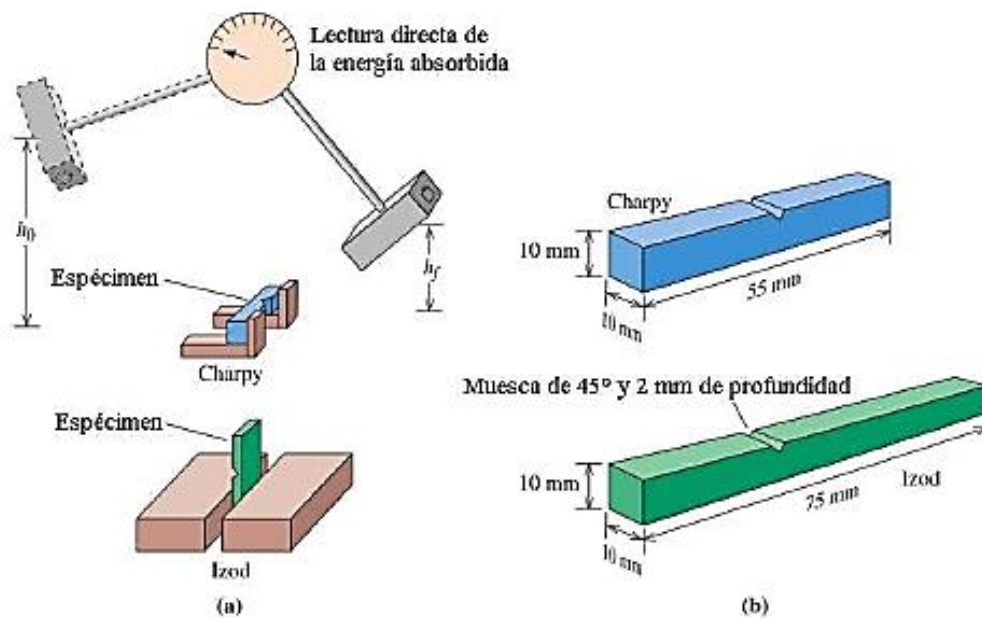


Figura 1-17: a) Pruebas de Charpy y de Izod. b) dimensiones de las probetas [17].

- **Ensayo de dureza.**

El ensayo de dureza se da a través del empleo de un penetrador, el mismo que se indenta en la superficie del metal, teniendo en cuenta que el penetrador es una bola, una pirámide o un cono, manufacturado en un material duro, en el cual se va a ensayar, empleando una carga acreditada lentamente en base a etapas medidas y definidas [15].

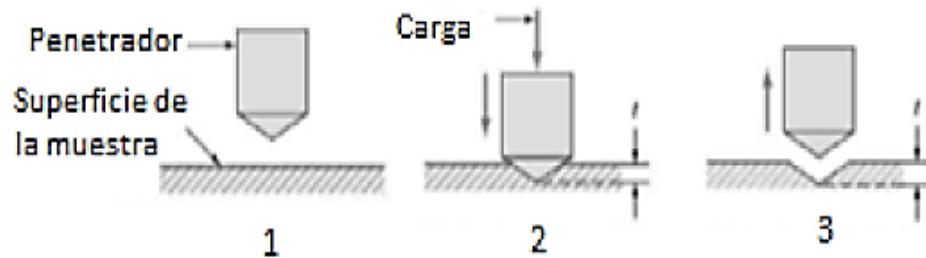


Figura 1-18: Etapas para la medida de la fuerza con 1) penetrador por encima de la muestra, 2) penetrador sometido a carga, 3) penetrador retirado de la muestra [15].

1.1.3.9. Probetas para ensayos de tracción

Las probetas recomendadas por la AWS B4.0: 2007, son:

Tabla 1-3: Dimensiones de Probetas para Tracción Redondas

| | Dimensions | | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | Specimen 1 in (mm) | Specimen 2 in (mm) | Specimen 3 in (mm) | Specimen 4 in (mm) | Specimen 5 in (mm) |
| G — gage length | 2.000 ± 0.005 (50 ± 0.127) | 2.000 ± 0.005 (50 ± 0.127) | 2.000 ± 0.005 (50 ± 0.127) | 2.000 ± 0.005 (50 ± 0.127) | 2.000 ± 0.005 (50 ± 0.127) |
| D — diameter (Note 1) | 0.500 ± 0.010 (13 ± 0.254) | 0.500 ± 0.010 (13 ± 0.254) | 0.500 ± 0.010 (13 ± 0.254) | 0.500 ± 0.010 (13 ± 0.254) | 0.500 ± 0.010 (13 ± 0.254) |
| R — radius of fillet, min. | 3/8 (10) | 3/8 (10) | 1/16 (1.6) | 3/8 (10) | 3/8 (10) |
| A — length of reduced section (Note 2) | 2-1/4 (56) min. | 2-1/4 (56) min. | 4 (101) approx. | 2-1/4 (56) min. | 2-1/4 (56) min. |
| L — over-all length approx. | 5 (126) | 5-1/2 (139) | 5-1/2 (139) | 4-3/4 (120) | 9-1/2 (241) |
| B — length of end section | 1-3/8 (35) approx. | 1 (25) approx. | 3/4 (19) approx. | 1/2 (13) approx. | 3 (76) min. |
| C — diameter of end section | 3/4 (19) | 3/4 (19) | 23/32 (18) | 7/8 (22) | 3/4 (19) |
| E — length of shoulder and fillet section, approx. | — | 5/8 (16) | — | 3/4 (19) | 5/8 (16) |
| F — diameter of shoulder | — | 5/8 (16) | — | 5/8 (16) | 19/32 (15) |

Fuente: [18].

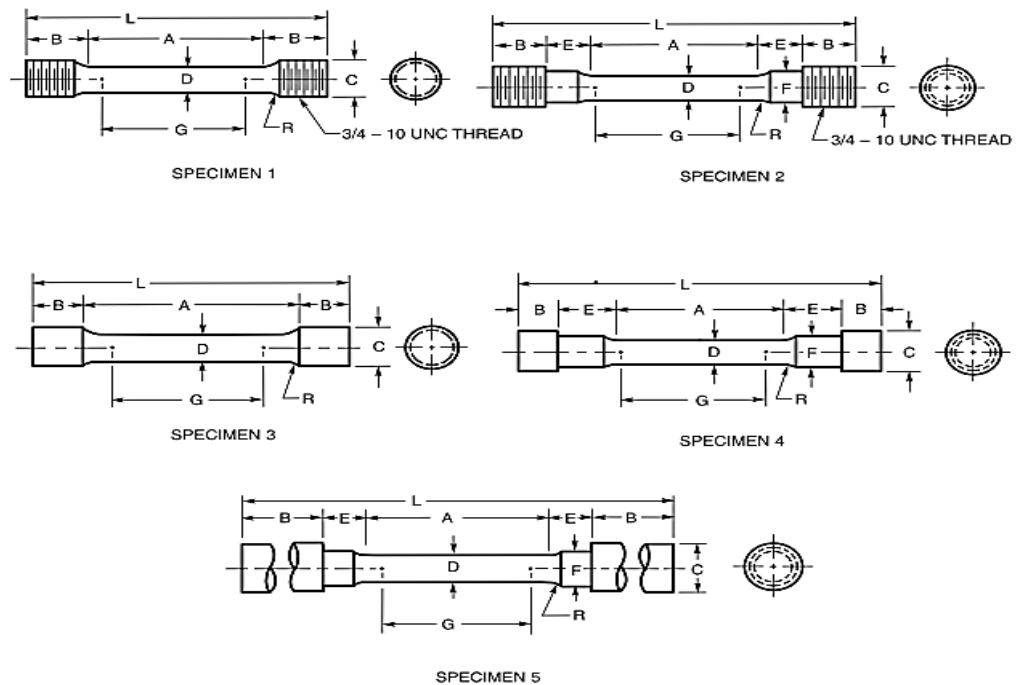


Figura 1-19: Especímenes de probetas redondas para tracción [18].

1.1.4. Formulación del problema

¿El análisis de los procesos de soldadura SMAW Y GTAW en un acero inoxidable martensítico AISI 420 influyen de manera directa en las propiedades mecánicas?

1.1.5. Preguntas directrices

¿Los procesos de soldadura SMAW Y GTAW en el acero inoxidable martensítico AISI 420 permitirán comparar los cambios en las propiedades mecánicas?

¿Los ensayos de impacto en las muestras soldadas por los procesos de soldadura de tipo SMAW y GTAW son ejecutables?

¿Los procesos de soldadura SMAW Y GTAW permite valorar las alteraciones en las propiedades mecánicas del material?

¿La selección del material de aporte en los procesos de soldadura SMAW Y GTAW son correctos?

1.1.6. Delimitación del problema

La delimitación presenta proyecto de investigación es:

Campo: Ingeniería

Área: Proceso de soldadura

Espacial: Universidad Técnica de Ambato

Temporal: Periodo Mayo - Julio 2019

1.1.7. Hipótesis

¿El estudio comparativo del proceso de soldadura SMAW y GTAW en un acero inoxidable martensítico AISI420 permitirá determinar sus propiedades mecánicas?

1.1.8. Señalamiento de variables de la hipótesis

1.1.8.1. Variable independiente

Estudio comparativo del proceso de soldadura SMAW y GTAW en un acero inoxidable martensítico AISI420

1.1.8.2. Variable dependiente

Propiedades mecánicas

1.1.9. Objetivos

1.1.9.1. Objetivo General:

Analizar los procesos de soldadura SMAW Y GTAW en un acero inoxidable martensítico AISI 420 y su influencia en las propiedades mecánicas.

1.1.9.2. Objetivos Específicos:

- Comparar los cambios de las propiedades mecánicas, al efectuar los procesos de soldadura SMAW Y GTAW en el acero inoxidable AISI 420.
- Realizar los ensayos de impacto en los especímenes efectuados a través de los procesos de soldadura SMAW Y GTAW.
- En los procesos de soldadura SMAW Y GTAW valorar las alteraciones en las propiedades mecánicas del material.
- Seleccionar correctamente el material de aporte en los procesos de soldadura SMAW Y GTAW.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Los materiales a usar en el estudio comparativo son:

2.1.1. Acero martensítico AISI 420.

El estudio comparativo se dará en un acero martensítico AISI 420, por ser un acero inoxidable, templeable y ferromagnético con alta resistencia a la corrosión, comercializado en un estado de tipo recocido, con alto contenido de carbono, obteniendo mayor dureza, así como resistencia al desgaste. [19]

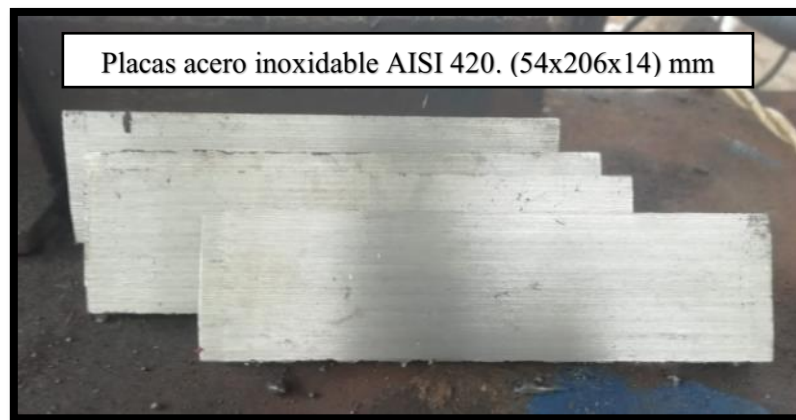


Figura 2-1: Eje de Acero Inoxidable AISI 420.

Fuente: Autor

2.1.2. Material de Aporte E-308, para el proceso de soldadura SMAW (Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido)

Para el estudio comparativo, se utilizaría un electrodo E308L, por tener un revestimiento rútilico, lo que hace apto para soldar bajo Corriente Continua (CC) o Corriente Alterna (CA), lo que genera un depósito de excelente forma, produciendo un desprendimiento fácil de la escoria, por poseer el 0.04% de carbono, brindando protección contra la

corrosión intragranular, por lo que se recomienda su uso para la fusión de aceros inoxidable, por poseer propiedades mecánicas detalladas como: Resistencia a la tracción 590MPa y Elongación (L =4d) 53%, por lo que se recomienda seleccionar un amperaje en función de los diámetros apropiados de los electrodos que son [20]:

Tabla 2-1: Amperajes recomendadas

| AMPERAJES RECOMENDADOS | | | | | | | | |
|------------------------|---------|----------------|-----|----------------|-----|----------|----------------------|-------------|
| Cod.SAP | REF.AWS | Diam.Electrodo | | Long.Electrodo | | Amperaje | | Electrodo X |
| | | Pulg | mm | mm | min | máx. | Kg aproximad o | kg/Caja |
| 2000325 | E308L | 3/32 | 2,4 | 300 | 60 | 90 | 59 | 25 |
| 2000326 | E308L | 1/8 | 3,2 | 350 | 80 | 120 | 31 | 25 |
| 2000327 | E308L | 5/32 | 4 | 350 | 120 | 150 | 21 | 25 |
| 2000153 | E308L | 3/16 | 4,8 | 350 | 150 | 190 | 10 | 25 |
| 2002060 | E308L | 1/8 | 3,2 | 350 | 80 | 120 | | 25 |
| 2001741 | E308L | 3/32 | 2,4 | 300 | 60 | 90 | | 25 |

Fuente: [20].



Figura 2-2: Material de Aporte E-308L [20].

2.1.3. Material de Aporte E-308L, para el proceso de soldadura SMAW (Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido)

Para el estudio comparativo, se utilizaría también un electrodo definido como E312L, por tener un revestimiento rutílico que lo hace más apropiado para soldar con Corriente Alterna (CA) ó Corriente Continua (CC), desprendiendo de manera fácil y sencilla su escoria, útil para fusionar Aceros Inoxidables de Alta Resistencia, por lo que se recomienda seleccionar un amperaje en función de los diámetros apropiados de los electrodos que son [20]:

Tabla 2-2: Características Recomendadas de Material de Aporte E-308L

| Composición química (típica) del metal depositado: | | | | |
|--|----------------|----------|----------------|---------------------------|
| C 0,11%; Mn 0,97%; Si 0,69%; P 0,028%; S 0,003%; Cr 29,0%; Ni 10,1%; Mo 0,23% | | | | |
| Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.4/A5.4M-06): | | | | |
| Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte | | | Requerimientos | |
| Resistencia a la tracción : 754 MPa | | | 660 MPa | |
| Alargamiento en 50 mm : 32% | | | 22% | |
| Amperajes recomendados: | | | | |
| Diámetro mm | Longitud mm | Amperaje | | Electrodos x kg aprox. |
| | | mín. | máx. | |
| 2,4 | 300 | 70 | 100 | 55 |
| 3,2 | 350 | 90 | 120 | 31 |
| *4,0 | 350 | 120 | 160 | 21 |
| *4,8 | 350 | 150 | 225 | 10 |

Fuente: [20].

2.1.4. Material de Aporte ER 308, para el proceso de soldadura GTAW (Soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno y gas)

Para el estudio comparativo, se utilizaría como material de aporte, además, una varilla ER-308L, por tener bajo contenido de carbono, útil para soldar acero inoxidable, según Indura (2010), [20], incrementando la resistencia a la corrosión intergranular, pudiendo soldar en todas las posiciones.



Figura 2-3: Material de Aporte E-308L. [20]

2.1.5. Material de Aporte ER 312, para el proceso de soldadura GTAW (Soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno y gas)

Para el estudio comparativo, finalmente se utilizaría como material de aporte una varilla ER312, por generar una aleación adecuada, usada para uniones de alta resistencia, el cual se puede usar en todas las posiciones, por lo que se recomienda utilizar en procedimientos de operaciones típicas, indicadas a continuación. [20]

Tabla 2-3: Procedimientos operacionales de Material de Aporte ER-312

| PROCESO | Diámetro pulg. (mm) | Voltaje (Volts) | Corriente (Amp) | Flujo de Gas | Gas |
|---------|---------------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------|------------|
| TIG | 1/16 (1.6) 3/32 (2.4) 1/8 (3.2) | | 90-130 120-175 150-220 | 20-40 CFH | 100% Argón |

Fuente: [20]

2.2. Método

2.2.1. Nivel o tipo de investigación

En la investigación presente se ha empleado los niveles descritos como:

- **Exploratoria**

El nivel usado es de tipo exploratorio, porque se utilizó para comparar las propiedades mecánicas en Aceros Inoxidables AISI 420, a través de los procesos definidos como SMAW y GTAW.




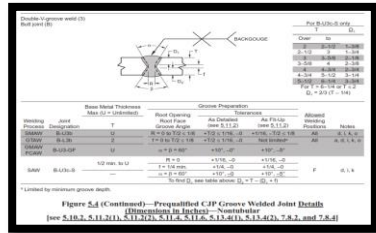




- **Descriptiva**



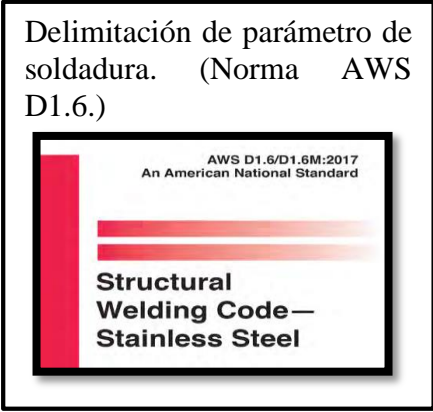


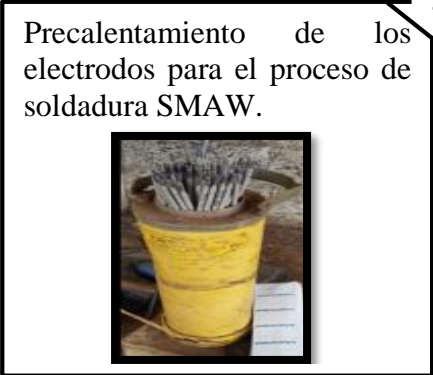

Otro nivel usado es de tipo descriptivo por permitir describir el análisis de los materiales de aporte en los procesos SMAW y GTAW en los aceros inoxidables AISI 420.









- **Correlacional**






Finalmente se escoge el tipo correlacional por permitir evaluar con precisión las variables planteadas y definidas.

2.2.2. Procedimiento de mecanizado de las probetas



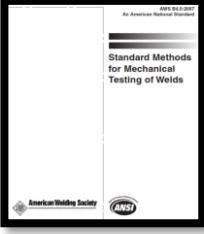




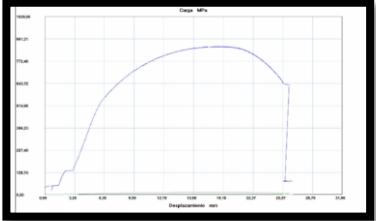
|  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </div> | |  |
|--|---|--|
| ENSAYO DE TRACCIÓN | | |
| RESIDENTE | <div style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: 24px;">1</div> <p>Obtención del material AISI 420 en placas de 54x206 (mm) Del distribuidor Ivan Bohman C.A.</p>  | <div style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: 24px;">2</div> <p>Definición de las juntas a realizarse. (Norma AWS D1.6.) Anexo B-3</p>  |
| CORTADOR | <div style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: 24px;">4</div> <p>Armado de elementos.</p>  | <div style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: 24px;">3</div> <p>Preparación de las juntas a soldar. (bisel 60 grados).</p>  |
| CORTADOR | <div style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: 24px;">5</div> <p>Limpieza de rebabas.</p>  | <div style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: 24px;">6</div> <p>Control de corte y armado.</p>  |
| Elaborado: Jairo Pilatasig | | Verificado: Ing. Henry Vaca. Mg. |
| | | Fecha: 15/09/2019 |





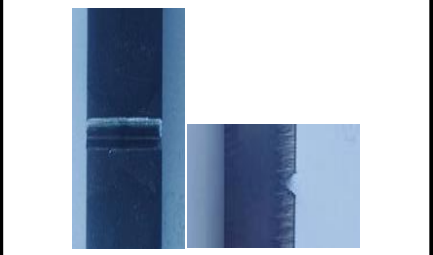
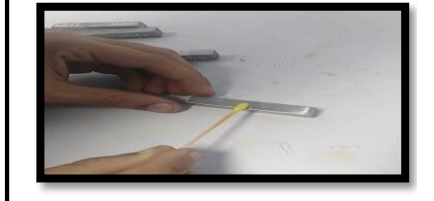


| | | |
|---|--|--|
|  | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA PROCESO DE SOLDADURA |  |
| RESIDENTE | <p>Delimitación de parámetro de soldadura. (Norma AWS D1.6.)</p>  <p>↓ 1</p> | |
| SOLDADOR | <p>Calibración de soldadura para el proceso de soldadura SMAW.</p>  | <p>↓ 2</p> <p>Calibración de soldadura para el proceso de soldadura GTAW.</p>  |
| AYUDANTE | <p>Pre calentamiento de los electrodos para el proceso de soldadura SMAW.</p>  <p>↓ 3</p> | <p>Pre calentamiento de los elementos.</p>  <p>↓ 4</p> |





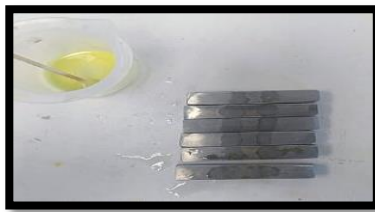



| | |
|-----------------|---|
| SOLDADOR | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="446 268 873 630" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Proceso de soldadura SMAW con electrodo (E312-16).</p>  </div> <div data-bbox="906 268 1003 373" style="text-align: center;"> <p>5</p>  </div> <div data-bbox="1036 279 1463 630" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Proceso de soldadura SMAW con electrodo (E308L-16).</p>  </div> </div> <div data-bbox="735 646 1166 997" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p>Proceso de soldadura SMAW con electrodos (E312-16 Y E308L-16).</p>  </div> |
| SOLDADOR | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="451 1081 878 1449" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Proceso de soldadura GTAW con material de aporte varilla (ER312).</p>  </div> <div data-bbox="922 1096 1019 1201" style="text-align: center;"> <p>6</p>  </div> <div data-bbox="1076 1081 1507 1459" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Proceso de soldadura GTAW con material de aporte varilla (ER308).</p>  </div> </div> <div data-bbox="711 1491 1141 1864" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p>Proceso de soldadura GTAW con electrodos (ER312 Y ER308).</p>  </div> |

| | | | | |
|--|---|-----------------------------------|---|--------------------------|
| RESIDENTE | <div style="text-align: center;">  <p>WPS</p> </div> <div style="text-align: right;">  </div> | | | |
| RESIDENTE | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Control proceso de soldadura SMAW</p>  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Control proceso de soldadura GTAW</p>  </div> </div> | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">Elaborado: Jairo Pilatasig</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Verificado: Ing. Henry Vaca. Mg.</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Fecha: 15/09/2019</td> </tr> </table> | | Elaborado: Jairo Pilatasig | Verificado: Ing. Henry Vaca. Mg. | Fecha: 15/09/2019 |
| Elaborado: Jairo Pilatasig | Verificado: Ing. Henry Vaca. Mg. | Fecha: 15/09/2019 | | |

2.2.3. Procedimiento de los ensayos de tracción, de impacto y de dureza Vickers

|  | | <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> <p style="text-align: center;">ENSAYO DE TRACCIÓN</p> | |  | |
|---|---|---|--|---|--|
| CORTADOR Y/O AYUDANTE | <p style="text-align: right;">1</p> <p>Corte de las probetas de tracción (probetas circulares) mediante la norma AWS B4.0.</p>  | <p style="text-align: right;">2</p> <p>Medición de las probetas circulares del material base AISI 420.</p>  | | | |
| AYUDANTE DEL LABORATORIO | <p style="text-align: right;">4</p> <p>Ensayo de tracción en la máquina universal para metales Metro test 1500 KN</p>  | <p style="text-align: right;">3</p> <p>Maquinado de las probetas.</p>  | | | |
| Jairo Pilatasig | <p style="text-align: right;">5</p> <p>Análisis de las probetas.</p>  | <p style="text-align: right;">6</p> <p>Grafica diagrama esfuerzo vs deformación.</p>  | | | |

|  | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|---|-----------------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|----|-------|----|-------|----|-------|
| | ENSAYO DE IMPACTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CORTADOR Y/O AYUDANTE | <p>1</p> <p>Corte de las probetas de Impacto regidos en la norma AWS B4.0.</p>  | <p>2</p> <p>Maquinado de las probetas a ensayar, con la ayuda de una fresadora.</p>  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AYUDANTE DEL LABORATORIO | <p>4</p> <p>Elaboración del entalle en V en las zonas anteriormente reveladas.</p>  | <p>3</p> <p>Revelado de las zonas soldadas aplicando el reactivo Nital 4 en cada probeta a ensayar.</p>  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jairo Pilatasig | <p>5</p> <p>Análisis de las probetas en la máquina de ensayos Charpy. PIC 450J.</p>  | <p>6</p> <p>Evaluación del ensayo de impacto.</p>  <table border="1"> <caption>Impact Test Results</caption> <thead> <tr> <th>Probeta</th> <th>Resistencia (J)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>110.5</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>122.0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>150.0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>124.0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>160.0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>160.0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>160.0</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>160.0</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>160.0</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>160.0</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>160.0</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>160.0</td> </tr> </tbody> </table> | Probeta | Resistencia (J) | 1 | 110.5 | 2 | 122.0 | 3 | 150.0 | 4 | 124.0 | 5 | 160.0 | 6 | 160.0 | 7 | 160.0 | 8 | 160.0 | 9 | 160.0 | 10 | 160.0 | 11 | 160.0 | 12 | 160.0 |
| Probeta | Resistencia (J) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 110.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 122.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 150.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 124.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 160.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 160.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 160.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 160.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 160.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 160.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 160.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 160.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

|  | | <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> | |  | |
|---|---|---|--|---|--|
| | | <p style="text-align: center;">ENSAYO DE DUREZA VIKERS</p> | | | |
| CORTADOR Y/O AYUDANTE | <p style="text-align: right;">1</p> <p>Corte de las probetas de Impacto regidos en la norma AWS B4.0.</p>  | <p style="text-align: right;">2</p> <p>Maquinado de las probetas a ensayar, con la ayuda de una fresadora.</p>  | | | |
| AYUDANTE DEL LABORATORIO | <p style="text-align: right;">4</p> <p>Revelado de las zonas soldadas aplicando el reactivo Nital 4 durante 4 seg., en cada probeta a ensayar.</p>  | <p style="text-align: right;">3</p> <p>Preparación de la superficie de las probetas utilizando lijas 400, 600 y 1200, en la zona de la soldadura.</p>  | | | |
| Jairo Pilatasig | <p style="text-align: right;">5</p> <p>Análisis de las probetas en la máquina de ensayos Microdurómetro FUTURE TECH.</p>  | <p style="text-align: right;">6</p> <p>Evaluación del ensayo de dureza.</p>  | | | |

2.2.4. Población y muestra

2.2.4.1. Población

Como población se tomará.

- Acero martensítico AISI 420.
- Proceso de soldadura SMAW
 - Material de aporte electrodo E 308L-16, E 312-16
- Proceso de soldadura GTAW
 - Material de aporte varilla ER-308, ER 312

2.2.4.2. Muestra

Para la investigación de los ensayos en las juntas soldadas de los aceros inoxidable AISI 420, se realizará una serie de pruebas de laboratorio basadas en la norma AWS D 1.6, la cual recomienda mínimo 2 muestras, por seguridad y fiabilidad de los resultados del análisis se considerarán 5 casos para cada ensayo de impacto, tracción y dureza para cada material de aporte y para cada proceso de soldadura.

Junta soldada de acero inoxidable AISI 420 mediante el proceso de soldadura SMAW con material de aporte electrodo E 312-16

- 5 probetas de tracción
- 5 probetas de impacto
- 1 probetas de dureza

Junta soldada de acero inoxidable AISI 420 mediante el proceso de soldadura SMAW con material de aporte electrodo E 308L-16

- 5 probetas de tracción
- 5 probetas de impacto
- 1 probetas de dureza

Junta soldada de acero inoxidable AISI 420 mediante el proceso de soldadura SMAW con material de aporte electrodo E 308L-16 Y E 312-16

- 5 probetas de tracción
- 5 probetas de impacto
- 1 probetas de dureza

Junta soldada de acero inoxidable AISI 420 mediante el proceso de soldadura GTAW con material de aporte varilla ER 312

- 5 probetas de tracción
- 5 probetas de impacto
- 1 probetas de dureza

Junta soldada de acero inoxidable AISI 420 mediante el proceso de soldadura GTAW con material de aporte varilla ER 308

- 5 probetas de tracción
- 5 probetas de impacto
- 1 probetas de dureza

Junta soldada de acero inoxidable AISI 420 a través del proceso GTAW con material de aporte varilla ER 308 y ER 312

- 5 probetas de tracción
- 5 probetas de impacto
- 1 probetas de dureza

2.2.5. Operacionalización de variables

2.2.5.1. Variable independiente

Estudio comparativo del proceso de soldadura SMAW y GTAW en un Acero Inoxidable Martensítico AISI420

Tabla 2-4: Operacionalización de variable independiente

| CONTEXTUALIZACIÓN | DIMENSIONES | INDICADORES | ÍTEMS | TÉCNICA |
|--|---------------------------|---|---------------------------|--|
| Se define como la comparación de los procesos de soldadura, SMAW el cual utiliza un material de aporte que brinde protección del metal fundido y GTAW, un electrodo permanente de tungsteno, sobre un Acero Inoxidable Martensítico AISI 420 | Proceso de soldadura SMAW | Material de aporte E 308L-16 E 312-16 | 80 -120 [A] 80-120 [A] | Observación: normas Observación: normas |
| | Proceso de soldadura GTAW | Material de aporte ER 308 ER 312 | 90 -120 [A] 90-130 [A] | Observación: normas Observación: normas |
| | Precalentamiento | Tipo de Material base AISI 420 | 300 °C | Observación: normas |
| | | | | |

Elaborado por: El Autor

2.2.5.2. Variable dependiente

Propiedades Mecánicas

Tabla 2-5: Operacionalización de variable dependiente

| CONTEXTUALIZACIÓN | DIMENSIONES | INDICADORES | ÍTEMS | TÉCNICA |
|---|--------------------|---------------------------|--------------|----------------------|
| Se definen como propiedades que representan el comportamiento de un material al aplicarse una determinada carga | Ensayo de tracción | Resistencia a la tracción | 500 MPa | Observación: ensayos |
| | Ensayo de impacto | Resistencia al impacto | 0-70 | Observación: ensayos |
| | Ensayo de dureza | dureza Vickers | 92 | Observación: ensayos |

Elaborado por: El Autor

2.2.6. Plan de recolección de información

La información se recolecta de catálogos, normas y especialmente de los resultados originados de los ensayos de tracción, impacto y dureza, originadas de las probetas de Acero Inoxidable AISI 420 en el proceso SMAW y GTAW.

2.2.7. Plan de procesamiento y análisis

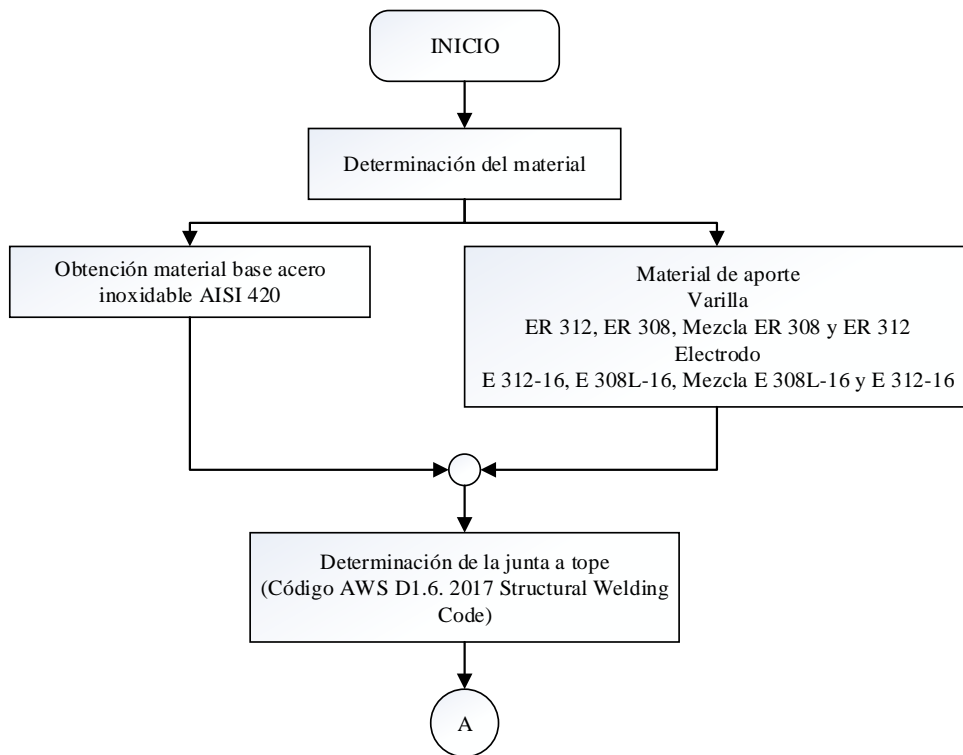
Al concluir con la recolección de datos, el siguiente paso es interpretar de manera correcta los resultados conseguidos, mediante el uso de tablas, gráficos que permiten de mejor manera el entendimiento de los resultados.

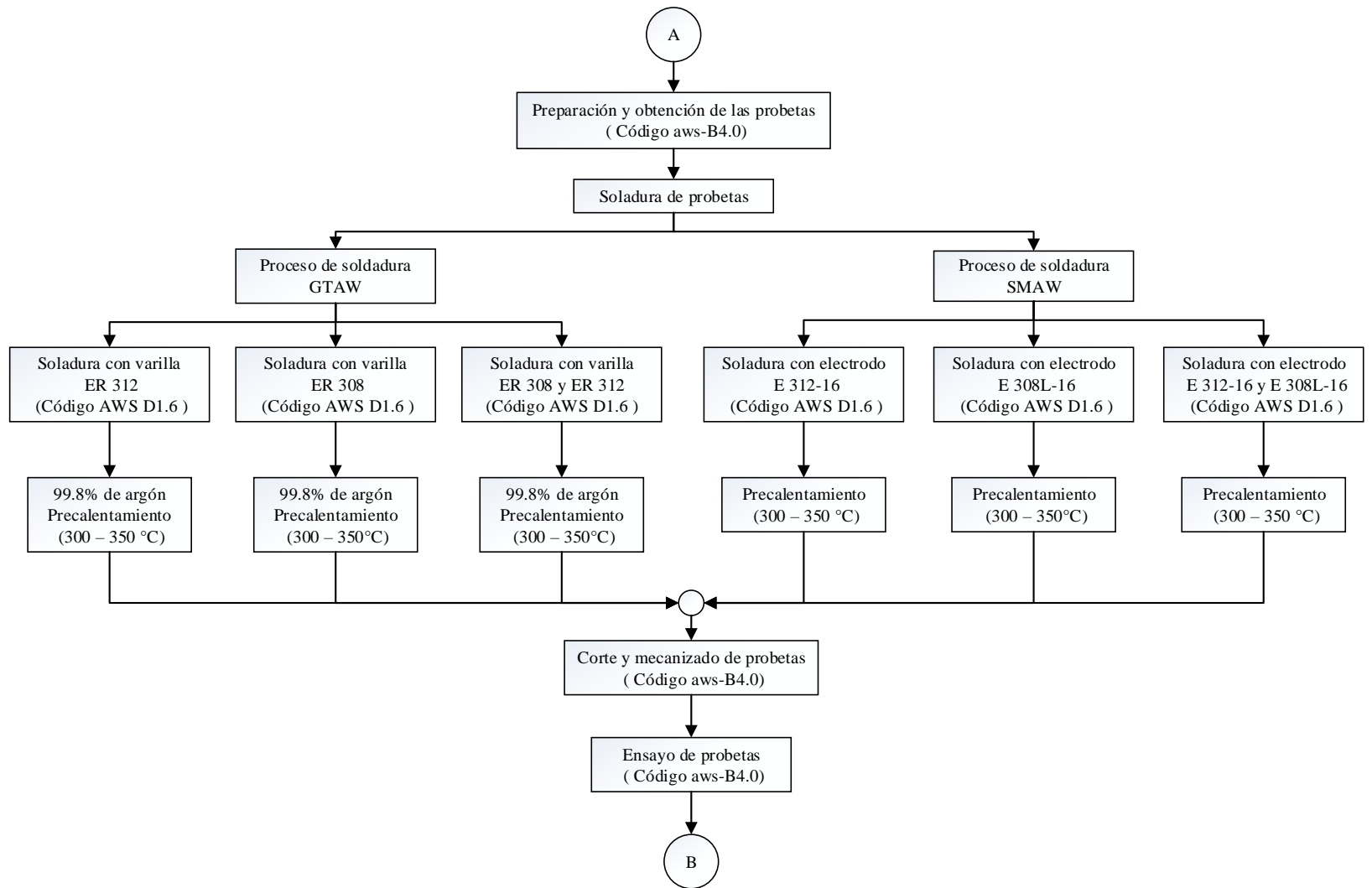
CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Proceso y análisis de resultados

En el diagrama de flujo descrito a continuación se especifica la construcción de las muestras y toma de resultados como se observa en la figura 3-1, en los procesos de soldadura SMAW y GTAW aplicado en el acero inoxidable martensítico AISI 420.





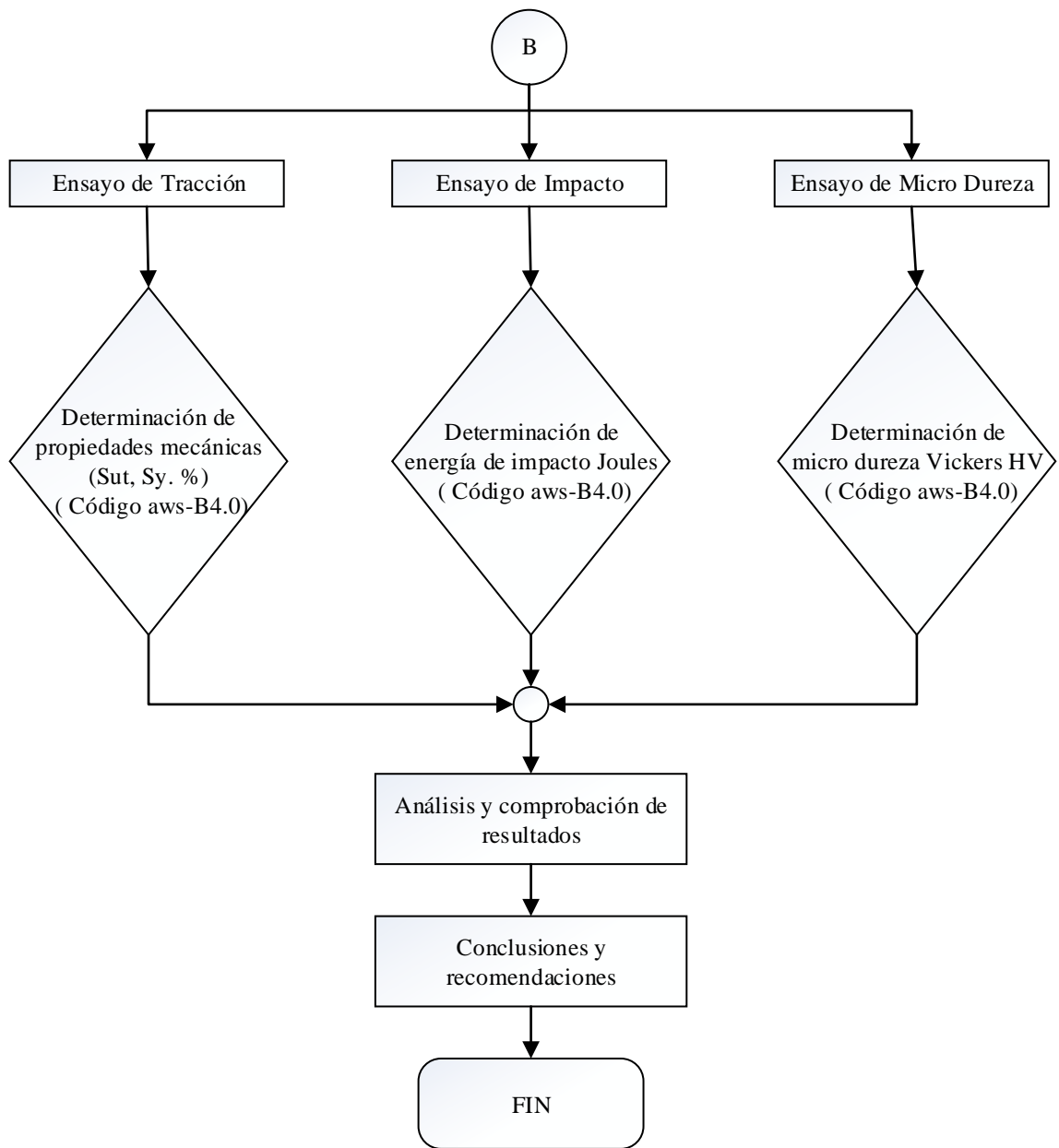


Figura 3-1: Diagrama de proceso de análisis de resultados.
Fuente: Autor

3.2. Tabulación de resultados

3.2.1. Tabulación de los análisis del acero inoxidable martensítico AISI 420.

El análisis de acero martensítico AISI 420 se divide en los siguientes ensayos:

- Ensayos de tracción
- Ensayos de impacto
- Ensayos de dureza Vickers

Por los procesos de soldadura se ensayarán en:

- Proceso SMAW
 - Con material de aporte electrodo E 312-16
 - Con material de aporte electrodo E 308L-16
 - Combinación de material de aporte electrodo E 308L-16 Y E 312-16
- Proceso GTAW
 - Con material de aporte varilla ER 312.
 - Con material de aporte varilla ER 308
 - Combinación de material de aporte varilla ER 308 y ER 312

ENSAYOS DE TRACCIÓN

Proceso de soldadura GTAW

| | Número de probetas |
|---|--------------------|
| Probeta sin soldar | 1 |
| Probeta con material de aporte varilla ER 312 | 5 |
| Probeta con material de aporte varilla ER 308 | 5 |
| Probeta con la mezcla de material de aporte varilla ER 308 y ER 312 | 5 |

Proceso de soldadura SMAW

| | Número de probetas |
|--|--------------------|
| Probeta sin soldar | 1 |
| Probeta con material de aporte electrodo E 312-16 | 5 |
| Probeta con material de aporte electrodo E 308L-16 | 5 |
| Probeta con la mezcla de material de aporte electrodo E 308L-16 y E 312-16 | 5 |

ENSAYOS DE IMPACTO

Proceso de soldadura GTAW

| | Número de probetas |
|---|--------------------|
| Probeta sin soldar | 1 |
| Probeta con material de aporte varilla ER 312 | 5 |
| Probeta con material de aporte varilla ER 308 | 5 |
| Probeta con la mezcla de material de aporte varilla ER 308 y ER 312 | 5 |

Proceso de soldadura SMAW

| | Número de probetas |
|--|--------------------|
| Probeta sin soldar | 1 |
| Probeta con material de aporte electrodo E 312-16 | 5 |
| Probeta con material de aporte varilla E 308L-16 | 5 |
| Probeta con la mezcla de material de aporte varilla E 308L-16 y E 312-16 | 5 |

ENSAYOS DE DUREZA

Proceso de soldadura GTAW

| | Número de probetas |
|---|--------------------|
| Probeta sin soldar | 1 |
| Probeta con material de aporte varilla ER 312 | 1 |
| Probeta con material de aporte varilla ER 308 | 1 |
| Probeta con la mezcla de material de aporte varilla ER 308 y ER 312 | 1 |

Proceso de soldadura SMAW

| | Número de probetas |
|--|--------------------|
| Probeta sin soldar | 1 |
| Probeta con material de aporte electrodo E 312-16 | 1 |
| Probeta con material de aporte varilla E 308L-16 | 1 |
| Probeta con la mezcla de material de aporte varilla E 308L-16 y E 312-16 | 1 |

PARÁMETROS DE SOLDADURA

Los parámetros generales para los procesos de soldadura se definió según e el código AWS D1.6

Parámetros del proceso de soldadura SMAW

Tabla 3-1: Parámetros del proceso de soldadura SMAW

| PARÁMETROS | DETALLE | |
|----------------------------|------------------------------------|-----------|
| PROCESO | SMAW | |
| JUNTA | Penetración completa y ranura en X | |
| METAL BASE | AISI 420 | |
| POSICION | plana 1G | |
| METAL BASE | 1 | E 308L-16 |
| | 2 | E 312L-16 |
| NUMERO DE PASES EJES | diámetro: 3/32 | 5 |
| NUMERO DE PASES PLACA | diámetro: 1/8 | 9 |
| TEMPERATURA E=14 MM | precalentamiento | 300°C |
| CARACTERISTICAS ELECTRICAS | corriente | DC+ |

Fuente: Autor

Parámetros del proceso de soldadura GTAW




Tabla 3-2: Parámetros del proceso de soldadura GTAW

| PARÁMETROS | DETALLE | |
|----------------------------|------------------------------------|--------|
| PROCESO | GTAW | |
| JUNTA | Penetración completa y ranura en X | |
| METAL BASE | AISI 420 | |
| POSICION | plana 1G | |
| METAL BASE | 1 | ER 308 |
| | 2 | ER 312 |
| NUMERO DE PASES EJES | diámetro: 3/32 | 5 |
| NUMERO DE PASES PLACA | diámetro: 1/8 | 9 |
| TEMPERATURA E=14 MM | precalentamiento | 300°C |
| CARACTERISTICAS ELECTRICAS | corriente | DC+ |

Fuente: Autor

3.2.1.1. Ensayos de tracción de la probeta Acero Inoxidable AISI 420

Tabla 3-2: Análisis de ensayos de tracción de probetas de material AISI 420

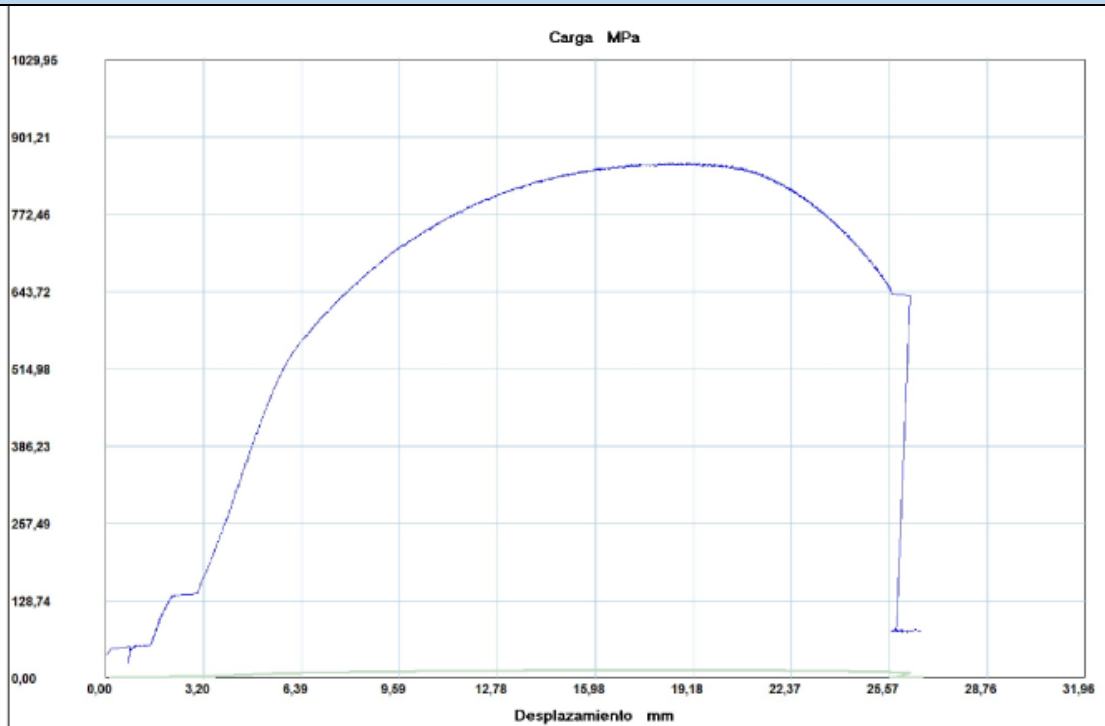
| | | | | | |
|--|--|---|--|---|--|
|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | |  | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | Realizado por: | Pilatasig Jairo | | |
| Ciudad: | Ambato | Fecha de ejecución: | 13-08-2019 | | |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | N° de probeta: | PA-ETM-01-0 | | |
| ESPECIFICACIONES | | | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | Tipo: | AISI 420 | | |
| Diámetro: PA-ETM-01-0 | (mm) 12.53 | Material de aporte: | Ninguno | | |
| Longitud calibrada: | 50 mm | Precarga: | 5000 N | | |
| Característica: | Cilíndrica | Proceso de soldadura: | GTAW | | |
| Humedad relativa: | 45.9 | Temperatura ambiente: | 22.3 | | |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | | | |
|  | | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | Equipo: | Máquina de ensayo universal para metales Metro test 1500 KN | | |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | Método | Deformación contralada | | |

OBSERVACIÓN

- El material utilizado para la ejecución de las probetas es el AISI 420.
- El mecanizado de las probetas se dio en torno.

EVALUACIÓN DE ENSAYO

RESULTADOS



CÁLCULOS

Calculo de porcentaje de alargamiento (ϵ):

$$\epsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} * 100$$

$$\epsilon_1 = \frac{52.99 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 5.98 \%$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 29)

Calculo de resistencia última a la tensión (S_{ut})

$$S_{ut} = \frac{P_m}{A_0}$$

$$S_{ut1} = \frac{81900.01 N}{123.31 mm^2} = 664.2 MPa$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 28)

Calculo de límite de fluencia (Sy)

Longitud calibrada original ($\epsilon = 0.002$)

$$S_{y1} = 141,60 MPa$$




Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 28)

VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN

| N° de probeta: | Fuerza máxima (N) | Fuerza de rotura (N) | Fuerza de fluencia (N) | Resistencia a la tracción (MPa) | Resistencia de rotura (MPa) | Límite de fluencia (MPa) |
|----------------|-------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| PA-ETM-01-0 | 103650,02 | 79050,01 | 17100 | 858,29 | 654,59 | 141,60 |

Autor: Pilatasig Jairo

Tabla 3-3: Análisis de ensayos de tracción con electrodo ER-312 en la probeta de AISI 420

| | | | | | |
|--|--|---|---|---|--|
|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | |  | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | Realizado por: | Pilatasig Jairo | | |
| Ciudad: | Ambato | Fecha de ejecución: | 13-08-2019 | | |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | N° de probeta: | PA-ETM-01-1 PA-ETM-01-2 PA-ETM-01-3 PA-ETM-01-4 PA-ETM-01-5 | | |
| ESPECIFICACIONES | | | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | Tipo: | AISI 420 | | |
| Diámetro: | (mm) | Material de aporte: | Varilla | | |
| PA-ETM-01-1 | 12.53 | | ER 312 | | |
| PA-ETM-01-2 | 12.44 | | ER 312 | | |
| PA-ETM-01-3 | 12.68 | | ER 312 | | |
| PA-ETM-01-4 | 12.57 | | ER 312 | | |
| PA-ETM-01-5 | 12.36 | ER 312 | | | |
| Longitud calibrada: | 50 mm | Precarga: | 5000 N | | |
| Característica: | Cilíndrica | Proceso de soldadura: | GTAW | | |
| Humedad relativa: | 45.9 | Temperatura ambiente: | 25.9 | | |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | | | |
|  | | | | | |

PARÁMETROS DE ENSAYO

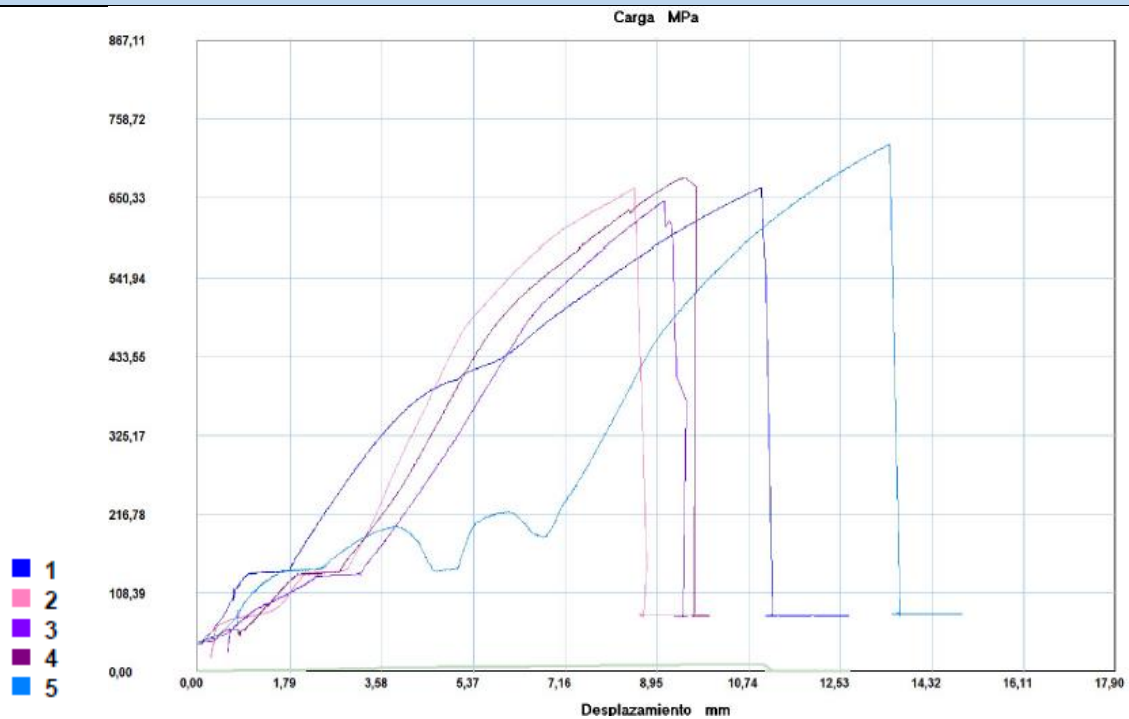
| | | | |
|------------------------------|---------------------|----------------|--|
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | Equipo: | Máquina de ensayo universal para metales Metro test 1500 KN |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | Método | Deformación contralada |

OBSERVACIÓN

- Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y la varilla de aporte es el ER 312.
- El mecanizado de las probetas se dio en torno.

EVALUACIÓN DE ENSAYO

RESULTADOS



CÁLCULOS

Calculo de porcentaje de alargamiento (ϵ):

$$\epsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} * 100$$

$$\epsilon_1 = \frac{52.99 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 5.98 \%$$

$$\varepsilon_2 = \frac{51.03 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 2.06 \%$$

$$\varepsilon_3 = \frac{51.42 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 2.84 \%$$

$$\varepsilon_4 = \frac{51.92 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 3.84 \%$$

$$\varepsilon_5 = \frac{53.22 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 6.44 \%$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 29)

Calculo de resistencia última a la tensión (S_{ut})

$$S_{ut} = \frac{P_m}{A_0}$$

$$S_{ut1} = \frac{81900.01 \text{ N}}{123.31 \text{ mm}^2} = 664.2 \text{ MPa}$$

$$S_{ut2} = \frac{80550.01 \text{ N}}{121.54 \text{ mm}^2} = 662.7 \text{ MPa}$$

$$S_{ut3} = \frac{81600.01 \text{ N}}{126.28 \text{ mm}^2} = 646.2 \text{ MPa}$$

$$S_{ut4} = \frac{84050.01 \text{ N}}{124.09 \text{ mm}^2} = 677.3 \text{ MPa}$$

$$S_{ut5} = \frac{82960.01 \text{ N}}{119.98 \text{ mm}^2} = 691.45 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 28)

Calculo de límite de fluencia (S_y)

Longitud calibrada original ($\epsilon = 0.002$)

$$S_{y1} = 134.84 \text{ MPa}$$

$$S_{y2} = 70.76 \text{ MPa}$$

$$S_{y3} = 70.08 \text{ MPa}$$




$$S_{y4} = 73.33 \text{ MPa}$$

$$S_{y5} = 116.68 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 28)

| VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------|
| N° de probeta: | Fuerza máxima (N) | Fuerza de rotura (N) | Fuerza de fluencia (N) | Resistencia a la tracción (MPa) | Resistencia de rotura (MPa) | Límite de fluencia (MPa) |
| PA-ETM-01-1 | 81900.01 | 81900.01 | 16750 | 664.2 | 664.19 | 134.84 |
| PA-ETM-01-2 | 80550.01 | 80550.01 | 8600 | 662.7 | 662.73 | 70.76 |
| PA-ETM-01-3 | 81600.01 | 81600.01 | 8850 | 646.2 | 646.19 | 70.08 |
| PA-ETM-01-4 | 84050.01 | 84000.01 | 9100 | 677.3 | 676.89 | 73.33 |
| PA-ETM-01-5 | 82960.01 | 82870.01 | 14000 | 722.6 | 719.26 | 116.68 |
| Autor: Pilatasig Jairo | | | | | | |

Tabla 3-4: Análisis de ensayos de tracción con electrodo ER 308 en la probeta de AISI 420

| | | | | | |
|--|--|---|---|---|--|
|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | |  | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | Realizado por: | Pilatasig Jairo | | |
| Ciudad: | Ambato | Fecha de ejecución: | 13-08-2019 | | |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | N° de probeta: | PA-ETM-02-1 PA-ETM-02-2 PA-ETM-02-3 PA-ETM-02-4 PA-ETM-02-5 | | |
| ESPECIFICACIONES | | | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | Tipo: | AISI 420 | | |
| Diámetro: | (mm) | Material de aporte: | Varilla | | |
| PA-ETM-02-1 | 12.64 | | ER 308 | | |
| PA-ETM-02-2 | 12.15 | | ER 308 | | |
| PA-ETM-02-3 | 12.46 | | ER 308 | | |
| PA-ETM-02-4 | 12.47 | | ER 308 | | |
| PA-ETM-02-5 | 12.75 | ER 308 | | | |
| Longitud calibrada: | 50 mm | Precarga: | 5000 N | | |
| Característica: | Cilíndrica | Proceso de soldadura: | GTAW | | |
| Humedad relativa: | 50.6 | Temperatura ambiente: | 24.5 | | |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | | | |
|  | | | | | |

PARÁMETROS DE ENSAYO

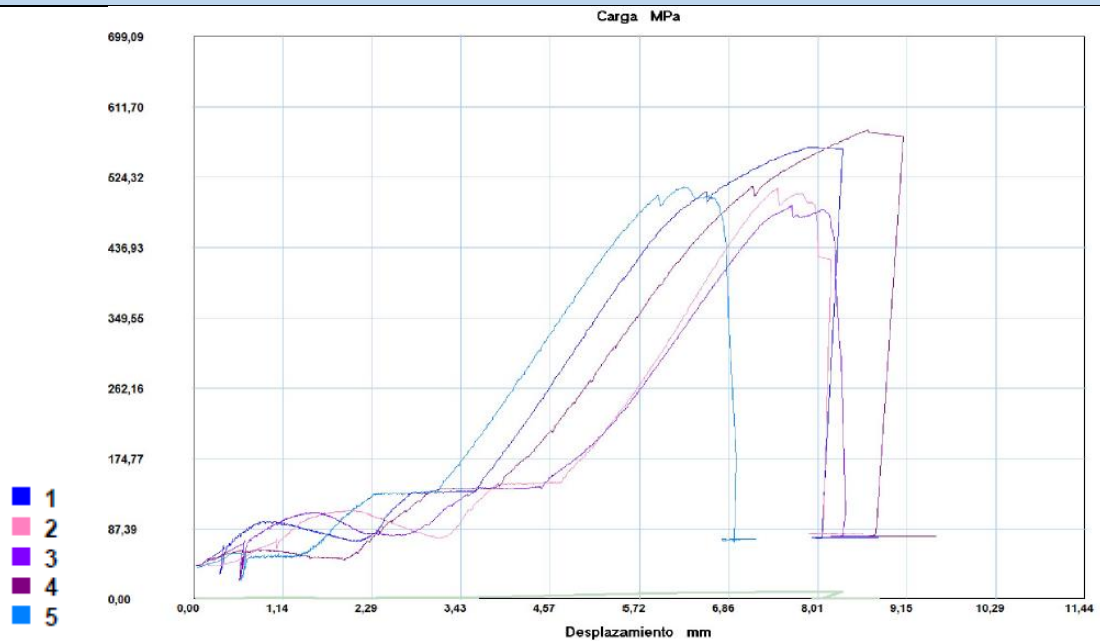
| | | | |
|------------------------------|---------------------|----------------|--|
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | Equipo: | Máquina de ensayo universal para metales Metro test 1500 KN |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | Método | Deformación controlada |

OBSERVACIÓN

- Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y la varilla de aporte es el ER 308.
- El mecanizado de las probetas se dio en torno.

EVALUACIÓN DE ENSAYO

RESULTADOS



CÁLCULOS

Calculo de porcentaje de alargamiento (ϵ):

$$\epsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} * 100$$

$$\epsilon_1 = \frac{53.12 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 6.24 \%$$

$$\varepsilon_2 = \frac{52.55 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 5.10 \%$$

$$\varepsilon_3 = \frac{52.62 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 5.24 \%$$

$$\varepsilon_4 = \frac{53.32 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 6.64 \%$$

$$\varepsilon_5 = \frac{51.95 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 3.90 \%$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 29)

Calculo de resistencia última a la tensión (S_{ut})

$$S_{ut} = \frac{P_m}{A_0}$$

$$S_{ut1} = \frac{70450.01 \text{ N}}{125.48 \text{ mm}^2} = 561.44 \text{ MPa}$$

$$S_{ut2} = \frac{59250.01 \text{ N}}{115.94 \text{ mm}^2} = 511.04 \text{ MPa}$$

$$S_{ut3} = \frac{59600.01 \text{ N}}{121.93 \text{ mm}^2} = 488.80 \text{ MPa}$$

$$S_{ut4} = \frac{71150.01 \text{ N}}{122.13 \text{ mm}^2} = 582.57 \text{ MPa}$$

$$S_{ut5} = \frac{65400.01 \text{ N}}{127.67 \text{ mm}^2} = 512.25 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 28)

Calculo de límite de fluencia (S_y)

Longitud calibrada original (ε = 0.002)

$$S_{y1} = 83.28 \text{ MPa}$$

$$S_{y2} = 90.13 \text{ MPa}$$

$$S_{y3} = 82.01 \text{ MPa}$$

$$S_{y4} = 62.23 \text{ MPa}$$

$$S_{y5} = 56.39 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 28)

VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN

| N° de probeta: | Fuerza máxima (N) | Fuerza de rotura (N) | Fuerza de fluencia (N) | Resistencia a la tracción (MPa) | Resistencia de rotura (MPa) | Límite de fluencia (MPa) |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------|
| PA-ETM-02-1 | 70450.01 | 70200.01 | 10450 | 561.44 | 559.44 | 83.28 |
| PA-ETM-02-2 | 59250.01 | 58350.01 | 10450 | 511.04 | 503.27 | 90.13 |
| PA-ETM-02-3 | 59600.01 | 55350.01 | 10000 | 488.80 | 453.93 | 82.01 |
| PA-ETM-02-4 | 71150.01 | 70200.01 | 7600 | 582.57 | 574.80 | 62.23 |
| PA-ETM-02-5 | 65400.01 | 59950.01 | 7200 | 512.25 | 469.55 | 56.39 |

Autor: Pilatasig Jairo

Tabla 3-5: Análisis de ensayos de tracción con electrodo ER-308 y ER 312 en la probeta de AISI 420

| | | | | | |
|---|--|---|--|---|--|
|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | |  | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | Realizado por: | Pilatasig Jairo | | |
| Ciudad: | Ambato | Fecha de ejecución: | 13-08-2019 | | |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | N° de probeta: | PA-ETM-03-1 PA-ETM-03-2 PA-ETM-03-3 PA-ETM-03-4 PA-ETM-03-5 | | |
| ESPECIFICACIONES | | | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | Tipo: | AISI 420 | | |
| Diámetro: | (mm) | Material de aporte: | Varilla | | |
| PA-ETM-03-1 | 12.75 | | ER 308 y ER 312 | | |
| PA-ETM-03-2 | 12.99 | | ER 308 y ER 312 | | |
| PA-ETM-03-3 | 12.52 | | ER 308 y ER 312 | | |
| PA-ETM-03-4 | 12.81 | | ER 308 y ER 312 | | |
| PA-ETM-03-5 | 12.58 | ER 308 y ER 312 | | | |
| Longitud calibrada: | 50 mm | Precarga: | 5000 N | | |
| Característica: | Cilíndrica | Proceso soldadura: | de | GTAW | |
| Humedad relativa: | 45.9 | Temperatura ambiente: | 25.9 | | |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | | | |
|  | | |  | | |

PARÁMETROS DE ENSAYO

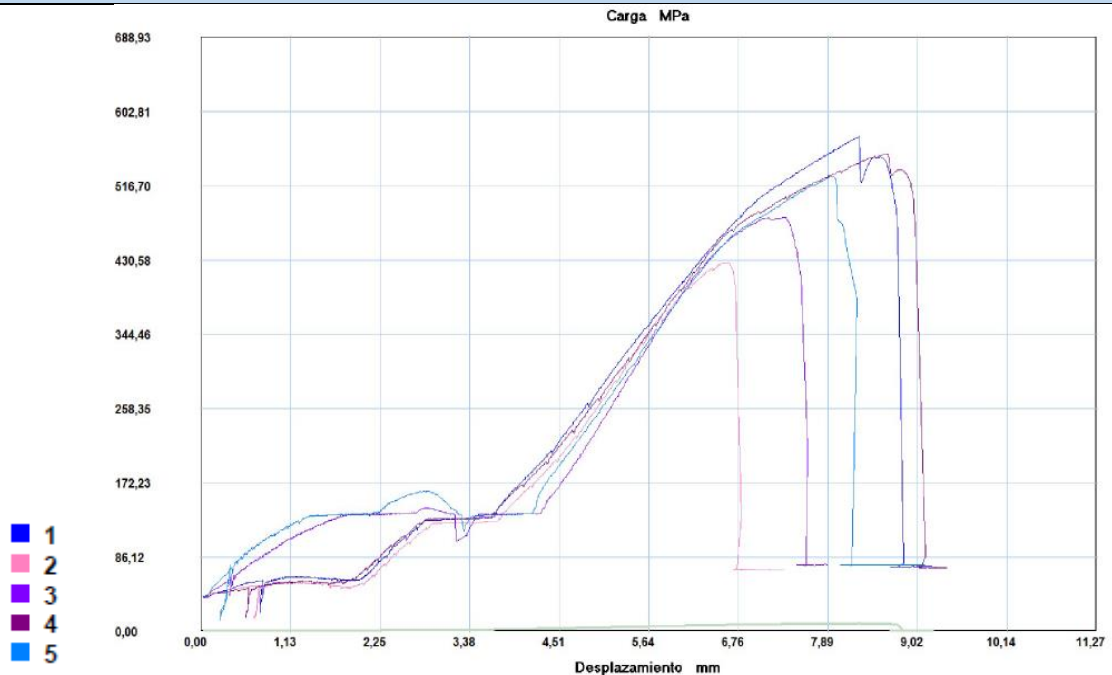
| | | | |
|------------------------------|---------------------|----------------|--|
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | Equipo: | Máquina de ensayo universal para metales Metro test 1500 KN |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | Método | Deformación controlada |

OBSERVACIÓN

- Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y la combinación de varillas de aporte es el ER 308 y ER 312
- El mecanizado de las probetas se dio en torno.

EVALUACIÓN DE ENSAYO

RESULTADOS



CÁLCULOS

Calculo de porcentaje de alargamiento (ϵ):

$$\epsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} * 100$$

$$\epsilon_1 = \frac{53.45 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 6.90 \%$$

$$\varepsilon_2 = \frac{51.67 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 3.34 \%$$

$$\varepsilon_3 = \frac{52.01 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 4.02 \%$$

$$\varepsilon_4 = \frac{53.10 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 6.20 \%$$

$$\varepsilon_5 = \frac{52.33 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 3.66 \%$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 29)

Calculo de resistencia última a la tensión (S_{ut})

$$S_{ut} = \frac{P_m}{A_0}$$

$$S_{ut1} = \frac{73300.01 \text{ N}}{127.67 \text{ mm}^2} = 574.13 \text{ MPa}$$

$$S_{ut2} = \frac{56750.01 \text{ N}}{132.53 \text{ mm}^2} = 428.20 \text{ MPa}$$

$$S_{ut3} = \frac{59150.01 \text{ N}}{123.11 \text{ mm}^2} = 480.46 \text{ MPa}$$

$$S_{ut4} = \frac{71400.01 \text{ N}}{128.88 \text{ mm}^2} = 554.00 \text{ MPa}$$

$$S_{ut5} = \frac{65600.01 \text{ N}}{124.29 \text{ mm}^2} = 527.79 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 28)

Calculo de límite de fluencia (S_y)

Longitud calibrada original (ε = 0.002)

$$S_{y1} = 60.31 \text{ MPa}$$

$$S_{y2} = 53.95 \text{ MPa}$$

$$S_{y3} = 81.23 \text{ MPa}$$

$$S_{y4} = 54.70 \text{ MPa}$$

$$S_{y5} = 93.73 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 28)

VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN

| N° de probeta: | Fuerza máxima (N) | Fuerza de rotura (N) | Fuerza de fluencia (N) | Resistencia a la tracción (MPa) | Resistencia de rotura (MPa) | Límite de fluencia (MPa) |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------|
| PA-ETM-03-1 | 73300.01 | 62500.01 | 7700 | 574.13 | 489.52 | 60.31 |
| PA-ETM-03-2 | 56750.01 | 52800.01 | 7150 | 428.20 | 398.41 | 53.95 |
| PA-ETM-03-3 | 59150.01 | 53900.01 | 10000 | 480.46 | 437.81 | 81.23 |
| PA-ETM-03-4 | 64300.01 | 64300.01 | 7050 | 554.00 | 498.91 | 54.70 |
| PA-ETM-03-5 | 65350.01 | 65350.01 | 11650 | 527.79 | 525.77 | 93.73 |

Autor: Pilatasig Jairo

Tabla 3-6: Análisis de ensayos de tracción con electrodo E 312 -16 en la probeta de AISI 420

| | | | |
|---|---|--|---|
|  | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | |  |
| DATOS INFORMATIVOS | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | Realizado por: | Pilatasig Jairo |
| Ciudad: | Ambato | Fecha de ejecución: | 13-08-2019 |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | N° de probeta: | PA-ETM-04-1 PA-ETM-04-2 PA-ETM-04-3 PA-ETM-04-4 PA-ETM-04-5 |
| ESPECIFICACIONES | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | Tipo: | AISI 420 |
| Diámetro: | (mm) | Material de aporte: | Electrodo |
| PA-ETM-04-1 | 12.52 | | E 312-16 |
| PA-ETM-04-2 | 12.65 | | E 312-16 |
| PA-ETM-04-3 | 12.17 | | E 312-16 |
| PA-ETM-04-4 | 12.35 | | E 312-16 |
| PA-ETM-04-5 | 12.30 | E 312-16 | |
| Longitud calibrada: | 50 mm | Precarga: | 5000 N |
| Característica: | Cilíndrica | Proceso soldadura: | de SMAW |
| Humedad relativa: | 43.4 | Temperatura ambiente: | 26.5 |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | |
|  | |  | |

| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | |
|--|---------------------|----------------|--|
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | Equipo: | Máquina de ensayo universal para metales Metro test 1500 KN |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | Método | Deformación controlada |
| OBSERVACIÓN | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y electrodos E 312-16 • El mecanizado de las probetas se dio en torno. | | | |
| EVALUACIÓN DE ENSAYO | | | |
| RESULTADOS | | | |
| <p>El gráfico muestra cinco curvas de tensión-deformación (1-5) para probetas de acero AISI 420. El eje horizontal representa el desplazamiento en milímetros (mm), con marcas desde 0,00 hasta 12,23. El eje vertical representa la fuerza en Newtons (N), con marcas desde 0,00 hasta 98280,01. Las curvas muestran un comportamiento elástico-plástico, con un punto de fluencia y un pico de resistencia antes de la rotura. La curva 5 (rojo) alcanza el mayor desplazamiento y fuerza, mientras que la curva 1 (verde) alcanza el menor.</p> | | | |
| CÁLCULOS | | | |
| Calculo de porcentaje de alargamiento (ϵ): | | | |
| $\epsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} * 100$ $\epsilon_1 = \frac{53.30 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 6.6 \%$ | | | |

$$\varepsilon_2 = \frac{52.50 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 5.0 \%$$

$$\varepsilon_3 = \frac{51.71 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 3.42 \%$$

$$\varepsilon_4 = \frac{53.05 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 6.10 \%$$

$$\varepsilon_5 = \frac{52.48 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 4.96 \%$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 29)

Calculo de resistencia última a la tensión (S_{ut})

$$S_{ut} = \frac{P_m}{A_0}$$

$$S_{ut1} = \frac{81900.01 \text{ N}}{123.11 \text{ mm}^2} = 665.26 \text{ MPa}$$

$$S_{ut2} = \frac{64550.01 \text{ N}}{125.68 \text{ mm}^2} = 513.61 \text{ MPa}$$

$$S_{ut3} = \frac{59950.01 \text{ N}}{116.32 \text{ mm}^2} = 515.39 \text{ MPa}$$

$$S_{ut4} = \frac{78900.01 \text{ N}}{119.79 \text{ mm}^2} = 658.65 \text{ MPa}$$

$$S_{ut5} = \frac{67050.01 \text{ N}}{118.82 \text{ mm}^2} = 564.30 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 28)

Calculo de límite de fluencia (S_y)

Longitud calibrada original ($\epsilon = 0.002$)

$$S_{y1} = 134.43 \text{ MPa}$$

$$S_{y2} = 132.88 \text{ MPa}$$

$$S_{y3} = 140.98 \text{ MPa}$$

$$S_{y4} = 138.57 \text{ MPa}$$

$$S_{y5} = 135.07 \text{ MPa}$$





Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 28)

VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN

| N° de probeta: | Fuerza máxima (N) | Fuerza de rotura (N) | Fuerza de fluencia (N) | Resistencia a la tracción (MPa) | Resistencia de rotura (MPa) | Límite de fluencia (MPa) |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------|
| PA-ETM-04-1 | 81900.01 | 81900.01 | 16550 | 665.26 | 665.25 | 134.43 |
| PA-ETM-04-2 | 64550.01 | 50450.00 | 16700 | 513.61 | 401.41 | 132.88 |
| PA-ETM-04-3 | 59950.01 | 47450.00 | 16400 | 515.39 | 407.91 | 140.98 |
| PA-ETM-04-4 | 78900.01 | 78900.01 | 16600 | 658.65 | 658.65 | 138.57 |
| PA-ETM-04-5 | 67050.01 | 64500.01 | 16050 | 546.30 | 542.82 | 135.07 |

Autor: Pilatasig Jairo

Tabla 3-7: Análisis de ensayos de tracción con electrodo E-308L-16 en la probeta de AISI 420

| | | | | | |
|---|--|---|--|---|--|
|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | |  | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | Realizado por: | Pilatasig Jairo | | |
| Ciudad: | Ambato | Fecha de ejecución: | 13-08-2019 | | |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | N° de probeta: | PA-ETM-05-1 PA-ETM-05-2 PA-ETM-05-3 PA-ETM-05-4 PA-ETM-05-5 | | |
| ESPECIFICACIONES | | | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | Tipo: | AISI 420 | | |
| Diámetro: | (mm) | Material de aporte: | Electrodo | | |
| PA-ETM-05-1 | 12.83 | | E 308L-16 | | |
| PA-ETM-05-2 | 12.62 | | E 308L-16 | | |
| PA-ETM-05-3 | 12.60 | | E 308L-16 | | |
| PA-ETM-05-4 | 12.64 | | E 308L-16 | | |
| PA-ETM-05-5 | 12.85 | E 308L-16 | | | |
| Longitud calibrada: | 50 mm | Precarga: | 5000 N | | |
| Característica: | Cilíndrica | Proceso soldadura: | de | SMAW | |
| Humedad relativa: | 43.2 | Temperatura ambiente: | 26.0 | | |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | | | |
|  | | |  | | |

PARÁMETROS DE ENSAYO

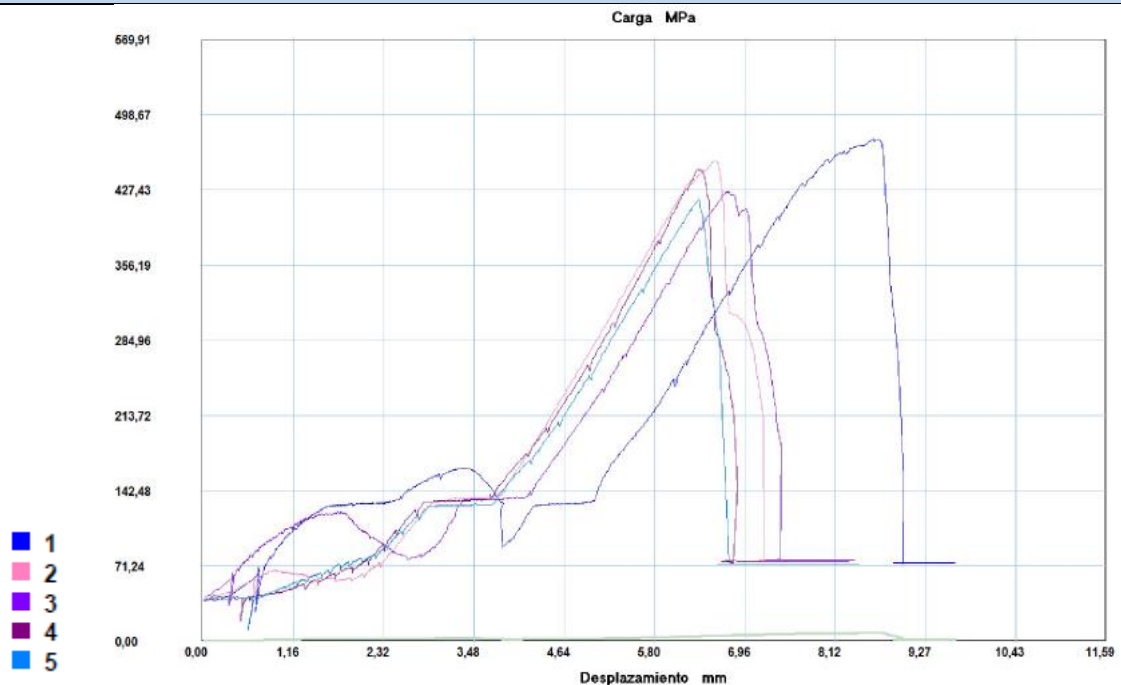
| | | | |
|------------------------------|---------------------|----------------|--|
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | Equipo: | Máquina de ensayo universal para metales Metro test 1500 KN |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | Método | Deformación controlada |

OBSERVACIÓN

- Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y electrodos E 308L-16
- El mecanizado de las probetas se dio en torno.

EVALUACIÓN ENSAYO

RESULTADOS



CÁLCULOS

Calculo de porcentaje de alargamiento (ϵ):

$$\epsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} * 100$$

$$\epsilon_1 = \frac{52.44 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 4.88 \%$$

$$\varepsilon_2 = \frac{52.31 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 4.62 \%$$

$$\varepsilon_3 = \frac{52.30 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 4.60 \%$$

$$\varepsilon_4 = \frac{52.13 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 4.26 \%$$

$$\varepsilon_5 = \frac{51.74 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 3.48 \%$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 29)

Calculo de resistencia última a la tensión (S_{ut})

$$S_{ut} = \frac{P_m}{A_0}$$

$$S_{ut1} = \frac{61400.01 \text{ N}}{129.28 \text{ mm}^2} = 474.94 \text{ MPa}$$

$$S_{ut2} = \frac{56800.01 \text{ N}}{125.08 \text{ mm}^2} = 454.11 \text{ MPa}$$

$$S_{ut3} = \frac{53150.01 \text{ N}}{124.69 \text{ mm}^2} = 426.26 \text{ MPa}$$

$$S_{ut4} = \frac{56150.01 \text{ N}}{125.48 \text{ mm}^2} = 447.48 \text{ MPa}$$

$$S_{ut5} = \frac{54200.01 \text{ N}}{129.69 \text{ mm}^2} = 417.92 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 28)

Calculo de límite de fluencia (S_y)

Longitud calibrada original (ε = 0.002)

$$S_{y1} = 84.31 \text{ MPa}$$

$$S_{y2} = 64.36 \text{ MPa}$$

$$S_{y3} = 82.60 \text{ MPa}$$

$$S_{y4} = 43.43 \text{ MPa}$$

$$S_{y5} = 43.57 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 28)

| VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------|
| N° de probeta: | Fuerza máxima (N) | Fuerza de rotura (N) | Fuerza de fluencia (N) | Resistencia a la tracción (MPa) | Resistencia de rotura (MPa) | Límite de fluencia (MPa) |
| PA-ETM-05-1 | 61400.01 | 60750.01 | 10900 | 474.94 | 469.90 | 84.31 |
| PA-ETM-05-2 | 56800.01 | 30900.01 | 8050 | 454.11 | 247.03 | 64.36 |
| PA-ETM-05-3 | 53150.01 | 50150.00 | 10300 | 426.26 | 402.20 | 82.60 |
| PA-ETM-05-4 | 56150.01 | 52300.01 | 5450 | 447.48 | 416.79 | 43.43 |
| PA-ETM-05-5 | 54200.01 | 50000.00 | 5650 | 417.92 | 385.54 | 43.57 |
| Autor: Pilatasig Jairo | | | | | | |

Tabla 3-8: Análisis de ensayos de tracción con electrodo E308L-16 y E312-16 en la probeta de AISI 420

| | | | | | |
|--|--|---|---|---|--|
|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | |  | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | Realizado por: | Pilatasig Jairo | | |
| Ciudad: | Ambato | Fecha de ejecución: | 13-08-2019 | | |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | N° de probeta: | PA-ETM-06-1 PA-ETM-06-2 PA-ETM-06-3 PA-ETM-06-4 PA-ETM-06-5 | | |
| ESPECIFICACIONES | | | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | Tipo: | AISI 420 | | |
| Diámetro: | (mm) | Material de aporte: | Electrodo | | |
| PA-ETM-06-1 | 12.63 | | E 308L-16 y E 312-16 | | |
| PA-ETM-06-2 | 12.54 | | E 308L-16 y E 312-16 | | |
| PA-ETM-06-3 | 12.51 | | E 308L-16 y E 312-16 | | |
| PA-ETM-06-4 | 12.65 | | E 308L-16 y E 312-16 | | |
| PA-ETM-06-5 | 12.56 | E 308L-16 y E 312-16 | | | |
| Longitud calibrada: | 50 mm | Precarga: | 5000 N | | |
| Característica: | Cilíndrica | Proceso soldadura: | de | SMAW | |
| Humedad relativa: | 41.5 | Temperatura ambiente: | 26.7 | | |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | | | |
|   | | | | | |

PARÁMETROS DE ENSAYO

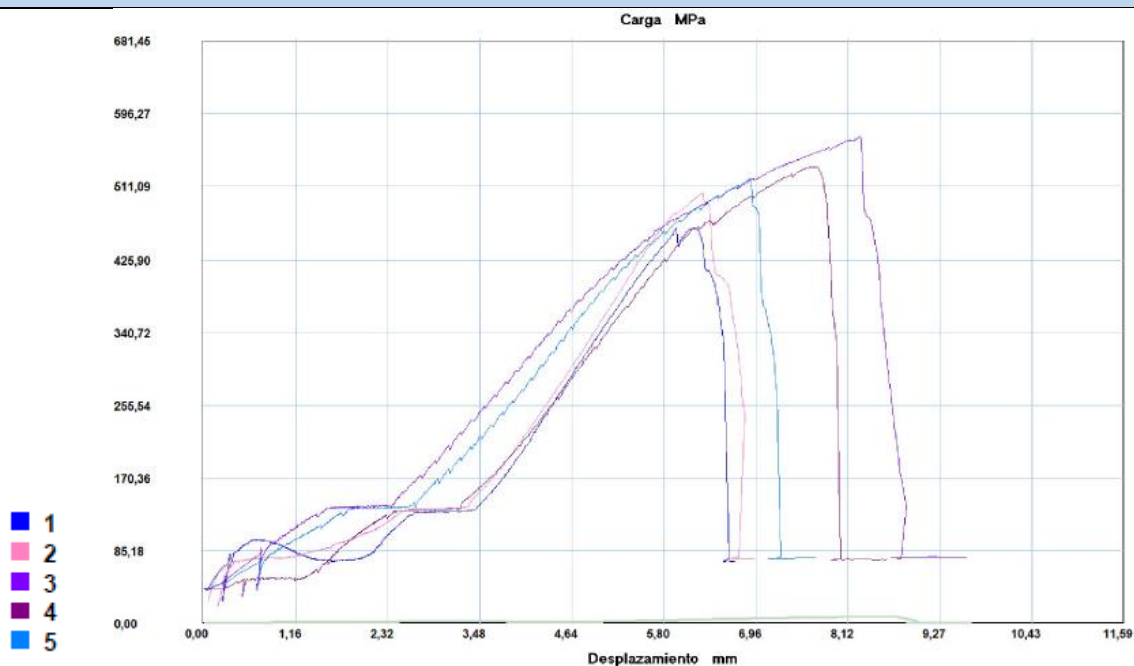
| | | | |
|------------------------------|---------------------|----------------|--|
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | Equipo: | Máquina de ensayo universal para metales Metro test 1500 KN |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | Método | Deformación contralada |

OBSERVACIÓN

- Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y la combinación de electrodos E 308L-16 y E 312-16
- El mecanizado de las probetas se dio en torno.

EVALUACIÓN DE ENSAYO

RESULTADOS



CÁLCULOS

Calculo de porcentaje de alargamiento (ϵ):

$$\epsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} * 100$$

$$\epsilon_1 = \frac{51.50 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 3.00 \%$$

$$\varepsilon_2 = \frac{52.01 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 4.02 \%$$

$$\varepsilon_3 = \frac{51.24 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 2.48 \%$$

$$\varepsilon_4 = \frac{51.54 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 3.08 \%$$

$$\varepsilon_5 = \frac{51.42 \text{ mm} - 50 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} * 100 = 2.84 \%$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 29)

Cálculo de resistencia última a la tensión (S_{ut})

$$S_{ut} = \frac{P_m}{A_0}$$

$$S_{ut1} = \frac{57900.01 \text{ N}}{125.28 \text{ mm}^2} = 462.16 \text{ MPa}$$

$$S_{ut2} = \frac{62150.01 \text{ N}}{123.50 \text{ mm}^2} = 503.24 \text{ MPa}$$

$$S_{ut3} = \frac{69800.01 \text{ N}}{122.91 \text{ mm}^2} = 567.90 \text{ MPa}$$

$$S_{ut4} = \frac{67000.01 \text{ N}}{125.68 \text{ mm}^2} = 533.10 \text{ MPa}$$

$$S_{ut5} = \frac{64350.01 \text{ N}}{123.90 \text{ mm}^2} = 519.37 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 28)

Calculo de límite de fluencia (S_y)

Longitud calibrada original ($\epsilon = 0.002$)

$$S_{y1} = 91.79 \text{ MPa}$$

$$S_{y2} = 74.09 \text{ MPa}$$

$$S_{y3} = 96.81 \text{ MPa}$$

$$S_{y4} = 53.31 \text{ MPa}$$




$$S_{y5} = 84.75 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición (pág. 28)

| VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------|
| N° de probeta: | Fuerza máxima (N) | Fuerza de rotura (N) | Fuerza de fluencia (N) | Resistencia a la tracción (MPa) | Resistencia de rotura (MPa) | Límite de fluencia (MPa) |
| PA-ETM-06-1 | 57900.01 | 55650.01 | 11500 | 462.16 | 444.19 | 91.79 |
| PA-ETM-06-2 | 62150.01 | 62150.01 | 9150 | 503.24 | 503.22 | 74.09 |
| PA-ETM-06-3 | 69800.01 | 69250.01 | 11900 | 567.90 | 563.40 | 96.81 |
| PA-ETM-06-4 | 67000.01 | 64200.01 | 6700 | 533.10 | 510.82 | 53.31 |
| PA-ETM-06-5 | 64350.01 | 64350.01 | 10500 | 519.37 | 519.37 | 84.75 |
| Autor: Pilatasig Jairo | | | | | | |

3.2.1.2. Ensayos de impacto de la probeta Acero Inoxidable AISI 420

Tabla 3-9: Análisis de ensayos de impacto en la probeta de AISI 420

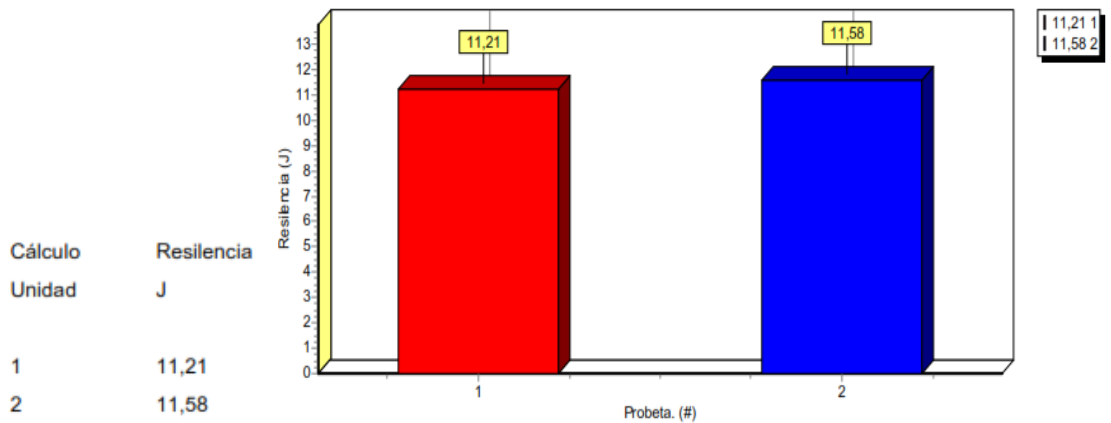
| | | | | | |
|--|---|---|------------------------------|---|--|
|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | |  | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | | Realizado por: | Pilatasig Jairo | |
| Ciudad: | Ambato | | Fecha de ejecución: | 14-08-2019 | |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero | | N° de probeta: | PA-EIM-01-0 | |
| ESPECIFICACIONES | | | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | | Tipo: | AISI 420 | |
| Dimensiones: PA-EIM-01-1 | cm 0.8063 | cm 0.1019 | Material de aporte: | Ninguno | |
| Energía utilizada: | 450 J | | Proceso de soldadura: | GTAW | |
| Humedad relativa: | 52.2 | | Temperatura ambiente: | 21.0 | |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | | | |
|  | | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | | Equipo: | Máquina de ensayo Charpy | |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | | Tipo de muestra: | Entalle en V | |

OBSERVACIÓN

- Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y la varilla de aporte es el ER 312
- El mecanizado de las probetas se dio máquina fresadora

EVALUACIÓN DE ENSAYO

RESULTADOS



Interpretación de resultados

Las probetas de acero inoxidable AISI 420 sin material de aporte registra un promedio de 11.395 Joules,

VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN

| N° de probeta: | Sección Transversal | | | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (J/cm ²) | % de cizallamiento |
|----------------|---------------------|------------|-------------------------|-----------------------|---|--------------------|
| | Altura (cm) | Ancho (cm) | Área (cm ²) | | | |
| PA-EIM-01-0 | 0.8063 | 0.1019 | 0.082 | 11.395 | 138.68 | 10 |

Autor: Pilatasig Jairo

Tabla 3-10: Análisis de ensayos de impacto con electrodo ER 312 en la probeta de AISI 420

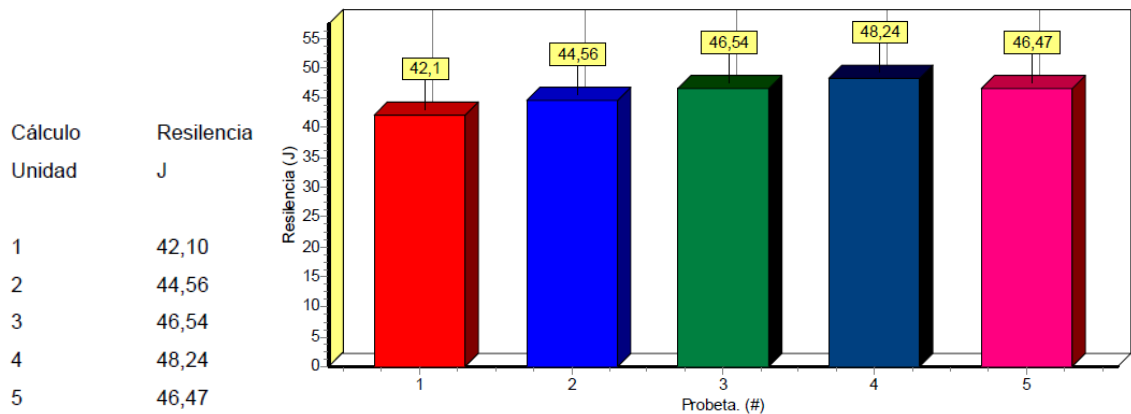
|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA  | | | |
|---|--|------------------------------|---|
| DATOS INFORMATIVOS | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | Realizado por: | Pilatasig Jairo |
| Ciudad: | Ambato | Fecha de ejecución: | 14-08-2019 |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | N° de probeta: | PA-EIM-01-1 PA-EIM-01-2 PA-EIM-01-3 PA-EIM-01-4 PA-EIM-01-5 |
| ESPECIFICACIONES | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | Tipo: | AISI 420 |
| Dimensiones: | cm | cm | Varilla |
| PA-EIM-01-1 | 0.8063 | 0.1019 | ER 312 |
| PA-EIM-01-2 | 0.8041 | 0.1024 | ER 312 |
| PA-EIM-01-3 | 0.8067 | 0.1010 | ER 312 |
| PA-EIM-01-4 | 0.8040 | 0.1015 | ER 312 |
| PA-EIM-01-5 | 0.8096 | 0.1021 | ER 312 |
| Energía utilizada: | 450 J | Proceso de soldadura: | GTAW |
| Humedad relativa: | 52.2 | Temperatura ambiente: | 21.0 |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | |
|  | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | |
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | Equipo: | Máquina de ensayo Charpy |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | Tipo de muestra | Entalle en V |

OBSERVACIÓN

- Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y la varilla de aporte es el ER 312
- El mecanizado de las probetas se dio máquina fresadora.

EVALUACIÓN DE ENSAYO

RESULTADOS



Interpretación de resultados



Las probetas con material de aporte ER 312 con proceso de soldadura GTAW registra un promedio de 45.582 Joules, donde la energía mínima es de 42.10 Joules y la máxima 48.24 Joules

VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN

| N° de probeta: | Sección Transversal | | | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (J/cm ²) | % de cizallamiento |
|----------------|---------------------|------------|-------------------------|-----------------------|---|--------------------|
| | Altura (cm) | Ancho (cm) | Área (cm ²) | | | |
| PA-EIM-01-1 | 0.8063 | 0.1019 | 0.082 | 42.10 | 512.40 | 10 |
| PA-EIM-01-2 | 0.8041 | 0.1024 | 0.082 | 44.56 | 541.17 | 10 |
| PA-EIM-01-3 | 0.8067 | 0.1010 | 0.081 | 46.54 | 571.21 | 10 |
| PA-EIM-01-4 | 0.8040 | 0.1015 | 0.082 | 48.24 | 591.13 | 10 |
| PA-EIM-01-5 | 0.8096 | 0.1021 | 0.083 | 46.47 | 562.18 | 10 |





Autor: Pilatasig Jairo

Tabla 3-11: Análisis de ensayos de impacto con electrodo ER 308 en la probeta de AISI 420

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA  | | | |
|---|--|--|---|
| DATOS INFORMATIVOS | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | Realizado por: | Pilatasig Jairo |
| Ciudad: | Ambato | Fecha de ejecución: | 14-08-2019 |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | N° de probeta: | PA-EIM-02-1 PA-EIM-02-2 PA-EIM-02-3 PA-EIM-02-4 PA-EIM-02-5 |
| ESPECIFICACIONES | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | | Tipo: AISI 420 |
| Dimensiones: | cm | cm | Material de aporte: Varilla ER 308 |
| PA-EIM-02-1 | 0.8056 | 0.1015 | |
| PA-EIM-02-2 | 0.7730 | 0.1025 | |
| PA-EIM-02-3 | 0.8012 | 0.1017 | |
| PA-EIM-02-4 | 0.7270 | 0.1015 | |
| PA-EIM-02-5 | 0.8012 | 0.1030 | ER 308 |
| Energía utilizada: | 450 J | | Proceso de soldadura: GTAW |
| Humedad relativa: | 49.7 | | Temperatura ambiente: 21.9 |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | |
|  | |  | |

| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|---|--------------------|---|---|-------|---|-------|---|-------|---|--|---|--------|---|------|
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | Equipo: | Máquina de ensayo Charpy | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | Tipo de muestra | Entalle en V | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OBSERVACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y la varilla de aporte es el ER 308. El mecanizado de las probetas se dio máquina fresadora | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EVALUACIÓN DE ENSAYO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RESULTADOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cálculo</th> <th>Resiliencia</th> </tr> <tr> <th>Unidad</th> <th>J</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>84,35</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>99,58</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>80,77</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>100,65</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>91,1</td> </tr> </tbody> </table> | | | | Cálculo | Resiliencia | Unidad | J | 1 | 84,35 | 2 | 99,58 | 3 | 80,77 | 4 | | 5 | 100,65 | 6 | 91,1 |
| Cálculo | Resiliencia | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Unidad | J | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 84,35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 99,58 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 80,77 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 100,65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 91,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Interpretación de resultados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Las probetas con material de aporte ER 308 con proceso de soldadura GTAW registra un promedio de 91.290 Joules, donde la energía mínima es de 80.77 Joules y la máxima 100.65 Joules</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° de probeta: | Sección Transversal | | | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (J/cm ²) | % de cizallamiento | | | | | | | | | | | | | |
| | Altura (cm) | Ancho (cm) | Área (cm ²) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PA-EIM-02-1 | 0.8056 | 0.1015 | 0.082 | 84.35 | 1031.57 | 10 | | | | | | | | | | | | | |
| PA-EIM-02-2 | 0.7730 | 0.1025 | 0.079 | 99.58 | 1256.81 | 10 | | | | | | | | | | | | | |
| PA-EIM-02-3 | 0.8012 | 0.1017 | 0.081 | 80.77 | 991.26 | 10 | | | | | | | | | | | | | |
| PA-EIM-02-4 | 0.7270 | 0.1015 | 0.074 | 100.65 | 1364.00 | 10 | | | | | | | | | | | | | |
| PA-EIM-02-5 | 0.8012 | 0.1030 | 0.083 | 91.10 | 1103.93 | 10 | | | | | | | | | | | | | |
| Autor: Pilatasig Jairo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 3-12: Análisis de ensayos de impacto con electrodo ER 308 y ER 312 en la probeta de AISI 420

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA  | | | |
|---|--|--|--|
| DATOS INFORMATIVOS | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | Realizado por: | Pilatasig Jairo |
| Ciudad: | Ambato | Fecha de ejecución: | 14-08-2019 |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | N° de probeta: | PA-EIM-03-1 PA-EIM-03-2 PA-EIM-03-3 PA-EIM-03-4 PA-EIM-03-5 |
| ESPECIFICACIONES | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | Tipo: | AISI 420 |
| Dimensiones: | cm | cm | Material de aporte: Varilla ER 308 y ER 312 ER 308 y ER 312 ER 308 y ER 312 ER 308 y ER 312 ER 308 y ER 312 |
| PA-EIM-03-1 | 0.8042 | 0.1074 | |
| PA-EIM-03-2 | 0.8030 | 0.1018 | |
| PA-EIM-03-3 | 0.8041 | 0.1044 | |
| PA-EIM-03-4 | 0.8029 | 0.9950 | |
| PA-EIM-03-5 | 0.8033 | 0.1050 | |
| Energía utilizada: | 450 J | Proceso de soldadura: | GTAW |
| Humedad relativa: | 48.8 | Temperatura ambiente: | 22.0 |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | |
|  | |  | |

PARÁMETROS DE ENSAYO

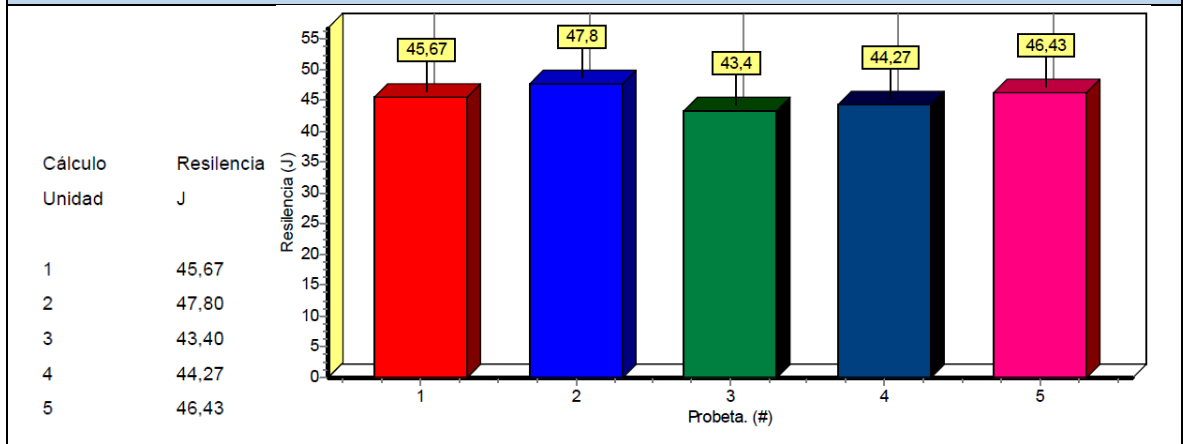
| | | | |
|------------------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | Equipo: | Máquina de ensayo Charpy |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | Tipo de muestra | Entalle en V |

OBSERVACIÓN

- Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y la combinación de varillas de aporte ER 308 y ER 312
- El mecanizado de las probetas se dio en máquina fresadora

EVALUACIÓN DE ENSAYO

RESULTADOS



Interpretación de resultados





Las probetas con material de aporte ER 308 y ER 312 con proceso de soldadura GTAW registra un promedio de 45.47 Joules, donde la energía mínima es de 43.40 Joules y la máxima 47.80 Joules

VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN

| N° de probeta: | Sección Transversal | | | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (J/cm ²) | % de cizallamiento |
|----------------|---------------------|------------|-------------------------|-----------------------|---|--------------------|
| | Altura (cm) | Ancho (cm) | Área (cm ²) | | | |
| PA-EIM-03-1 | 0.8042 | 0.1074 | 0.086 | 45.67 | 528.76 | 10 |
| PA-EIM-03-2 | 0.8030 | 0.1018 | 0.082 | 47.80 | 584.74 | 10 |
| PA-EIM-03-3 | 0.8041 | 0.1044 | 0.084 | 43.40 | 516.99 | 10 |
| PA-EIM-03-4 | 0.8029 | 0.9950 | 0.799 | 44.27 | 55.41 | 10 |
| PA-EIM-03-5 | 0.8033 | 0.1050 | 0.084 | 46.23 | 548.10 | 10 |





Autor: Pilatasig Jairo

Tabla 3-13: Análisis de ensayos de impacto con electrodo E 312-16 en la probeta de AISI 420

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA  | | | |
|---|--|----------------------------|---|
| DATOS INFORMATIVOS | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | Realizado por: | Pilatasig Jairo |
| Ciudad: | Ambato | Fecha de ejecución: | 14-08-2019 |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | N° de probeta: | PA-EIM-04-1 PA-EIM-04-2 PA-EIM-04-3 PA-EIM-04-4 PA-EIM-04-5 |
| ESPECIFICACIONES | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | | Tipo: AISI 420 |
| Dimensiones: | cm | cm | Material de aporte: Electrodo E 312-16 |
| PA-EIM-04-1 | 0.8047 | 0.9770 | |
| PA-EIM-04-2 | 0.8036 | 0.1062 | |
| PA-EIM-04-3 | 0.7880 | 0.9840 | |
| PA-EIM-04-4 | 0.8018 | 0.1090 | |
| PA-EIM-04-5 | 0.8033 | 0.9760 | E 312-16 |
| Energía utilizada: | 450 J | | Proceso de soldadura: SMAW |
| Humedad relativa: | 49.4 | | Temperatura ambiente: 21.7 |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | |
|   | | | |





| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|---|--------------------|---|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | Equipo: | Máquina de ensayo Charpy | | | | | | | | | | | | | | |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | Tipo de muestra | Entalle en V | | | | | | | | | | | | | | |
| OBSERVACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y electrodos E 312-16 El mecanizado de las probetas se dio en maquina fresadora | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EVALUACIÓN DE ENSAYO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RESULTADOS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cálculo</th> <th>Resiliencia</th> </tr> <tr> <th>Unidad</th> <th>J</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>37,84</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>35,34</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>36,54</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>39,45</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>37,00</td> </tr> </tbody> </table> | | | | Cálculo | Resiliencia | Unidad | J | 1 | 37,84 | 2 | 35,34 | 3 | 36,54 | 4 | 39,45 | 5 | 37,00 |
| Cálculo | Resiliencia | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Unidad | J | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 37,84 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 35,34 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 36,54 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 39,45 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 37,00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Interpretación de resultados | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Las probetas con material de aporte E312-16 con proceso de soldadura SMAW registra un promedio de 37.23 Joules, donde la energía mínima es de 35.34 Joules y la máxima 39.45 Joules</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° de probeta: | Sección Transversal | | | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (J/cm ²) | % de cizallamiento | | | | | | | | | | | |
| | Altura (cm) | Ancho (cm) | Área (cm ²) | | | | | | | | | | | | | | |
| PA-EIM-04-1 | 0.8047 | 0.9770 | 0.786 | 37.84 | 48.13 | 10 | | | | | | | | | | | |
| PA-EIM-04-2 | 0.8036 | 0.1062 | 0.085 | 35.34 | 414.10 | 10 | | | | | | | | | | | |
| PA-EIM-04-3 | 0.7880 | 0.9840 | 0.775 | 36.54 | 47.12 | 10 | | | | | | | | | | | |
| PA-EIM-04-4 | 0.8018 | 0.1090 | 0.087 | 39.45 | 451.39 | 10 | | | | | | | | | | | |
| PA-EIM-04-5 | 0.8033 | 0.9760 | 0.784 | 37.00 | 47.19 | 10 | | | | | | | | | | | |
| Autor: Pilatasig Jairo | | | | | | | | | | | | | | | | | |

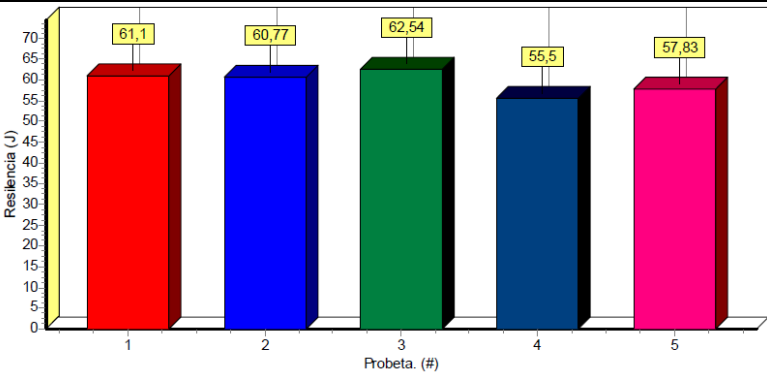
Tabla 3-14: Análisis de ensayos de impacto con electrodo E308L-16 en la probeta de AISI 420

| | | | | | |
|---|--|---|--|---|--|
|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | |  | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | | Realizado por: | Pilatasig Jairo | |
| Ciudad: | Ambato | | Fecha de ejecución: | 14-08-2019 | |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | | N° de probeta: | PA-EIM-05-1 PA-EIM-05-2 PA-EIM-05-3 PA-EIM-05-4 PA-EIM-05-5 | |
| ESPECIFICACIONES | | | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | | Tipo: | AISI 420 | |
| Dimensiones: | cm | cm | Material de aporte: | Electrodo | |
| PA-EIM-05-1 | 0.8081 | 0.1027 | | E 308L-16 | |
| PA-EIM-05-2 | 0.8038 | 0.1018 | | E 308L-16 | |
| PA-EIM-05-3 | 0.8036 | 0.1024 | | E 308L-16 | |
| PA-EIM-05-4 | 0.8078 | 0.1017 | | E 308L-16 | |
| PA-EIM-05-5 | 0.8075 | 0.1025 | E 308L-16 | | |
| Energía utilizada: | 450 J | | Proceso de soldadura: | SMAW | |
| Humedad relativa: | 49.6 | | Temperatura ambiente: | 21.6 | |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | | | |
|  | | |  | | |

| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|------------|-------------------------|------------------------|---|--------------------|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|--|--|--|--|--|
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | | | Equipo: | Máquina de ensayo Charpy | | | | | | | | | | | | | | | |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | | | Tipo de muestra | Entalle en V | | | | | | | | | | | | | | | |
| OBSERVACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y electrodos E 308L-16 El mecanizado de las probetas se dio en maquina fresadora | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EVALUACIÓN DE ENSAYO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RESULTADOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cálculo</th> <th>Resiliencia</th> </tr> <tr> <th>Unidad</th> <th>J</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>73,24</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>71,59</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>72,06</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>78,74</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>76,23</td> </tr> </tbody> </table> | | Cálculo | Resiliencia | Unidad | J | 1 | 73,24 | 2 | 71,59 | 3 | 72,06 | 4 | 78,74 | 5 | 76,23 | | | | | |
| Cálculo | Resiliencia | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Unidad | J | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 73,24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 71,59 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 72,06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 78,74 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 76,23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Interpretación de resultados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Las probetas con material de aporte E308L-16 con proceso de soldadura SMAW registra un promedio de 74.37 Joules, donde la energía mínima es de 71.59 Joules y la máxima 78.74 Joules</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° de probeta: | Sección Transversal | | | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (J/cm ²) | % de cizallamiento | | | | | | | | | | | | | | |
| | Altura (cm) | Ancho (cm) | Área (cm ²) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PA-EIM-05-1 | 0.8081 | 0.1027 | 0.083 | 73.24 | 882.50 | 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| PA-EIM-05-2 | 0.8038 | 0.1018 | 0.082 | 71.59 | 874.90 | 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| PA-EIM-05-3 | 0.8036 | 0.1024 | 0.082 | 72.06 | 875.70 | 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| PA-EIM-05-4 | 0.8078 | 0.1017 | 0.082 | 78.74 | 958.45 | 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| PA-EIM-05-5 | 0.8075 | 0.1025 | 0.083 | 76.74 | 921.00 | 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| Autor: Pilatasig Jairo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 3-15: Análisis de ensayos de impacto con electrodo E308L-16 y E312-16 en la probeta de AISI 420

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA  | | | |
|---|--|----------------------------|---|
| DATOS INFORMATIVOS | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | Realizado por: | Pilatasig Jairo |
| Ciudad: | Ambato | Fecha de ejecución: | 14-08-2019 |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | N° de probeta: | PA-EIM-06-1 PA-EIM-06-2 PA-EIM-06-3 PA-EIM-06-4 PA-EIM-06-5 |
| ESPECIFICACIONES | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | | Tipo: AISI 420 |
| Dimensiones: | cm | cm | Material de aporte: Electrodo E 308L-16 y E 312-16 E 308L-16 y E 312-16 E 308L-16 y E 312-16 E 308L-16 y E 312-16 E 308L-16 y E 312-16 |
| PA-EIM-06-1 | 0.8099 | 0.1096 | |
| PA-EIM-06-2 | 0.8097 | 0.1075 | |
| PA-EIM-06-3 | 0.8002 | 0.1074 | |
| PA-EIM-06-4 | 0.9102 | 0.1077 | |
| PA-EIM-06-5 | 0.8041 | 0.1088 | |
| Energía utilizada: | 450 J | | Proceso de soldadura: SMAW |
| Humedad relativa: | 50.5 | | Temperatura ambiente: 22.5 |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | |
|   | | | |

| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | | |
|---|---------------------|------------|-------------------------|---|---|--------------------|
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | | Equipo: | Máquina de ensayo Charpy | | |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | | Tipo de muestra | Entalle en V | | |
| OBSERVACIÓN | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y la combinación de electrodos E 308L-16 y E312-16 El mecanizado de las probetas se dio en maquina fresadora | | | | | | |
| EVALUACIÓN DE ENSAYO | | | | | | |
| RESULTADOS | | | | | | |
| | | | |  | | |
| Cálculo | Resiliencia | | | | | |
| Unidad | J | | | | | |
| 1 | 61,10 | | | | | |
| 2 | 60,77 | | | | | |
| 3 | 62,54 | | | | | |
| 4 | 55,50 | | | | | |
| 5 | 57,83 | | | | | |
| Interpretación de resultados | | | | | | |
| Las probetas con material de aporte E308L-16 y E 312-16, con proceso de soldadura SMAW registra un promedio de 59.55 Joules, donde la energía mínima es de 55.50 Joules y la máxima 62.54 Joules | | | | | | |
| VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN | | | | | | |
| N° de probeta: | Sección Transversal | | | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (J/cm ²) | % de cizallamiento |
| | Altura (cm) | Ancho (cm) | Área (cm ²) | | | |
| PA-EIM-06-1 | 0.8099 | 0.1096 | 0.089 | 61.10 | 688.33 | 10 |
| PA-EIM-06-2 | 0.8097 | 0.1075 | 0.087 | 60.77 | 698.16 | 10 |
| PA-EIM-06-3 | 0.8002 | 0.1074 | 0.086 | 62.54 | 727.70 | 10 |
| PA-EIM-06-4 | 0.9102 | 0.1077 | 0.098 | 55.50 | 566.16 | 10 |
| PA-EIM-06-5 | 0.8041 | 0.1088 | 0.087 | 57.83 | 661.02 | 10 |
| Autor: Pilatasig Jairo | | | | | | |

3.2.1.3. Ensayos de dureza VICKERS de los especímenes acero con calidad 420

Tabla 3-16: Análisis de ensayos de dureza VICKERS con electrodo ER312 en la probeta de AISI 420

|  <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>  | | | |
|--|--|------------------------------|----------------------------------|
| DATOS INFORMATIVOS | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | Realizado por: | Pilatasig Jairo |
| Ciudad: | Ambato | Fecha de ejecución: | 27-08-2019 |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | N° de probeta: | PA-EDV-01 |
| ESPECIFICACIONES | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | Tipo: | AISI 420 |
| Tiempo de aplicación de la fuerza: | 15 s | Material de aporte: | Varilla ER 312 |
| Fuerza aplicada: | 9807 N | Proceso de soldadura: | GTAW |
| Humedad relativa: | 59.3 | Temperatura ambiente: | 20.1 |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | |
|  | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | |
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | Equipo: | Micro – durómetro FUTURE TECH |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | | |
| OBSERVACIÓN | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y la varilla de aporte es el ER 312. • El mecanizado de las probetas se dio máquina fresadora | | | |

| VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|---------------|
| N° de probeta: | ZONA | Dureza VICKERS (HV1) | | |
| | | Diagonal 1 (µm) | Diagonal 2 (µm) | Dureza |
| PA-EDV-01 | Material Base | 88.72 | 89.34 | 234.0 |
| | Térmicamente afectada | 66.39 | 68.18 | 409.6 |
| | Fusión | 79.18 | 78.28 | 299.2 |
| Autor: Pilatasig Jairo | | | | |

Tabla 3-17: Análisis de ensayos de dureza VICKERS con electrodo ER308 en la probeta de AISI 420

| | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|---|--|
|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | |  | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | Realizado por: | Pilatasig Jairo | | |
| Ciudad: | Ambato | Fecha de ejecución: | 27-08-2019 | | |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | N° de probeta: | PA-EDV-02 | | |
| ESPECIFICACIONES | | | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | Tipo: | AISI 420 | | |
| Tiempo de aplicación de la fuerza: | 15 s | Material de aporte: | Electrodo ER 308 | | |
| Fuerza aplicada: | 9807 N | Proceso de soldadura: | GTAW | | |
| Humedad relativa: | 57.8 | Temperatura ambiente: | 20.7 | | |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | | | |
|  | | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | Equipo: | Micro – durómetro FUTURE TECH | | |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | | | | |
| OBSERVACIÓN | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y la varilla de aporte es el ER 308. • El mecanizado de las probetas se dio máquina fresadora | | | | | |




| VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|---------------|
| N° de probeta: | ZONA | Dureza VICKERS (HV1) | | |
| | | Diagonal 1 (µm) | Diagonal 2 (µm) | Dureza |
| PA-EDV-02 | Material Base | 92.06 | 92.71 | 217.3 |
| | Térmicamente afectada | 62.97 | 61.72 | 477.1 |
| | Fusión | 82.25 | 80.44 | 280.2 |
| Autor: Pilatasig Jairo | | | | |

Tabla 3-18: Análisis de ensayos de dureza VICKERS con ER312 y ER308 en la probeta de AISI 420

| | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------|---|--|
|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | |  | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | Realizado por: | Pilatasig Jairo | | |
| Ciudad: | Ambato | Fecha de ejecución: | 27-08-2019 | | |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | N° de probeta: | PA-EDV-03 | | |
| ESPECIFICACIONES | | | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | Tipo: | AISI 420 | | |
| Tiempo de aplicación de la fuerza: | 15 s | Material de aporte: | Varilla ER 312 y ER 308 | | |
| Fuerza aplicada: | 9807 N | Proceso de soldadura: | GTAW | | |
| Humedad relativa: | 55.2 | Temperatura ambiente: | 21.3 | | |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | | | |
|  | | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | Equipo: | Micro – durómetro FUTURE TECH | | |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | | | | |
| OBSERVACIÓN | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y de la combinación de varillas de aporte es el ER 312 y ER 308. • El mecanizado de las probetas se dio máquina fresadora | | | | | |



| VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|---------------|
| N° de probeta: | ZONA | Dureza VICKERS (HV1) | | |
| | | Diagonal 1 (µm) | Diagonal 2 (µm) | Dureza |
| PA-EDV-03 | Material Base | 88.12 | 87.55 | 240.4 |
| | Térmicamente afectada | 64.15 | 63.10 | 458.1 |
| | Fusión | 82.82 | 83.09 | 269.5 |
| Autor: Pilatasig Jairo | | | | |

Tabla 3-19: Análisis de ensayos de dureza VICKERS con electrodo E312-16 en la probeta de AISI 420

| | | | | | |
|---|--|---|----------------------------------|---|--|
|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | |  | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | Realizado por: | Pilatasig Jairo | | |
| Ciudad: | Ambato | Fecha de ejecución: | 27-08-2019 | | |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | N° de probeta: | PA-EDV-04 | | |
| ESPECIFICACIONES | | | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | Tipo: | AISI 420 | | |
| Tiempo de aplicación de la fuerza: | 15 s | Material de aporte: | Electrodo E 312-16 | | |
| Fuerza aplicada: | 9807 N | Proceso de soldadura: | SMAW | | |
| Humedad relativa: | 59.8 | Temperatura ambiente: | 22.4 | | |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | | | |
|  | | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | Equipo: | Micro – durómetro FUTURE TECH | | |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | | | | |
| OBSERVACIÓN | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y electrodos E 312-16 • El mecanizado de las probetas se dio máquina fresadora | | | | | |




| VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|---------------|
| N° de probeta: | ZONA | Dureza VICKERS (HV1) | | |
| | | Diagonal 1 (µm) | Diagonal 2 (µm) | Dureza |
| PA-EDV-04 | Material Base | 88.83 | 88.37 | 236.2 |
| | Térmicamente afectada | 65.06 | 63.81 | 446.6 |
| | Fusión | 76.34 | 75.11 | 323.4 |
| Autor: Pilatasig Jairo | | | | |

Tabla 3-20: Análisis de ensayos de dureza VICKERS con electrodo E308L-16 en la probeta de AISI 420

| | | | | | |
|--|---|---|----------------------------------|---|--|
|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | |  | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | Realizado por: | Pilatasig Jairo | | |
| Ciudad: | Ambato | Fecha de ejecución: | 27-08-2019 | | |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero | N° de probeta: | PA-EDV-05 | | |
| ESPECIFICACIONES | | | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | Tipo: | AISI 420 | | |
| Tiempo de aplicación de la fuerza: | 15 s | Material de aporte: | Electrodo E 308L-16 | | |
| Fuerza aplicada: | 9807 N | Proceso de soldadura: | SMAW | | |
| Humedad relativa: | 61.3 | Temperatura ambiente: | 22.8 | | |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | | | |
|  | | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | Equipo: | Micro – durómetro FUTURE TECH | | |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | | | | |
| OBSERVACIÓN | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y electrodos E 308L-16 • El mecanizado de las probetas se dio máquina fresadora | | | | | |

| VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|---------------|
| N° de probeta: | ZONA | Dureza VICKERS (HV1) | | |
| | | Diagonal 1 (µm) | Diagonal 2 (µm) | Dureza |
| PA-EDV-05 | Material Base | 92.01 | 91.23 | 220.9 |
| | Térmicamente afectada | 60.08 | 60.70 | 508.5 |
| | Fusión | 82.85 | 83.59 | 267.8 |
| Autor: Pilatasig Jairo | | | | |

Tabla 3-21: Análisis de ensayos de dureza VICKERS con E312-16 y E308L-16 en la probeta de AISI 420

| | | | | | |
|--|---|---|----------------------------------|---|--|
|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | |  | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Autorizado por: | Ing. Henry Vaca. Mg. | Realizado por: | Pilatasig Jairo | | |
| Ciudad: | Ambato | Fecha de ejecución: | 27-08-2019 | | |
| Laboratorio: | Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero | N° de probeta: | PA-EDV-06 | | |
| ESPECIFICACIONES | | | | | |
| Material base: | Acero Inoxidable | Tipo: | AISI 420 | | |
| Tiempo de aplicación de la fuerza: | 15 s | Material de aporte: | Electrodo E 312-16 y E 308L-16 | | |
| Fuerza aplicada: | 9807 N | Proceso de soldadura: | SMAW | | |
| Humedad relativa: | 60.2 | Temperatura ambiente: | 22.5 | | |
| GRÁFICO DE REFERENCIA | | | | | |
|  | | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Código aplicado: | AWS D1.6/D1.6M 2007 | Equipo: | Micro – durómetro FUTURE TECH | | |
| Código de referencia: | AWS B4.0 | | | | |
| OBSERVACIÓN | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Los materiales utilizados para la ejecución de las probetas son el acero AISI 420 y de la combinación de electrodos E 312-16 y E 308L-16 | | | | | |

- El mecanizado de las probetas se dio máquina fresadora

VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN

| N° de probeta: | ZONA | Dureza VICKERS (HV1) | | |
|----------------|-----------------------|----------------------|-----------------|--------|
| | | Diagonal 1 (µm) | Diagonal 2 (µm) | Dureza |
| PA-EDV-06 | Material Base | 89.23 | 87.66 | 237.1 |
| | Térmicamente afectada | 62.42 | 62.95 | 471.9 |
| | Fusión | 74.11 | 74.59 | 335.5 |

Autor: Pilatasig Jairo

3.2.2. Interpretación de resultados

En el mismo orden que se elaboraron los ensayos se procede a interpretar sus resultados.

3.2.2.1. Interpretación de los ensayos a tracción.

Tabla 3-22: Datos de los ensayos de tracción en especímenes con material de aporte ER-312

| Proceso de soldadura GTAW con Varilla ER 312 | | | |
|---|--|---------------------------------|-------------------------|
| N° de probeta: | Resistencia a la tracción (MPa) | Límite de fluencia (MPa) | alargamiento (%) |
| PA-ETM-01-1 | 664.2 | 134.84 | 5.98 |
| PA-ETM-01-2 | 662.7 | 70.76 | 2.06 |
| PA-ETM-01-3 | 646.2 | 70.08 | 2.84 |
| PA-ETM-01-4 | 677.3 | 73.33 | 3.84 |
| PA-ETM-01-5 | 722.6 | 116.68 | 6.44 |
| Promedio | 674.6 | 93.339 | 4.232 |

Fuente: El autor

Tabla 3-23: Datos de los ensayos de tracción en especímenes con material de aporte ER-308

| Proceso de soldadura GTAW con varilla ER 308 | | | |
|---|--|---------------------------------|-------------------------|
| N° de probeta: | Resistencia a la tracción (MPa) | Límite de fluencia (MPa) | alargamiento (%) |
| PA-ETM-02-1 | 561.44 | 83.28 | 6.24 |
| PA-ETM-02-2 | 511.04 | 90.13 | 5.10 |
| PA-ETM-02-3 | 488.80 | 82.01 | 5.24 |
| PA-ETM-02-4 | 582.57 | 62.23 | 6.64 |
| PA-ETM-02-5 | 512.25 | 56.39 | 3.90 |
| Promedio | 531.22 | 74.808 | 5.424 |

Fuente: El autor

Tabla 3-24: Datos de los ensayos de tracción en especímenes con material de aporte ER-308 y ER 312

| Proceso de soldadura GTAW con varilla ER 308 y ER 312 | | | |
|--|--|---------------------------------|-------------------------|
| N° de probeta: | Resistencia a la tracción (MPa) | Límite de fluencia (MPa) | alargamiento (%) |
| PA-ETM-03-1 | 574.13 | 60.31 | 6.90 |
| PA-ETM-03-2 | 428.20 | 53.95 | 3.34 |
| PA-ETM-03-3 | 480.46 | 81.23 | 4.02 |
| PA-ETM-03-4 | 554.00 | 54.70 | 6.20 |
| PA-ETM-03-5 | 527.79 | 93.73 | 4.66 |
| Promedio | 512.912 | 68.784 | 5.024 |

Fuente: El autor

Tabla 3-25: Datos de los ensayos de tracción en especímenes con material de aporte E312-16

| Proceso de soldadura GTAW con varilla ER 308 y ER 312 | | | |
|--|--|---------------------------------|-------------------------|
| N° de probeta: | Resistencia a la tracción (MPa) | Límite de fluencia (MPa) | alargamiento (%) |
| PA-ETM-03-1 | 574.13 | 60.31 | 6.90 |
| PA-ETM-03-2 | 428.20 | 53.95 | 3.34 |
| PA-ETM-03-3 | 480.46 | 81.23 | 4.02 |
| PA-ETM-03-4 | 554.00 | 54.70 | 6.20 |
| PA-ETM-03-5 | 527.79 | 93.73 | 4.66 |
| Promedio | 512.912 | 68.784 | 5.024 |

Fuente: El autor

Tabla 3-26: Datos de los ensayos de tracción en especímenes con material de aporte E308L-16

| Proceso de soldadura SMAW con electrodo E 312-16 | | | |
|---|--|---------------------------------|-------------------------|
| N° de probeta: | Resistencia a la tracción (MPa) | Límite de fluencia (MPa) | alargamiento (%) |
| PA-ETM-04-1 | 665.26 | 134.43 | 6.60 |
| PA-ETM-04-2 | 513.61 | 132.88 | 5.00 |
| PA-ETM-04-3 | 515.39 | 140.98 | 3.42 |
| PA-ETM-04-4 | 658.65 | 138.57 | 6.10 |
| PA-ETM-04-5 | 546.30 | 135.07 | 4.96 |
| Promedio | 583.431 | 136.38 | 5.216 |

Fuente: El autor

Tabla 3-27: Datos de los ensayos de tracción en especímenes con material de aporte E308L-16 Y E312-16

| Proceso de soldadura SMAW con electrodo E 312-16 | | | |
|---|--|---------------------------------|-------------------------|
| N° de probeta: | Resistencia a la tracción (MPa) | Límite de fluencia (MPa) | alargamiento (%) |
| PA-ETM-04-1 | 665.26 | 134.43 | 6.60 |
| PA-ETM-04-2 | 513.61 | 132.88 | 5.00 |
| PA-ETM-04-3 | 515.39 | 140.98 | 3.42 |
| PA-ETM-04-4 | 658.65 | 138.57 | 6.10 |
| PA-ETM-04-5 | 546.30 | 135.07 | 4.96 |
| Promedio | 583.431 | 136.38 | 5.216 |

Fuente: El autor

A continuación, se procede a comparar los resultados de los ensayos de tracción con los diferentes materiales de aporte en los procesos de soldadura ensayados.

Dando como resultado:

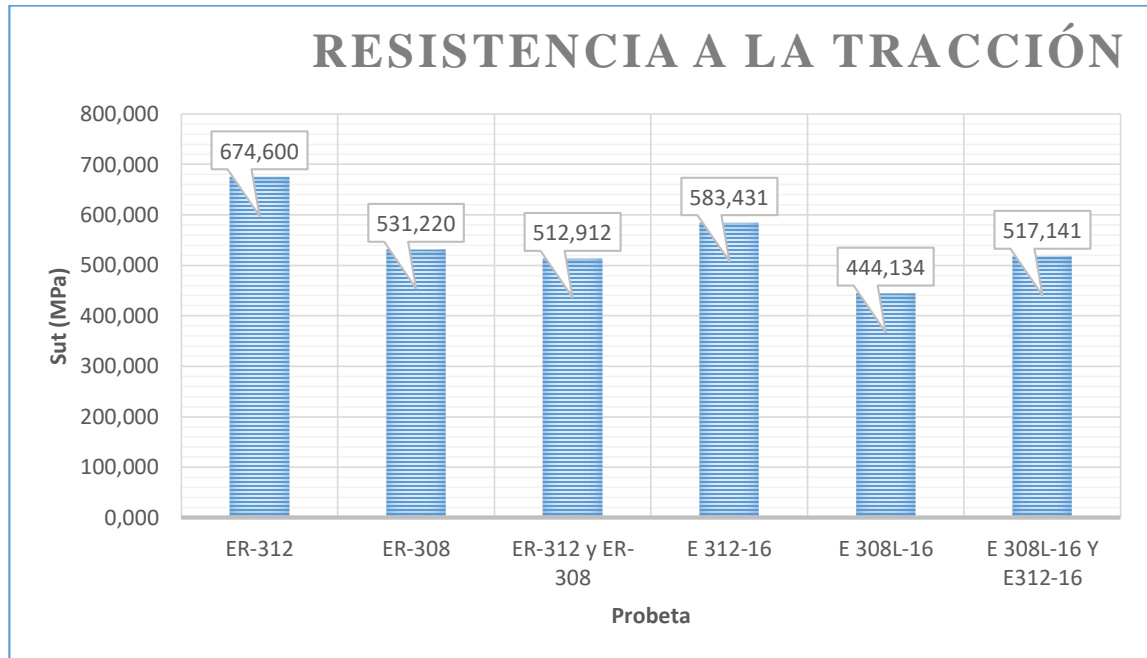


Figura 3-1: Resistencia a la Tracción. Sut (MPa)

Interpretación

Como interpretación se detalla que de los valores obtenidos en los ensayos de tracción, con los diferentes materiales de aporte en la sección de resistencia a la tracción (Sut), en los distintos procesos de soldadura, determinan que los usados con la varilla ER-312 presentan un valor de resistencia mayor de 674.6 MPa, en tanto que los utilizados con la varilla E 308L-16 marcan el menor valor de resistencia con 444.13 MPa; quedando en valores intermedios y cercanos entre sí los originados por los electrodos combinación ER-312 y ER-308 con 512.912 MPa, combinación E308L-16 y E312-16 con 517.141 MPa, así como los generados por ER-508 con 531.22 MPa y E 312-16 con 583.431 Mpa.

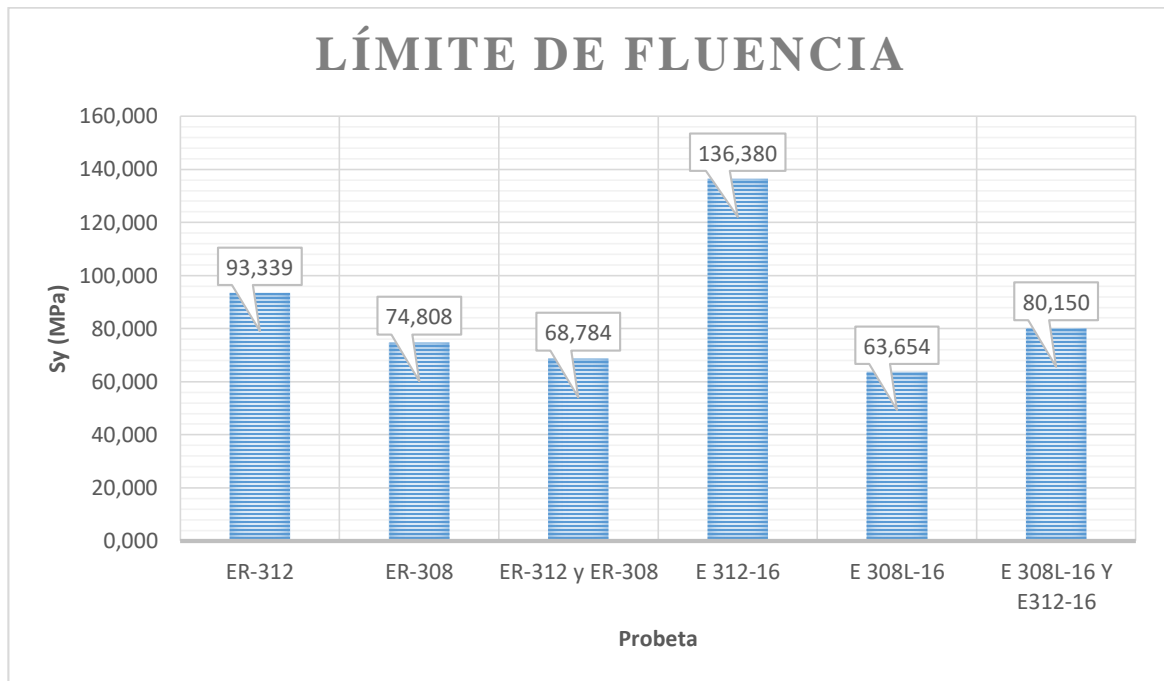


Figura 3-2: Límite de fluencia. Sy (MPa)

Interpretación

Como interpretación se detalla que de los valores obtenidos en los ensayos de tracción, con los diferentes materiales de aporte referente al límite de fluencia (S_y), en los distintos procesos de soldadura, determinan que los usados con la varilla ER-312 presentan un valor de resistencia mayor de 136.380 MPa, en tanto que los utilizados con la varilla E 308L-16 marcan el menor valor de resistencia con 63.654 MPa; quedando en valores intermedios y cercanos entre sí los originados por los electrodos combinación ER-312 y ER-308 con 68.784 MPa, ER-308 con 74.808 MPa, combinación E308L-16 y E312-16 con 80.15 MPa, así como los generados por ER-312 con 93.339 MPa.

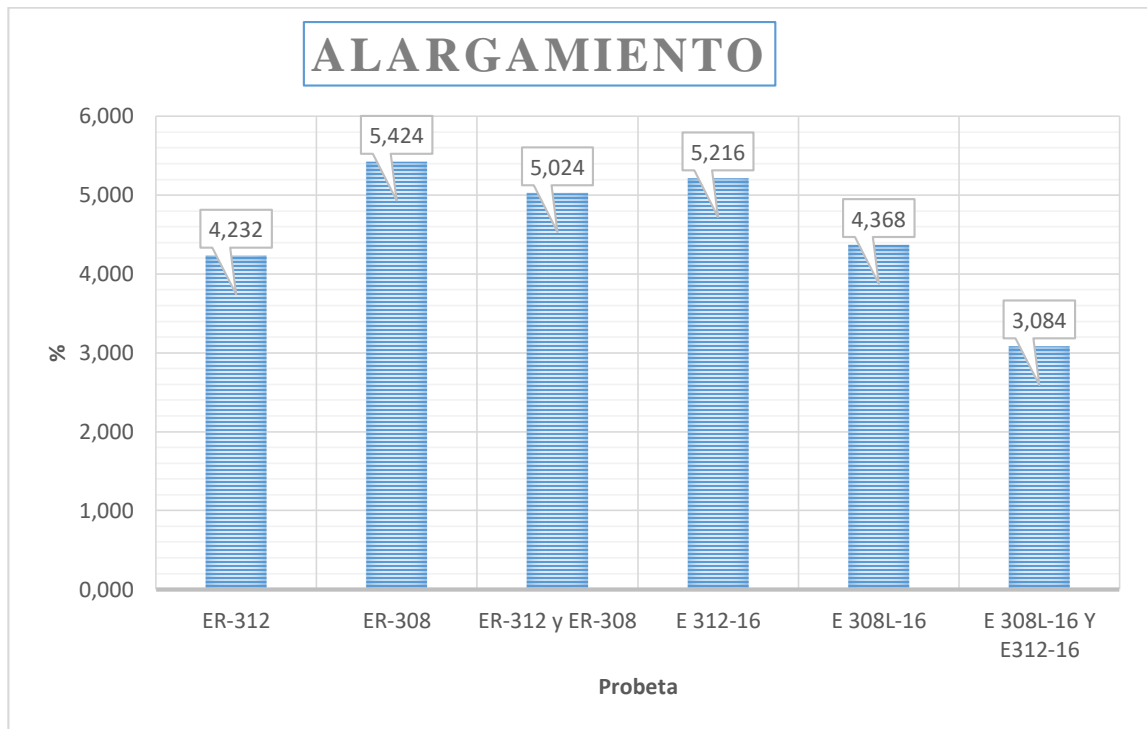


Figura 3-3: Alargamiento (%)

Interpretación

Como interpretación se detalla que de los valores obtenidos en los ensayos de tracción, con los diferentes materiales de aporte referente al alargamiento (%), en los distintos procesos de soldadura, determinan que los usados con la varilla ER-308 presentan un valor de alargamiento mayor de 5.424 %, en tanto que los utilizados con la combinación de varillas E 308L-16 y E312-16 marcan el menor valor de resistencia con 3.084%; quedando en valores intermedios y cercanos entre sí los originados por los electrodos ER-312 con 4.232 %, en tanto que los generados por E 308 L-16 dan 4.368 %, así como por la combinación originados por ER 312 y ER-308 con 5.024 % y los ER-308 con 5.424 %.

3.2.2.2. Interpretación de los ensayos de impacto.

Tabla 3-28: Datos de los ensayos de impacto en especímenes con material de aporte ER-312

| Proceso de soldadura GTAW con varilla ER-312 | | |
|---|------------------------------|--|
| N° de probeta: | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (J/cm²) |
| PA-EIM-01-1 | 42.10 | 512.40 |
| PA-EIM-01-2 | 44.56 | 541.17 |
| PA-EIM-01-3 | 46.54 | 571.21 |
| PA-EIM-01-4 | 48.24 | 591.13 |
| PA-EIM-01-5 | 46.47 | 562.18 |
| Promedio | 45.582 | 555.62 |

Fuente: El autor

Tabla 3-29: Datos de los ensayos de impacto en especímenes con material de aporte ER-308

| Proceso de soldadura GTAW con varilla ER-308 | | |
|---|------------------------------|--|
| N° de probeta: | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (J/cm²) |
| PA-EIM-02-1 | 84.35 | 1031.57 |
| PA-EIM-02-2 | 99.58 | 1256.81 |
| PA-EIM-02-3 | 80.77 | 991.26 |
| PA-EIM-02-4 | 100.65 | 1364.00 |
| PA-EIM-02-5 | 91.10 | 1103.93 |
| Promedio | 91.29 | 1149.51 |

Fuente: El autor

Tabla 3-30: Datos de los ensayos de impacto en especímenes con material de aporte ER-308 y ER-312

| Proceso de soldadura GTAW con varilla ER 308 y ER 312 | | |
|--|------------------------------|--|
| N° de probeta: | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (J/cm²) |
| PA-EIM-03-1 | 45.67 | 528.76 |
| PA-EIM-03-2 | 47.80 | 584.74 |
| PA-EIM-03-3 | 43.40 | 516.99 |
| PA-EIM-03-4 | 44.27 | 55.41 |
| PA-EIM-03-5 | 46.23 | 548.10 |
| Promedio | 45.47 | 446.80 |

Fuente: El autor

Tabla 3-31: Datos de los ensayos de impacto en especímenes con material de aporte E 312-16

| Proceso de soldadura SMAW con electrodo E 312-16 | | |
|---|------------------------------|--|
| N° de probeta: | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (J/cm²) |
| PA-EIM-04-1 | 37.84 | 48.13 |
| PA-EIM-04-2 | 35.34 | 414.10 |
| PA-EIM-04-3 | 36.54 | 47.12 |
| PA-EIM-04-4 | 39.45 | 451.39 |
| PA-EIM-04-5 | 37.00 | 47.19 |
| Promedio | 37.23 | 201.59 |

Fuente: El autor

Tabla 3-32: Datos de los ensayos de impacto en especímenes con material de aporte E308L-16

| Proceso de soldadura SMAW con electrodo E 308L-16 | | |
|--|------------------------------|--|
| N° de probeta: | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (J/cm²) |
| PA-EIM-05-1 | 73.24 | 882.50 |
| PA-EIM-05-2 | 71.59 | 874.90 |
| PA-EIM-05-3 | 72.06 | 875.70 |
| PA-EIM-05-4 | 78.74 | 958.45 |
| PA-EIM-05-5 | 76.74 | 921.00 |
| Promedio | 74.37 | 902.51 |

Fuente: El autor

Tabla 3-33: Datos de los ensayos de impacto en especímenes con material de aporte E308L-16

| Proceso de soldadura SMAW con electrodo E 308L-16 y E 312-16 | | |
|---|------------------------------|--|
| N° de probeta: | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (J/cm²) |
| PA-EIM-06-1 | 61.10 | 688.33 |
| PA-EIM-06-2 | 60.77 | 698.16 |
| PA-EIM-06-3 | 62.54 | 727.70 |
| PA-EIM-06-4 | 55.50 | 566.16 |
| PA-EIM-06-5 | 57.83 | 661.02 |
| Promedio | 59.55 | 668.28 |

Fuente: El autor

A continuación, se procede a comparar los resultados de los ensayos de impacto con los diferentes materiales de aporte en los procesos de soldadura ensayados.

Dando como resultado:

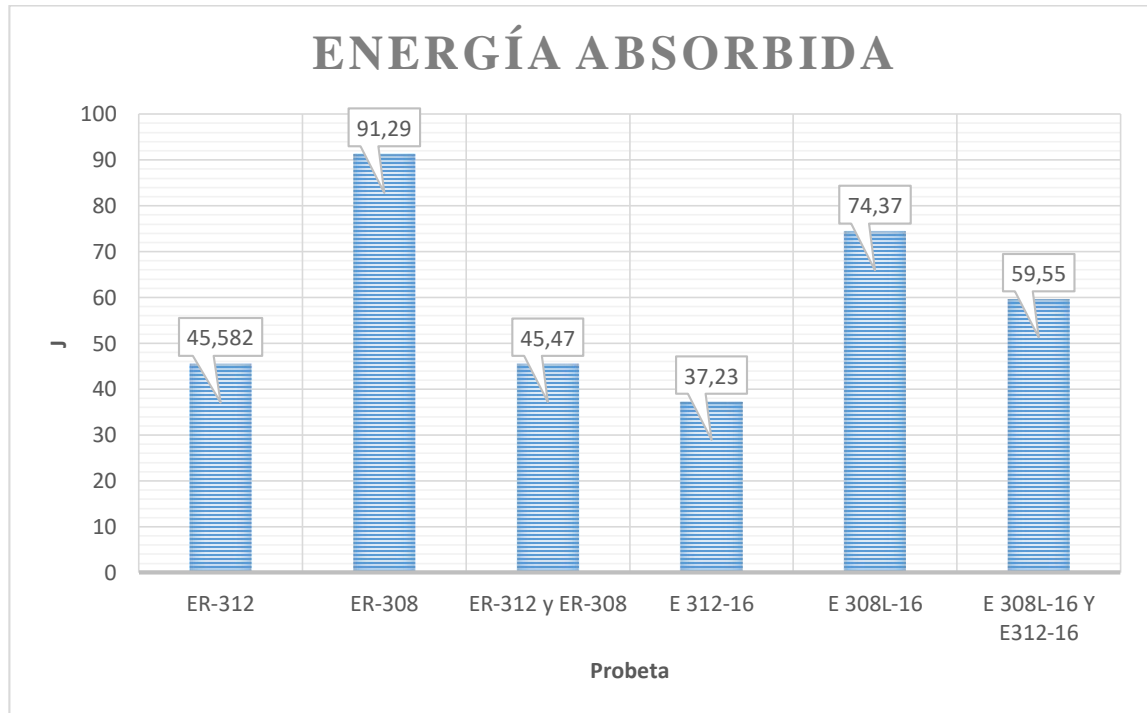


Figura 3-4: Energía Absorbida (J)

Interpretación

Como interpretación se detalla que de los valores obtenidos en los ensayos de impacto, con los diferentes materiales de aporte referente a la energía absorbida, en los distintos procesos de soldadura, determinan que los usados con la varilla ER-308 presentan un valor mayor de energía absorbida de 91.29 (J), en tanto que los utilizados con la varilla E312-16 generan un valor menor de 37.23 (J), seguido por las originadas de la combinación ER-312 y ER-308 con 45.47 (J) y ER-312 con 45.582(J), quedando como valores intermedios los originados por los materiales de aporte E 308L-16 con 74.37 (J) y con los originados por la combinación de electrodos E 308L-16 y E312-16 con 59.55 (J)

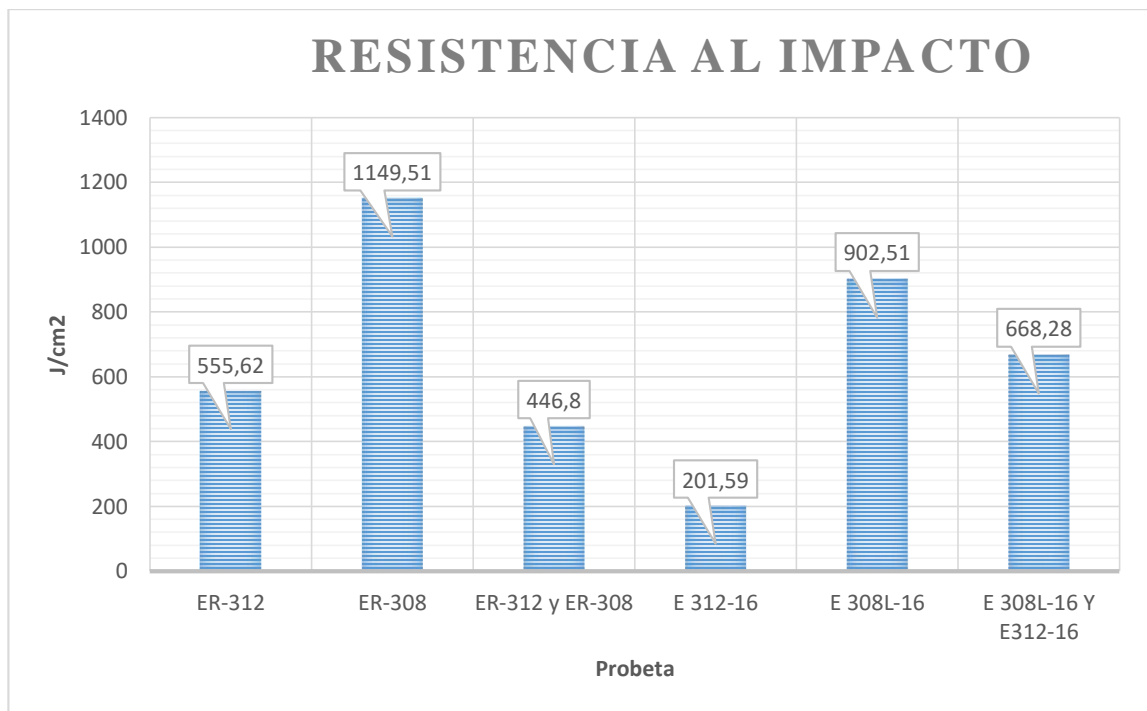


Figura 3-5: Resistencia al impacto (J/cm²)

Interpretación

Como interpretación se detalla que de los valores obtenidos en los ensayos de impacto, con los diferentes materiales de aporte referente a la energía absorbida, en los distintos procesos de soldadura, determinan que los usados con la varilla ER-308 presentan un valor mayor de resistencia al impacto de 1149.51 (J/cm²), en tanto que los utilizados con la varilla E312-16 generan un valor menor de 201.59 (J/cm²), quedando como intermedio los originados por la combinación ER-312 y ER-308 con 446.8 (J/cm²); así como los generados por los electrodos ER-312 con 555.62 (J/cm²), los originados por E308L-16 con 902.51 (J/cm²) y por la combinación de electrodos E 308L-16 y E312-16 con 668.28 (J/cm²).

3.2.2.3. Interpretación de los ensayos de dureza Vickers

Los ensayos de dureza Vickers realizados presentan los siguientes resultados.

Tabla 3-34: Datos obtenidos de los ensayos de dureza Vickers en probetas de AISI 420

| N° de probeta: | Material Base (HV1) | Térmicamente afectada (HV1) | Fusión (HV1) |
|----------------|---------------------|-----------------------------|--------------|
| PA-EDV-01 | 234.0 | 409.6 | 299.2 |
| PA-EDV-02 | 217.3 | 477.1 | 280.2 |
| PA-EDV-03 | 240.4 | 458.1 | 269.5 |
| PA-EDV-04 | 236.2 | 446.6 | 323.4 |
| PA-EDV-05 | 220.9 | 508.5 | 267.8 |
| PA-EDV-06 | 237.1 | 471.9 | 335.5 |

Fuente: El autor

Una vez delimitado los resultados se procede a compararlos en los distintos procesos de soldadura ensayados, de la siguiente manera:

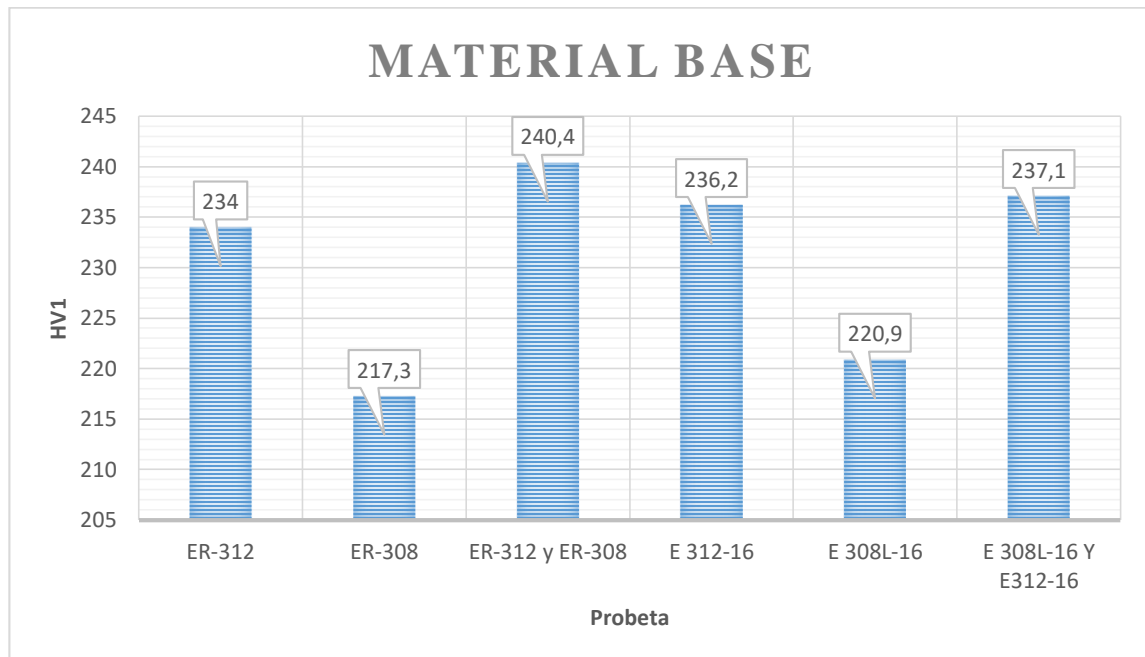


Figura 3-6: Material Base, dureza (HV1)

Interpretación

Como interpretación se detalla que de los valores obtenidos en los ensayos de dureza Vickers, con los diferentes materiales de aporte referente al Material Base, en los distintos procesos de soldadura, determinan que los usados por la combinación de las varillas ER-312 y ER-308, son los de mayor valor, dando 240.4 (HV1); en tanto que el generado por el electrodo ER-308 es el de menor valor como es 217.3 (HV1); quedando como intermedios cercanos al de mayor valor los E312-16 con 236.2 (HV1); ER-312 con 234 (HV1) y la combinación originada por los materiales de aporte E308L-16 Y E312-16 con 237,1 (HV1) y cercano al menor valor el generado por E308L-16 con 220.9 (HV1).

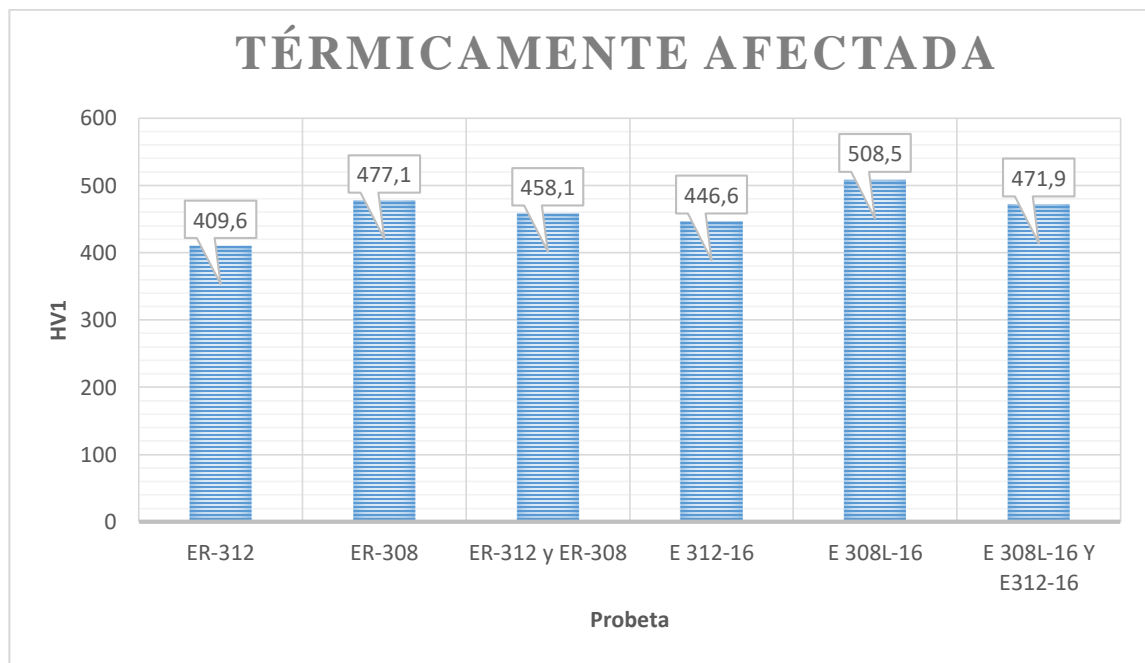


Figura 3-7: Térmicamente afectada, dureza (HV1)

Interpretación

Como interpretación se detalla que de los valores obtenidos en los ensayos de dureza Vickers, con los diferentes materiales de aporte referente a la afectación térmica, en los distintos procesos de soldadura, determinan que los usados por la varilla E380L-16 son los de mayor valor con 508.5 (HV1); en tanto que los generados por el material de aporte ER-312 es el menor valor con 409.6 (HV1), quedando como valores intermedios los

originados por los electrodos E312-16 con 446.6 (HV1), así como las combinaciones de ER-312 y ER-308 con 458.1 (HV1) y la E308L-16 Y E312-16 con 471,9 (HV1) y la ER-308 con 477.1 (HV1).

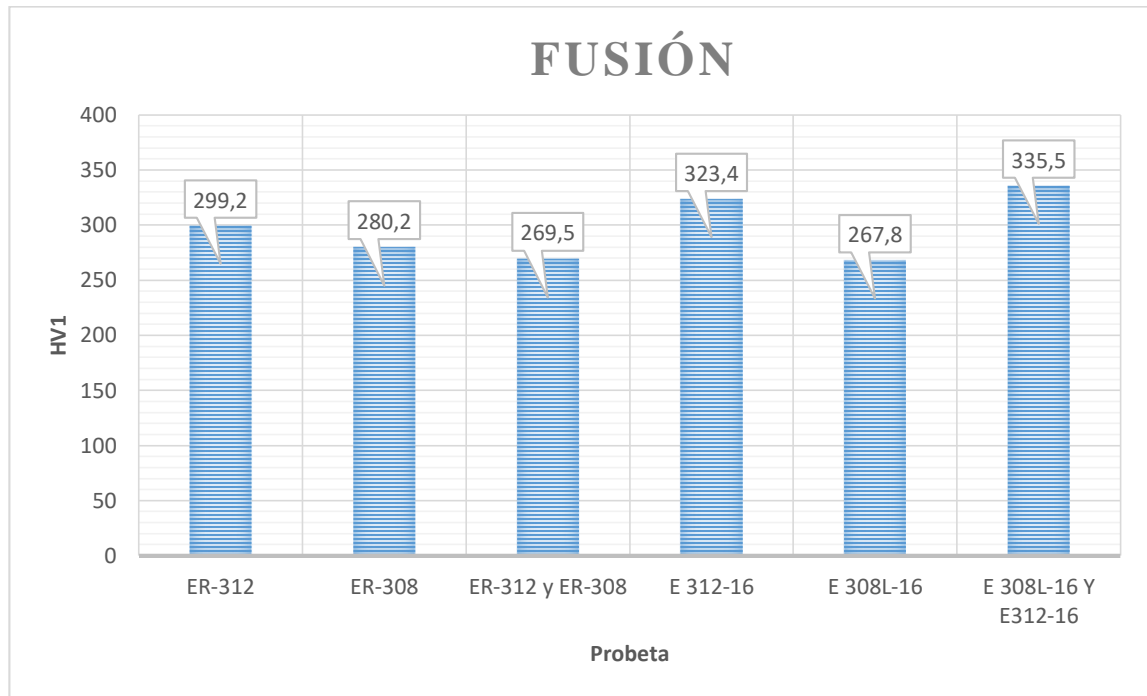


Figura 3-8: Fusión, dureza (HV1)

Interpretación

Como interpretación se detalla que de los valores obtenidos en los ensayos de dureza Vickers, con los diferentes materiales de aporte referente a la fusión, en los distintos procesos de soldadura, determinan que el usado por la combinación de varillas E308L-16 y E312-16 es el de mayor rango con 335.5 (HV1), seguido por el E312-16 con 323.4 (HV1), en tanto que los de menor valor son los originados por los materiales de aportación E308L-16 con 267.8 (HV1) y la combinación ER-312 y ER-308 con 269.5 (HV1), quedando como valores intermedios los originados por ER-312 con 299.2 (HV1) y por los ER-308 con 280.2 (HV1).

3.2.3. Resumen de resultados

La comparación de resultados es la siguiente:

Tabla 3-35: Ensayos de tracción en las probetas de AISI 420

| Ensayo de tracción en las probetas de AISI 420 | | | | |
|--|----------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------|
| Proceso de soldadura | Material de aporte | Resistencia a la tracción (MPa) | Límite de fluencia (MPa) | alargamiento (%) |
| GTAW | ER - 312 | 674.600 | 93.339 | 4.232 |
| | ER - 308 | 531.220 | 74.808 | 5.424 |
| | ER 308 y ER 312 | 512.912 | 68.784 | 5.024 |
| SMAW | E 312-16 | 583.431 | 136.38 | 5.216 |
| | E 308L-16 | 444.134 | 63.654 | 4.368 |
| | E 308L-16 y E 312-16 | 517.141 | 80.150 | 3.084 |

Fuente: El autor

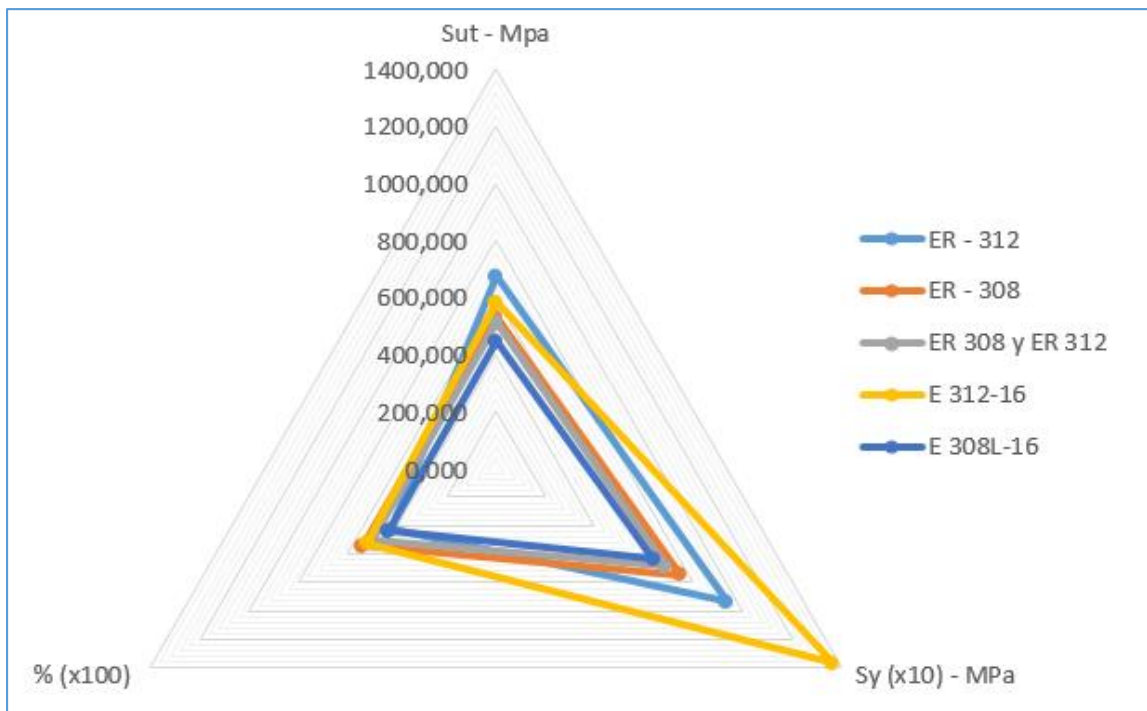


Figura 3-9: Ensayo de Tracción

Tabla 3-36: Ensayos de impacto en las probetas de AISI 420

| Ensayo de impacto en probetas AISI 420 | | | |
|---|-----------------------------|------------------------------|--|
| Proceso de soldadura | Material de aporte | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (J/cm²) |
| GTAW | ER - 312 | 45.582 | 555.62 |
| | ER - 308 | 91.29 | 1149.51 |
| | ER 308 y ER 312 | 45.47 | 446.80 |
| SMAW | E 312-16 | 37.23 | 201.59 |
| | E 308L-16 | 74.37 | 902.51 |
| | E 308L-16 y E 312-16 | 59.55 | 668.28 |

Fuente: El autor

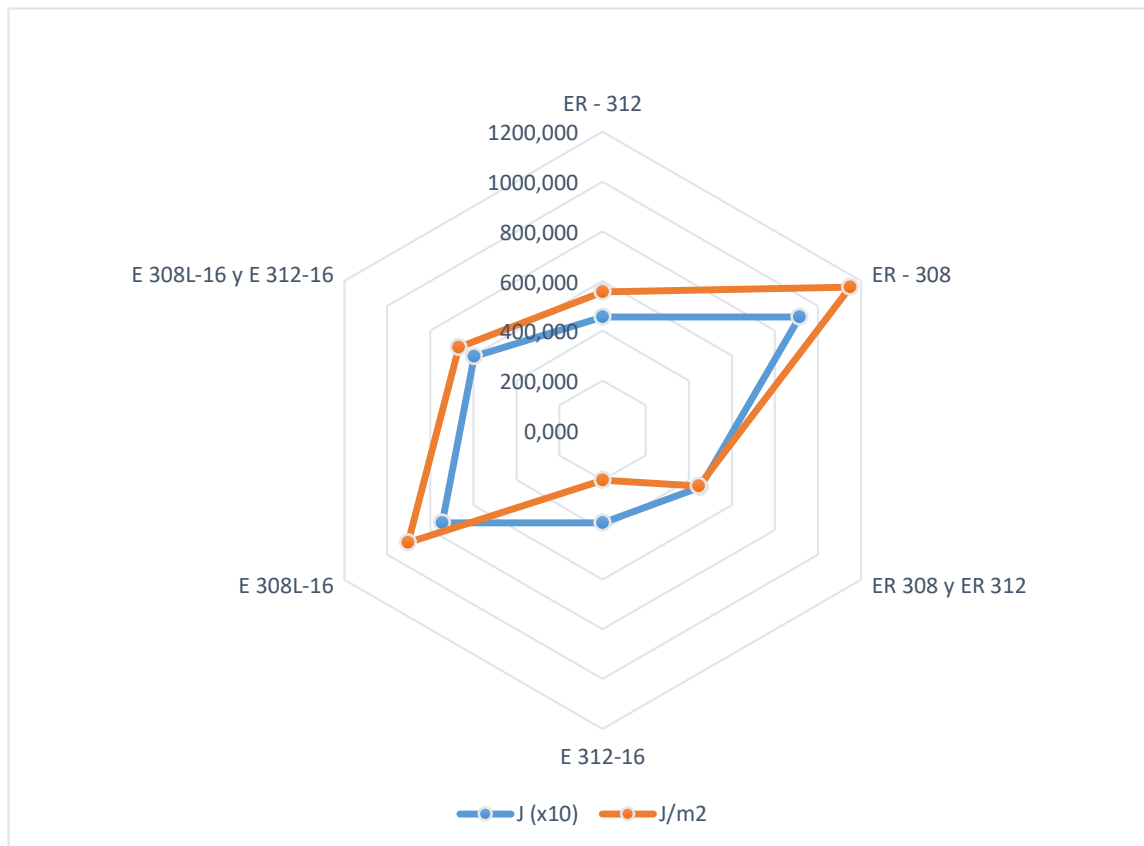


Figura 3-10: Ensayo de Impacto

Tabla 3-37: Ensayos de dureza VICKERS en las probetas de AISI 420

| Ensayo de dureza VICKERS en probetas AISI 420 | | | | |
|--|-----------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------|
| Proceso de soldadura | Material de aporte | Material Base (HV1) | Térmicamente afectada (HV1) | Fusión (HV1) |
| GTAW | ER - 312 | 234.0 | 409.6 | 299.2 |
| | ER - 308 | 217.3 | 477.1 | 280.2 |
| | ER 308 y ER 312 | 240.4 | 458.1 | 269.5 |
| SMAW | E 312-16 | 236.2 | 446.6 | 323.4 |
| | E 308L-16 | 220.9 | 508.5 | 267.8 |
| | E 308L-16 y E 312-16 | 237.1 | 471.9 | 335.5 |

Fuente: El autor

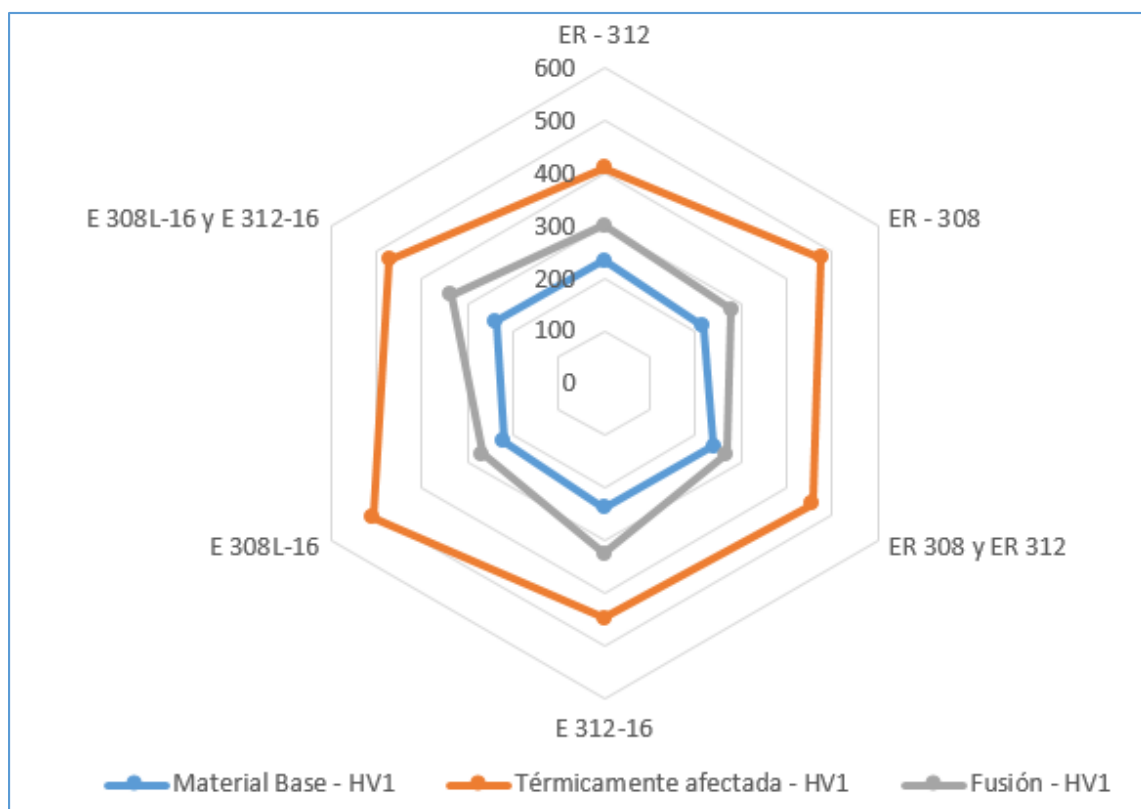


Figura 3-11: Ensayo de Dureza Vickers

Interpretación

Según los resultados originados se puede indicar que en los ensayos de tracción, las probetas de material AISI 420, con el mejor material de aporte es el ER - 312 en el proceso GTAW por su resistencia a la tracción, límite de fluencia y alargamiento; en tanto que en los ensayos de impacto el material de aporte que tiene la mayor energía absorbida y la resistencia al impacto es el material de aporte ER-308 en el proceso GTAW; en tanto que referente a la dureza Vickers el material de mejor resultado es el presentado por la combinación dada por ER 308 y ER 312 en el proceso GTAW.

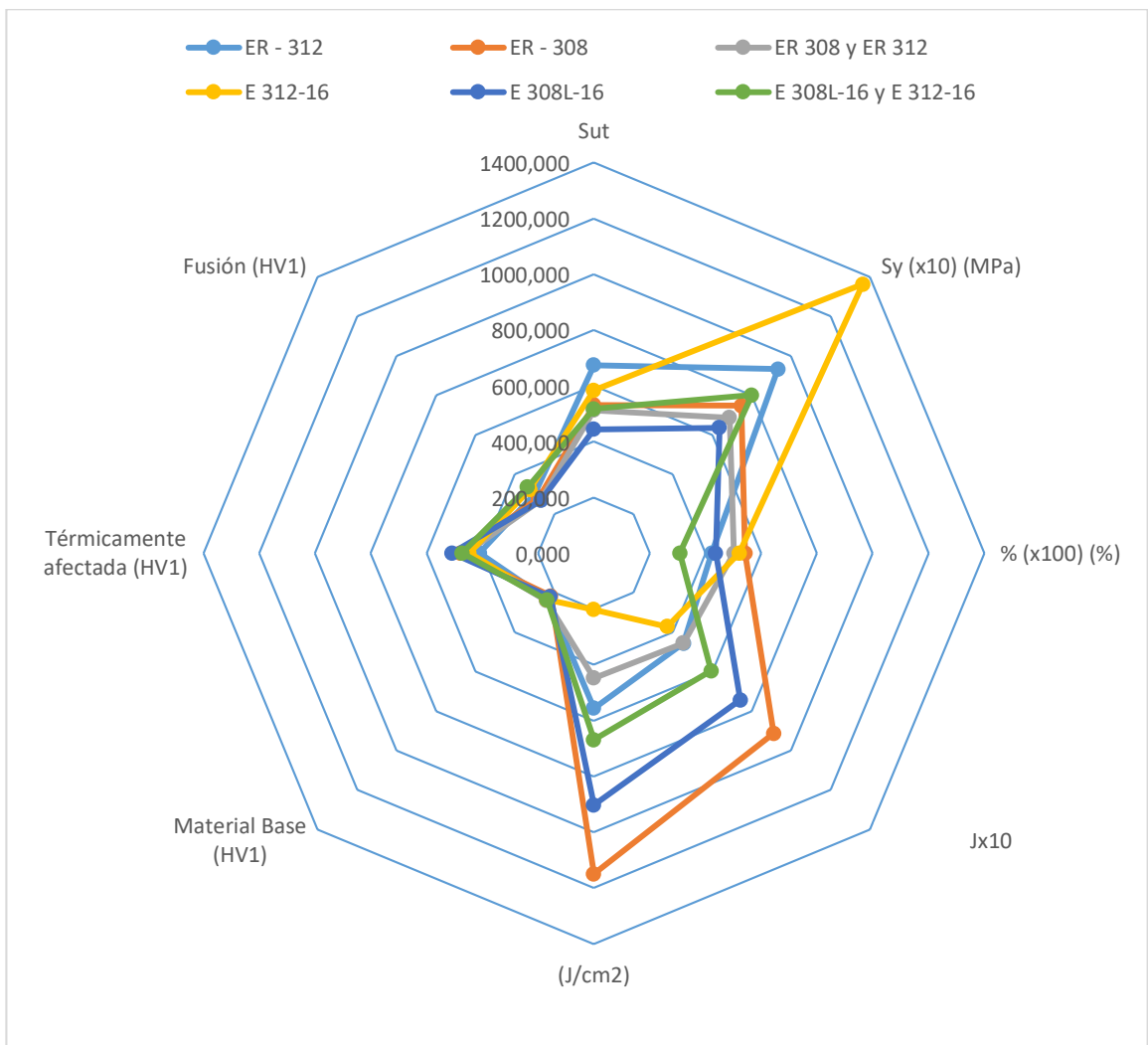


Figura 3-12: Ensayos de dureza, de impacto y de dureza Vickers

Tabla 3-38: Evaluación De materiales de aporte

| | Sut (Mpa) 2 | Dif. | Sy (Mpa) 2 | Dif. | Elongación (%) 1 | Dif. | Energía absorbida (J) 2 | Dif. | Resistencia al impacto (J/cm ²) 1 | Dif. | Material Base (HV1) 1 | Dif. | Térmicamente afectada (HV1) 0.5 | Dif. | Fusión (HV1) 0.5 | Dif. | Calificación |
|---------------------------------|---|---------|---------------|--------|---------------------|--------|-------------------------|--------|---|---------|-----------------------------|--------|---------------------------------------|--------|------------------------|-------|--------------|
| ER - 312 | 674.6 0 | 130.70 | 93.34 | 7.155 | 4.832 | 0.341 | 45.58 | -13.34 | 555.62 | -98.43 | 234.0 | 3.02 | 409.6 | -52.37 | 299.2 | 3.3 | 6.5 |
| ER - 308 | 531.2 2 | -12.685 | 74.81 | -11.38 | 5.424 | 0.933 | 91.29 | 32.37 | 1149.51 | 495.48 | 217.3 | -13.7 | 477.1 | 15.13 | 280.2 | -15.7 | 5.5 |
| ER 308 y ER 312 | 512.9 1 | -30.995 | 68.78 | -17.41 | 5.024 | 0.533 | 45.47 | -13.45 | 446.80 | -207.25 | 240.4 | 9.42 | 458.1 | -3.87 | 269.5 | -26.4 | 2.25 |
| E 312-16 | 583.4 3 | 39.525 | 136.38 | 50.192 | 4.216 | -0.275 | 37.23 | -21.69 | 201.59 | -452.46 | 236.2 | 5.22 | 446.6 | -15.37 | 323.4 | 27.5 | 5.75 |
| E 308L-16 | 444.1 3 | -99.775 | 63.65 | -22.54 | 4.368 | -0.123 | 74.37 | 15.45 | 902.51 | 248.46 | 220.9 | -10.08 | 508.5 | 46.53 | 267.8 | 28.1 | 5.0 |
| E 308L-16 y E 312-16 | 517.1 4 | -26.765 | 80.15 | -6.035 | 3.084 | -1.407 | 59.55 | 0.63 | 668.28 | 14.3 | 237.1 | 6.12 | 471.9 | 9.93 | 335.5 | 39.6 | 6 |
| Parámetros | 543.905 | | 86.185 | | 4.491 | | 58.92 | | 654.052 | | 230.98 | | 461.97 | | 295.9 | | |
| Rojo | No Aceptable, con una confianza menor al 95% = Puntaje nulo | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Amarillo | Mediante, con una confianza mayor al 95% = Mitad del puntaje | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verde | Aceptable, con una confianza superior al parámetro definido = Puntaje completo | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: [Autor]

Según el resumen de resultados se puede verificar que:

El material de aporte que tiene mayor resistencia a la tracción, así como límite de fluencia y alargamiento es el ER – 312, por lo que se puede definir como mejor opción, para fusionar el material AISI 420.

3.2.4. Verificación de la hipótesis

Al finalizar los ensayos en el acero inoxidable AISI 420, se procede a la verificación de la hipótesis, procediendo de la siguiente manera:

3.2.4.1. Formulación de la hipótesis

H_0 (Hipótesis Nula) = con el estudio comparativo del proceso de soldadura SMAW y GTAW en un acero inoxidable martensítico AISI420 **NO PERMITIRÁ** determinar sus propiedades mecánicas.

H_1 (Hipótesis Alternativa) = con el estudio comparativo del proceso de soldadura SMAW y GTAW en un acero inoxidable martensítico AISI420 **PERMITIRÁ** determinar sus propiedades mecánicas.

3.2.5. Verificación estadística

La verificación estadística se da mediante la aplicación de la prueba “t” student, la cual demuestra si la hipótesis planteada es válida o no.

Cálculo de la frecuencia teórica y observada

Tabla 3-39: Verificación del Sut de materiales de aporte

| Probetas | Ensayos de Tracción | | | |
|--------------|---------------------|------------------------|----------------|------------------------|
| | Sut (1) | (Sut (1)) ² | Sut (2) | (Sut (1)) ² |
| 1 | 664.2 | 441161,64 | 474.94 | 225568,004 |
| 2 | 662.7 | 439171,29 | 454.11 | 206215,892 |
| 3 | 646.2 | 417574,44 | 426.26 | 181697,588 |
| 4 | 677.3 | 458735,29 | 447.48 | 200238,35 |
| 5 | 722.6 | 522150,76 | 417.92 | 174657,126 |
| Total | 3373 | 2278793,42 | 2220,71 | 988376,96 |
| Prom. | 674,6 | 455758,684 | 444,142 | 197675,392 |

Fuente: El autor

Cálculo de probabilidades

A continuación, se procede con la determinación de la probabilidad, la cual se da de la siguiente manera:

- Nivel de significación $\alpha = 5\%$
- Probabilidad

$$\text{Probabilidad (P)} = \frac{\alpha}{100}$$

$$\text{Probabilidad (P)} = \frac{5}{100}$$

$$\text{Probabilidad (P)} = 0,05$$

Como son 2 colas la probabilidad se divide para 2 obteniendo:

$$\text{Probabilidad (P)} = \frac{0,05}{2}$$

$$\text{Probabilidad (P)} = 0,025$$

Cálculo del grado de libertad

Los Grados de Libertad se determinan de la siguiente manera:

$$gl = (N_A - 1) + (N_B - 1)$$

$$gl = (5 - 1) + (5 - 1) = 8$$

El siguiente paso es la obtención del “t” de Student en base a la Tabla 3-38.

Tabla 3-40: Tabla t- Student

| Grados de libertad | 0.25 | 0.1 | 0.05 | 0.025 | 0.01 | 0.005 |
|--------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 1 | 1.0000 | 3.0777 | 6.3137 | 12.7062 | 31.8210 | 63.6559 |
| 2 | 0.8165 | 1.8856 | 2.9200 | 4.3027 | 6.9645 | 9.9250 |
| 3 | 0.7649 | 1.6377 | 2.3534 | 3.1824 | 4.5407 | 5.8408 |
| 4 | 0.7407 | 1.5332 | 2.1318 | 2.7765 | 3.7469 | 4.6041 |
| 5 | 0.7267 | 1.4759 | 2.0150 | 2.5706 | 3.3649 | 4.0321 |
| 6 | 0.7176 | 1.4398 | 1.9432 | 2.4469 | 3.1427 | 3.7074 |
| 7 | 0.7111 | 1.4149 | 1.8946 | 2.3646 | 2.9979 | 3.4995 |
| 8 | 0.7064 | 1.3968 | 1.8595 | 2.3060 | 2.8965 | 3.3554 |
| 9 | 0.7027 | 1.3830 | 1.8331 | 2.2622 | 2.8214 | 3.2498 |
| 10 | 0.6998 | 1.3722 | 1.8125 | 2.2281 | 2.7638 | 3.1693 |
| 11 | 0.6974 | 1.3634 | 1.7959 | 2.2010 | 2.7181 | 3.1058 |
| 12 | 0.6955 | 1.3562 | 1.7823 | 2.1788 | 2.6810 | 3.0545 |
| 13 | 0.6938 | 1.3502 | 1.7709 | 2.1604 | 2.6503 | 3.0123 |
| 14 | 0.6924 | 1.3450 | 1.7613 | 2.1448 | 2.6245 | 2.9768 |
| 15 | 0.6912 | 1.3406 | 1.7531 | 2.1315 | 2.6025 | 2.9467 |
| 16 | 0.6901 | 1.3368 | 1.7459 | 2.1199 | 2.5835 | 2.9208 |
| 17 | 0.6892 | 1.3334 | 1.7396 | 2.1098 | 2.5669 | 2.8982 |
| 18 | 0.6884 | 1.3304 | 1.7341 | 2.1009 | 2.5524 | 2.8784 |
| 19 | 0.6876 | 1.3277 | 1.7291 | 2.0930 | 2.5395 | 2.8609 |
| 20 | 0.6870 | 1.3253 | 1.7247 | 2.0860 | 2.5280 | 2.8453 |

Fuente: [21]

Como se analiza para las 2 colas se tiene:

$$"t"_{tab} = \pm 2.3060$$

Cálculo de varianza de la muestra

$$scxa = \sum Ra^2 - \frac{\sum(Ra)^2}{n} \qquad scxb = \sum Rb^2 - \frac{\sum(Rb)^2}{n}$$

$$scxa = 2278793,42 - \frac{(3373)^2}{5} = 3367.62 \qquad scxb = 988376,96 - \frac{(2220.71)^2}{5} = 2066.38$$

Varianza combinada

$$Sc^2 = \frac{scxa + scxb}{(na - 1) + (nb - 1)}$$

$$Sc^2 = \frac{3367.62 + 2066.38}{(5 - 1) + (5 - 1)} = 679.25$$

Desviación estándar de las diferencias

$$\overline{sd} = \sqrt{sc^2 \left(\frac{na+nb}{na*nb} \right)}$$

$$\overline{sd} = \sqrt{679.25 \left(\frac{5+5}{5*5} \right)} = 16.5$$

Valor de t

$$t = \frac{\overline{Xa} - \overline{Xb}}{\overline{sd}}$$

$$t = \frac{674,6 - 444,142}{16.5} = 13.97$$

Como el valor calculado esta fuera del rango determinado como es de ± 2.3060 , se rechaza la hipótesis nula H0, y se acepta la hipótesis alterna H1, es decir con el estudio comparativo del proceso de soldadura SMAW y GTAW en un acero inoxidable martensítico AISI420 **PERMITIRÁ** determinar sus propiedades mecánicas.

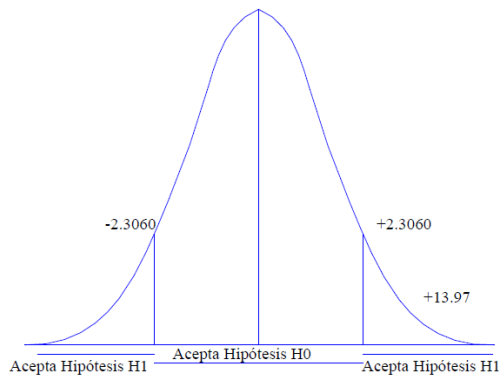


Figura 3-13: Campana de Gauss

Como se observa que el valor calculado es 13.97, el cual está fuera del valor definido por las tablas que son de ± 2.3060 , dando por valido la Hipótesis H1 alterna.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Una vez terminado todos los ensayos en el análisis de material de aporte en el proceso de soldadura SMAW y GTAW aplicado en el acero inoxidable martensítico AISI 420 y su influencia en las propiedades mecánicas podemos concluir con los siguientes aspectos más relevantes:

- De las probetas sometidas a ensayos a tracción, se puede interpretar que el espécimen con material de aporte más alta resistencia (Sut) es el ER-312 con 674.6 MPa, seguido por el 583.431 MPa del electrodo E 312-16, en tanto que el menor es el originado por el E 308L-16 con 444.134 MPa, seguido de la combinación de ER-312 y ER-308.
- De igual manera de las probetas sometidas a ensayos a tracción, referente al límite de fluencia (Sy), se puede interpretar que el espécimen con material de aporte más alto es el E312-16 con 136.38 MPa, en tanto que el menor es el originado por el E 308L-16 con 63.654 MPa, seguido de la combinación de ER-312 y ER-308 con 68.784 MPa.
- Finalmente se puede interpretar que, de las probetas sometidas a ensayos a tracción, referente al alargamiento (%), se puede interpretar que el espécimen con material de aporte más alto es el ER-308 con 5.424 %, seguido del E 312-16 con 5.216 %, en tanto que el menor es el originado por la combinación del E 308L-16 y E312-16 con 3.084 %

- Se concluyó que las probetas de material AISI 420, en un proceso GTAW con material de aporte ER-312, presentan mejores propiedades que las anteriores como es una resistencia a la tracción de 674.6 MPa, un límite de fluencia de 93.339 MPa y un alargamiento menor de 4.232%
- De las probetas sometidas a ensayos de impactos, referente a la energía absorbida da el valor mayor, es el espécimen con el material de aporte ER-308 con 91.29 J; en tanto que los valores menores son los originados por E 312-16 con 37.23 J, seguidos de los ER-312 con 45.582 J y de la combinación originada de ER-312 y ER-308 con 45.47 J.
- De igual manera de las probetas sometidas a ensayos de impactos, referente a la resistencia al impacto da el valor mayor, el espécimen con el material de aporte ER-308 con 1149.51 (J/cm²); en tanto que el valor menor es el generado por el E 312-16 con 201.59 (J/cm²).
- Con respecto al impacto las probetas de material AISI 420, se obtuvo que el material de aporte ER-308 en proceso GTAW marca mejores resultados, como son Energía absorbida 91.29 (J), Resistencia al impacto de 1149.51 (J/cm²).
- Con respecto a la dureza Vickers, las probetas de material AISI 420 con material de aporte combinado entre ER 312 y ER 308 en proceso GTAW obtiene mejores propiedades como es 240.4 (HV)
- Se efectuaron los procesos de soldadura SMAW Y GTAW en el acero inoxidable martensítico AISI 420 obteniendo mejores resultados en el proceso de tipo GTAW con ensayo de tracción ER-312, ensayos de impacto con ER-308 y referente a la dureza Vickers es la originada por la combinación de ER 308 y ER 312.
- Según el t student con un nivel significativo del 5%, con 2 colas de probabilidades y 8 grados de libertad, se obtiene un valor de 13.97 donde el valor es superior al rango determinado de ± 2.30 , por lo que se da por aceptado la hipótesis alterna.

- El proceso de soldadura más recomendable para la unión de este tipo de aceros inoxidables AISI 420 es el proceso GTAW debido a que este presenta una baja contaminación al momento de realizar el proceso de soldadura.
- Los parámetros de soldadura en el proceso de soldadura GTAW se ven influenciados con el diseño de la junta, espesor del material de aporte, posición y el gas de protección ya que este genera una gran tolerancia en las uniones soldadas al momento de realizar el maquinado de las mismas.

4.2. RECOMENDACIONES

- Al momento de maquinar las probetas tratarlas de hacer en frío para que no altere sus propiedades y den resultados reales, al analizar las juntas soldadas y observar los cambios que se producen entre materiales de aporte.
- Validar los resultados por métodos de elementos finitos y analíticos de los ensayos de tracción e impacto.
- Utilizar todos los equipos de protección personal debido a que el tipo de soldadura GTAW se trabaja a altas temperaturas y así también debido al gas de protección (Argón) genera dificultad al momento de respirar lo que genera molestias en la salud del soldador. Tener en cuenta el proceso obtenido para el maquinado y fusonado de material inoxidable como es el GTAW, con 5 probetas mínimas para el ensayo.
- Se recomienda ensayar la dureza Vickers con 5 probetas, tal como se dio con los ensayos de tracción e impacto.
- Se recomienda analizar por ensayos de dureza HB en juntas soldadas para corroborar la resistencia originada por los ensayos efectuados.
- Analizar micro estructuralmente los ensayos efectuados para corroborar y validar los resultados obtenidos, así como con los de doblado guiado para corroborar el material usado.
- Para realizar el proceso de soldadura se debe tener en cuenta que la superficie debe estar completamente limpia asegurándonos de que no existan residuos de aceite, pintura u otras impurezas.

- Posteriormente del análisis realizado al acero inoxidable martensítico AISI 420, se recomienda realizar un tratamiento térmico para verificar su nuevo comportamiento en sus propiedades mecánicas y poder comparar los nuevos resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Camacho, I. Gonzáles y J. Sánchez, Estudio comparativo del proceso de soldadura MIG y TIG en un acero inoxidable 416 utilizado en la industria alimentación y de generación de calor, México D.F.: Autor - Editor (Instituto Politécnico Nacional), 2011.

- [2] A. Rivadeneyra, Estudio comparativo de los procesos de soldadura SMAW y GMAW en las uniones de tuberías de transporte de combustible, Guayaquil: Autor - Editor (ESPOL), 2019, pp. 1-15.

- [3] L. Jaramillo, Velasteguí y Gabriel, Análisis comparativo de los procesos de soldadura GTAW-SMAW, GTAW-GMAW y GMAW-GMAW, aplicados en dos posiciones de soldadura 6G y 1GR utilizado en la Industria Petrolera en Tubería de Acero ASTM A-106 GRB, Quito: Autor - Editor (Escuela Politécnica Nacional), 2015.

- [4] W. Callister, Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Barcelona: Reverte S.A., 2003.

- [5] M. Pastor, Manual de soldadura eléctrica, Riobamba: ESA.

- [6] INDURA, Manual de Mantenimiento, Cerrillos, 2010.

- [7] D. Caisaguano, Desarrollo de procedimientos de soldadura, calificación de soldadores y control de calidad de estructuras soldadas de acuerdo con AWS D1.1, Riobamba: Autor - Editor (Escuela Politécnica de Chimborazo), 2013.

- [8] J. Velastegui, Estudio de los Procesos de Soldadura SMAW y GMAW sobre acero ASTM A36, A-500 y su incidencia en las propiedades mecánicas en las juntas

- soldadas de la estructura de buses, Ambato: Autor - Editor (Universidad Técnica de Ambato), 2014.
- [9] G. Romani, Desarrollo de un Sistema Interactivo de Gestión Integral de Parámetros de Influencia en Procedimientos de Soldadura Robotizada Para Procesos de Soldeo por Arco Eléctrico con Protección de Gas, MIG/MAG y TIG, Madrid: Autor - Editor (Universidad Politécnica de Madrid), 2005.
- [10] J. Paredes, Análisis y estudio para desarrollo de una guía de práctica para el laboratorio de ingeniería en soldadura de la FIMCP ESPOL de acuerdo con normas aplicables, Guayaquil: Autor - Editor (Escuela Politecnica del Litoral), 2005.
- [11] J. Badillo, Desarrollo de un Procedimiento de Soldadura con Proceso FCAW, mediante la aplicación del código AWS D1.1/2010 y D1.5m/d1.5 en puentes Estructurales y Análisis de la Microestructura Postsoldadura, Riobamba: Autor - Editor (Escuela Politécnica del Chimborazo), 2014.
- [12] Smith, Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales, Madrid: McGraw - Hill / Interamericana, 1998.
- [13] Callister y Rethwish, Diagrama de Hierro - Carbono, Massalki: ASM, 1990.
- [14] CARPENTER Aceros Fortuna, Acero inoxidable martensítico, 2014.
- [15] Maldonado y Sotomayor, Estudio de la Soldabilidad del Acero Resistente a Alta Temperatura AISI 314 Mediante el Proceso de Soldadura GTAW, Quito: Autor - Editor (Escuela Politécnica Nacional), 2013.
- [16] Lippold y Kotecki, Welding Metallurgy and Weldability of Stainless Steels, New Jersey: Inc., 2005.
- [17] Auz, Estudio del Tratamiento Térmico Post Soldadura del Acero Inoxidable Martensítico ASTM A743 grado CA6-NM y su incidencia en las Propiedades

Mecánicas del Material aplicado a la Recuperación de Rodetes Hidráulicos,
Ambato: Autor - Editor (Universidad Técnica de Ambato), 2017.

[18] American Welding Society AWS, Standard Methods for Mechanical Testing of
Welds - AWS B4.0, Miami: Autor - Editor, 2007.

[19] IVAN BOHMAN C.A., Catálogo de Productos iii Edición, Guayaquil: Autor -
Editor, 2016.

[20] INDURA, Manual de Aceros Inoxidables, Cerrillos: Autor - Editor, 2010.

[21] Murray y Larry, Estadística de Schaum, México : Mc GrawHill, 2009.

ANEXOS

ANEXO A-1: Especificaciones del acero inoxidable martensítico AISI 420

Acero Inoxidable - AISI 420 (Fe86.7/Cr13.0/C 0.3)

Información sobre el Material

[Compra Acero Inoxidable - AISI 420 on-line](#)

Los productos estándar están disponibles en estas formas



Hilo



Hoja



Plancha



Polvo



Vara

Elija una forma de buscar en nuestro catálogo on-line

Select 

Propiedades Eléctricas

| | |
|---|----|
| Resistividad Eléctrica ($\mu\Omega\text{mm}$) | 55 |
| Coefficiente de Temperatura (K^{-1}) | - |

Propiedades Físicas

| | |
|--|------|
| Densidad (g cm^{-3}) | 7,8 |
| Punto de Fusión ($^{\circ}\text{C}$) | 1450 |

Propiedades Mecánicas

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Alargamiento (%) | >12 |
| Módulo de Elasticidad (GPa) | 200 |
| Resistencia a la Tracción (MPa) | 860 |

Propiedades Térmicas

| | |
|---|------|
| Calor Específico a 23 $^{\circ}\text{C}$ ($\text{J K}^{-1} \text{kg}^{-1}$) | 460 |
| Coefficiente de Expansión Térmica @0-100 $^{\circ}\text{C}$ ($\times 10^{-6} K^{-1}$) | 10,3 |
| Conductividad Térmica a 100 $^{\circ}\text{C}$ ($\text{W m}^{-1} K^{-1}$) | 24,9 |

[Compra Acero Inoxidable - AISI 420 on-line](#)

Los productos estándar están disponibles en estas formas



Hilo



Hoja



Plancha



Polvo



Vara

PROPIEDADES FÍSICAS

| | | |
|------------------------|--------------------------|---|
| Densidad | 0.279 lb/in ³ | Resistividad eléctrica |
| | 7690 kg/m ³ | ohm-cir-mil/ft 331 |
| | | microhm-mm 550 |
| Calor específico medio | | Coefficiente medio de expansión |
| 32 / 212 °F | 0.11 Btu/lb*°F | térmica |
| 0 / 100 °C | 460 J/kg*K | 32 / 212°F 5.7X10 ⁻⁶ /°F |
| | | 0 / 100 °C 10.3X10 ⁻⁶ /K |

PROPIEDADES MECÁNICAS
TIPICAS A TEMPERATURA AMBIENTE.

Barra redonda de 1" (25.4 mm)

| Condición | Resistencia a la tensión | | Limite de Cedencia | | Elongación (%) | Reducción de área (%) | Dureza Brinell |
|---------------------|--------------------------|------|--------------------|------|----------------|-----------------------|----------------|
| | ksi | MPa | ksi | MPa | | | |
| Recocido | 95 | 655 | 50 | 345 | 25 | 55 | 196 |
| Templado y revenido | 250 | 1724 | 215 | 1482 | 8 | 25 | 512 |

TIPICAS A ALTA TEMPERATURA

Condición de Recocido.

| Temperatura de Prueba | | Resistencia a la Tensión | | Limite de Cedencia a 0.2% | | Elongación (%) a 2" (50.8 mm) | Reducción de área (%) |
|-----------------------|-----|--------------------------|------|---------------------------|------|-------------------------------|-----------------------|
| °C | °F | ksi | MPa | ksi | MPa | | |
| T. Ambiente | | 260 | 1793 | 184 | 1269 | | |
| 400 | 200 | 255 | 1758 | 227 | 1565 | 8 | 14 |
| 600 | 316 | 243 | 1675 | 225 | 1551 | 9 | 20 |
| 800 | 427 | 228 | 1572 | 198 | 1365 | 9 | 19 |
| 900 | 482 | 206 | 1310 | 206 | 1420 | 8 | 17 |
| 1000 | 538 | 99 | 683 | 96 | 662 | 20 | 57 |
| 1100 | 593 | 65 | 448 | 55 | 379 | 33 | 74 |
| 1200 | 649 | 49 | 338 | 42 | 290 | 35 | 82 |

Los datos indicados son típicos y una referencia básica, para detalles particulares dirigirse al departamento técnico de Aceros Fortuna al Tel. (0155) 5010-4898

ACERO INOXIDABLE MARTENSITICO

420
(SIMILAR AISI TIPO 420)

| | | |
|--------------------------------|---|---|
| ANÁLISIS QUÍMICO TÍPICO | <p>Carbono 0.15 mín. Manganeso 1.00 máx. Fósforo 0.04 máx. Azufre 0.03 máx.</p> | <p>Silicio 1.00 máx. Cromo 12.00 / 14.00</p> |
| DESCRIPCION | <p>Acero inoxidable martensítico, ferromagnético (lo atrae el imán), dentro de los martensíticos es un acero semi-suave pero adquiere muy buena dureza con el temple. Su mayor resistencia a la corrosión la presenta cuando ha sido templado y pulido. Resiste bien los ácidos orgánicos fríos, a los hidróxidos:</p> | <p>Sódico potásico, cálcico y amoníaco, a los nitratos, a los productos alimenticios en general, al vapor de agua, al aire no contaminado, etc. No debe emplearse en piezas que estén en ambientes salinos o en contacto con el agua de mar.</p> |
| APLICACIONES | <p>El tipo 420 ha sido utilizado para: Cuchillos, instrumentos quirúrgicos y dentales, tijeras, válvulas de bola, engranes flechas, levas, pivotes etc.</p> | <p>Cuando se requiera para moldes de plástico se deberá especificar dicha aplicación.</p> |
| TRATAMIENTO TERMICO | <p>Recocido: Para recocido isotérmico calentar uniformemente a 830 / 885°C (1525 / 1625 °F), y mantener por 2 hr enfriar lentamente en el horno, obteniéndose con este tratamiento una dureza aproximada de 95 HRb, para un recocido total se deberá calentar a una temperatura de 830 / 885 °C (1525 / 1625 °F) con enfriamiento lento no mayor a 17 a 22 °C por hora (30 a 40°F) hasta 595 °C (1100°F), para evitar la descarburación o carburación puede utilizarse una atmosfera protectora, con este tratamiento se obtiene una dureza de 86 a 95 HRb.</p> <p>Endurecido: Las piezas deberan estar libres de aceite o cualquier otro contaminante, como la conductividad termica es significativamente menor que en los aceros al Carbono y de baja aleación, los altos gradientes</p> | <p>termicos y altos esfuerzos pueden causar deformación o agrietamiento en piezas delicadas o de formas complicadas, es recomendable primero precalentar a 760/790 °C (1400 / 1450 °F), posteriormente austenizar a 980 / 1065 °C (1800 / 1950 °F) y enfriar en aceite.</p> <p>Revenido Calentar a una temperatura de 205 /370 °C (400 / 1700 °F) obteniéndose durezas de 48 a 56 HRc Un doble revenido es recomendable, enfriando las piezas a temperatura ambiente entre ambos revenidos.</p> |

Los datos indicados son típicos y una referencia básica, para detalles particulares dirigirse al departamento técnico de Aceros Fortuna al Tel. (0155) 5010-4898

Fig. 1 DIAGRAMA ISOTÉRMICO DE TRANSFORMACIÓN.
Austenizado a 900 °C (1650 °F) Fuente Republic Steel

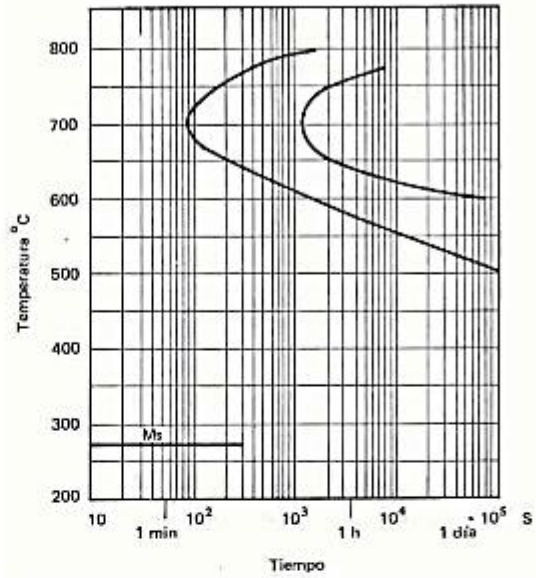
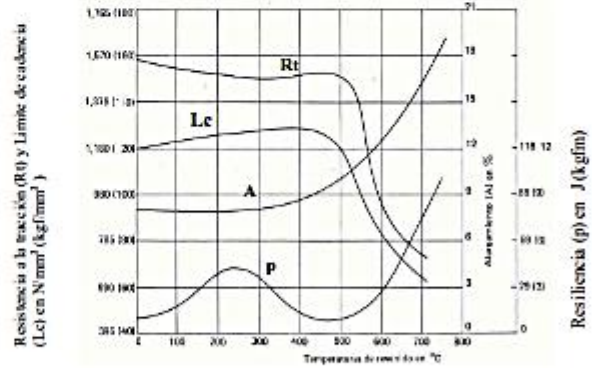


Fig. 2 PROPIEDADES MECANICAS EN FUNCION DE LA TEMPERATURA DE REVENIDO



CONDICION Y FORMAS DISPONIBLES

Redondo.
Placa

Recocido.

Los datos indicados son típicos y una referencia básica, para detalles particulares dirigirse al departamento técnico de Aceros Fortuna al Tel. (0155) 5010-4898

► Cód. IBCA: STAVAX ≅ AISI 420 ≅ W. Nr. 1.2083 ≅ UDDEHOLM STAVAX



Tratamiento térmico

Revenido

Elegir la temperatura de revenido de acuerdo con la dureza requerida según el gráfico de revenido. Revenir dos veces con enfriamiento intermedio a la temperatura ambiental. Mínima temperatura de revenido 180 °C, pero la mínima temperatura preferida es 250 °C. Tiempo mínimo de mantenimiento de temperatura, 2 horas.

Nota 1: Se recomienda revenir a 250 °C a fin de obtener una combinación óptima de tenacidad, dureza y resistencia a la corrosión.

Nota 2: Las curvas del gráfico son válidas para probetas. La dureza obtenida depende del tamaño del molde.

Nota 3: Una combinación de alta temperatura de austenización y baja temperatura de revenido, < 250 °C debe ser evitada ya que crea un alto nivel de tensiones en el molde.

Cambios dimensionales

Los cambios dimensionales durante el temple y revenido varían dependiendo de las temperaturas, equipos y métodos de enfriamiento utilizados en el tratamiento térmico. Es también de vital importancia el tamaño y la forma geométrica del utilaje. Por tanto, el utilaje deberá siempre fabricarse con tolerancia suficiente a fin de compensar los cambios dimensionales. Para la calidad STAVAX utilizar como guía un 0,15 %.

Durante el revenido

Tratamiento térmico

Durante el temple

Mostramos a continuación un ejemplo de cambios dimensionales ocurridos en una placa de 100 x 100 x 25 mm, revenida bajo las condiciones idóneas.

| Temple desde 1020 °C | Ancho % | Longitud % | Espesor % | |
|--------------------------------|---------|------------|-----------|--------|
| Temple en aceite | min. | + 0,02 | + 0,02 | + 0,04 |
| | máx. | - 0,05 | - 0,03 | --- |
| Temple escalonado martensítico | min. | + 0,02 | 0 | - 0,04 |
| | máx. | - 0,03 | + 0,03 | --- |
| Temple de aire | min. | - 0,02 | 0 | 0 |
| | máx. | + 0,02 | - 0,03 | --- |
| Temple vacío | min. | + 0,01 | 0 | - 0,04 |
| | máx. | - 0,02 | + 0,01 | --- |

Nota: Hay que sumar los cambios dimensionales experimentados durante el temple y revenido.

Soldadura

Se pueden obtener buenos resultados al soldar un acero para utilajes si se toman las precauciones necesarias durante la operación de soldadura (temperatura de trabajo elevada, preparación de la junta, elección de consumibles y buen procedimiento de soldadura). Si el utilaje debe ser pulido o fotograbado debe utilizarse un electrodo que tenga la misma composición.

| Método de soldadura | TIG | MMA |
|-----------------------------|-------------------|--------------|
| Temperatura de trabajo | 200 - 250 °C | 200 - 250 °C |
| Material de soldadura | STAVAX TIG - WELD | STAVAX WELD |
| Dureza después de soldadura | 54 - 56 HRC | 54 - 56 HRC |

Tratamiento térmico después de soldadura:

| | |
|-----------------|--|
| Templado | Revenir a 10 - 20 °C por debajo de la temperatura original de revenido. |
| Recocido blando | Proteger el acero y calentarlo en toda su masa a 890 °C. Luego enfriarlo en el horno 20 °C por hora hasta 850 °C, luego a 10 °C por hora hasta 700 °C y por último libremente al aire. |

Puede obtenerse información más detallada en el folleto de Uddeholm << Soldadura de Acero para Utilajes >>

► Cód. IBCA: STAVAX ≅ AISI 420 ≅ W. Nr. 1.2083 ≅ UDDEHOLM STAVAX



| Propiedades | | | Tratamiento térmico | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---------------------------------|---|--------|--------|---|----------------------------------|---------------------------------|---|-------------|-------------|---|----|------|
| Resistencia a la tracción a temperatura ambiente Los valores de resistencia a la tracción deben considerarse solamente como aproximados. Todas las muestras se tomaron de una barra (en la dirección de laminación) de 25 mm de diámetro. Templada en aceite 1025 ± 10 °C y revenida dos veces a la dureza indicada. | | | Recocido blando Proteger el acero y calentarlo en toda su masa a 890 °C. Luego enfriarlo en el horno 20 °C por hora hasta 850 °C, luego a 10 °C por hora hasta 700 °C y por último libremente en el aire. | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dureza</th> <th>50 HRC</th> <th>45 HRC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistencia a la tracción R_m N/mm² kp/mm²</td> <td>1780 180</td> <td>1420 145</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la elasticidad R_{p0.2} N/mm² kp/mm²</td> <td>1460 150</td> <td>1280 130</td> </tr> </tbody> </table> | | | Dureza | 50 HRC | 45 HRC | Resistencia a la tracción R _m N/mm ² kp/mm ² | 1780 180 | 1420 145 | Resistencia a la elasticidad R _{p0.2} N/mm ² kp/mm ² | 1460 150 | 1280 130 | Eliminación de tensiones Después del desbastado en máquina, debe calentarse el utensilio en toda su masa a 650 °C, tiempo de mantenimiento 2 horas. Enfriar lentamente hasta 500 °C y después libremente al aire. | | |
| Dureza | 50 HRC | 45 HRC | | | | | | | | | | | | |
| Resistencia a la tracción R _m N/mm ² kp/mm ² | 1780 180 | 1420 145 | | | | | | | | | | | | |
| Resistencia a la elasticidad R _{p0.2} N/mm ² kp/mm ² | 1460 150 | 1280 130 | | | | | | | | | | | | |
| Resistencia a la corrosión STAVAX es resistente a los ataques corrosivos del agua, vapor de agua, ácidos orgánicos débiles, soluciones diluidas de nitratos, carbonatos y otras sales. Un utensilio fabricado con STAVAX cuenta con una buena resistencia a la corrosión aunque trabaje y esté almacenado en lugares húmedos, y aunque se emplee para moldear plásticos corrosivos en condiciones de producción normales. STAVAX muestra la máxima resistencia a la corrosión cuando está revenido a baja temperatura y sometido a pulido espejo. | | | Temple Temperatura de precalentamiento: 600 - 850 °C. Temperatura de austenización: 1000 - 1050 °C, normalmente 1020 - 1030 °C. | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Temperatura °C</th> <th>Tiempo de mantenimiento minutos*</th> <th>Dureza antes del revenido (Hrc)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1020</td> <td>30</td> <td>56 2</td> </tr> <tr> <td>1050</td> <td>30</td> <td>57 2</td> </tr> </tbody> </table> | | | Temperatura °C | Tiempo de mantenimiento minutos* | Dureza antes del revenido (Hrc) | 1020 | 30 | 56 2 | 1050 | 30 | 57 2 |
| Temperatura °C | Tiempo de mantenimiento minutos* | Dureza antes del revenido (Hrc) | | | | | | | | | | | | |
| 1020 | 30 | 56 2 | | | | | | | | | | | | |
| 1050 | 30 | 57 2 | | | | | | | | | | | | |
| * Tiempo de mantenimiento = tiempo a la temperatura de temple después de que el utensilio está plenamente calentado en toda su masa. | | | Medios de enfriamiento <ul style="list-style-type: none"> • Aceite • Lecho fluidizado o baño de sales a 250 - 550 °C, luego enfriar con aire forzado • Gas a alta velocidad/atmósfera circulante. | | | | | | | | | | | |
| Influencia de la temperatura de revenido en la resistencia a la corrosión | | | Proteger el utensilio contra decarburación y oxidación durante el proceso de temple. | | | | | | | | | | | |
| | | | Medios de enfriamiento | | | | | | | | | | | |
| STAVAX muestra la máxima resistencia a la corrosión cuando está revenido a baja temperatura y sometido a pulido espejo. | | | A fin de obtener las propiedades óptimas, el enfriamiento debe realizarse lo más rápido posible, teniendo en cuenta una distorsión aceptable. Al tratar en horno de vacío, se recomienda una sobrepresión de 4 - 5 bars. Revenir el utensilio cuando ésta alcance 50 - 70 °C. | | | | | | | | | | | |
| Dureza, tamaño del grano y austenita retenida, en función de la temperatura de austenización | | | | | | | | | | | | | | |

► Cód. IBCA: STAVAX ≅ AISI 420 ≅ W. Nr. 1.2083 ≅ UDDEHOLM STAVAX



| Fotograbado | Pulido |
|---|---|
| <p>STAVAX cuenta con una estructura muy homogénea, y un contenido muy bajo de inclusiones metálicas, lo cual lo convierte en un material muy adecuado para realizar fotograbado. El proceso especial de fotograbado que debe utilizarse con STAVAX debido a su buena resistencia a la corrosión es bien conocido por todas las empresas que aplican ésta técnica.</p> | <p>STAVAX cuenta con una gran pulibilidad en condición de templado y revenido.</p> <p>Una técnica ligeramente distinta, en comparación con la que se aplica a otras calidades de acero para moldes, debe ser utilizada. La base principal de ésta técnica es utilizar pasos cortos durante el proceso de rectificado fino/pulido, no empezando a pulir sobre una superficie demasiado basta. Es también de vital importancia detener la operación de pulido inmediatamente después de haber suprimido la última marca del tamaño de grano anterior.</p> |

| Medidas en stock | | | |
|------------------|-------------------|---------------|-------------|
| Redondo | | Platinas | |
| Diámetro (mm) | Peso aprox.(kg/m) | Platinas (mm) | Peso (kg/m) |
| 35 | 7,7 | 54 x 206 | 89,0 |
| 50,8 | 16,3 | 63 x 500 | 252,0 |
| 63,5 | 25,4 | 80 x 200 | 128,0 |
| 76,2 | 36,6 | 80 x 500 | 320,0 |
| 90 | 51,0 | | |
| 102 | 65,5 | | |
| 127 | 101,6 | | |

* Medidas y pesos son teóricos IVAN BOHMAN C.A. facturará al peso del material una vez efectuado el corte

ANEXO A-2: Especificaciones de material de aporte proceso de soldadura GTAW.

VARILLA DE ACERO INOXIDABLE PARA PROCESO TIG

| | | | |
|-----------------|--------|-----|----------|
| ER 308 L | Norma: | AWS | ER 308 L |
|-----------------|--------|-----|----------|

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|-------|------|----|------|------|-----|----|-----|----|------|
| Análisis Químico: | C | 0.025 | máx. | Cr | 19.5 | FeNi | 9.0 | Mn | 1.0 | Si | 0.25 |
|--------------------------|---|-------|------|----|------|------|-----|----|-----|----|------|

Descripción: Varilla de acero inoxidable de bajo contenido de carbono. Su extra-bajo contenido de carbono reduce la formación de carburos de cromo por lo que disminuye la corrosión intergranular. Buena ductibilidad y resistencia al impacto y abrasión son beneficios adicionales.

| | | |
|-----------------|-------------------|---|
| Proceso: | TIG (G.T.A.W.) | GAS DE PROTECCION ARGÓN PURO (99.995%) |
|-----------------|-------------------|---|

| | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| Propiedades Mecánicas: | RESISTENCIA A LA TRACCIÓN | LIMITE DE FLUENCIA | ELONGACIÓN |
| | 80.000 Lbs./Pulg. ² | 39% | 46.000 Lbs./Pulg. ² |

| | | | | | | |
|---------------------------|--------------------|----------|---------|-----------|---------------------|--------------------|
| DATOS PARA SOLDAR: | ESPESOR DE TRABAJO | AMPERAJE | VOLTAJE | FLUJO GAS | ELECTRODO TUNGSTENO | VARILLA DE APOORTE |
| | mm Pulg | | | L/min | Ø | Ø |
| | 1.6 1/16 | 80-110 | 11 | 8 - 12 | 1/16 | 1/16 |
| | 2.5 3/32 | 90-120 | 12 | 8 - 12 | 1/16 | 2/32 |

Las condiciones de esta tabla son para soldadoras convencionales. Para otro tipo de equipos, consultar a Escuelas de Soldadura de AGA.

Importante: Las mejores condiciones para cada aplicación deben determinarse mediante pruebas, al momento de soldar.

Aplicaciones: Varilla de uso general para soldar todos los aceros inoxidables tipo 18 Cr/8Ni, tales como 301, 302, 302B, 303 Se, 304, 304 L, 305, 308, 321, 347, 348, 405, 410, 420, y los aceros inoxidables al cromo-níquel-manganeso, como 201 y 202, donde la resistencia a la corrosión es el principal requerimiento.

LONGITUD DE LA VARILLA: 900 mm.

PESO POR CAJA: 4.5 kg./10 lbs

VARILLA DE ACERO INOXIDABLE PARA PROCESO TIG

ER 312

Norma:

AWS

ER 312

Análisis Químico:

| | | | | | | | | | | | |
|----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|
| Al | 0.05 | Cr | 30.1 | Ni | 8.36 | Mo | 0.02 | Mn | 1.75 | Si | 0.44 |
|----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|

Descripción:

Varilla de aporte. La composición de esta varilla es especial, de estructura austenítica-ferrítica tipo 29/9 (Cr/Ni) y tiene alta resistencia a la tracción, ductibilidad y resistencia al impacto.

Proceso:

| | |
|-------------------|----------------------|
| TIG (G.T.A.W.) | GAS DE PROTECCIÓN |
| | ARGON PURO (99.995%) |

Propiedades:

| RESISTENCIA A LA TRACCIÓN | ELONGACIÓN | LIMITE DE FLUENCIA | DUREZA BRINELL |
|------------------------------------|------------|------------------------------------|----------------|
| 125.000 Lbs./Pulg. ² | 25% | 115.000 Lbs./Pulg. ² | 240 HB |

DATOS PARA SOLDAR:

| ESPESOR TRABAJO | AMPERAJE | VOLTAJE | FLUJO GAS | ELECTRODO TUNGSTENO | VARILLA DE APORTE |
|-----------------|----------|---------|-----------|---------------------|-------------------|
| | | | | | |
| 1.6 | 1/16 | 70-120 | 11 | 8-12 | 1/16 |
| 2.5 | 3/32 | 90-130 | 12 | 8-12 | 3/32 |

Las condiciones de esta tabla son para soldadoras convencionales. Para otro tipo de equipos, consultar a Escuelas de Soldadura de AGA.

Importante:

Las mejores condiciones para cada aplicación deben determinarse mediante pruebas, al momento de soldar.

Aplicaciones:

Varilla especial para soldar aceros de análisis desconocido difíciles de soldar:

- Acero al manganeso, acero de herramientas, acero con tratamiento térmico, etc.
- De uso frecuente para soldar acero inoxidable o aceros del carbono.
- Base para soldaduras de recubrimiento protector.

LONGITUD DE LA VARILLA: 900 mm.

PESO POR CAJA: 4.5 kg./10 lbs.

ANEXO A-3: Especificaciones de material de aporte proceso de soldadura SMAW.

| Call Customer Service For Availability: 1.877.754.7935 | | Covered Electrodes AWS E308L-15 KST-308L-15 | | AWS E308L-16 KST-308L-16 | | Stainless Steel AWS E308Mo-16 KST-308Mo-16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|--|------------------------------------|--|---|-----------------------|----------------------------|---|-----------|-----------|--------|--|------------|-----------------------|----------------------------|--|------------|-----------|--------|------------|------------|-----------------------------------|---------------------------|---|------------|---------|--------|---|--------|----------------|-------------------|----------|--------|--------|-------|------------|-----------|-------|-------|------------|------------|-------|-------|-----------|------------|--------|-------|------------|------------|---------|--------|------------|------------|---------|---|--|--|----------------|-------------------|-----|--|------|------|------------|------------|-------|-------|-----------|------------|--------|-------|------------|------------|---------|--------|------------|------------|---------|---|
| Typical Applications | Welding of low carbon 18%Cr-8%Ni stainless steel, (AISI 301, 302, 304 ,308, (AISI(SUS)304L). | | Welding of low carbon 18%Cr-8%Ni stainless steel (AISI (SUS) 304L). | | Butt and Fillet welding of ASTM CF8M stainless steel castings. Used for welding wrought materials such as Type 316L stainless when increased ferrite is desired. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <ol style="list-style-type: none"> Excellent welding efficiency because of high deposition rate. Remove water, rust, oil and all foreign matters from the groove prior to welding. Preheating is not necessary in general. | | <ol style="list-style-type: none"> Excellent welding efficiency because of high deposition rate. Remove water, rust, oil and all foreign matters from the groove prior to welding. | | <ol style="list-style-type: none"> Welds without brittleness due to structure of deposited weld metal. Good heat and corrosion resistance. All welds should be cleaned with a clean stainless steel wire brush. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Characteristics Of Usage | <table border="1"> <tr><td>Carbon</td><td>0.03 %</td></tr> <tr><td>Silicon</td><td>0.41 %</td></tr> <tr><td>Manganese</td><td>1.67 %</td></tr> <tr><td>Chromium</td><td>20.6 %</td></tr> <tr><td>Nickel</td><td>9.5 %</td></tr> </table> | | Carbon | 0.03 % | Silicon | 0.41 % | Manganese | 1.67 % | Chromium | 20.6 % | Nickel | 9.5 % | <table border="1"> <tr><td>Carbon</td><td>0.05 %</td></tr> <tr><td>Silicon</td><td>0.78 %</td></tr> <tr><td>Manganese</td><td>1.22 %</td></tr> <tr><td>Chromium</td><td>19.3 %</td></tr> <tr><td>Nickel</td><td>9.3 %</td></tr> </table> | | Carbon | 0.05 % | Silicon | 0.78 % | Manganese | 1.22 % | Chromium | 19.3 % | Nickel | 9.3 % | <table border="1"> <tr><td>Carbon</td><td>0.05 %</td></tr> <tr><td>Silicon</td><td>0.36 %</td></tr> <tr><td>Manganese</td><td>1.42 %</td></tr> <tr><td>Chromium</td><td>19.8 %</td></tr> <tr><td>Nickel</td><td>9.4 %</td></tr> <tr><td>Molybdenum</td><td>2.1 %</td></tr> </table> | | Carbon | 0.05 % | Silicon | 0.36 % | Manganese | 1.42 % | Chromium | 19.8 % | Nickel | 9.4 % | Molybdenum | 2.1 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Carbon | 0.03 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Silicon | 0.41 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Manganese | 1.67 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chromium | 20.6 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nickel | 9.5 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carbon | 0.05 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Silicon | 0.78 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Manganese | 1.22 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chromium | 19.3 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nickel | 9.3 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carbon | 0.05 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Silicon | 0.36 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Manganese | 1.42 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chromium | 19.8 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nickel | 9.4 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Molybdenum | 2.1 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Weld Metal Composition | <table border="1"> <tr><td>T-S (psi)</td><td>79,771</td></tr> <tr><td>EI</td><td>44 %</td></tr> <tr><td>40 % HNO₃</td><td>0.06 g/m² · hr</td></tr> </table> | | T-S (psi) | 79,771 | EI | 44 % | 40 % HNO ₃ | 0.06 g/m ² · hr | <table border="1"> <tr><td>T-S (psi)</td><td>79,771</td></tr> <tr><td>EI</td><td>44 %</td></tr> <tr><td>40 % HNO₃</td><td>0.06 g/m² · hr</td></tr> </table> | | T-S (psi) | 79,771 | EI | 44 % | 40 % HNO ₃ | 0.06 g/m ² · hr | <table border="1"> <tr><td>T-S (psi)</td><td>88,473</td></tr> <tr><td>EI</td><td>38 %</td></tr> <tr><td>5% H₂SO₄</td><td>5.0 g/m² · hr</td></tr> </table> | | T-S (psi) | 88,473 | EI | 38 % | 5% H ₂ SO ₄ | 5.0 g/m ² · hr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | T-S (psi) | 79,771 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EI | 44 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 % HNO ₃ | 0.06 g/m ² · hr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T-S (psi) | 79,771 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EI | 44 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 % HNO ₃ | 0.06 g/m ² · hr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T-S (psi) | 88,473 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EI | 38 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5% H ₂ SO ₄ | 5.0 g/m ² · hr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mechanical Properties | <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Dia in (mm)</th> <th rowspan="2">Length in (mm)</th> <th colspan="2">Amp</th> </tr> <tr> <th>Flat</th> <th>V&OH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5/64 (2.0)</td><td>9.8 (250)</td><td>40-50</td><td>35-45</td></tr> <tr><td>3/32 (2.4)</td><td>11.8 (300)</td><td>55-80</td><td>45-60</td></tr> <tr><td>1/8 (3.2)</td><td>13.8 (350)</td><td>90-130</td><td>70-90</td></tr> <tr><td>5/32 (4.0)</td><td>13.8 (350)</td><td>110-150</td><td>90-130</td></tr> <tr><td>3/16 (5.0)</td><td>13.8 (350)</td><td>140-170</td><td>-</td></tr> </tbody> </table> | | Dia in (mm) | Length in (mm) | Amp | | Flat | V&OH | 5/64 (2.0) | 9.8 (250) | 40-50 | 35-45 | 3/32 (2.4) | 11.8 (300) | 55-80 | 45-60 | 1/8 (3.2) | 13.8 (350) | 90-130 | 70-90 | 5/32 (4.0) | 13.8 (350) | 110-150 | 90-130 | 3/16 (5.0) | 13.8 (350) | 140-170 | - | <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Dia in (mm)</th> <th rowspan="2">Length in (mm)</th> <th colspan="2">Amp</th> </tr> <tr> <th>Flat</th> <th>V&OH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5/64 (2.0)</td><td>9.8 (250)</td><td>40-50</td><td>35-45</td></tr> <tr><td>3/32 (2.4)</td><td>11.8 (300)</td><td>55-80</td><td>45-60</td></tr> <tr><td>1/8 (3.2)</td><td>13.8 (350)</td><td>90-130</td><td>70-90</td></tr> <tr><td>5/32 (4.0)</td><td>13.8 (350)</td><td>110-150</td><td>90-130</td></tr> <tr><td>3/16 (5.0)</td><td>13.8 (350)</td><td>140-180</td><td>-</td></tr> </tbody> </table> | | Dia in (mm) | Length in (mm) | Amp | | Flat | V&OH | 5/64 (2.0) | 9.8 (250) | 40-50 | 35-45 | 3/32 (2.4) | 11.8 (300) | 55-80 | 45-60 | 1/8 (3.2) | 13.8 (350) | 90-130 | 70-90 | 5/32 (4.0) | 13.8 (350) | 110-150 | 90-130 | 3/16 (5.0) | 13.8 (350) | 140-180 | - | <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Dia in (mm)</th> <th rowspan="2">Length in (mm)</th> <th colspan="2">Amp</th> </tr> <tr> <th>Flat</th> <th>V&OH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3/32 (2.4)</td><td>13.8 (350)</td><td>50-80</td><td>40-70</td></tr> <tr><td>1/8 (3.2)</td><td>13.8 (350)</td><td>70-110</td><td>60-90</td></tr> <tr><td>5/32 (4.0)</td><td>13.8 (350)</td><td>110-150</td><td>90-130</td></tr> <tr><td>3/16 (5.0)</td><td>13.8 (350)</td><td>140-180</td><td>-</td></tr> </tbody> </table> | | Dia in (mm) | Length in (mm) | Amp | | Flat | V&OH | 3/32 (2.4) | 13.8 (350) | 50-80 | 40-70 | 1/8 (3.2) | 13.8 (350) | 70-110 | 60-90 | 5/32 (4.0) | 13.8 (350) | 110-150 | 90-130 | 3/16 (5.0) | 13.8 (350) | 140-180 | - |
| | Dia in (mm) | Length in (mm) | | | Amp | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Flat | | | V&OH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5/64 (2.0) | 9.8 (250) | 40-50 | 35-45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/32 (2.4) | 11.8 (300) | 55-80 | 45-60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/8 (3.2) | 13.8 (350) | 90-130 | 70-90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5/32 (4.0) | 13.8 (350) | 110-150 | 90-130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/16 (5.0) | 13.8 (350) | 140-170 | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dia in (mm) | Length in (mm) | Amp | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Flat | V&OH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5/64 (2.0) | 9.8 (250) | 40-50 | 35-45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/32 (2.4) | 11.8 (300) | 55-80 | 45-60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/8 (3.2) | 13.8 (350) | 90-130 | 70-90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5/32 (4.0) | 13.8 (350) | 110-150 | 90-130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/16 (5.0) | 13.8 (350) | 140-180 | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dia in (mm) | Length in (mm) | Amp | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Flat | V&OH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/32 (2.4) | 13.8 (350) | 50-80 | 40-70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/8 (3.2) | 13.8 (350) | 70-110 | 60-90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5/32 (4.0) | 13.8 (350) | 110-150 | 90-130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/16 (5.0) | 13.8 (350) | 140-180 | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Available Sizes / Rec. Parameters | 10# (5 kg) Carton | | 10# (5 kg) Carton | | 10# (5 kg) Carton | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Detailed Packaging Information | | Detailed Packaging Information | | Detailed Packaging Information | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Welding Positions | All Welding Positions | | All Welding Positions | | All Welding Positions | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | ABS, BV, CWB, GL, LR, TUV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Approved | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



KISWEL Supplier... For The Highest Demands
WELDING PRODUCTS

[SEARCH](#) [CONTENTS](#)

Covered Electrodes

AWS E309MoL-16

KST-309MoL-16

Build-up welding of AISI(SUS)316 clad steel or dissimilar steels.

1. Excellent crack resistance especially in the welding of dissimilar steels such as stainless steel to carbon steel.

| | |
|------------|--------|
| Carbon | 0.03 % |
| Silicon | 0.76 % |
| Manganese | 1.78 % |
| Chromium | 23.2 % |
| Nickel | 13.1 % |
| Molybdenum | 2.4 % |

| | |
|-----------|--------|
| T-S (psi) | 85,572 |
| EI | 41 % |

| Dia in (mm) | Length in (mm) | Amp | |
|----------------|-------------------|----------|--------|
| | | Flat | V&OH |
| 5/64 (2.0) | 9.8 (250) | 30-55 | 25-45 |
| 3/32 (2.4) | 11.8 (300) | 55-80 | 45-60 |
| 1/8 (3.2) | 13.8 (350) | 90-120 | 70-90 |
| 5/32 (4.0) | 13.8 (350) | 100-140 | 90-130 |
| 3/16 (5.0) | 13.8 (350) | 140 -180 | - |

10# (5 kg) Carton

[Detailed Packaging Information](#)

All Welding Positions

KR

AWS E310-16

KST-310-16

Welding of AISI(SUS) 310S, SCS 18 and clad side of 18%Cr-8%Ni stainless clad steels.

1. The deposited weld metal has optimized austenitic structure.
2. Good mechanical property and heat resistance of the deposited weld metal.

| | |
|-----------|--------|
| Carbon | 0.11 % |
| Silicon | 0.40 % |
| Manganese | 1.86 % |
| Chromium | 25.6 % |
| Nickel | 20.8 % |

| | |
|----------------------|----------------------------|
| T-S (psi) | 85,572 |
| EI | 40 % |
| 40% HNO ₃ | 0.08 g/m ² · hr |

| Dia in (mm) | Length in (mm) | Amp | |
|----------------|-------------------|-----------|--------|
| | | Flat | V&OH |
| 5/64 (2.0) | 9.8 (250) | 30-50 | 25-45 |
| 3/32 (2.4) | 11.8 (300) | 50-80 | 40-60 |
| 1/8 (3.2) | 13.8 (350) | 80-110 | 70-90 |
| 5/32 (4.0) | 13.8 (350) | 110-140 | 90-130 |
| 3/16 (5.0) | 13.8 (350) | 140 - 180 | - |

10# (5 kg) Carton

[Detailed Packaging Information](#)

All Welding Positions

CWB

Stainless Steel

AWS E312-16

KST-312-16

Welding of 29%Cr-9%Ni type cast steels and difficult-to-weld steels. Joint welding and hardfacing of stainless steel and heat-resisting steels.

1. Improved crack resistance due to high quantity of ferrite in the deposited weld metal.

| | |
|-----------|--------|
| Carbon | 0.08 % |
| Silicon | 0.45 % |
| Manganese | 1.30 % |
| Chromium | 29.1 % |
| Nickel | 8.5 % |

| | |
|-----------|---------|
| T-S (psi) | 111,679 |
| EI | 24 % |

| Dia in (mm) | Length in (mm) | Amp | |
|----------------|-------------------|----------|--------|
| | | F | V&OH |
| 3/32 (2.4) | 11.8 (300) | 40-80 | 35-75 |
| 1/8 (3.2) | 13.8 (350) | 70-110 | 70-90 |
| 5/32 (4.0) | 13.8 (350) | 110-140 | 80-120 |
| 3/16 (5.0) | 13.8 (350) | 140 -180 | - |

10# (5 kg) Carton

[Detailed Packaging Information](#)

All Welding Positions





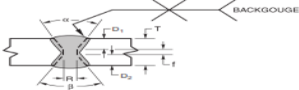
KISWEL
WELDING PRODUCTS

Supplier... For The Highest Demands

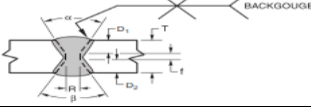
[SEARCH](#)

[CONTENTS](#)



ANEXO A-4: WPS. Procedimiento de soldadura probetas de tracción.

|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | | | |  | |
|---|---------|---|-------------|-----------------------------------|-------------------------|---|-------------------------|
| WPS ESPECIACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | | | | | | |
| Institución: | | Universidad Técnica de Ambato | | Identificación N° | | WPS PT | |
| Proceso de soldadura | | SMAW | | Soporte de PQR N° | | PA-ECU-PQR-001 | |
| Tipo: | Manual: | X | Automático: | | Semiautomático: | | Máquina: |
| Revisión: | 0 | Fecha: | 15/10/2019 | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | | |
| DISEÑO DE UNION | | | | POSICIÓN | | | |
| Tipo de Unión | | A TOPE | | Ranura | 1G | Filete | N/A |
| Tipo de soldadura | | RANURA EN X | | Plancha | N/A | Tubería | N/A |
| Abertura de Raíz | | N/A | | CARACTERISTICAS ELÉCTRICAS | | | |
| Longitud de cara de raíz | | N/A | | Modo de transferencia | | N/A | |
| Angulo de ranura : | | Radio J/U | | Corto Circuito: | | Globular: | Spray: |
| Soporte: | | SI | NO | X | Corriente: Proceso SMAW | | |
| Material de aporte: | | AWS E 312 | | AC: | | DCEP | 100A |
| Limpieza de Raíz | | SI | Método: | Moladora | Pulso: | DCEN | |
| METAL BASE | | | | TÉCNICA | | | |
| DATOS | | M.B.1 | M.B.2 | Aportación: | Oscilante | X | Recta |
| Grupos: | | 1 | 1 | Pase: | Múltiple | X | Simple |
| Especificación: | | AISI 420 | AISI 420 | Limpieza en pases: | SI | Método: | GRATA |
| Grado: | | N/A | N/A | PRECALENTAMIENTO | | | |
| Espesor: | | N/A | N/A | Temperatura de precalentamiento:1 | | 300°C | |
| | | | | 2 | | 200°C | |
| Diámetro (Tubería): | | 15 mm | 15 mm | Temperatura interpase | | 160°C | |
| Superficie: | | | | POSTCALENTAMIENTO | | | |
| Otros: | | | | Temperatura | N/A | Tiempo: | N/A |
| METAL DE APORTE | | | | PROTECCIÓN | | | |
| Especificación AWS: | | AWS 5.4 | | Fundente: Revestimiento Gas: | | N/A | |
| Clasificación AWS: | | E 312 | | Composición: | | N/A | |
| Marca: | | KISWEL | | Velocidad de Flujo: | | N/A | |
| Tamaño del electrodo: | | 3/32" | | Tamaño de la boquilla: | | N/A | |
| PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | | | | | | |
| Pase | Proceso | Material de aporte | | Corriente | | | Vel. de avance (mm/min) |
| | | Clase | Diámetro | Tipo y polaridad (AC/DC) | Amperaje (A) | Voltaje (V) | |
| 1 | SMAW | E 312 | 3/32" | DC | 120 | 20-22 | 190-1,80 |
| 2 | SMAW | E 312 | 3/32" | DC | 120 | 20-22 | 190-,1,30 |
| DETALLE DE LA JUNTA | | | | | | | |
|  | | | | | | | |
| Elaborado por: | | Jairo Pilatasig | | Fecha: | | 15-10-2019 | |
| Aprobado por: | | Ing. Mg. Henry Vaca | | Institución: | | UTA. | |



ANEXO A-5: WPS. Procedimiento de soldadura probetas de impacto y dureza.

|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | | | |  | |
|---|-----------|--|-------------|-----------------------------------|---------------------|---|-------------------------|
| WPS ESPECIACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | | | | | | |
| Institución: | | Universidad Técnica de Ambato | | Identificación N° | | WPS PT | |
| Proceso de soldadura | | SMAW | | Soporte de PQR N° | | PA-ECU-PQR-001 | |
| Tipo: | Manual: | X | Automático: | | Semiautomático: | | Máquina: |
| Revisión: | 0 | Fecha: | 15/10/2019 | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | | |
| DISEÑO DE UNION | | | | POSICIÓN | | | |
| Tipo de Unión | | A TOPE | | Ranura | 1G | Filete | N/A |
| Tipo de soldadura | | RANURA EN X | | Plancha | N/A | Tubería | N/A |
| Abertura de Raíz | | 3 mm | | CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS | | | |
| Longitud de cara de raíz | | N/A | | Modo de transferencia | | N/A | |
| Angulo de ranura : | 90 | Radio J/U | | Corto Circuito: | | Globular: | |
| Soporte: | SI | | NO | X | Corriente: | Proceso SMAW | |
| Material de aporte: | AWS E 312 | | | AC: | | DCEP | 120A-160A |
| Limpieza de Raíz | SI | Método | Moladora | Pulso: | | DCEN | |
| METAL BASE | | | | TÉCNICA | | | |
| DATOS | | M.B.1 | M.B.2 | Aportación: | Oscilante | X | Recta |
| Grupos: | 1 | 1 | | Pase: | Múltiple | X | Simple |
| Especificación: | AISI 420 | AISI 420 | | Limpieza en pases: | SI | Método: | GRATA |
| Grado: | N/A | N/A | | PRECALENTAMIENTO | | | |
| Espesor: | 14 mm | 14 mm | | Temperatura de precalentamiento:1 | | 300°C | |
| | | | | 2 | | 200°C | |
| Diámetro (Tubería): | | | | Temperatura interpase | | 160°C | |
| Superficie: | | | | POSTCALENTAMIENTO | | | |
| Otros: | | | | Temperatura | N/A | Tiempo: | N/A |
| METAL DE APORTE | | | | PROTECCIÓN | | | |
| Especificación AWS: | | AWS 5.4 | | Fundente: Revestimiento Gas: | | N/A | |
| Clasificación AWS: | | E 312 | | Composición: | | N/A | |
| Marca: | | KISWEL | | Velocidad de Flujo: | | N/A | |
| Tamaño del electrodo: | | 1/8" | | Tamaño de la boquilla: | | N/A | |
| PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | | | | | | |
| Pase | Proceso | Material de aporte | | Corriente | | | Vel. de avance (cm/min) |
| | | Clase | Diámetro | Tipo y polaridad (AC/DC) | Amperaje (A) | Voltaje (V) | |
| 1 | SMAW | E 308L | 1/8" | DC | 120 | 20-22 | 250-1,20 |
| 2 | SMAW | E 308L | 1/8" | DC | 120 | 20-22 | 250-1,20 |
| 3 | SMAW | E 308L | 1/8" | DC | 120 | 20-22 | 250-1,40 |
| DETALLE DE LA JUNTA | | | | | | | |
|  | | | | | | | |
| Elaborado por: | | Jairo Pilatasig | | Fecha: | | 15-10-2019 | |
| Aprobado por: | | Ing. Mg. Henry Vaca | | Institución: | | UTA. | |

ANEXO A-6: PQR. Procedimiento de soldadura probetas de tracción.

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA  | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------------------|-------------------------------|-------------|---------------|----------------------------------|---------------------|----------------------|----------------|-----------|--------|
| PQR ESPECIACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | | | | | | | | | | |
| Institución: | | | Universidad Técnica de Ambato | | | Identificación N° | | | WPS PT | | |
| Proceso de soldadura | | | GTAW | | | Soporte de PQR N° | | | PA-ECU-PQR-001 | | |
| Tipo: | Manual: | | X | Automático: | | | Semiautomático: | | | Máquina: | |
| Revisión: | 0 | Fecha: | 15/10/2019 | | Revisado por: | | Ing. Mg. Henry Vaca | | | | |
| DISEÑO DE UNION | | | | | | POSICIÓN | | | | | |
| Tipo de Unión | | | A TOPE | | | Ranura | | 1G | Filete | | N/A |
| Tipo de soldadura | | | RANURA EN X | | | Plancha | | N/A | Tubería | | N/A |
| Abertura de Raíz | | | N/A | | | CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS | | | | | |
| Longitud de cara de raíz | | | N/A | | | Modo de transferencia | | N/A | | | |
| Angulo de ranura : | | | Radio J/U | | | Corto Circuito: | | | Globular: | | Spray: |
| Soporte: | | SI | | NO | X | Corriente: | | Proceso GTAW | | | |
| Material de aporte: | | AWS ER 312 | | | AC: | | | DCEP | | 120A-160A | |
| Limpieza de Raíz | SI | Método: | | Moladora | | Pulso: | | | DCEN | | |
| METAL BASE | | | | | | TÉCNICA | | | | | |
| DATOS | | | M.B.1 | | M.B.2 | Aportación: | | Oscilante | X | Recta | |
| Grupos: | | | 1 | 1 | | Pase: | | Múltiple | X | Simple | |
| Especificación: | | | AISI 420 | | AISI 420 | Limpieza en pases: | | SI | Método: | | GRATA |
| Grado: | | | N/A | | N/A | PRECALENTAMIENTO | | | | | |
| Espesor: | | | N/A | | N/A | Temperatura de precalentamiento: | | 1 | 300°C | 2 | |
| Diámetro (Tubería): | | | 15 mm | 15 mm | | Temperatura interpase | | 160°C | | | |
| Superficie: | | | | | | POSTCALENTAMIENTO | | | | | |
| Otros: | | | | | | Temperatura | | N/A | Tiempo: | | N/A |
| METAL DE APORTE | | | | | | PROTECCIÓN | | | | | |
| Especificación AWS: | | | AWS 5.4 | | | Fundente: Revestimiento Gas: | | | N/A | | |
| Clasificación AWS: | | | E 312 | | | Composición: | | | N/A | | |
| Marca: | | | AGA | | | Velocidad de Flujo: | | | N/A | | |
| Tamaño del electrodo: | | | 3/32" | | | Tamaño de la boquilla: | | | N/A | | |
| PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | | | | | | | | | | |
| AWS DESIGNACION | | Ø (pul) | CORRIENT. (A)(120-160) | | VOLTAJ E (V) | T° Max Pre. | | T°C máxima INTERPASS | | | |
| ER 312 | | 3/32" | 120 | | 20-22 | 300°C | | 160°C | | | |
| PASE | | N° | VELOCIDAD (mm/min) | | PASE | N° | | VELOCIDAD (mm/min) | | | |
| Raíz | | 1 | 190-1,80 | | Relleno | 2 | | 190-,1,50 | | | |
| Elaborado por: | | Jairo Pilatasig | | | | Fecha: | | 15-10-2019 | | | |
| Aprobado por: | | Ing. Mg. Henry Vaca | | | | Institución: | | UTA. | | | |

ANEXO A-7: PQR. Procedimiento de soldadura probetas de impacto y dureza.

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA  | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------|-------------------------------|-------------|-----------------|------------------------------------|--------------|----------------------|---------------------|-----------|-------|
| PQR ESPECIACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | | | | | | | | | | |
| Institución: | | | Universidad Técnica de Ambato | | | Identificación N° | | | WPS PT | | |
| Proceso de soldadura | | | GTAW | | | Soporte de PQR N° | | | PA-ECU-PQR-001 | | |
| Tipo: | Manual: | | X | Automático: | | Semiautomático: | | | Máquina: | | |
| Revisión: | 0 | Fecha: | | 15/10/2019 | | Revisado por: | | | Ing. Mg. Henry Vaca | | |
| DISEÑO DE UNIÓN | | | | | | POSICIÓN | | | | | |
| Tipo de Unión | | | A TOPE | | | Ranura | | 1G | Filete | | N/A |
| Tipo de soldadura | | | RANURA EN X | | | Plancha | | N/A | Tubería | | N/A |
| Abertura de Raíz | | | 3 mm | | | CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS | | | | | |
| Longitud de cara de raíz | | | N/A | | | Modo de transferencia | | | N/A | | |
| Angulo de ranura : | | 90° | Radio J/U | | Corto Circuito: | | | Globular: | Spray: | | |
| Soporte: | | SI | NO | X | Corriente: | | Proceso GTAW | | | | |
| Material de aporte: | | | AWS ER 312 | | | AC: | | DCEP | | 120A-160A | |
| Limpieza de Raíz | | SI | Método: | | Moladora | | Pulso: | | DCEN | | |
| METAL BASE | | | | | | TÉCNICA | | | | | |
| DATOS | | | M.B.1 | | M.B.2 | Aportación: | | Oscilante | X | Recta | |
| Grupos: | | | 1 | | 1 | Pase: | | Múltiple | X | Simple | |
| Especificación: | | | AISI 420 | | AISI 420 | Limpieza en pases: | | SI | Método: | | GRATA |
| Grado: | | | N/A | | N/A | PRECALENTAMIENTO | | | | | |
| Espesor: | | | 14 mm | | 14 mm | Temperatura de precalentamiento: 1 | | | 300°C | | |
| | | | | | | 2 | | | 200°C | | |
| Diámetro (Tubería): | | | | | | Temperatura interpase | | | 160°C | | |
| Superficie: | | | | | | POSTCALENTAMIENTO | | | | | |
| Otros: | | | | | | Temperatura | | N/A | Tiempo: | | N/A |
| METAL DE APORTE | | | | | | PROTECCIÓN | | | | | |
| Especificación AWS: | | | AWS 5.4 | | | Fundente: Revestimiento Gas: | | | N/A | | |
| Clasificación AWS: | | | ER 312 | | | Composición: | | | N/A | | |
| Marca: | | | AGA | | | Velocidad de Flujo: | | | N/A | | |
| Tamaño del electrodo: | | | 1/8" | | | Tamaño de la boquilla: | | | N/A | | |
| PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | | | | | | | | | | |
| AWS DESIGNACION | | ∅ (pul) | CORRIENTE (A)(120-160) | | VOLTAJ E (V) | T° Max Pre. | | T°C máxima INTERPASS | | | |
| E 312-16 | | 1/8" | 120 | | 20-22 | 300°C | | 160°C | | | |
| PASE | | N° | VELOCIDAD (mm/min) | | PASE | N° | | VELOCIDAD (mm/min) | | | |
| Raíz | | 1 | 250-1,02 | | Relleno | 4 | | 250-1,20 | | | |
| Relleno | | 2 | 250-1,25 | | Relleno | 5 | | 250-1,20 | | | |
| Relleno | | 3 | 250-1,30 | | Relleno | 6 | | 250-1,40 | | | |
| Elaborado por: | | | Jairo Pilatasig | | | Fecha: | | | 15-10-2019 | | |
| Aprobado por: | | | Ing. Mg. Henry Vaca | | | Institución: | | | UTA. | | |

ANEXO B-1: Código de soldadura para aceros inoxidables

AWS D1.6/D1.6M:2017
An American National Standard



**Structural
Welding Code—
Stainless Steel**



AWS D1.6/D1.6M:2017
An American National Standard

Approved by the
American National Standards Institute
January 9, 2017

Structural Welding Code— Stainless Steel

3rd Edition

Supersedes AWS D1.6/D1.6M:2007

Prepared by the
American Welding Society (AWS) D1 Committee on Structural Welding

Under the Direction of the
AWS Technical Activities Committee

Approved by the
AWS Board of Directors

Abstract

This code covers the requirements for welding stainless steel structural assemblies.



4. Design of Welded Connections

Part A *General Requirements*

4.0 General

Stainless steel welded connections shall be designed to meet the loading requirements. The Engineer shall also consider other factors that might affect the suitability for service of the stainless steel structure, including, but not limited to, corrosion resistance, carbide sensitization, and creep. The provisions of AISC Design Guide 27: *Structural Stainless Steel* and of SEI/ASCE 8-02, *Specification for the Design of Cold-Formed Stainless Steel Structural Members*, may be applied in addition to the provisions of this code:

- (1) *Corrosion.* Necessary design adjustments shall be made, such as appropriate selection of base and filler metals and application of seal welds.
- (2) *Elevated Temperature.* For elevated service temperatures, a decrease in short-term and creep strengths of base and filler metals shall be considered.
- (3) *Heat Treatment.* Where necessary, heat treatment shall be prescribed.
- (4) *Dissimilar Connections.* The Engineer shall not design welded connections of an austenitic stainless steel member to a ferritic stainless steel, martensitic stainless steel or a carbon/low-alloy steel member without due consideration of a judicious choice of filler metal based on metallurgical criteria.
- (5) Other factors not mentioned herein, that could adversely affect the welded connection, shall be taken into account.

4.1 Contract Plans and Specifications

4.1.1 Plan and Drawing Information. Complete information regarding base metal specification designation, location, type, size, and extent of all welds shall be clearly shown on the contract plans and specifications, hereinafter referred to as the contract documents. If the Engineer requires specific welds to be performed in the field, they shall be designated in the contract documents. The fabrication and erection drawings, hereinafter referred to as the shop drawings, shall clearly distinguish between shop and field welds.

4.1.2 Notch Toughness Requirements. If notch toughness of welded joints is required, the Engineer shall specify the minimum absorbed energy with the corresponding test temperature for the filler metal classification to be used, or the Engineer shall specify that the WPSs be qualified with CVN tests. If WPSs with CVN tests are required, the Engineer shall specify the minimum absorbed energy, the test temperature, and whether the required CVN test performance is to be in the weld metal, or both in the weld metal and the HAZ.

4.1.3 Specific Welding Requirements. The Engineer, in the contract documents, and the Contractor, in the shop drawings, shall indicate those joints or groups of joints for which the Engineer or Contractor require a specific assembly order, welding sequence, welding technique, or other special precautions.

4.1.4 Weld Size and Length. Contract design drawings shall specify the effective weld length and, for PJP groove welds, the required weld size "(S)." For fillet welds and skewed T-joints, the following shall be provided on the contract documents:

- (1) For fillet welds between parts with surfaces meeting at an angle between 80° and 100°, contract documents shall specify the fillet weld size.

(2) For welds between parts with the surfaces meeting at an angle less than 80° or greater than 100° , the contract documents shall specify the effective throat. End returns and hold-backs for fillet welds, if required by design, shall be indicated on the contract documents.

4.1.5 Shop Drawing Requirements. Shop drawings shall clearly indicate by welding symbols or sketches the details of groove welded joints and the preparation of base metal required to make them. Both width and thickness of steel backing shall be detailed.

4.1.5.1 PJP Groove Welds. Shop drawings shall indicate the weld groove depths "D" needed to attain the weld size "S" required for the welding process and position of welding to be used.

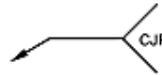
4.1.5.2 Fillet Welds and Welds in Skewed T-Joints. The following shall be provided on the shop drawings:

(1) For fillet welds between parts with surfaces meeting at an angle between 80° and 100° , shop drawings shall show the fillet weld size,

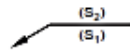
(2) For welds between parts with surfaces meeting at an angle less than 80° or greater than 100° , the shop drawings shall show the detailed arrangement of welds and required size to account for effects of joint geometry and, where appropriate, the Z-loss reduction for the process to be used and the angle,

(3) Shop drawings shall show end returns and hold backs.

4.1.5.3 Symbols. The contract documents shall show complete joint penetration (CJP) or partial joint penetration (PJP) groove weld requirements. Contract documents do not need to show the groove type or groove dimensions. The welding symbol without dimensions and with "CJP" in the tail designates a CJP weld as follows:



The welding symbol without dimension and without CJP in the tail designates a weld that will develop the adjacent base metal strength in tension and shear. A welding symbol for a PJP groove weld shall show dimensions enclosed in parentheses below "S₁" and/or above "S₂" the reference line to indicate the groove weld sizes on the arrow and other sides of the weld joint, as shown below:



4.1.5.4 Prequalified Detail Dimensions. The joint details described in Clause 5 have repeatedly demonstrated their adequacy in providing the conditions and clearances necessary for depositing and fusing sound weld metal to base metal. However, the use of these details shall not be interpreted as implying consideration of the effects of welding process on base metal beyond the fusion boundary nor suitability of the joint detail for a given application.

4.1.5.5 Special Details. When special groove details are required, they shall be detailed in the contract documents.

4.1.5.6 Specific Inspection Requirements. Any specific inspection requirements shall be noted on the contract documents.

4.2 Eccentricity of Connections

4.2.1 Intersecting Parts. Eccentricity between intersecting parts and members shall be avoided insofar as practicable.

4.2.2 Bending Stresses. Adequate provisions shall be made for bending stresses due to eccentricity resulting from the location and types of welds. Corner and T-joints that are to be subjected to bending about an axis parallel to the joint shall have their welds arranged to avoid concentration of tensile stress at the root of any weld.

4.2.3 Symmetry. For members having symmetrical cross sections, the connection welds shall be arranged symmetrically about the axis of the member, or proper allowance shall be made for asymmetrical distribution of stresses.

4.2.4 Center of Gravity. For axially stressed angles, the center of gravity of the connecting welds shall lie between the line of the center of gravity of the angle's cross section and the centerline of the connected leg. If the center of gravity

of the connecting weld lies outside of this zone, the total stresses, including those due to the eccentricity from the center of gravity of the angle, shall not exceed those permitted by the contract specification.

4.3 Allowable Stresses

4.3.1 Allowable Base Metal Stresses. The allowable stresses for the base metals shall be as specified in the applicable contract specification.

4.3.2 Allowable Stresses in Welds. For allowable stresses in welds, see Table 4.1.

4.3.2.1 Fillet Welds and Welds in Skewed T-Joints. Stress on the effective area of fillet welds and of welds in skewed joints shall be considered as shear stress, regardless of the direction of application.

4.3.2.2 Intermittent Fillet Welds. Intermittent fillet welds may be used to carry calculated static stress.

4.3.2.3 Plug and Slot Welds. When used, plug and slot welds shall only transfer shear, prevent buckling, or prevent separation of lapped parts.

4.3.2.4 Bending Stresses. Fiber stresses due to bending shall not exceed the values prescribed for tension and compression.

4.3.2.5 Increased Allowable Stresses. Where permitted in the applicable design specification, the allowable stresses, as defined in 4.3, may be increased.

4.3.2.6 Allowable Stresses Established by Testing. Mechanical properties of joints and allowable stresses may be established by testing. These tests shall be agreed upon between the Engineer and Contractor (see Notes in Table 4.1 and Annex G, G.2.2).

4.3.3 Fatigue Provisions. Fatigue stress provisions for structures subject to cyclic loading shall be determined by the Engineer and be included in the contract specification.

Contractual fatigue provisions shall be established by the Engineer based on, as applicable:

- (1) Data or considerations in AISC Design Guide 27.
- (2) Stainless steel fatigue provisions that are approved by the Engineer.
- (3) The environmental conditions such as fluids, temperatures, and atmospheres to which the structure will be subjected.
- (4) Conditions specific to thin-walled structures, such as load-induced distortion and local stress concentration. The hot spot stress approach may be considered to accommodate these conditions.
- (5) Consideration of the stress intensification effects of the weld details.
- (6) Fatigue performance of the applicable type and grade of stainless steels.

Part B

Weld Lengths and Areas

4.4 Effective Areas

4.4.1 Groove Welds

4.4.1.1 Effective Area. The effective area of groove welds shall be the effective length multiplied by the effective weld size.

4.4.1.2 Effective Weld Size

(1) For CJP groove welds, the effective weld size shall be the thickness of the thinner part joined. No weld size increase for weld reinforcement shall be allowed.

(2) For PJP groove welds, the effective weld size shall be as determined in 5.10 and 5.13 for joints with beveled edges and as determined in 4.4.1.2(4) for flare-groove welds. In order to establish larger weld sizes, qualification testing per 6.7.2.2 is required. No weld size increase for penetration into the joint root or for weld reinforcement shall be allowed (see Annex A).

(3) For PJP groove welds with reinforcing fillet welds, see 4.4.2.2(2) and 4.4.2.2(3).

(4) For flare-groove welds filled flush, the weld size shall be as shown in Table 4.2 (see Annex A).

4.4.1.3 Effective Length. The maximum effective length of any groove weld, regardless of orientation, shall be the width of the part joined perpendicular to the direction of tensile or compressive stress. For groove welds transmitting shear, the effective length is the length specified.

4.4.2 Fillet Welds, PJP Welds with Reinforcing Fillet Welds, and Welds in Skewed Joints

4.4.2.1 Effective Area. The effective area shall be the effective weld length multiplied by the effective throat [see also 4.4.2.3(2)].

4.4.2.2 Effective Throat

(1) For fillet welds, the effective throat shall be the shortest distance from the joint root to the weld face of the diagrammatic weld (see Annex A).

(2) For PJP groove welds with reinforcing fillet welds, the effective throat shall be the shortest distance from the joint root to the weld face of the diagrammatic weld minus 1/8 in [3 mm] for any groove detail requiring such deduction (see 5.10 and 5.13, Figure 5.3, and Annex A).

(3) For flare-bevel-groove welds with reinforcing fillet welds, the effective throat shall be the shortest distance from the joint root to the weld face of the diagrammatic weld minus the deduction for incomplete joint penetration (see Table 4.2 and Annex A).

(4) For skewed joints having angles between parts of 60° or more, the weld effective throat shall be the shortest distance from the joint root to the face of the diagrammatic weld as determined in Annex B. For angles less than 60°, the provisions of 4.16 shall apply.

4.4.2.3 Effective Lengths of Fillet Welds

(1) *Straight Welds.* The effective length of a fillet weld shall be the overall length of the weld, including end returns. No reduction in effective specified length shall be made for either the start or stop crater of the weld.

(2) *Curved Welds.* The effective length of a curved fillet weld shall be measured along the centerline of the effective throat. If the effective area of a fillet weld in a hole or slot calculated from this length is greater than the area calculated from 4.5.5, then this latter area shall be used as the effective area of the fillet weld.

(3) *Minimum Length.* The minimum effective length of a fillet weld shall be at least four times the nominal size, or the effective size of the weld shall be considered not to exceed 25% of its effective length.

The minimum length of an intermittent fillet weld segment shall be 1-1/2 in [40 mm] unless otherwise shown on approved design drawings.

4.4.2.4 Maximum Specified Fillet Weld Size in Lap Joints. The maximum fillet weld size detailed along the edges of base metal in lap joints (see Figure 4.1) shall be the following:

(1) The thickness of the base metal, for metal less than 1/4 in [6 mm] thick.

(2) 1/16 in [2 mm] less than the thickness of base metal, for metal 1/4 in [6 mm] or more in thickness, unless the weld is designated on the drawing to be built out to obtain full throat thickness. In the as-welded condition, the distance between the edge of the base metal and the toe of the weld may be less than 1/16 in [2 mm], provided the weld size is clearly verifiable.

4.4.3 Length and Spacing of Longitudinal Fillet Welds. If longitudinal fillet welds are used alone in lap joint end connections, the length of each fillet weld shall be no less than the perpendicular distance between the welds. The transverse spacing of longitudinal fillet welds used in end connections shall not exceed 8 in [200 mm], unless end transverse welds or intermediate plug or slot welds are used. The longitudinal fillet weld may be either at the edges of the member or in the slots.

4.4.4 Fillet Weld Terminations

4.4.4.1 Unless otherwise specified in this code or other contract documents, fillet welds connecting attachments need not start nor terminate less than the weld size from the end of the joint.

4.4.4.2 Boxing. Fillet welds stressed by forces not parallel to the faying surface shall not terminate at corners of parts or members, except as required in 4.4.4.3, but shall be returned continuously, full size, around the corner for a length equal to twice the weld size where such return can be made in the same plane. Boxing shall be indicated on design and detail drawings where required.

4.4.4.3 Opposite Sides of a Common Plane. For cyclically loaded structures, fillet welds deposited on the opposite sides of a common plane may be, at the discretion of the Engineer, continuous around the common corner or interrupted (see Figure 4.2). The selected option shall be specified in the contract documents and in shop drawings. For the continuous weld option, consideration shall be given to ensure that excessive undercut is avoided and that the full weld size is maintained throughout the corner.

4.4.5 Fillet Welds in Holes or Slots

4.4.5.1 Fillet welds in holes or slots in lap joints may be used to transfer shear or to prevent buckling or separation of lapped parts. Fillet welds in holes or slots are not to be considered as plug or slot welds.

4.4.5.2 Sizes of holes and slots in which fillet welds are to be deposited shall be large enough to ensure that the fillet welds do not overlap, and base metal is visible between the weld toes.

Should the fillet welds in holes or slots overlap, the welds shall be considered as partially filled plug or slot welds (see 4.5).

4.4.5.3 Slot Ends. Except for those ends extending to the edge of the part, the ends of the slots in which fillet welds are to be deposited shall be semicircular or shall have the corners rounded to a radius not less than the thickness of the part in which it is made.

4.5 Plug and Slot Welds

4.5.1 Plug Weld Spacing. The minimum center-to-center spacing of plug welds shall be four times the diameter of the hole.

4.5.2 Slot Weld Spacing. The minimum spacing of lines of slot welds in a direction transverse to their length shall be four times the width of the slot. The minimum center-to-center spacing in a longitudinal direction on any line shall be two times the length of the slot.

4.5.3 Plug Weld Sizes. The minimum diameter of the hole in which a plug weld is to be deposited shall be the thickness of the part in which it is made plus 5/16 in [8 mm]. The maximum diameter of the hole shall be the minimum diameter plus 1/8 in [3 mm] or 2-1/4 times the thickness of the part, whichever is greater.

4.5.4 Slot Weld Sizes and Shape. The minimum width of slot in which a slot weld is to be deposited shall be the thickness of the part in which it is made plus 5/16 in [8 mm] or 2-1/2 times the thickness of the member, whichever is smaller. The maximum width of the slot shall be the minimum width plus 1/8 in [3 mm] or 2-1/4 times the thickness of the part, whichever is greater. The ends of the slot shall be semicircular.

4.5.5 Plug and Slot Weld Effective Areas. The effective area shall be the nominal area of the hole or slot in the plane of the faying surface.

4.5.6 Depth of Filling of Plug and Slot Welds. The depth of filling of plug or slot welds in metal 5/8 in [16 mm] thick or less shall be equal to the thickness of the material. In metal over 5/8 in [16 mm] thick, it shall be at least one-half the thickness of the material, but no less than 5/8 in [16 mm]. The Engineer may specify an alternative limit of depth of filling. In no case is the depth of filling required to be greater than the thickness of the thinner part being joined.

Part C

Miscellaneous Structural Details

4.6 General

These provisions define requirements, limitations, and prohibitions for typical welded structural details, such as filler plates, lap joints, transitions, connections or splices, stiffeners, built-up members/shapes for statically loaded structures, plug and slot dimensions, specific requirements for cyclically loaded structures, and weld combinations. Details shall promote ductile behavior, minimize restraint, avoid undue concentration of welding, and afford ample access for depositing the weld metal.

4.7 Filler Plates

4.7.1 Filler Plate Usage. Filler plates may be used in:

- (1) Splicing parts of different thicknesses.
- (2) Connections that, due to existing geometric alignment, must accommodate offsets to permit simple framing.

4.7.2 Filler Plates Less Than 1/4 in [6 mm]. Any filler plate less than 1/4 in [6 mm] thick shall not be used to transfer stress, but shall be kept flush with the welded edges of the stress-carrying part. The sizes of welds along such edges shall be increased over the required sizes by an amount equal to the thickness of the filler plate.

4.7.3 Filler Plates 1/4 in [6 mm] and Larger. Any filler plate 1/4 in [6 mm] or more in thickness shall be capable of transferring the stress and shall extend beyond the edges of the splice plate or connection material. It shall be welded to the part on which it is fitted, and the joint shall be of sufficient strength to transmit the splice plate or connection material stress applied at the surface of the filler plate as an eccentric load. The welds joining the splice plate or connection material to the filler plate shall be sufficient to transmit the splice plate or connection material stress and shall be long enough to avoid overstressing the filler plate along the toe of the weld.

4.7.4 Filler Plates Used for Dissimilar Thickness Connections. For assemblies, in which the thickness is less than 1/4 in [6 mm], the Engineer may specify a limit of filler plate thickness less than 1/4 in [6 mm] as determined in 4.7.2 and 4.7.3. In no case, however, shall the thickness of filler plate used as per 4.7.3 be less than the thickness of the thinner of the connected parts.

4.8 Lap Joints

4.8.1 Minimum Overlap. The minimum overlap of parts in stress-carrying lap joints shall be five times the thickness of the thinner part joined but not less than 1 in [25 mm] (see Figures 4.3 and 4.4).

4.8.2 Double Fillet Welded Lap Joints. Lap joints in parts carrying axial stress shall be double-fillet welded (see Figure 4.4), except where deflection of the joint is sufficiently restrained to prevent it from opening under load.

4.8.3 Double Plug or Slot Welds. Unless lateral deflection of the parts is prevented, they are to be connected by at least two transverse lines of plug or slot welds, or by two or more longitudinal slot welds.

4.9 Transitions of Butt Joints in Nontubular Connections

Butt joints between axially aligned members of different thicknesses or widths, or both, and subject to fatigue loads, shall have appropriate transition in thickness as per 4.9.1 and in width as per 4.9.2. For statically loaded joints, transitions need not be provided unless required by the Engineer.

4.9.1 Transition in Thicknesses. For cyclically loaded joints, the slope in the transition in thickness shall not exceed 1 in 2-1/2 with the surface of either part (see Figure 4.5). The transition shall be accomplished by chamfering the thicker part, sloping the weld metal, or by any combination of these.

4.9.2 Transition in Width. For cyclically loaded joints, parts having different widths shall have a smooth transition between offset edges at a slope of no more than 1 in 2-1/2 with the edge of either part or shall be transitioned with a 2 ft [600 mm] minimum radius tangent to the narrower part of the center of the butt joints.

4.10 Transitions in Tubular Connections

4.10.1 Size Transition. Flared connections and tube size transitions not excepted below shall be checked for local stresses caused by the change in direction [angle (Ψ)] at the transition. Exceptions for static loads: Circular tubes having D/t less than 30, box sections having a/t less than 20, and transition slopes for circular tubes and box sections less than 1 in 4.

4.10.2 Transition in Thicknesses. Tension butt joints in cyclically loaded axially aligned primary members of different material thicknesses or size shall be made in such a manner that the slope through the transition zone does not exceed 1 in 2-1/2. The transition shall be accomplished by chamfering the thicker part, sloping the weld metal, or by any combination of these methods (see Figure 4.6). For statically loaded joints, transitions need not be provided, unless required by the Engineer.

4.11 Joint Configurations and Details

4.11.1 General Considerations. Welded connections shall be designed in conformance with the contract documents.

4.11.2 Compression Member Connections and Splices

4.11.2.1 Connections and Splices Designed to Bear Other than Connections to Base Plates. Column splices that are finished to bear shall be connected by PJP groove welds or by fillet welded details sufficient to hold the parts in place. Where compression members other than columns are finished to bear at splices or connections, welds shall be designed to hold all parts in alignment and shall be proportioned for 50% of the force in the member.

4.11.2.2 Connections and Splices Not Finished to Bear Except for Connections to Base Plates. Welds joining splices in columns and splices and connections in other compression members that are not finished to bear, shall be designed to transmit the force in the members, unless CJP welds or more restrictive requirements are specified in contract documents or governing specifications.

4.11.2.3 Connections to Base Plates. At base plates of columns and other compression members, the connection shall be adequate to hold the members securely in place.

4.12 Built-Up Members in Statically Loaded Structures

4.12.1 Minimum Required Welding. If two or more plates or rolled shapes are used to build up a member, sufficient welding (fillet, plug, or slot type) shall be provided to make the parts act in unison but not less than that which may be required to transmit the calculated stress between the parts joined.

4.12.2 Maximum Longitudinal Spacing of Intermittent Welds. In built-up tension and compression members, longitudinal spacing of intermittent welds connecting a plate component to other components shall not exceed 24 times the thickness of the thinner plate nor exceed 12 in [300 mm]. The longitudinal spacing between intermittent fillet welds connecting two or more rolled shapes shall not exceed 24 in [600 mm].

4.12.3 Intermittent or Partial Length Groove Welds. Intermittent or partial length groove welds shall be prohibited except as specified in 4.12.4.

4.12.4 Groove Welds in Elements Connected by Fillet Welds. Members built-up of elements connected by fillet welds, at points of localized load application, may have groove welds of limited length to participate in the transfer of the localized load. The groove weld shall extend at uniform size for at least the length required to transfer the load. Beyond this length, the groove shall be transitioned in depth to zero over a distance not less than four times its depth. The groove shall be filled flush before the application of the fillet weld.

4.13 Noncontinuous Beams

The connections at the ends of noncontinuous beams shall be designed with flexibility to avoid excessive secondary stresses due to bending. Seated connections with a flexible or guiding device to prevent end twisting are recommended.

4.14 Specific Requirements for Cyclically Loaded Structures

4.14.1 Connections of Components of Built-Up Members. When a member is built up of two or more pieces, the pieces shall be connected along their longitudinal joints by sufficient continuous welds to make the pieces act in unison.

4.14.2 Prohibited Types of Joints and Welds

4.14.2.1 In butt joints, PJP welds subject to tension normal to their longitudinal axes are prohibited. In other joints, transversely loaded PJP welds are prohibited, unless fatigue design criteria allow for their application.

4.14.2.2 Intermittent groove welds are prohibited.

4.14.2.3 Intermittent fillet welds are prohibited.

4.14.2.4 Plug and slot welds on primary tension members are prohibited.

4.15 Combinations of Different Types of Welds

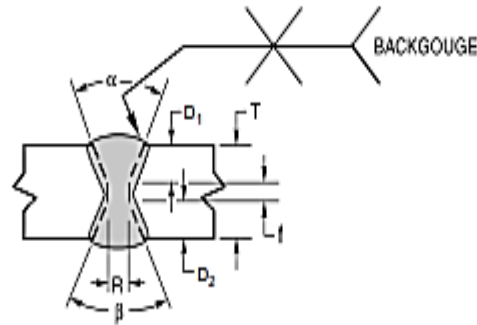
If two or more welds of different types (groove, fillet, plug, slot) are combined to share the load in a single connection, the capacity of the connection shall be calculated as the sum of the individual welds determined relative to the direction of applied load. This method of adding individual capacities of welds does not apply to fillet welds reinforcing PJP groove welds (see Annex A).

4.16 Skewed T-Joints (see Annex B, Figure B.1).

Z-loss values for skewed T-joints in stainless steels, having angles between members less than 60°, have not been determined. Therefore, these joints shall be qualified in accordance with Clause 6 to establish the effective weld size that can be consistently achieved for a given set of procedural conditions.

ANEXO B-3: diseño de conexiones soldadas.

Double-V-groove weld (3)
Butt joint (B)



| For B-U3c-S only | | |
|------------------|----------------|----|
| T | D ₁ | |
| Over | to | |
| 50 | 60 | 35 |
| 60 | 80 | 45 |
| 80 | 90 | 55 |
| 90 | 100 | 60 |
| 100 | 120 | 70 |
| 120 | 140 | 80 |
| 140 | 160 | 90 |

For T > 160 or T ≤ 50
D₁ = 2/3 (T - 6)

ALL DIMENSIONS IN mm

| Welding Process | Joint Designation | Base Metal Thickness Max. (U = Unlimited) T | Groove Preparation | | | Allowed Welding Positions | Notes |
|---|-------------------|---|---|--|--------------------------|---------------------------|---------------|
| | | | Root Opening Root Face Groove Angle | Tolerances As Detailed (see 5.11.2) As Fit-Up (see 5.11.2) | | | |
| SMAW | B-U3b | U | R = 0 to T/2 ≤ 3 | +T/2 ≤ 2, -0 | +2, -T/2 ≤ 3 | All | d, i, k, o |
| GTAW | B-L3b | 50 | f = 0 to T/2 ≤ 3 | +T/2 ≤ 2, -0 | Not limited ^a | All | a, d, i, k, o |
| GMAW FCAW | B-U3-GF | U | α = β = 60° | +10°, -0° | +10°, -5° | All | a, d, i, k, o |
| SAW | B-U3c-S | 12 min. to U | R = 0 | +2, -0 | +2, -0 | F | d, i, k |
| | | | f = 6 min. | +6, -0 | +6, -0 | | |
| | | | α = β = 60° | +10°, -0 | +10°, -5° | | |
| To find D ₁ see table above: D ₂ = T - (D ₁ + f) | | | | | | | |

^a Limited by minimum groove depth.

**Figure 5.4 (Continued)—Prequalified CJP Groove Welded Joint Details
(Dimensions in Millimeters)—Nontubular
[see 5.10.2, 5.11.2(1), 5.11.2(2), 5.11.4, 5.11.6, 5.13.4(1), 5.13.4(2), 7.8.2, and 7.8.4]**

ANEXO B-4: Proceso de soldadura

AWS D1.6/D1.6M:2017

5. Prequalification

5.1 Scope

Included in this clause are requirements for the generation and application of Prequalified Welding Procedure Specifications (PWPSs). As such, PWPSs are exempt from qualification by testing in accordance with Clause 6, as are applicable Standard Welding Procedure Specifications (SWPSs) of the AWS B2.1-X-XXX series. PWPSs must be documented (see Annex H for a recommended format). PWPSs may be used to join members for service in the temperature range of -100°F to 800°F [-75°C to 430°C]. This clause applies only to nominally austenitic stainless steel base metals and filler metals whose as-welded weld metal normally contains delta ferrite of at least 3 Ferrite Number (FN) as determined in accordance with Figure 5.1. Filler metals used for prequalified WPSs shall have strengths that equal or exceed the corresponding minimum specified base metal strength and provide resistance to normal atmospheric corrosion.

Prequalification may still be applicable if the selected materials are listed in Tables 5.2 and 5.3 and is permitted by 1.4. All other materials shall be qualified per the requirements of Clause 6.

Welders and welding operators that use PWPSs shall be qualified in conformance with Clause 6.

NOTE: The use of prequalified joints or a prequalified WPS is not a substitute for education, experience or engineering judgment in the welding of stainless steel structures.

5.2 Welding Processes

5.2.1 Prequalified Welding Processes. WPSs that conform to the provisions of Clause 5 for shielded metal arc welding (SMAW), gas metal arc welding (GMAW), gas tungsten arc welding (GTAW) (including autogenous GTAW), and flux cored arc welding (FCAW) are prequalified and approved for use without the WPS qualification tests prescribed in Clause 6. SAW WPSs that conform to the provisions of 5.2.2 are also prequalified.

5.2.2 Submerged Arc Welding (SAW). Fluxes for SAW of stainless steels are not presently classified by AWS. Fluxes of a particular trade designation may be used with PWPSs for welding stainless steels when it can be proven that the weld metal deposit produced using the flux has a FN of at least 3.

This can be determined from either a test weld or a production weld using a base metal in Table 5.2, a matching filler metal from Table 5.3, and the flux.

The FN shall be determined from the top centerline of the weld bead using an instrument calibrated according to AWS A4.2M (ISO 8249:2000 MOD), *Standard Procedures for Calibrating Magnetic Instruments to Measure the Delta Ferrite Content of Austenitic and Duplex Ferritic-Austenitic Stainless Steel Weld Metal*.

5.2.2.1 SAW that does not meet the requirements of 5.2.2 shall be qualified as prescribed in Clause 6.

5.2.2.2 Melted Flux (Crushed Slag). Crushed slag shall not be used as flux in prequalified SAW WPSs and its use shall be qualified as prescribed in Clause 6.

5.2.3 Code-Approved Processes. Plasma arc welding (PAW) may be used, provided the WPSs are qualified in accordance with the requirements of Clause 6.

5.2.4 Other Welding Processes. Other welding processes may be used, provided they are approved by the Engineer and the WPS using the processes are qualified in accordance with Clause 6.

5.3 Base Metal/Filler Metal Combinations

5.3.1 Base Metals. The base metals listed in Table 5.2 may be used in prequalified WPSs.

5.3.2 Filler Metals. Table 5.3 lists filler metal classifications divided into groups based upon strength. Base metals listed in Table 5.2 shall be welded with filler metals from either the corresponding group or a higher group in Table 5.3.

In the event that base metals from two different groups in Table 5.2 are to be joined, filler metal from the filler metal group in Table 5.3 corresponding to either of the two base metal groups in Table 5.2 shall be considered prequalified.

5.3.3 Electrode or Electrode-Flux Combinations. The electrodes, including electrodes for SAW, shall be as specified in Table 5.3. SAW electrode-flux combinations described in 5.2.2 may be used in prequalified WPSs. Other SAW electrode-flux combinations shall be qualified according to Clause 6.

5.3.4 Filler Metal Certifications. When requested by the Engineer, the Contractor shall furnish the filler metal manufacturer's certification stating the following:

- (1) That the electrode meets the requirements of the classification;
- (2) For electrodes for SMAW, GMAW, and FCAW, and for rods or consumable inserts for GTAW, the typical mechanical properties of the as-deposited weld metal; and
- (3) The specimen for the all-weld-metal test shall contain at least 3 FN when tested with an instrument calibrated according to AWS A4.2M (ISO 8249:2000 MOD).

5.3.5 Filler Metal Ferrite Number. For filler metals listed in Table 5.3, the certification shall indicate the measured weld deposit Ferrite Number or a calculated Ferrite Number of at least 3 using the typical filler metal composition and Figure 5.1.

5.4 Engineer's Approval for Auxiliary Attachments

5.4.1 The Engineer may approve unlisted metals for use as auxiliary attachments or components. If the chemical composition of such components falls within the range of any base metal listed in Table 5.2, it may be welded with a prequalified WPS. The filler metal shall meet the requirements of 5.3.2.

5.5 Preheat and Interpass Temperature Requirements

5.5.1 The minimum preheat shall be sufficient to remove moisture from the workpieces, unless other means are used to keep moisture away from the weld pool.

5.5.2 The maximum interpass temperature shall not exceed 350°F [175°C].

5.6 Limitations of Variables for PWPSs

5.6.1 The PWPSs shall be prepared, approved, and controlled by the manufacturer or Contractor and shall be available to those who need to use or review them (see Annex H for a sample WPS). In addition to the requirements of Table 5.1, the PWPSs shall specify the welding variables for each process as set forth in (1) through (7) of this subclause and shall comply with the limitation of variables prescribed in Table 5.1. Changes beyond the ranges permitted by Table 5.1 shall be considered essential changes and shall require a new or revised written PWPS or qualification in accordance with Clause 6.

- (1) Amperage or wire feed speed
- (2) Voltage
- (3) Travel Speed
- (4) Shielding gas composition and flow rate
- (5) Position of welding
- (6) SAW flux trade designation
- (7) Filler metal classification(s) and size(s).

5.6.2 Combination of WPSs. A combination of qualified and prequalified WPSs may be used in a single WPS without qualification of the combination, provided the limitation of essential variables applicable to each process is observed.

5.7 General PWPS Requirements

5.7.1 In addition to the requirements of Tables 5.1 and 5.4, the following requirements shall also apply to all PWPSs:

(1) The classification and size of electrode, voltage, amperage, travel speed, and gas flow rate shall be suited to the thickness of the material, type of groove, and welding position.

(2) The progression for all passes in vertical position welding shall be upward, except that GTAW, GMAW-S, and FCAW-G are prequalified vertical down for base metal of 3/16 in [5 mm] maximum thickness. Undercut may be repaired vertically downwards on the joint faces only, by any prequalified welding process listed in 5.2.1, without base metal thickness limitation, within the limits of Table 8.1.

(3) Neither the depth nor the maximum width in the cross section of weld metal deposited in each weld pass shall exceed the width at the surface of that weld pass (see Figure 5.6). The Engineer may waive this requirement if test welds are made using PWPS variables to demonstrate that crack-free welds can be produced. Production welding shall be performed using these PWPS variables, including the same filler metal and flux trade designation.

(4) Prequalified GMAW in the spray transfer mode is limited to welds in the flat position and fillet welds in the horizontal position.

(5) Weld tabs shall be of any base metal group in Table 5.2.

(6) Steel for backing shall be of the same base metal group per Table 5.2 as the base metal, unless otherwise approved by the Engineer.

5.8 Fillet Weld Requirements

5.8.1 Fillet welds may be made using PWPSs when the angle between the members is 60° to 135°, inclusive. Fillet welds in joints with angles between members to be welded of less than 60° are not prequalified.

5.9 Plug and Slot Weld Requirements

5.9.1 The details of plug and slot welds made by the SMAW, GMAW, GTAW, and FCAW welding processes are listed in 4.5.3 and 4.5.4, and may be used without performing the WPS qualification tests prescribed in Clause 6, provided the technique provisions of 7.16 are met.

5.10 Partial Joint Penetration (PJP) Groove Weld Requirements

5.10.1 Prequalified PJP Groove Welds. PJP groove welds shall be made using the joint details described in Figure 5.3. The joint dimension limitations described in 5.10.4 shall apply.

5.10.2 Definition. Except as provided in Figure 5.4 (B-1.1-S, B-1.2b and B-1.6), groove welds welded from one side without steel backing and groove welds welded from both sides but without backgouging are considered PJP groove welds for the purposes of prequalification.

5.10.3 The weld size (S) of a PJP groove weld shall be as shown in Figures 5.3 or 5.5 for the particular welding process, joint designation, groove angle, and welding position proposed for use in welding fabrication.

5.10.4 Dimensions of Groove Welds.

(1) Dimensions of groove welds specified in 5.10.1 may vary on design or detail drawings within the limits of tolerances shown in the "As Detailed" column in Figure 5.3.

(2) Fit-up tolerances of Figure 5.3 may be applied to the dimensions shown on the detail drawing.

(3) J- and U-grooves may be prepared before or after assembly.

5.10.5 Groove Preparation. Groove preparations detailed for prequalified SMAW and SAW joints may be used for prequalified GMAW, GTAW, and FCAW joints.

5.10.6 Corner Joint Preparation. For corner joints, the outside groove preparation may be in either or both members, provided the basic groove configuration is not changed and adequate edge distance is maintained to support the welding operations without excessive melting.

5.11 Complete Joint Penetration (CJP) Groove Weld Requirements

5.11.1 Prequalified CJP Groove Welds. CJP groove welds that may be used without performing the procedure qualification tests described in Clause 6 shall be as detailed in Figure 5.4 and are subject to the limitations specified in 5.11.2.

5.11.2 Dimensions of Groove Welds.

(1) Dimensions of groove welds specified in 5.11.1 may vary on design or detail drawings within the limits of tolerances shown in the "As Detailed" column in Figure 5.4.

(2) Fit-up tolerances of Figure 5.4 may be applied to the dimensions shown on the detail drawing.

(3) J- and U-grooves may be prepared before or after assembly.

5.11.3 Prequalified CJP groove welds made from one side only, except as allowed for tubular structures [see 5.13.4(2)], shall have stainless steel backing made of the same base metal group. Backing made of other steels and nonfused and nonmetallic backing, such as permitted in 7.9, may be used if qualified in conformance with Clause 6.

5.11.4 CJP groove welds made without the use of backing shall have the root backgouged to sound metal before welding is started from the second side, except as permitted by Figure 5.4, joints B-L1-S, B-L2b, and B-L6.

5.11.5 Groove Preparations. Groove preparations detailed for prequalified SMAW and SAW joints may be used for prequalified GMAW, GTAW, and FCAW joints.

5.11.6 Joint Root Openings. Joint root openings may vary as noted in Figure 5.4. However, for automatic or mechanized welding using FCAW, GMAW, GTAW, and SAW processes, the maximum root opening variation (minimum to maximum opening as fit-up) may not exceed 1/8 in [3 mm]. Variations greater than 1/8 in [3 mm] shall be locally corrected prior to automatic or mechanized welding.

5.11.7 Corner Joint Preparation. For corner joints, the outside groove preparation may be in either or both members, provided the basic groove configuration is not changed and adequate edge distance is maintained to support the welding operations without excessive melting.

5.12 Flare-Bevel- and Flare-V-Groove Weld Requirements

The joint detail requirements for prequalified flare-bevel- and flare-V-groove welds are given in Table 4.2 and Figure 5.5.

5.13 Tubular Connection Requirements

5.13.1 The provisions of this subclause cover the requirements for prequalified joints using fillet, PJP, CJP, and flare-bevel-groove welds in tubular connections. This code does not address T-, Y-, or K- connections.

5.13.2 Fillet-Welded Tubular Connections. A PWPS for fillet-welded tubular connections shall use the appropriate Figure 5.2 details and conform with the requirements of Clause 5.

5.13.3 PJP Tubular Groove Welds. A PWPS for circular or box section PJP butt joints shall use the appropriate Figure 5.5 detail, the requirements of Table 4.2, and shall conform to the requirements of Clause 5. As an alternative, the joint details of BTC-P10, B-P10-S, or B-P11 of Figure 5.3 may be used.

5.13.4 CJP Tubular Groove Welds

(1) A PWPS for production joints welded from one side with backing, or both sides with backgouging, shall use the appropriate Figure 5.4 detail and shall conform with all other requirements of Clause 5. However, nominal pipe diameters less than 12 in [300 mm] welded with SAW shall require WPS qualification in accordance with Clause 6.

(2) A PWPS for tubular CJP butt joints welded from one side without backing shall use joint detail B-L2b or B-L6 of Figure 5.4, whichever is appropriate, and shall conform with all other requirements of Clause 5.

ANEXO C: NORMA B4.0.

ANEXO C-1: Capítulo 4. Tensión Test.

AWS B4.0:2007

Standard Methods for Mechanical Testing of Welds

1. Scope

This specification establishes standard methods for mechanical testing of welds. The significance of each test, test apparatus, preparation of the test specimens, and the test procedure are described. Example test results sheets are provided.

It is beyond the scope of this document to define the required mechanical properties or acceptance criteria for the weld metal.

This standard makes sole use of U.S. Customary Units. Approximate mathematical equivalents in the International System of Units (SI) are provided for comparison in parentheses or in appropriate columns in tables and figures.

Safety and health issues and concerns are beyond the scope of this standard and therefore are not fully addressed herein. Safety and health information is available from other sources, including, but not limited to, ANSI Z49.1, *Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes*, and applicable federal, state, and local regulations.

2. Normative References

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute mandatory provisions of this AWS standard. For undated references, the latest edition of the referenced standard shall apply. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply.

AWS documents:¹

AWS A1.1, *Metric Practice Guide for the Welding Industry*;

¹ AWS standards are published by the American Welding Society, 550 N.W. LeJeune Road, Miami, FL 33126.

AWS A2.4, *Standard Symbols for Welding, Brazing and Nondestructive Examination*; and

AWS A3.0, *Standard Welding Terms and Definitions Including Terms for Adhesive Bonding, Brazing, Soldering, Thermal Cutting, and Thermal Spraying*.

3. Terms and Definitions

The welding terms used in this standard are in accordance with AWS A3.0, *Standard Welding Terms and Definitions, Including Terms for Adhesive Bonding, Brazing, Soldering, Thermal Cutting, and Thermal Spraying*.

4. Tension Tests

4.1 Scope. This clause covers the tension testing of welded joints. It does not specify required properties or acceptance criteria. When this standard is used as a portion of specification for a welded structure or assembly or for qualification, the following information shall be furnished:

- (1) The specific type(s) and number of specimens required,
- (2) Base metal specification/identification,
- (3) Filler material specification/identification,
- (4) The anticipated property values and whether they are maximum or minimum requirements,
- (5) Location and orientation of the specimens,
- (6) Report form when required, and
- (7) Postweld thermal or mechanical processing treatments, as applicable.

This standard is applicable to the following, when specified:

- (1) Qualification of materials and welding procedures where specified mechanical properties are required,

(2) Information as a basis for acceptance and manufacturing quality control where mechanical properties are requested, and

(3) Research and development.

4.2 Normative References. The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute mandatory provisions of this test. For undated references, the latest edition of the referenced standard shall apply. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply.

ASME Documents:²

ASME B46.1, *Surface Texture, Surface Roughness, Waviness and Lay*

ASTM Documents:³

ASTM E 4, *Standard Practices for Force Verification of Testing Machines*

ASTM E 8, *Standard Methods for Tension Testing of Metallic Materials*

ASTM B 557, *Standard Test Methods for Tension Testing Wrought and Cast Aluminum and Magnesium Alloy Products*

4.3 Definitions and Symbols. For the purposes of this test, the following definitions and symbols apply:

- A = length of reduced section
- B = length of end section
- C = dimension of grip section
- D = diameter
- D_o = original diameter
- D_f = final diameter
- E = length of shoulder and fillet
- F = diameter of shoulder
- G = gage length
- ID = inner diameter
- OD = outer diameter
- L = overall length
- P = load
- R = radius of fillet
- T = specimen thickness
- t = thickness of test weldment
- W = specimen width

²ASME standards are published by the American Society of Mechanical Engineers, 345 East 47th Street, New York, NY 10017.

³ASTM standards are published by the American Society for Testing and Materials, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959.

π = ratio of the circumference of a circle to its diameter having a value to five decimal places of 3.14159

4.4 Summary of Method. Tension testing of welded joints is done by means of a calibrated testing machine and devices following the procedures described in 4.8.

4.5 Significance. Tension tests provide information on the load bearing capacities, joint design, and ductility of welded joints.

4.5.1 The data obtained from tension tests may include:

- (1) Ultimate tensile strength,
- (2) Yield strength,
- (3) Yield point if it occurs,
- (4) Percent elongation,
- (5) Percent reduction of area,
- (6) Stress-strain diagram, and
- (7) Location and mode of fracture.

4.5.2 Tension tests provide quantitative data that can be compared and analyzed for use in the design and analysis of welded structures. Fracture surfaces may also provide information on the presence and effects of discontinuities such as incomplete fusion, incomplete joint penetration, porosity, inclusions, and cracking.

4.6 Apparatus. The test shall be performed on a tensile testing machine in conformance with the requirements of ASTM E 8, *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*. The machine shall be calibrated in accordance with ASTM E 4, *Standard Practices for Force Verification of Testing Machines*.

4.7 Specimens

4.7.1 Test specimen type shall be specified by the applicable code, specification, or fabrication document. It is recommended that test specimens that provide the largest cross-sectional area be tested within the capabilities of available test equipment.

4.7.2 Unless otherwise stated, specimens shall be tensile tested in the as-received condition.

4.7.3 Round Tension Test Specimens. The specimen having the largest diameter of those shown in Figure 4.1, that can be machined from the material shall be tested.

4.7.3.1 Round All-Weld-Metal Specimen. The all-weld metal tension specimen is used for evaluation of the deposited weld metal ultimate tensile strength, yield strength, elongation, and reduction in area. When base metal dilution must be minimized for the specimen to be

representative of weld metal, the groove faces may be buttered with the same filler materials to be used in the weld joint or alternatively the root opening may be increased by 1/4 in (6 mm). The reduced section of the tension specimens between the gage marks shall be located so that no buttering is included. It is recommended that the surface of the reduced section of the specimen be at least 1/8 in (3 mm) from the fusion line along the bevel faces (see Figure 4.1).

4.7.3.2 Round Transverse Weld Specimen. The transverse weld specimen is used together with the base metal or all weld metal tension tests to evaluate joint efficiency. Only the ultimate tensile strength is normally determined for specimens taken transverse to the centerline of the weld. In the event of use of a set of round transverse tensile specimens at various locations in the thickness of the weld specimen, when no other governing specification indicates otherwise, the results of the set of round transverse tensile specimens shall be averaged to approximate the tensile properties of the full thickness joint.

4.7.4 Rectangular Tension Test Specimen. The tension specimens for welded butt joints other than pipe or tubing shall be either transverse weld tension specimens or longitudinal weld tension specimens that comply with Figure 4.2 or 4.3. When thickness of the test weldment is beyond the capacity of the available test equipment, the weld shall be divided through its thickness into as many specimens as required to cover the full weld thickness and still maintain the specimen size within the test equipment capacity. Unless otherwise specified, the results of the partial thickness specimens shall be averaged to determine the properties of the full thickness joint. Only ultimate tensile strength is normally determined in specimens taken transverse to the centerline of the weld.

4.7.5 Tubular Tension Test Specimen. Two types of specimens are used in determining the tensile properties of welded tubular products.

4.7.5.1 For pipe or tubing larger than 3 in (76 mm) nominal diameter, the reduced rectangular section specimen may be used. The reduced rectangular section specimen shall comply with Figure 4.4.

4.7.5.2 The full section specimen may be used to test weld joints in pipe or tubing 3 in (76 mm) or less nominal diameter and may be used for larger sizes subject to limitations of testing equipment. The full section specimen shall comply with Figure 4.5.

4.7.5.3 Only ultimate tensile strength is normally determined in specimens taken transverse to the centerline of the weld.

4.7.6 Preparation. Excessively deep machine cuts that will cause invalid test data or that leave tears in the surface of the finished dimensions shall be avoided. The surface finish on surfaces requiring machining shall be as specified in the specimen drawings. Imperfections present within the gage length due to welding shall not be removed.

4.8 Procedure

4.8.1 The testing procedure for weld specimens shall be as specified in ASTM E 8/ASTM E 8M, *Standard Methods for Tension Testing of Metallic Materials*.

4.8.2 Round Tension Specimens. Mechanical properties, namely ultimate tensile strength (UTS), yield strength at the specified offset, yield point if it occurs, elongation in a specified gage length, and reduction of area are determined for round all-weld-metal tension specimens. If a yield point is reported, it shall have been determined in accordance with ASTM E 8/ASTM E 8M. The minimum original dimension diameter shall be used for all calculations. For round transverse weld tension specimens, only ultimate tensile strength is determined, unless otherwise specified.

The ultimate tensile strength is given by:

$$\frac{\text{Maximum Load}}{\text{Original Cross-Sectional Area}} = \frac{P_{(\text{Maximum})}}{\left(\frac{\pi D_o^2}{4}\right)}$$

where

$$P_{(\text{Maximum})} = \text{maximum load, and}$$

$$D_o = \text{original diameter.}$$

The yield strength at specified offset is given by:

$$\frac{\text{Load at Specified Offset}}{\text{Original Cross-Sectional Area}} = \frac{P_{(\text{Specified Offset})}}{\left(\frac{\pi D_o^2}{4}\right)}$$

where

$$P_{(\text{Specified Offset})} = \text{load at specified offset, and}$$

$$D_o = \text{original diameter.}$$

The yield point is given by:

$$\frac{\text{Maximum Load prior to Specific Offset}}{\text{Original Cross-Sectional Area}} = \frac{P_{(\text{yp})}}{\left(\frac{\pi D_o^2}{4}\right)}$$

where

$$P_{(\text{yp})} = \text{maximum load prior to specific offset, and}$$

$$D_o = \text{original diameter.}$$

The percent elongation is given by:

$$\frac{\text{Final gage length} - \text{Original gage length}}{\text{Original gage length}} \times 100$$

$$= \frac{G_f - G_o}{G_o} \times 100$$

where

G_f = final gage length, and
 G_o = original gage length.

The percent reduction of area is given by:

$$\frac{(\text{Original Diameter})^2 - (\text{Final Diameter})^2}{(\text{Original Diameter})^2} \times 100$$

$$= \frac{D_o^2 - D_f^2}{D_o^2} \times 100$$

where

D_f = final diameter, and
 D_o = original diameter.

4.8.3 Rectangular Tension Tests (Figures 4.2, 4.3, 4.4). The ultimate tensile strength calculation for rectangular tests is the following:

The ultimate tensile strength is given by:

$$\frac{\text{Maximum Load}}{\text{Original Area}} = \frac{P_{(\text{Maximum})}}{W \times T}$$

where

$P_{(\text{Maximum})}$ = maximum load,
 W = original width, and
 T = original thickness.

4.8.4 Tubular Tension Tests. The ultimate tensile strength calculation for reduced section (Figure 4.4) is the same as shown in 4.8.3. The ultimate tensile strength calculation for full section (Figure 4.5) is as follows:

The ultimate tensile strength is given by:

$$\frac{\text{Maximum Load}}{\text{Original Area}} = \frac{P_{(\text{Maximum})}}{\frac{\pi}{4} \times (OD^2 - ID^2)}$$

where

$P_{(\text{Maximum})}$ = maximum load,
 OD = original outside diameter, and
 ID = original inside diameter.

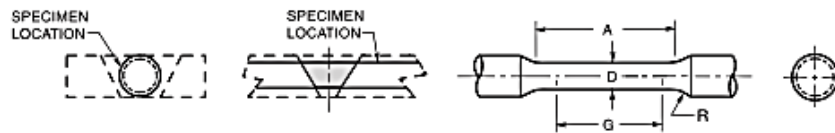
4.9 Report. In addition to the requirements of applicable documents, the report shall include the following:

- (1) Base metal specification,
- (2) Filler metal specification,
- (3) Welding procedure (process and parameters),
- (4) Specimen type,
- (5) Joint geometry,
- (6) Location of fracture and type of failure (ductile or brittle),
- (7) Calculated ultimate tensile strength, and
- (8) Any observation of unusual characteristics of the specimens or procedure.

In addition, the report for round all-weld-metal specimens shall contain the following:

- (1) Yield strength at the specified offset,
- (2) Yield point if it occurs,
- (3) Percent elongation in the specified gage length, and
- (4) Percent reduction of area.

4.10 Commentary. Descriptions of two tensile specimens are included in this document, one with a 4:1 ratio of gage length to diameter and one with a 5:1 ratio of gage length to diameter. Users are cautioned that calculated values of elongation for a given material will differ when tested using specimens with different ratios of gage length to specimen diameter.

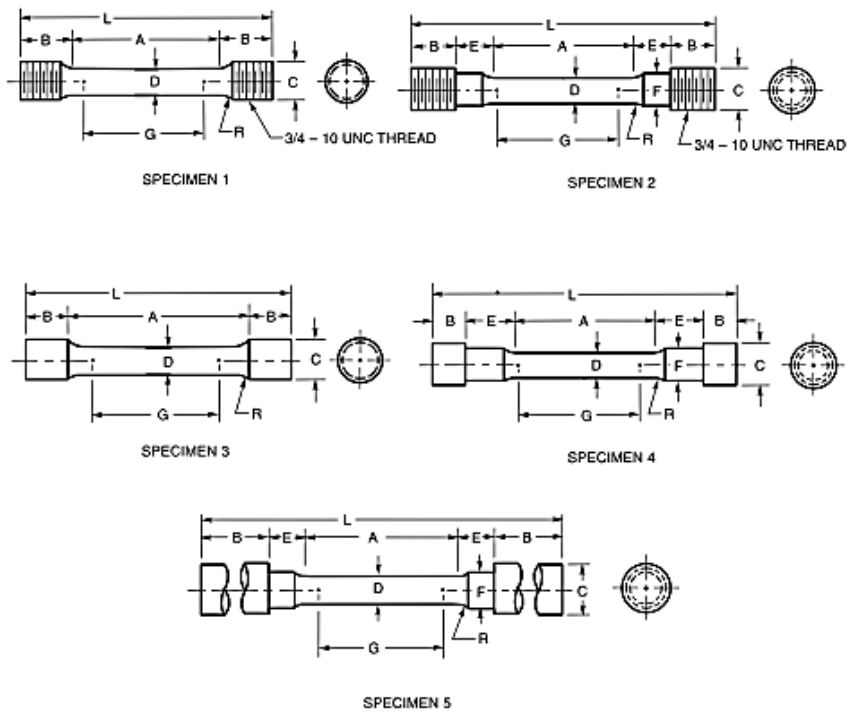


| | Dimensions | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | Standard Specimen | Small-size specimens proportional to standard specimen | | | |
| Nominal Diameter | In (mm) 0.500 (13) | In (mm) 0.350 (9) | In (mm) 0.250 (6) | In (mm) 0.160 (4) | In (mm) 0.113 (3) |
| G, gage length | 2.000 ± 0.005 (50 ± 0.127) | 1.400 ± 0.005 (35 ± 0.127) | 1.000 ± 0.005 (25 ± 0.127) | 0.640 ± 0.005 (16 ± 0.127) | 0.450 ± 0.005 (12 ± 0.127) |
| D, diameter | 0.500 ± 0.010 (13 ± 0.25) | 0.350 ± 0.007 (9 ± 0.18) | 0.250 ± 0.005 (6 ± 0.127) | 0.160 ± 0.003 (4 ± 0.08) | 0.113 ± 0.002 (3 ± 0.05) |
| R, radius of fillet, min. | 3/8 (10) | 1/4 (6) | 3/16 (5) | 5/32 (4) | 3/32 (2.4) |
| A, length of reduced section, min. | 2-1/4 (60) | 1-3/4 (44) | 1-1/4 (32) | 3/4 (20) | 5/8 (15) |

Notes:

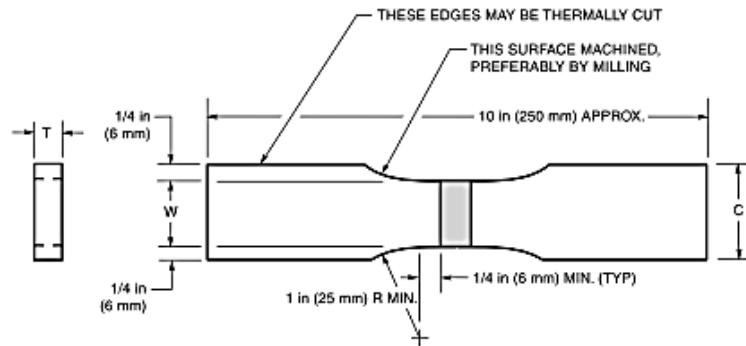
1. The reduced section may have a gradual taper from the ends toward the center with the ends not more than 1% larger in diameter than the center (controlling dimension).
2. If desired, the length of the reduced section may be increased to accommodate an extensometer of any convenient gage length. Reference marks for the measurement of elongation should nevertheless be spaced at the indicated gage length.
3. The gage length and fillets shall be as shown but the ends may be of any form to fit the holders of the testing machine in such a way that the load shall be axial. If the ends are to be held in wedge grips it is desirable to make the length of the grip section great enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to 2/3 or more of the length of the grips.
4. The use of specimens smaller than 0.250 in (6 mm) diameter shall be restricted to cases when the material to be tested is of insufficient size to obtain larger specimens or when all parties agree to their use for acceptance testing. Smaller specimens require suitable equipment and greater skill in both machining and testing.
5. For transverse weld specimens, the weld shall be approximately centered between gage marks.
6. Any standard thread is permissible that provides for proper alignment and aids in assuring that the specimen will break within the reduced section.
7. On specimen 5 (see page 6), it is desirable to make the length of the grip section sufficient to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to 2/3 or more of the length of the grips.
8. The use of UNF series of threads [3/4 in (19 mm) by 16, 1/2 in (13 mm) by 20, 3/8 in (10 mm) by 24, and 1/8 in (3 mm) by 28] is recommended for high-strength, brittle materials to avoid fracture in the threaded portion.
9. Surface finish within the gage length shall be no rougher than 63 microinches (1.6 micrometers) R_a .
10. On the round specimens in this figure, the gage lengths are equal to 4 times the nominal diameter. In some product specifications other specimens may be provided for but unless the 4:1 ratio is maintained within dimensional tolerances, the elongation values may not be comparable with those obtained from the standard test specimen. Note that most metric based codes use a 5:1 ratio of gage length to diameter.

Figure 4.1—Round Tensile Specimens



| | Dimensions | | | | |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | Specimen 1 In (mm) | Specimen 2 In (mm) | Specimen 3 In (mm) | Specimen 4 In (mm) | Specimen 5 In (mm) |
| G — gage length | 2.000 ± 0.005 (50 ± 0.127) | 2.000 ± 0.005 (50 ± 0.127) | 2.000 ± 0.005 (50 ± 0.127) | 2.000 ± 0.005 (50 ± 0.127) | 2.000 ± 0.005 (50 ± 0.127) |
| D — diameter (Note 1) | 0.500 ± 0.010 (13 ± 0.254) | 0.500 ± 0.010 (13 ± 0.254) | 0.500 ± 0.010 (13 ± 0.254) | 0.500 ± 0.010 (13 ± 0.254) | 0.500 ± 0.010 (13 ± 0.254) |
| R — radius of fillet, min. | 3/8 (10) | 3/8 (10) | 1/16 (1.6) | 3/8 (10) | 3/8 (10) |
| A — length of reduced section (Note 2) | 2-1/4 (56) min. | 2-1/4 (56) min. | 4 (101) approx. | 2-1/4 (56) min. | 2-1/4 (56) min. |
| L — over-all length approx. | 5 (126) | 5-1/2 (139) | 5-1/2 (139) | 4-3/4 (120) | 9-1/2 (241) |
| B — length of end section | 1-3/8 (35) approx. | 1 (25) approx. | 3/4 (19) approx. | 1/2 (13) approx. | 3 (76) min. |
| C — diameter of end section | 3/4 (19) | 3/4 (19) | 23/32 (18) | 7/8 (22) | 3/4 (19) |
| E — length of shoulder and fillet section, approx. | — | 5/8 (16) | — | 3/4 (19) | 5/8 (16) |
| F — diameter of shoulder | — | 5/8 (16) | — | 5/8 (16) | 19/32 (15) |

Figure 4.1 (Continued)—Round Tensile Specimens

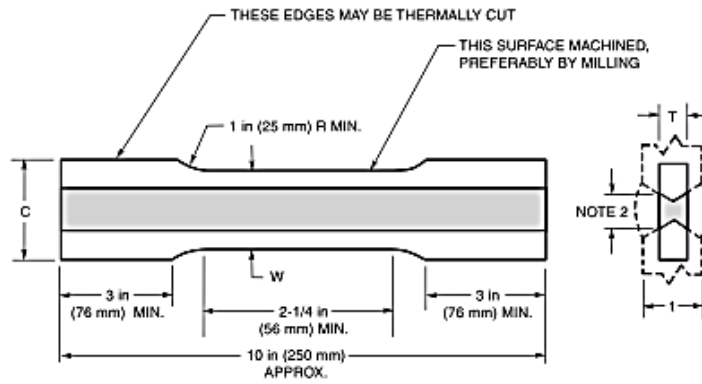


| T | W |
|---------------|-------------------------------------|
| <1 in (25 mm) | 1.50 in ± 0.01 in (38 mm ± 0.25 mm) |
| ≥1 in (25 mm) | 1.00 in ± 0.01 in (25 mm ± 0.25 mm) |

Notes:

1. Thin base metal being tested tends to tear and break near the shoulder. In such cases, dimension C shall be no greater than 1-1/3 times the width of the reduced section.
2. Weld reinforcement and backing strip, if any, shall be removed flush with the surface of the specimen.
3. When the thickness, t, of the test weldment is such that it would not provide a specimen within the capacity limitations of the available test equipment, the specimen shall be parted through its thickness into as many specimens as required.
4. The length of reduced sections shall be equal to the width of the widest portion of weld, plus 1/4 in (6 mm) minimum on each side.
5. All surfaces in the reduced section shall be no rougher than 125 microinches (3 micrometers) R_a .
6. Narrower widths (W and C) may be used when necessary. In such cases, the width of the reduced section should be as large as the width of the material being tested permits. If the width of the material is less than W, the sides may be parallel throughout the length of the specimen.

Figure 4.2—Transverse Rectangular Tension Test Specimen (Plate)

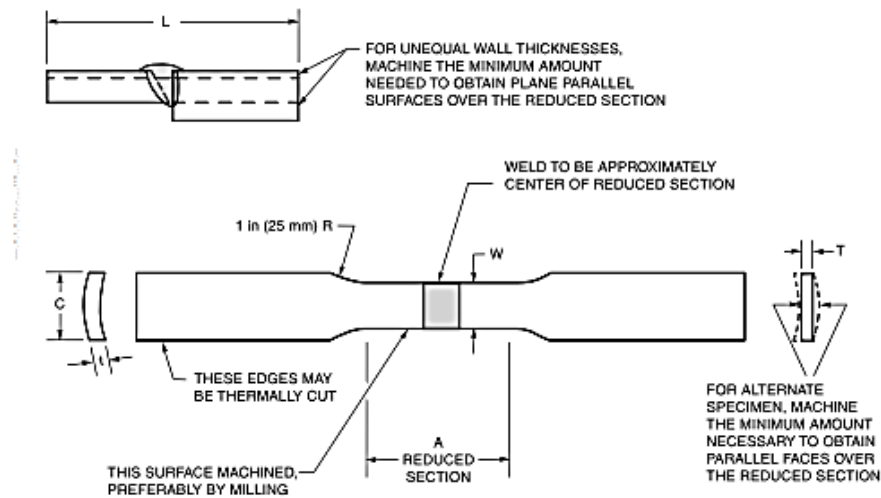


| Dimensions | | |
|-----------------------------------|-----------------------|------------------------|
| | Specimen 1 In (mm) | Specimen 2 In (mm) |
| W = width | 1 ± 0.05 (25 ± 1.25) | 1-1/2 ± 0.125 (38 ± 3) |
| B = width of weld | 1/2 (13) approx. | 3/4 (19) approx. |
| nominal C = width of grip section | 1-1/2 (38) | 2 (50) |

Notes:

1. The weld reinforcement and backing, if any, shall be removed, flush with the surface of the specimen.
2. The width of the weld may be varied to approximate 1/2 W by selecting an appropriate specimen thickness, T, and its location within the weld.
3. The width, W, may be varied within reason to accommodate the width of the weld if it is not possible to meet the requirements of Note 2.
4. The grip sections of the specimen shall be symmetrical with the center line of the reduced section, within 1/8 in (3 mm).
5. All surfaces in the reduced section shall be no rougher than 125 microinches (3 micrometers) R_a .
6. Narrower widths (W and C) may be used when necessary. In such cases, the width of the reduced section should be as large as the width of the material being tested permits. If the width of the material is less than W, the sides may be parallel throughout the length of the specimen.

Figure 4.3—Longitudinal Tension Test Specimens (Plates)



| Specimen No. | W In (mm) | C In (mm) | A In (mm) |
|--------------|----------------------------|--------------------|---|
| 1 | $1/2 \pm 1/64$ (13 ± 0.4) | 3/4 (19) approx. | 2-1/4 (60) min. |
| 2 | $3/4 \pm 1/32$ (20 ± 2.4) | 1 (25) approx. | 2-1/4 (60) min. 4-1/2 (115) min. |
| 3 | $1 \pm 1/16$ (25 ± 1.6) | 1-1/2 (38) approx. | 2-1/4 (60) min. 4-1/2 (115) min. |
| 4 | $1-1/2 \pm 1/8$ (38 ± 3.2) | 2 (50) approx. | 2-1/4 (60) min. 4-1/2 (115) min. 9 (229) min. |

Notes:

- The weld reinforcement and backing, if any, shall be removed flush with the specimen.
- Alternate specimen shall not be used for nominal wall thickness less than 3/8 in (10 mm).
- Only grip sections of the specimen may be flattened.
- In the case of full wall thickness specimens, cross-sectional area may be calculated by multiplying W and t ($t = T$).
- T is the thickness of the test specimen as provided for in the applicable specification.
- The reduced section shall be parallel within 0.010 in (0.25 mm) and may have a gradual taper in width from the ends toward the center with the ends not more than 0.010 in (0.25 mm) wider than the center.
- The grip section of the specimen shall be symmetrical with the center line of the reduced section within 1/8 in (3 mm).
- All surfaces in the reduced section shall be no rougher than 125 microinches (3 micrometers) R_a .
- Narrower widths (W and C) may be used when necessary. In such cases, the width of the reduced section should be as large as the width of the material being tested permits. If the width of the material is less than W , the sides may be parallel throughout the length of the specimen.

Figure 4.4—Reduced Rectangular Section Tension Specimens for Pipe

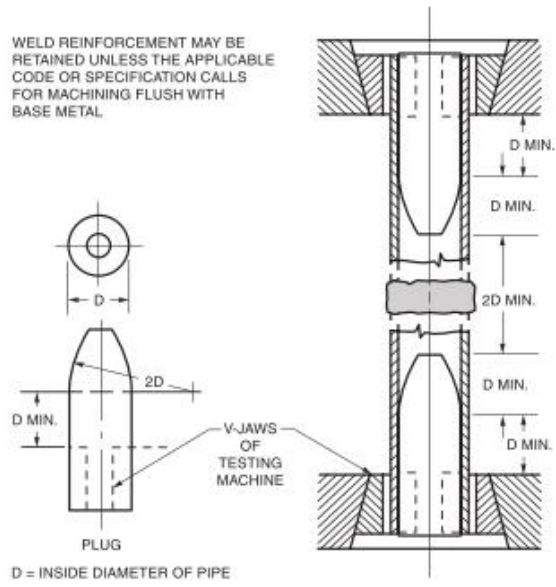


Figure 4.5—Full Section Tension Specimen for Pipe

ANEXO C-2: Capítulo 7. Fracture Toughness Tests.

7. Fracture Toughness Tests

7.1 Scope

7.1.1 This clause covers the fracture toughness testing of weldments. Methods include the Charpy V-Notch (C_v), the Dynamic Tear (DT), the Plane-Strain Fracture Toughness (K_{Ic}), Crack Tip Opening Displacement (CTOD), and the Drop Weight Nil-Ductility Temperature (DWNNT) Tests.

7.1.2 When a fracture toughness test is required, the preparation of the weld, the test specimen, and the test methods shall conform to this standard.

7.1.3 This standard is applicable to the following when specified:

(1) For qualification of materials, welding procedures, and welding personnel where a specified level of fracture toughness is required;

(2) For information, specification of acceptance and manufacturing quality control where a minimum criterion for fracture toughness is requested. Detailed discussion of the selection of test method and a specified minimum value in a specific case is beyond the scope of this standard; and

(3) Research and development.

7.1.4 When this standard is used the following information shall be furnished:

(1) The specific types and number of specimens required,

(2) Base metal specifications/identification,

(3) Filler material specification/identification,

(4) The anticipated property values and whether they are maximum or minimum requirements,

(5) Location and orientation of the specimen and notch,

(6) Joint geometry,

(7) Test temperature, and

(8) Postweld thermal or mechanical treatments.

7.2 **Normative References.** The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute mandatory provisions of this test. For undated references, the latest edition of the referenced standard shall apply. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply.

ASME Documents:

ASME B46.1, *Surface Texture, Surface Roughness, Waviness and Lay*

ASTM Documents:

ASTM A 370, *Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*

ASTM E 23, *Standard Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*

ASTM E 208, *Standard Method for Conducting Drop-Weight Test to Determine Nil-Ductility Transition Temperature of Ferritic Steels*

ASTM E 399, *Standard Test Method for Linear-Elastic Plane-Strain Fracture Toughness K_{Ic} of Metallic Materials*

ASTM E 604, *Standard Test Method for Dynamic Tear Testing of Metallic Materials*

ASTM E 1290, *Standard Test Method for Crack-Tip Opening Displacement (CTOD) Fracture Toughness Measurement*

ASTM E 1820, *Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness*

ASTM E 1823, *Standard Terminology Relating to Fatigue and Fracture Testing*

ASTM E 1921, *Standard Method for Determination of Reference Temperature, T_0 , for Ferritic Steels in the Transition Range.*

7.3 Summary of Method

7.3.1 The method selected for fracture toughness testing shall be that required in the specification of a material, fabrication document, or as otherwise specified.

7.3.2 Specimens shall be removed from a weldment so that the results of the test are representative of the structural performance of the weld joint.

7.4 Significance

7.4.1 Fracture toughness testing provides a measure of resistance to unstable crack extension (i.e., fracture initiation), ductile tearing, or both.

7.4.2 The welding process and welding procedure have a significant effect on the mechanical properties of a weld joint. If the fracture toughness of a weld joint sample is to be representative of its structural performance, the same welding process, procedure, and weld cooling rates as a function of distance and thickness must be used for the sample and the structure.

7.5 Apparatus

7.5.1 The apparatus for conducting the various fracture toughness tests shall be in accordance with the latest edition of the following ASTM Standard Methods:

- (1) Charpy V-notch, E 23;
- (2) Dynamic Tear, E 604;
- (3) Plane-Strain Fracture Toughness, E 399;
- (4) Drop-weight Nil-Ductility Transition Temperature, E 208;
- (5) J_{IC} , A Measure of Fracture Toughness, E 813; and
- (6) Crack-Tip Opening Displacement (CTOD) Fracture Toughness, E 1290.

7.6 Specimens

7.6.1 Sufficient information shall be provided to properly locate specimens and weld joint; the orientation of the weld joint shall also be identified.

7.6.2 Test specimens shall not contain metal that has been affected thermally as a result of cutting or preparation.

7.6.3 Unless otherwise specified, the nominal dimensions, orientation and notch location of specimens shall be that shown in Figures 7.1 through 7.6, respectively. Working drawings are provided in the referenced documents.

7.6.4 Unless otherwise specified, the weld metal width to specimen thickness relationship for the compact tension specimen shall be as shown in Figure 7.7. Weld metal test specimens shall be located in the weld joint as close to the weld face as possible to provide maximum weld metal area in the test specimens. A valid measure of the weld metal fracture toughness requires that the fracture surface be entirely within the weld metal. A different value of the fracture toughness may be obtained when the fracture surface includes the weld metal, heat-affected zone (HAZ), and base metal.

7.6.5 When an evaluation of the base metal or HAZ or both is required, the location of the notch shall be specified.

7.7 Procedure

7.7.1 Test specimen preparation and test procedure for measuring the fracture toughness of a weldment shall be in accordance with the following ASTM standard methods:

- (1) Measurement of Fracture Toughness, E 1820;

(2) Charpy V-notch, E 23, except that values up to and including 100% of the testing machine capacity shall be accepted and reported as fracture energy if the specimen breaks. The full machine capacity followed by a plus sign (+), shall be reported if the specimen is not broken. All these results may be used to calculate the average energy absorbed provided the minimum average required for acceptance is within the verified range of the machine;

- (3) Dynamic Tear, E 604;

- (4) Plane-Strain Fracture Toughness, E 399;

(5) Drop-Weight Nil-Ductility Transition Temperature, E 208;

(6) J_{IC} —A Measure of Fracture Toughness, E 1820; and

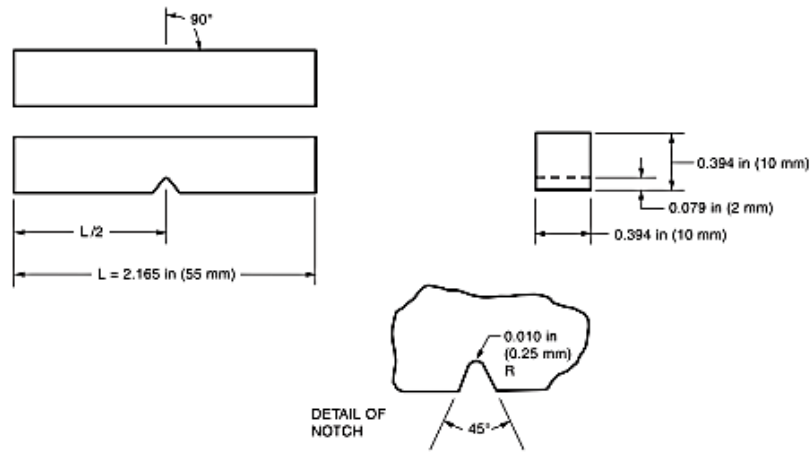
(7) Crack-Tip Opening Displacement (CTOD) Fracture Toughness, E 1290.

7.8 Report

7.8.1 In addition to the requirements of applicable documents, the report shall include the following:

- (1) Base metal specification;
- (2) Filler metal specification;
- (3) Welding procedure (process and parameters);
- (4) Joint geometry;
- (5) Specimen type;
- (6) Specimen location, crack plane orientation, and machined notch position;
- (7) Type of test equipment;
- (8) Fracture appearance and location;
- (9) Test temperature;
- (10) Energy absorbed (if applicable); and
- (11) Any observation of unusual characteristics of the specimens or procedure.

7.8.2 Test data should be recorded on a Test Results Sheet similar to Figure 7.8.



NOTE—Dimensional Tolerances shall be as follows:

| | |
|----------------------------|---|
| Notch length to edge | 90° ± 2° |
| Adjacent sides shall be at | 90° ± 10 minutes |
| Cross section dimensions | ±0.003 in (0.076 mm) |
| Length of specimen (L) | +0, -0.100 in (+0, -2.5 mm) |
| Centering of notch (L/2) | ±0.039 in (1 mm) |
| Angle of notch | ±1° |
| Radius of notch | ±0.001 in (0.025 mm) |
| Notch depth | ±0.001 in (0.025 mm) |
| Finish requirements | 63 microinches (1.5 micrometers) R_a on notched surface and opposite face; 125 microinches (3 micrometers) R_a on other two surfaces |

Figure 7.1—Charpy V-Notch Impact Specimen

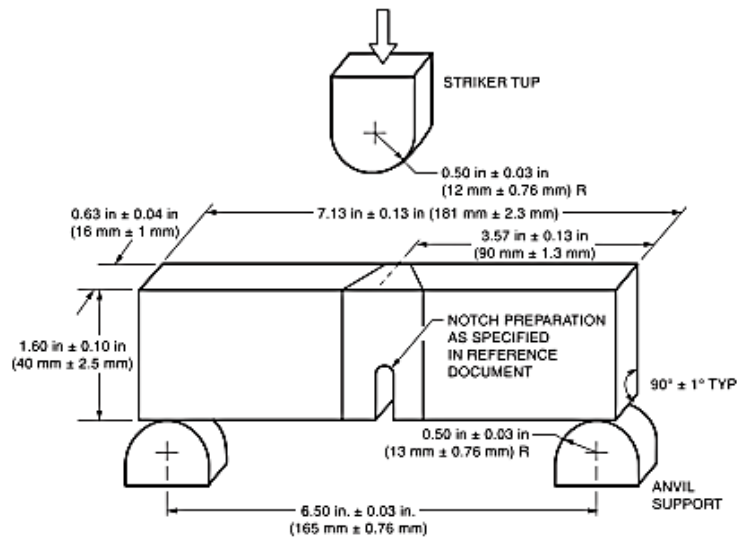
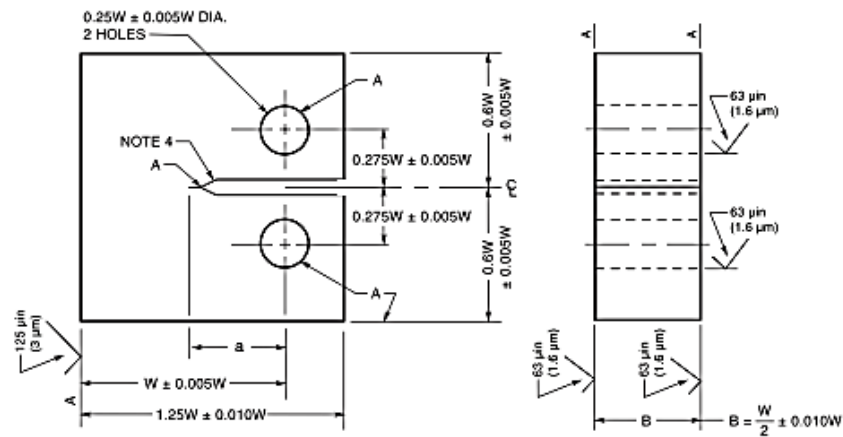


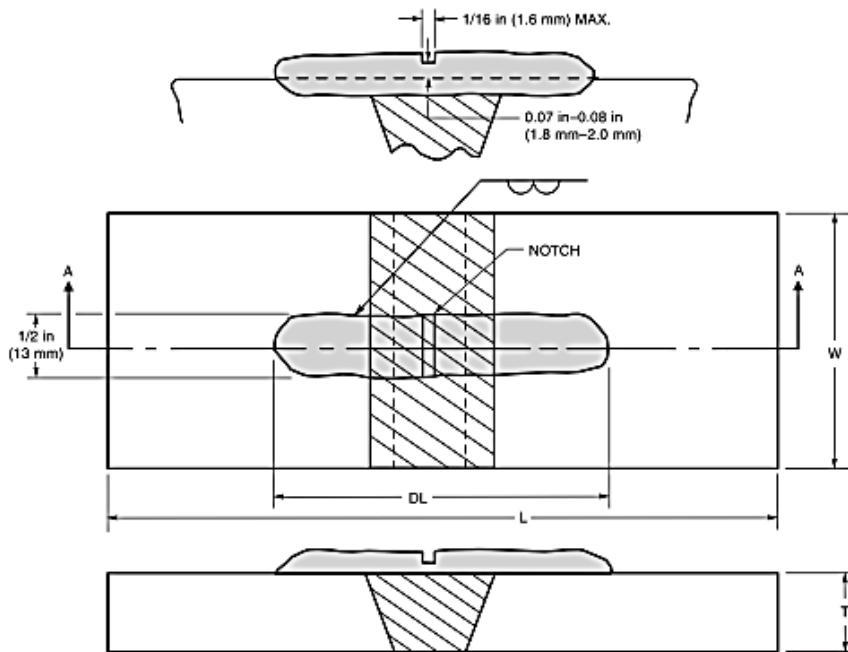
Figure 7.2—Dynamic Tear Test Specimen, Anvil Supports, and Striker



Notes:

1. Dimensions a, B and W are to be determined in accordance with ASTM E 399.
2. Surfaces marked A shall be perpendicular and parallel as applicable to within 0.002W total indicator reading (TIR).
3. The intersection of the crack starter tips with the two specimen faces shall be equally distant from the top and bottom edges of the specimen within 0.005W.
4. Integral or attachable knife edges for clip gage attachment to the crack mouth may be used.
5. Additional specimen configurations may be found in ASTM E 399.
6. The notch should be positioned in the area of the weld to be investigated. The position of the machined notch shall be recorded.

Figure 7.3—Compact Tension Fracture Toughness Specimen



| Dimension in (mm) | Specimen Type | | |
|----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | P-1 Dimensions | P-2 Dimensions | P-3 Dimensions |
| T, thickness | 1.0 (25) | 0.75 (19) | 0.62 (16) |
| L, length | 14.0 (355) | 5.0 (125) | 5.0 (125) |
| W, width | 3.5 (90) | 2.0 (50) | 2.0 (50) |
| DL, deposit length (approximate) | 2.5 (62) | 1.75 (44) | 1.75 (44) |

Figure 7.4—Standard Drop Weight Nil-Ductility Temperature Test Specimen

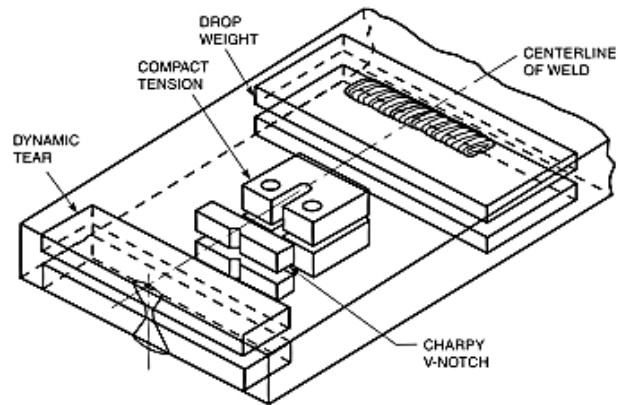


Figure 7.5—Orientation of Weld Metal Fracture Toughness Specimens in a Double-Groove Weld Thick Section Weldment

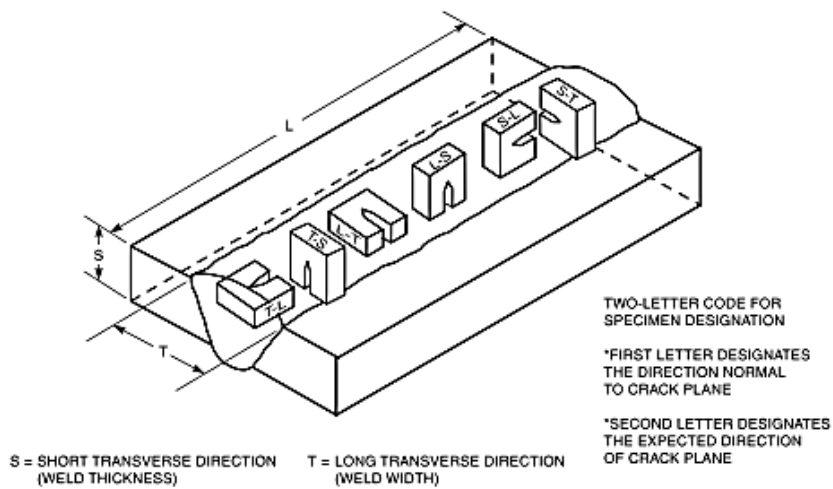


Figure 7.6—Crack Plane Orientation Code for Compact Tension Specimens from Welded Plate

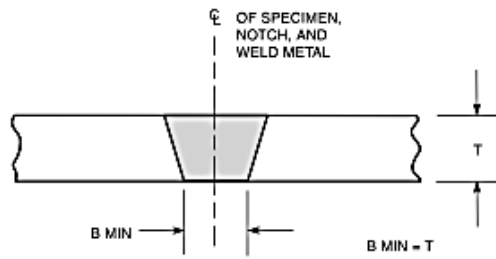


Figure 7. 7—Recommended Ratio of Weld Metal to Specimen Thickness for Weld-Metal Fracture Toughness Specimen (Compact Tension Specimen)

DROP WEIGHT TEST RESULTS

To: _____ Date: _____

Specimen No. _____

Code: _____

Type of Steel and Specification: _____

Heat Treatment: _____

Orientation/Location: _____

Specimen Type: _____

Test Temperature: _____

Results of Test:

| <u>Specimen</u> | <u>Results</u> |
|-----------------|----------------|
| 1 | _____ |
| 2 | _____ |
| 3 | _____ |
| 4 | _____ |

Reported by: _____

Figure 7.8—Suggested Data Sheet for Drop Weight Test

ANEXO C-3: Hardness Test.

AWS B4.0:2007

CLAUSE 8. HARDNESS TESTS

8. Hardness Tests

8.1 Scope

8.1.1 This clause covers the indentation hardness testing of welds. Test methods include the Brinell, Rockwell, Vickers, and Knoop hardness tests.

8.1.2 When hardness tests are required, test specimen preparation and testing procedures shall conform to the applicable hardness test method standard.

8.1.3 This standard does not specify acceptance criteria.

8.1.4 When this standard is used, the following information shall be furnished:

- (1) The specific type of test and number of specimens required,
- (2) The specific location and orientation of test specimens,
- (3) The specific locations within a test specimen to be tested and number of (indentations) required and surface preparation,
- (4) Base metal specification/identification, and
- (5) Filler metal specification/identification.

8.2 Normative References. The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute mandatory provisions of this test. For undated references, the latest edition of the referenced standard shall apply. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply.

ASTM Documents:

- (1) ASTM E 3, *Methods for Preparation of Metallographic Specimens*
- (2) ASTM E 10, *Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials*
- (3) ASTM E 18, *Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials*
- (4) ASTM E 92, *Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials*
- (5) ASTM E 110, *Standard Test Method for Indentation Hardness of Metallic Materials by Portable Hardness Testers*
- (6) ASTM E 384, *Standard Test Method for Micro-indentation Hardness of Materials*

8.3 Summary of Method. A calibrated machine forces an indenter, of specified geometry and under a predeter-

mined load, into the surface of the test specimen and some measure of the resultant impression is expressed as a specific measure of hardness.

8.4 Significance. Hardness test provide quantitative data which can be compared, analyzed, and used in the design of welding procedures. Hardness tests may also be used in the analysis of weld failures. The Brinell (E10), Rockwell (E18), and Vickers (E92) tests produce relatively large indentations and are used for evaluating the weld joint and unaffected base metal. The microhardness tests, Knoop and Vickers (E384), which produce relatively small indentations, are widely used for hardness measurements in cross-sections of weld, heat-affected zones (HAZs), or extremely localized weld areas.

When selecting a hardness test method for use on weld overlays, the thickness of the weld overlays and the base metal must be within the thickness limits specified in the applicable ASTM standard test method for the particular hardness testing technique (for example, ASTM E 18 paragraph 6.3).

8.5 Apparatus. The apparatus for conducting the various hardness tests shall be in accordance with one of the following applicable ASTM standard test methods:

- (1) Brinell, E 10;
- (2) Rockwell, E 18;
- (3) Vickers, E 92;
- (4) Microhardness (Knoop and Vickers), E 384; or
- (5) Portable Hardness, E 110.

8.6 Specimens

8.6.1 All requirements of the applicable ASTM standard test method, except those modified by the following sections, shall apply.

8.6.2 Brinell, Vickers, and Rockwell hardness test methods are generally used to evaluate unaffected base metal and weld metal, unless otherwise specified. In order to qualify as a valid weld metal hardness test, the edge of an impression shall be no closer than three times the major dimension of an indentation from the edge of the weld metal in the prepared specimen.

8.6.3 Vickers and Knoop microhardness test methods are the recommended test methods for fine-scale traverse across single or multiple weld regions, unless otherwise specified.

8.6.4 Hardness test should be performed on surfaces prepared in accordance with the applicable hardness test method standard. Weld-metal hardness tests are permitted only on weld joint cross sections or local areas of the weld reinforcement prepared before testing.

8.6.5 Applicable precautions described in the ASTM E 110 standard test method should be placed on the use of portable hardness test methods.

8.7 Procedure. Test procedures for measuring hardness in weldments shall be in accordance with the latest edition of the applicable ASTM Standard Test Method as listed in 8.5.

8.8 Report. In addition to the requirements of the applicable documents (see 8.2), the report shall include the following:

- (1) Base metal specification;
- (2) Filler metal specification;

- (3) Type of welded joint or surfacing weld;
- (4) Welding procedure (process and parameters);
- (5) Type of test equipment;
- (6) Specimen location and orientation;
- (7) Hardness scale (Indenter type and load), when specified;
- (8) Location of impressions;
- (9) Any observation of unusual characteristics of the specimen or procedure; and
- (10) Test results.

ANEXO D: Resultados del centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del H.G.P de Tungurahua.

ANEXO D-1: Informe ensayos de tracción.



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

| | |
|---|------------------------------|
| Informe N°: 050388486820190723-ETM | |
| DATOS DEL CLIENTE | |
| Empresa / Cliente: Sr. Jairo Danilo Pilatasig Plasencia. | |
| Dirección: Salcedo, Vía Anchilivi. | |
| Núm. de cédula / RUC: 0503884868 | Teléfono: 0960964654. |
| E-mail: jairitodanny@gmail.com | |

| |
|--|
| DATOS INFORMATIVOS |
| Laboratorio: Resistencia de Materiales. |
| Designación del material: Probetas soldadas de acero. |
| Método de ensayo: AWS B4.0: Métodos de prueba estándar para Prueba de tensión de materiales metálicos. |

Número de Probetas cuantificadas

| N° | Identificación del grupo | Proceso de soldadura | Material base | Material de soldadura | Probetas a Ensayar |
|--------------|---------------------------|----------------------|---------------|-----------------------|--------------------|
| 1 | 050388486820190723-ETM 01 | GTAW | AISI 420 | ER 312 | 5 |
| 2 | 050388486820190723-ETM 02 | GTAW | AISI 420 | ER 308 | 5 |
| 3 | 050388486820190723-ETM 03 | GTAW | AISI 420 | ER 308 y ER 312 | 5 |
| 4 | 050388486820190723-ETM 04 | SMAW | AISI 420 | E 312-16 | 5 |
| 5 | 050388486820190723-ETM 05 | SMAW | AISI 420 | E 308L-16 | 5 |
| 6 | 050388486820190723-ETM 06 | SMAW | AISI 420 | E 308L-16 y E 312-16 | 5 |
| Total | | | | | 30 |

Nota: La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es declarada por el cliente.



| ENSAYO SOLICITADO | | | |
|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------|
| No. | No. DE PROBETA | DESCRIPCIÓN | FECHAS RECEPCIÓN |
| 1 | 050388486820190723-ETM 01-1 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 2 | 050388486820190723-ETM 01-2 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 3 | 050388486820190723-ETM 01-3 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 4 | 050388486820190723-ETM 01-4 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 5 | 050388486820190723-ETM 01-5 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 6 | 050388486820190723-ETM 02-1 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 7 | 050388486820190723-ETM 02-2 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 8 | 050388486820190723-ETM 02-3 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 9 | 050388486820190723-ETM 02-4 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 10 | 050388486820190723-ETM 02-5 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 11 | 050388486820190723-ETM 03-1 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 12 | 050388486820190723-ETM 03-2 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 13 | 050388486820190723-ETM 03-3 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 14 | 050388486820190723-ETM 03-4 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 15 | 050388486820190723-ETM 03-5 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 16 | 050388486820190723-ETM 04-1 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 17 | 050388486820190723-ETM 04-2 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 18 | 050388486820190723-ETM 04-3 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 19 | 050388486820190723-ETM 04-4 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 20 | 050388486820190723-ETM 04-5 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 21 | 050388486820190723-ETM 05-1 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 22 | 050388486820190723-ETM 05-2 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 23 | 050388486820190723-ETM 05-3 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 24 | 050388486820190723-ETM 05-4 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 25 | 050388486820190723-ETM 05-5 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 26 | 050388486820190723-ETM 06-1 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 27 | 050388486820190723-ETM 06-2 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 28 | 050388486820190723-ETM 06-3 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 29 | 050388486820190723-ETM 06-4 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |
| 30 | 050388486820190723-ETM 06-5 | Cumple criterios dimensionales | 2019/08/01 |



DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

NOTA: LA INFORMACION CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

| | | |
|--|---|--|
|  |  |  |
| Elaborado por: | | Aprobado por: |
| Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC | Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC | Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC |
|  | | |
| Cliente | | |



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 050388486820190723-ETM

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2019_049
 Empresa/Clientes: Sr. Jairo Danilo Pilatasig Plasencia.
 RUC/C.I.: 0503884868. Ciudad: Ambato.
 Dirección: Salcedo, Vía Anchilivi.
 Teléfono: 0960964654. Correo: jairitodanny@gmail.com
DATOS DEL ENSAYO:
 Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
 Dirección: Ambato/Catiglata. Toronto y Rio de Janeiro.
 Método de ensayo: AWS B4.0: Métodos de prueba estándar para Prueba de tensión de materiales metálicos.
 Tipo de ensayo: Cuantitativo.
 Tipo de probeta: Cilíndrica. Longitud calibrada: 50 mm.
 Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN.
 Modelo: STH-1500 S/C Serie: 8802M001
 Velocidad de ensayo: 10 mm/min. Precarga: 5000 N.
 Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/08/19 Fecha de Finalización de Ensayo: 2019/08/20
 Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas soldadas. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas

| N° | Identificación del grupo | Procesos de soldadura | Material base | Material de soldadura | Probetas a Ensayar |
|----|---------------------------|-----------------------|---------------|-----------------------|--------------------|
| 1 | 050388486820190723-ETM 01 | GTAW | AISI 420 | ER 312 | 5 |
| 2 | 050388486820190723-ETM 02 | GTAW | AISI 420 | ER 308 | 5 |
| 3 | 050388486820190723-ETM 03 | GTAW | AISI 420 | ER 308 y ER 312 | 5 |

Observaciones: La fabricación de la probeta para la ejecución del ensayo de Resistencia al impacto es responsabilidad del cliente. El proceso de fabricación de las probetas se realiza con el proceso SMAW.

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente.

| | | |
|---|---|--|
| | | |
| Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC | Aprobado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC | Aprobado por: Ing. Esteban López E. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC |

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 26 de agosto de 2019.
N°. Factura: 001-002-000007495.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

| Nº | Identificación del grupo | Procesos de soldadura | Material base | Material de soldadura | Probetas a Ensayar |
|--------------|---------------------------|-----------------------|---------------|-----------------------|--------------------|
| 4 | 050388486820190723-ETM 04 | SMAW | AISI 420 | E 312-16 | 5 |
| 5 | 050388486820190723-ETM 05 | SMAW | AISI 420 | E 308L-16 | 5 |
| 6 | 050388486820190723-ETM 06 | SMAW | AISI 420 | E 308L-16 y E 312-16 | 5 |
| Total | | | | | 30 |

Código: RG-RM-008
Fecha de Elaboración: 08-03-2017
Fecha de última aprobación: 16-05-2017
Revisión: 1



INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN
MATERIALES METÁLICOS

Página 2 de 5



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrizero



Honorable Gobierno
Provincial de Turigrahuay

Resultados:

| Pro beta | Identificación de probeta | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%) | Diámetro (mm) | Longitud Inicial (mm) | Longitud Final (mm) | Fuerza Máxima (N) | Fuerza rotura (N) | Fuerza de fluencia (N) | Resistencia a la tracción | Resistencia de rotura (MPa) | Límite fluencia (MPa) | % Elongación (Calculado) | Rotura dentro de la zona soldada |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------|----------------------|---------------|-----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 1 | 050388486820190723-ETM 01-1 | 21,0 | 52,2 | 12,43 | 50 | 52,99 | 81900,01 | 81900,01 | 10750,00 | 664,19 | 664,19 | 135,84 | 5,98 | SI |
| 2 | 050388486820190723-ETM 01-2 | 21,0 | 52,2 | 12,44 | 50 | 51,03 | 80550,01 | 80550,01 | 8600,00 | 662,73 | 662,73 | 70,76 | 2,06 | SI |
| 3 | 050388486820190723-ETM 01-3 | 21,0 | 52,2 | 12,68 | 50 | 51,42 | 81600,01 | 81600,01 | 8850,00 | 646,19 | 646,19 | 70,08 | 2,84 | SI |
| 4 | 050388486820190723-ETM 01-4 | 21,0 | 52,2 | 12,57 | 50 | 51,92 | 84050,01 | 84000,01 | 9100,00 | 677,29 | 676,89 | 73,33 | 3,84 | SI |
| 5 | 050388486820190723-ETM 01-5 | 21,0 | 52,2 | 12,36 | 50 | 53,22 | 86700,01 | 86300,01 | 14000,00 | 722,59 | 719,26 | 116,68 | 6,44 | SI |
| Promedio \bar{X} | | | | | | | 82960,010 | 82870,010 | 11660,000 | 674,599 | 673,851 | 93,338 | 4,232 | |
| Desviación estándar S_{n-1} | | | | | | | 2447,294 | 2290,087 | 3707,998 | 29,012 | 27,627 | 30,831 | 1,920 | |
| Coeficiente de variación CV | | | | | | | 2,95 | 2,76 | 32,36 | 4,30 | 4,10 | 33,03 | 45,36 | |

| Pro beta | Identificación de probeta | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%) | Diámetro (mm) | Longitud Inicial (mm) | Longitud Final (mm) | Fuerza Máxima (N) | Fuerza rotura (N) | Fuerza de fluencia (N) | Resistencia a la tracción | Resistencia de rotura (MPa) | Límite fluencia (MPa) | % Elongación (Calculado) | Rotura dentro de la zona soldada |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------|----------------------|---------------|-----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 6 | 050388486820190723-ETM 02-1 | 24,5 | 50,6 | 12,64 | 50 | 53,12 | 70450,01 | 70200,01 | 10450,00 | 561,43 | 559,44 | 83,28 | 6,24 | SI |
| 7 | 050388486820190723-ETM 02-2 | 24,5 | 50,6 | 12,15 | 50 | 52,55 | 59250,01 | 58350,01 | 10450,00 | 511,03 | 503,27 | 90,13 | 5,10 | SI |
| 8 | 050388486820190723-ETM 02-3 | 24,5 | 50,6 | 12,46 | 50 | 52,62 | 59600,01 | 55350,01 | 10000,00 | 488,79 | 453,93 | 82,01 | 5,24 | SI |
| 9 | 050388486820190723-ETM 02-4 | 24,5 | 50,6 | 12,47 | 50 | 53,32 | 71150,01 | 70200,01 | 7600,00 | 582,58 | 574,30 | 62,23 | 6,64 | SI |
| 10 | 050388486820190723-ETM 02-5 | 24,5 | 50,6 | 12,75 | 50 | 51,95 | 65400,01 | 59950,01 | 7200,00 | 512,23 | 469,55 | 56,39 | 3,90 | SI |
| Promedio \bar{X} | | | | | | | 65170,010 | 62810,010 | 9140,000 | 531,212 | 512,197 | 74,808 | 5,424 | |
| Desviación estándar S_{n-1} | | | | | | | 5695,678 | 6945,268 | 1605,226 | 39,111 | 53,488 | 14,627 | 1,073 | |
| Coeficiente de variación CV | | | | | | | 8,74 | 11,06 | 17,56 | 7,36 | 10,44 | 19,55 | 19,78 | |



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrasco



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

| Probeta | Identificación de probeta | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%) | Diámetro (mm) | Longitud Inicial (mm) | Longitud Final (mm) | Fuerza Máxima (N) | Fuerza rotura (N) | Fuerza de fluencia (N) | Resistencia a la tracción | Resistencia de rotura (MPa) | Límite fluencia (MPa) | % Elongación (Calculado) | Rotura dentro de la zona soldada |
|---------|-----------------------------|------------------|----------------------|---------------|------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 11 | 050388486820190723-ETM 03-1 | 25,9 | 45,9 | 12,75 | 50 | 53,45 | 73300,01 | 62500,01 | 7700,00 | 574,11 | 489,52 | 60,31 | 6,90 | SI |
| 12 | 050388486820190723-ETM 03-2 | 25,9 | 45,9 | 12,99 | 50 | 51,67 | 56750,01 | 52800,01 | 7150,00 | 428,21 | 398,41 | 53,95 | 3,34 | SI |
| 13 | 050388486820190723-ETM 03-3 | 25,9 | 45,9 | 12,52 | 50 | 52,01 | 59150,01 | 53900,01 | 10000,00 | 480,46 | 437,81 | 81,23 | 4,02 | SI |
| 14 | 050388486820190723-ETM 03-4 | 25,9 | 45,9 | 12,81 | 50 | 53,10 | 71400,01 | 64300,01 | 7050,00 | 554,00 | 498,91 | 54,70 | 6,20 | SI |
| 15 | 050388486820190723-ETM 03-5 | 25,9 | 45,9 | 12,58 | 50 | 52,33 | 65600,01 | 65350,01 | 11650,00 | 527,78 | 525,77 | 93,73 | 4,66 | SI |
| | | | | | Promedio \bar{X} | | 65240,010 | 59770,010 | 8710,000 | 512,912 | 470,084 | 68,784 | 5,024 | |
| | | | | | Desviación estándar $S_{\sigma-1}$ | | 7283,663 | 5961,292 | 2032,056 | 58,910 | 51,207 | 17,799 | 1,490 | |
| | | | | | Coeficiente de variación CV | | 11,16 | 9,97 | 23,33 | 11,49 | 10,89 | 25,88 | 29,65 | |

| Probeta | Identificación de probeta | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%) | Diámetro (mm) | Longitud Inicial (mm) | Longitud Final (mm) | Fuerza Máxima (N) | Fuerza rotura (N) | Fuerza de fluencia (N) | Resistencia a la tracción | Resistencia de rotura (MPa) | Límite fluencia (MPa) | % Elongación (Calculado) | Rotura dentro de la zona soldada |
|---------|-----------------------------|------------------|----------------------|---------------|------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 16 | 050388486820190723-ETM 04-1 | 26,5 | 43,4 | 12,52 | 50 | 53,30 | 81900,01 | 81900,01 | 16550,00 | 665,25 | 665,25 | 134,43 | 6,60 | SI |
| 17 | 050388486820190723-ETM 04-2 | 26,5 | 43,4 | 12,65 | 50 | 52,50 | 64550,01 | 50450,00 | 16700,00 | 513,60 | 401,41 | 132,88 | 5,00 | SI |
| 18 | 050388486820190723-ETM 04-3 | 26,5 | 43,4 | 12,17 | 50 | 51,71 | 59950,01 | 47450,00 | 16400,00 | 515,37 | 407,91 | 140,98 | 3,42 | SI |
| 19 | 050388486820190723-ETM 04-4 | 26,5 | 43,4 | 12,35 | 50 | 53,05 | 78900,01 | 78900,01 | 16600,00 | 658,65 | 658,65 | 138,57 | 6,10 | SI |
| 20 | 050388486820190723-ETM 04-5 | 26,5 | 43,4 | 12,30 | 50 | 52,48 | 67050,01 | 64500,01 | 16050,00 | 564,29 | 542,82 | 135,07 | 4,96 | SI |
| | | | | | Promedio \bar{X} | | 70470,010 | 64640,006 | 16460,000 | 583,431 | 535,209 | 136,38 | 5,216 | |
| | | | | | Desviación estándar $S_{\sigma-1}$ | | 9475,270 | 15796,579 | 253,476 | 74,544 | 128,756 | 3,309 | 1,228 | |
| | | | | | Coeficiente de variación CV | | 13,45 | 24,44 | 1,54 | 12,78 | 24,06 | 2,43 | 23,55 | |

Código: RG-RM-008
Fecha de Elaboración: 08-03-2017
Fecha de última aprobación: 16-05-2017
Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN MATERIALES METÁLICOS

Página 4 de 5



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

| Pro beta | Identificación de probeta | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%) | Diámetro (mm) | Longitud Inicial (mm) | Longitud Final (mm) | Fuerza Máxima (N) | Fuerza rotura (N) | Fuerza de fluencia (N) | Resistencia a la tracción | Resistencia de rotura (MPa) | Límite fluencia (MPa) | % Elongación (Calculado) | Rotura dentro de la zona soldada |
|----------|-----------------------------|------------------|----------------------|---------------|-------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 21 | 050388486820190723-ETM 05-1 | 26,0 | 43,2 | 12,83 | 50 | 52,44 | 61400,01 | 60750,01 | 10900,00 | 474,93 | 469,90 | 84,31 | 4,88 | SI |
| 22 | 050388486820190723-ETM 05-2 | 26,0 | 43,2 | 12,62 | 50 | 52,31 | 56800,01 | 30900,01 | 8050,00 | 454,09 | 247,03 | 64,36 | 4,62 | SI |
| 23 | 050388486820190723-ETM 05-3 | 26,0 | 43,2 | 12,60 | 50 | 52,30 | 53150,01 | 50150,00 | 10300,00 | 476,26 | 402,20 | 82,60 | 4,60 | SI |
| 24 | 050388486820190723-ETM 05-4 | 26,0 | 43,2 | 12,64 | 50 | 52,13 | 56150,01 | 52300,01 | 5450,00 | 447,47 | 416,79 | 43,43 | 4,26 | SI |
| 25 | 050388486820190723-ETM 05-5 | 26,0 | 43,2 | 12,85 | 50 | 51,74 | 54200,01 | 50000,00 | 5650,00 | 417,93 | 385,54 | 43,57 | 3,48 | SI |
| | | | | | Promedio \bar{x} | | 56340,010 | 48820,006 | 8070,000 | 444,134 | 384,292 | 63,654 | 4,368 | |
| | | | | | Desviación estándar S_{n-1} | | 3186,181 | 10939,869 | 2534,906 | 22,719 | 82,987 | 19,992 | 0,543 | |
| | | | | | Cociente de variación CV | | 5,66 | 22,41 | 31,41 | 5,12 | 21,49 | 31,41 | 12,43 | |

| Pro beta | Identificación de probeta | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%) | Diámetro (mm) | Longitud Inicial (mm) | Longitud Final (mm) | Fuerza Máxima (N) | Fuerza rotura (N) | Fuerza de fluencia (N) | Resistencia a la tracción | Resistencia de rotura (MPa) | Límite fluencia (MPa) | % Elongación (Calculado) | Rotura dentro de la zona soldada |
|----------|-----------------------------|------------------|----------------------|---------------|-------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 26 | 050388486820190723-ETM 06-1 | 26,7 | 41,5 | 12,63 | 50 | 51,50 | 57900,01 | 55650,01 | 11500,00 | 462,15 | 444,19 | 91,79 | 3,00 | SI |
| 27 | 050388486820190723-ETM 06-2 | 26,7 | 41,5 | 12,54 | 50 | 52,01 | 62150,01 | 62150,01 | 9150,00 | 503,22 | 503,22 | 74,09 | 4,02 | SI |
| 28 | 050388486820190723-ETM 06-3 | 26,7 | 41,5 | 12,51 | 50 | 51,24 | 69800,01 | 69250,01 | 11900,00 | 567,87 | 563,40 | 96,81 | 2,48 | SI |
| 29 | 050388486820190723-ETM 06-4 | 26,7 | 41,5 | 12,65 | 50 | 51,54 | 67000,01 | 64200,01 | 6790,00 | 533,09 | 510,82 | 53,31 | 3,08 | SI |
| 30 | 050388486820190723-ETM 06-5 | 26,7 | 41,5 | 12,36 | 50 | 51,42 | 64350,01 | 64350,01 | 10500,00 | 519,37 | 519,37 | 84,75 | 2,84 | SI |
| | | | | | Promedio \bar{x} | | 64240,010 | 63120,010 | 9950,000 | 517,141 | 508,199 | 80,150 | 3,084 | |
| | | | | | Desviación estándar S_{n-1} | | 4558,152 | 4924,378 | 2104,163 | 38,895 | 42,722 | 17,259 | 0,572 | |
| | | | | | Cociente de variación CV | | 7,10 | 7,80 | 21,15 | 7,52 | 8,41 | 21,53 | 18,54 | |

Observaciones: Ninguna.

Código: RG-RM-008
Fecha de Elaboración: 08-03-2017
Fecha de última aprobación: 16-05-2017
Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN MATERIALES
METÁLICOS

Página 5 de 5

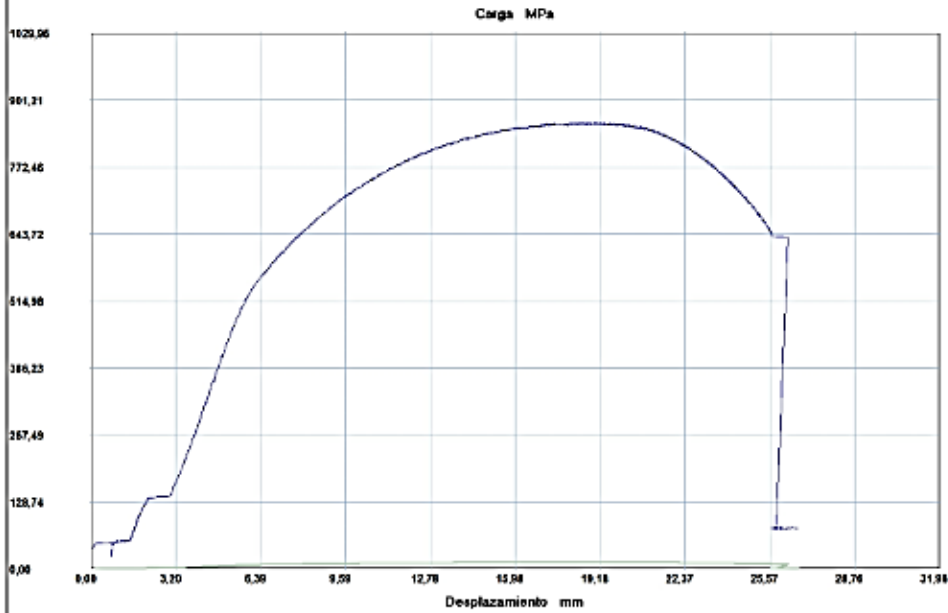
INFORME :
 ENSAYO :

ETM BASE
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : TECNICO
 Norma : AST E8
 Fecha : 19/08/2019
 Hora : 15:06:15
 Temperatura : 22.3
 H.R.% : 54.2
 Pedido : 050388486820190723

ACERO AISI 420



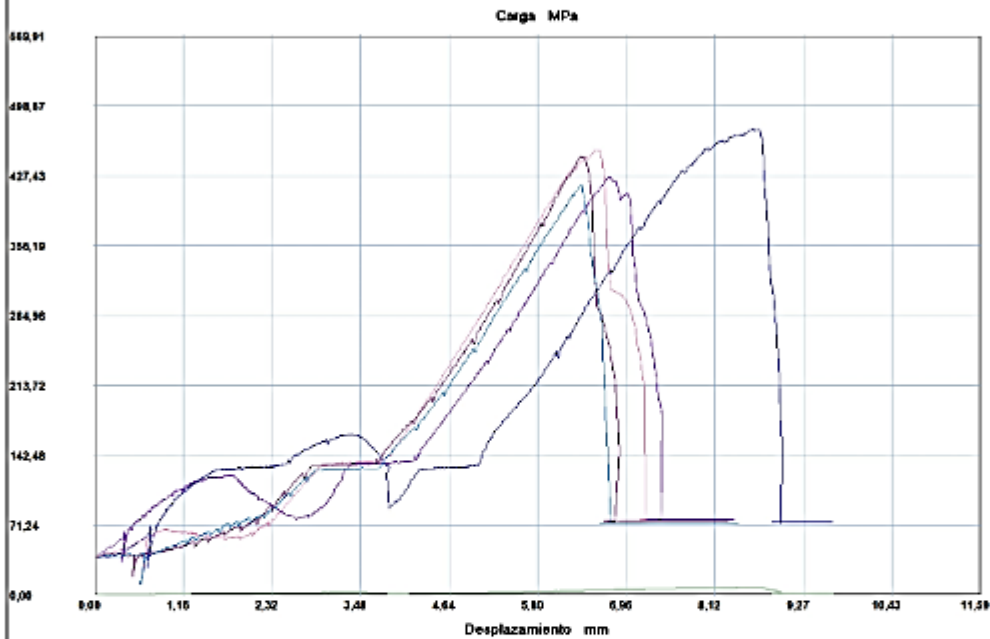
| Probeta | FMax N | FRot N | FYield N | CMax MPa | CRot MPa | C.Yield MPa |
|-----------|------------|-----------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| ■ 1 | 103650,02 | 79050,01 | 17100,00 | 858,29 | 654,59 | 141,60 |
| Media | 103650,020 | 79050,010 | 17100,000 | 858,294 | 654,589 | 141,600 |
| Mediana | 103650,020 | 79050,010 | 17100,000 | 858,294 | 654,589 | 141,600 |
| Desv. Std | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Coef. V. | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Máximo | 103650,020 | 79050,010 | 17100,000 | 858,294 | 654,589 | 141,600 |
| Mínimo | 103650,020 | 79050,010 | 17100,000 | 858,294 | 654,589 | 141,600 |
| Rango | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| CPK | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| +3 Sigma | 103650,020 | 79050,010 | 17100,000 | 858,294 | 654,589 | 141,600 |
| -3 Sigma | 103650,020 | 79050,010 | 17100,000 | 858,294 | 654,589 | 141,600 |

INFORME :
ENSAYO :

ETM 05
TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : TECNICO 1
 Norma : AWS B4.0
 Fecha : 19/08/2019
 Hora : 15:05:06
 Temperatura : 23,4
 H.R.% : 53,2
 Pedido : 050388486820190723



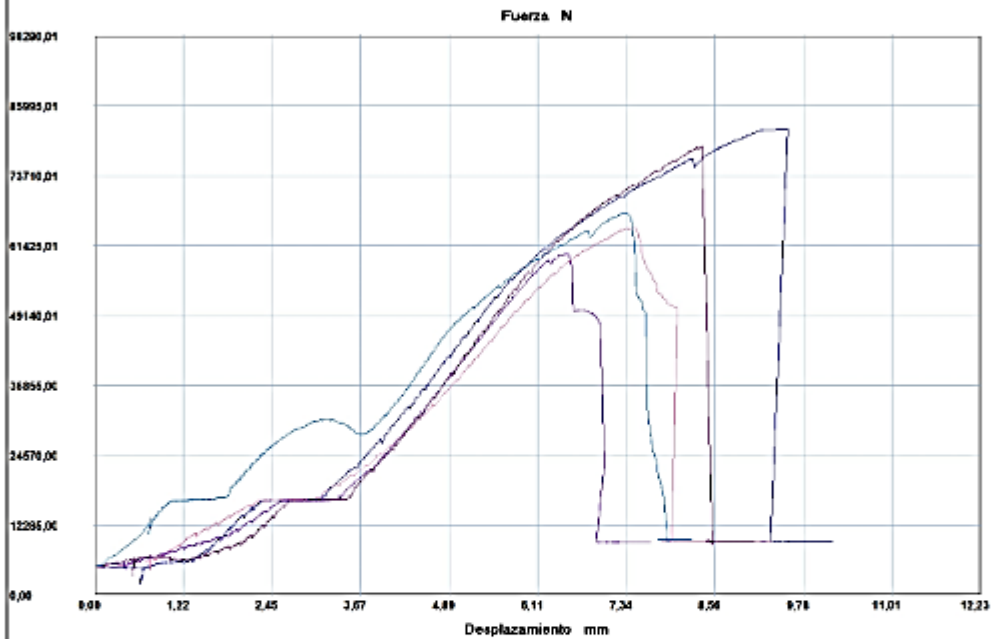
| Probeta | FMax N | FRot N | FYield N | CMax MPa | CRot MPa | C.Yield MPa |
|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| 1 | 61400,01 | 60750,01 | 10900,00 | 474,93 | 469,90 | 84,31 |
| 2 | 56800,01 | 30900,01 | 8050,00 | 454,09 | 247,03 | 64,36 |
| 3 | 53150,01 | 50150,00 | 10300,00 | 426,26 | 402,20 | 82,60 |
| 4 | 56150,01 | 52300,01 | 5450,00 | 447,47 | 416,79 | 43,43 |
| 5 | 54200,01 | 50000,00 | 5650,00 | 417,93 | 385,54 | 43,57 |
| Media | 56340,010 | 48820,006 | 8070,000 | 444,134 | 384,292 | 63,654 |
| Mediana | 56150,010 | 50150,000 | 8050,000 | 447,472 | 402,198 | 64,356 |
| Desv. Std | 3186,181 | 10939,869 | 2534,906 | 22,719 | 82,987 | 19,992 |
| Coef. V. | 0,057 | 0,224 | 0,314 | 0,051 | 0,216 | 0,314 |
| Máximo | 61400,010 | 60750,010 | 10900,000 | 474,925 | 469,898 | 84,311 |
| Mínimo | 53150,010 | 30900,010 | 5450,000 | 417,930 | 247,030 | 43,432 |
| Rango | 8250,000 | 29850,000 | 5450,000 | 56,996 | 222,867 | 40,879 |
| CPK | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| +3 Sigma | 65898,553 | 81639,614 | 15674,719 | 512,290 | 633,253 | 123,631 |
| -3 Sigma | 46781,467 | 16000,398 | 465,281 | 375,979 | 135,331 | 3,677 |

INFORME :
 ENSAYO :

ETM 04
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : TECNICO 1
 Norma : AWS B4.0
 Fecha : 19/08/2019
 Hora : 12:34:51
 Temperatura : 26,5
 H.R.% : 43,4
 Pedido : 050388486820190723



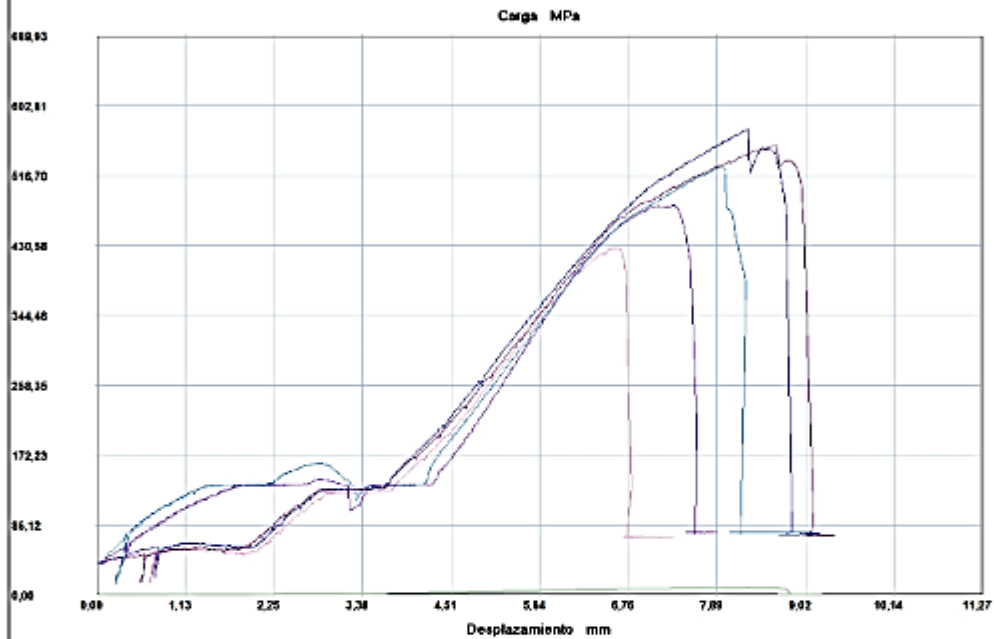
| Probeta | FMax N | FRot N | FYield N | CMax MPa | CRot MPa | C.Yield MPa |
|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| 1 | 81900,01 | 81900,01 | 16550,00 | 665,25 | 665,25 | 134,43 |
| 2 | 64550,01 | 50450,00 | 16700,00 | 513,60 | 401,41 | 132,88 |
| 3 | 59950,01 | 47450,00 | 16400,00 | 515,37 | 407,91 | 140,98 |
| 4 | 78900,01 | 78900,01 | 16600,00 | 658,65 | 658,65 | 138,57 |
| 5 | 67050,01 | 64500,01 | 16050,00 | 564,29 | 542,82 | 135,07 |
| Media | 70470,010 | 64640,006 | 16460,000 | 583,431 | 535,209 | 136,388 |
| Mediana | 67050,010 | 64500,010 | 16550,000 | 564,285 | 542,825 | 135,075 |
| Desv. Std | 9475,270 | 15796,579 | 253,476 | 74,544 | 128,756 | 3,309 |
| Coef. V. | 0,134 | 0,244 | 0,015 | 0,128 | 0,241 | 0,024 |
| Máximo | 81900,010 | 81900,010 | 16700,000 | 665,251 | 665,251 | 140,985 |
| Mínimo | 59950,010 | 47450,000 | 16050,000 | 513,600 | 401,412 | 132,876 |
| Rango | 21950,000 | 34450,010 | 650,000 | 151,650 | 263,839 | 8,109 |
| CPK | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| +3 Sigma | 98895,821 | 112029,740 | 17220,428 | 807,063 | 921,477 | 146,316 |
| -3 Sigma | 42044,199 | 17250,269 | 15699,572 | 359,798 | 148,941 | 126,461 |

INFORME :
ENSAYO :

ETM 03
TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : TECNICO 1
 Norma : AWS B4.0
 Fecha : 19/08/2019
 Hora : 12:06:49
 Temperatura : 25,9
 H.R.% : 45,9
 Pedido : 050388486820190723



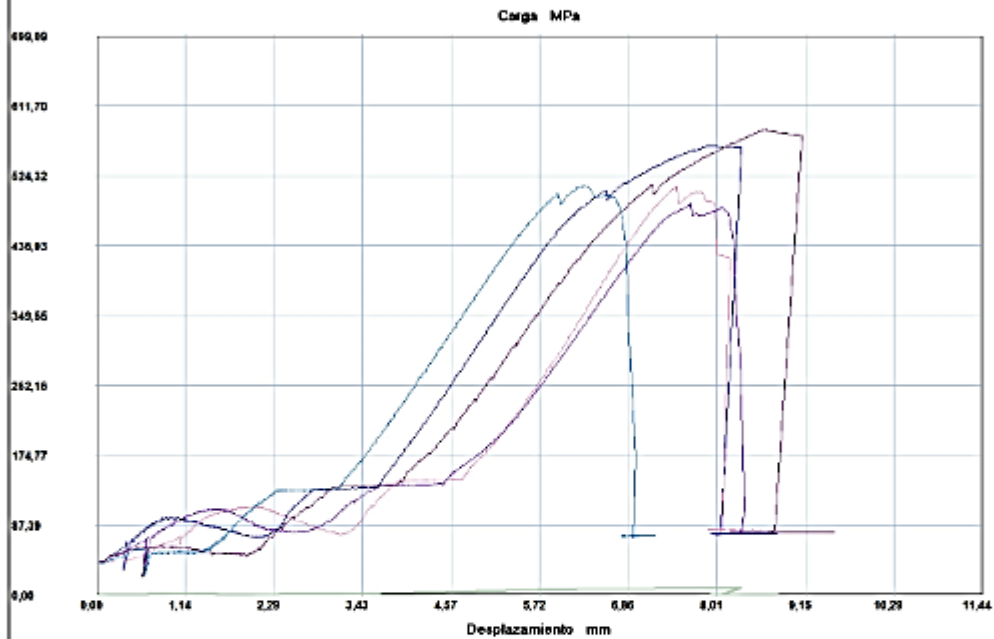
| Probeta | FMax N | FRot N | FYield N | CMax MPa | CRot MPa | C.Yield MPa |
|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| 1 | 73300,01 | 62500,01 | 7700,00 | 574,11 | 489,52 | 60,31 |
| 2 | 56750,01 | 52800,01 | 7150,00 | 428,21 | 398,41 | 53,95 |
| 3 | 59150,01 | 53900,01 | 10000,00 | 480,46 | 437,81 | 81,23 |
| 4 | 71400,01 | 64300,01 | 7050,00 | 554,00 | 498,91 | 54,70 |
| 5 | 65600,01 | 65350,01 | 11650,00 | 527,78 | 525,77 | 93,73 |
| Media | 65240,010 | 59770,010 | 8710,000 | 512,912 | 470,084 | 68,784 |
| Mediana | 65600,010 | 62500,010 | 7700,000 | 527,780 | 489,519 | 60,309 |
| Desv. Std | 7283,663 | 5961,292 | 2032,056 | 58,910 | 51,207 | 17,799 |
| Coef. V. | 0,112 | 0,100 | 0,233 | 0,115 | 0,109 | 0,259 |
| Máximo | 73300,010 | 65350,010 | 11650,000 | 574,108 | 525,768 | 93,729 |
| Mínimo | 56750,010 | 52800,010 | 7050,000 | 428,211 | 398,406 | 53,951 |
| Rango | 16550,000 | 12550,000 | 4600,000 | 145,897 | 127,362 | 39,778 |
| CPK | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| +3 Sigma | 87091,000 | 77653,885 | 14806,167 | 689,643 | 623,704 | 122,181 |
| -3 Sigma | 43389,020 | 41886,135 | 2613,833 | 336,180 | 316,464 | 15,386 |

INFORME :
ENSAYO :

ETM 02
TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : TECNICO 1
 Norma : AWS B4.0
 Fecha : 19/08/2019
 Hora : 11:29:25
 Temperatura : 24,5
 H.R.% : 50,6
 Pedido : 050388486820190723



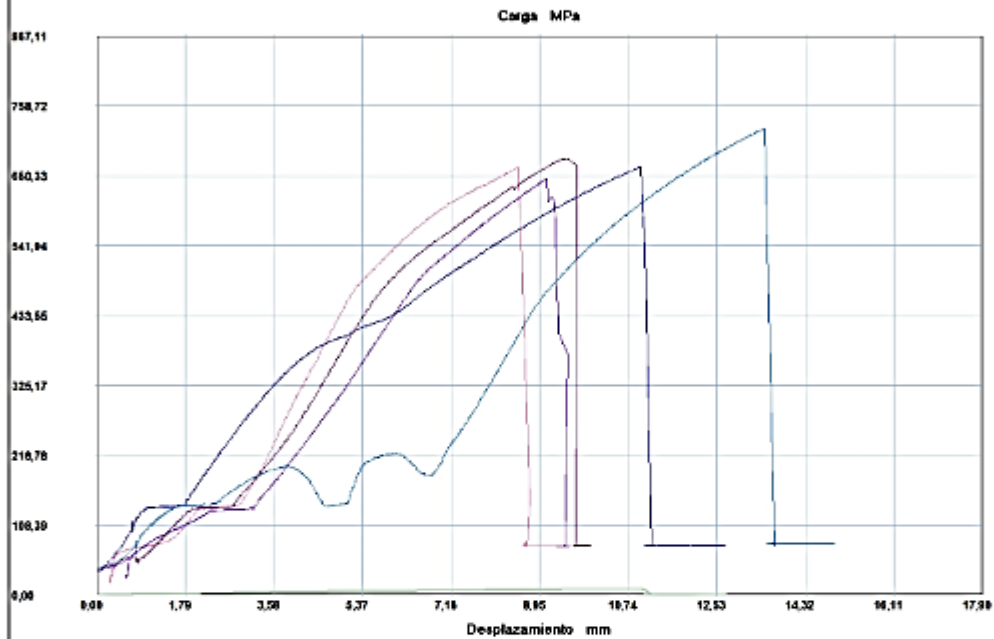
| Probeta | FMax N | FRot N | FYield N | CMax MPa | CRot MPa | C.Yield MPa |
|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| 1 | 70450,01 | 70200,01 | 10450,00 | 561,43 | 559,44 | 83,28 |
| 2 | 59250,01 | 58350,01 | 10450,00 | 511,03 | 503,27 | 90,13 |
| 3 | 59600,01 | 55350,01 | 10000,00 | 488,79 | 453,93 | 82,01 |
| 4 | 71150,01 | 70200,01 | 7600,00 | 582,58 | 574,80 | 62,23 |
| 5 | 65400,01 | 59950,01 | 7200,00 | 512,23 | 469,55 | 56,39 |
| Media | 65170,010 | 62810,010 | 9140,000 | 531,212 | 512,197 | 74,808 |
| Mediana | 65400,010 | 59950,010 | 10000,000 | 512,233 | 503,267 | 82,011 |
| Desv. Std | 5695,678 | 6945,268 | 1605,226 | 39,111 | 53,488 | 14,627 |
| Coef. V. | 0,087 | 0,111 | 0,176 | 0,074 | 0,104 | 0,196 |
| Máximo | 71150,010 | 70200,010 | 10450,000 | 582,575 | 574,797 | 90,131 |
| Mínimo | 59250,010 | 55350,010 | 7200,000 | 488,788 | 453,933 | 56,393 |
| Rango | 11900,000 | 14850,000 | 3250,000 | 93,788 | 120,864 | 33,738 |
| CPK | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| +3 Sigma | 82257,045 | 83645,815 | 13955,678 | 648,546 | 672,662 | 118,689 |
| -3 Sigma | 48082,975 | 41974,205 | 4324,322 | 413,878 | 351,731 | 30,927 |

INFORME :
ENSAYO :

ETM 01
TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : TECNICO 1
 Norma : AWS B4.0
 Fecha : 19/08/2019
 Hora : 10:00:21
 Temperatura : 22,6
 H.R.% : 53,3
 Pedido : 050388486820190723



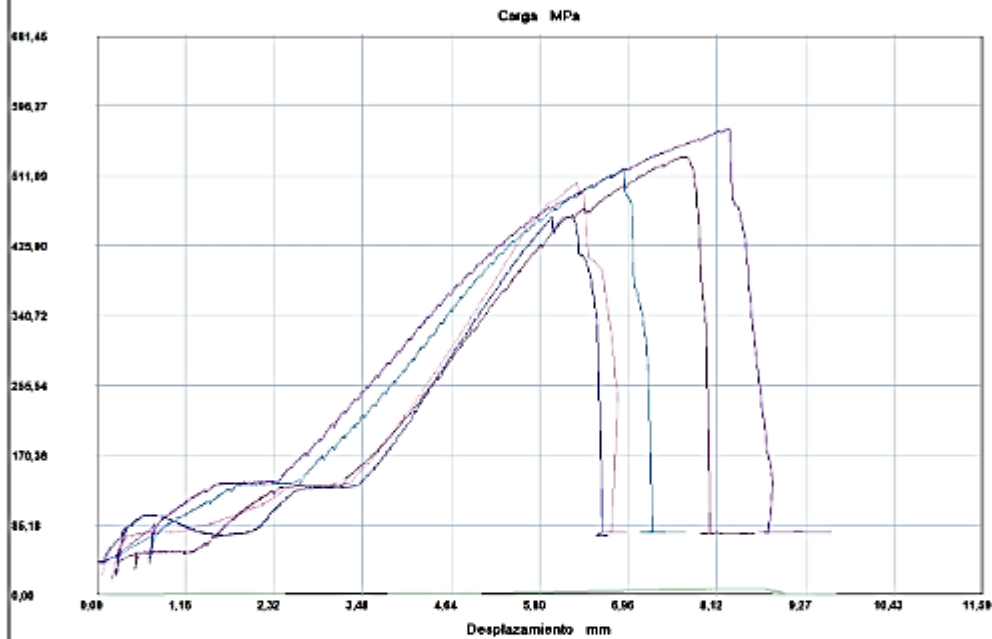
| Probeta | FMax N | FRot N | FYield N | CMax MPa | CRot MPa | C.Yield MPa |
|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| 1 | 81900,01 | 81900,01 | 16750,00 | 664,19 | 664,19 | 135,84 |
| 2 | 80550,01 | 80550,01 | 8600,00 | 662,73 | 662,73 | 70,76 |
| 3 | 81600,01 | 81600,01 | 8850,00 | 646,19 | 646,19 | 70,08 |
| 4 | 84050,01 | 84000,01 | 9100,00 | 677,29 | 676,89 | 73,33 |
| 5 | 86700,01 | 86300,01 | 14000,00 | 722,59 | 719,26 | 116,68 |
| Media | 82960,010 | 82870,010 | 11460,000 | 674,599 | 673,851 | 93,338 |
| Mediana | 81900,010 | 81900,010 | 9100,000 | 664,189 | 664,189 | 73,330 |
| Desv. Std | 2447,294 | 2290,087 | 3707,998 | 29,012 | 27,627 | 30,831 |
| Coef. V. | 0,029 | 0,028 | 0,324 | 0,043 | 0,041 | 0,330 |
| Máximo | 86700,010 | 86300,010 | 16750,000 | 722,591 | 719,257 | 135,838 |
| Mínimo | 80550,010 | 80550,010 | 8600,000 | 646,192 | 646,192 | 70,083 |
| Rango | 6150,000 | 5750,000 | 8150,000 | 76,398 | 73,065 | 65,755 |
| CPK | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| +3 Sigma | 90301,893 | 89740,272 | 22583,994 | 761,634 | 756,733 | 185,831 |
| -3 Sigma | 75618,127 | 75999,748 | 336,006 | 587,564 | 590,970 | 0,845 |

INFORME :
 ENSAYO :

ETM 06
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : TECNICO 1
 Norma : AWS B4.0
 Fecha : 19/08/2019
 Hora : 16:04:19
 Temperatura : 22,1
 H.R.% : 53,2
 Pedido : 050388486820190723



| Probeta | FMax N | FRot N | FYield N | CMax MPa | CRot MPa | C.Yield MPa |
|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| 1 | 57900,01 | 55650,01 | 11500,00 | 462,15 | 444,19 | 91,79 |
| 2 | 62150,01 | 62150,01 | 9150,00 | 503,22 | 503,22 | 74,09 |
| 3 | 69800,01 | 69250,01 | 11900,00 | 567,87 | 563,40 | 96,81 |
| 4 | 67000,01 | 64200,01 | 6700,00 | 533,09 | 510,82 | 53,31 |
| 5 | 64350,01 | 64350,01 | 10500,00 | 519,37 | 519,37 | 84,75 |
| Media | 64240,010 | 63120,010 | 9950,000 | 517,141 | 508,199 | 80,150 |
| Mediana | 64350,010 | 64200,010 | 10500,000 | 519,373 | 510,816 | 84,746 |
| Desv. Std | 4558,152 | 4924,378 | 2104,163 | 38,895 | 42,722 | 17,259 |
| Coef. V. | 0,071 | 0,078 | 0,211 | 0,075 | 0,084 | 0,215 |
| Máximo | 69800,010 | 69250,010 | 11900,000 | 567,873 | 563,398 | 96,815 |
| Mínimo | 57900,010 | 55650,010 | 6700,000 | 462,149 | 444,190 | 53,309 |
| Rango | 11900,000 | 13600,000 | 5200,000 | 105,724 | 119,208 | 43,506 |
| CPK | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| +3 Sigma | 77914,466 | 77893,144 | 16262,488 | 633,825 | 636,364 | 131,928 |
| -3 Sigma | 50565,554 | 48346,876 | 3637,512 | 400,458 | 380,033 | 28,371 |

ANEXO D-2: Informe ensayos de impacto.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

| | |
|--|-----------------------|
| Informe N°: 050388486820190723-EIM | |
| DATOS DEL CLIENTE | |
| Empresa / Cliente: Sr. Jairo Danilo Pilatasig Plasencia. | |
| Dirección: Salcedo, Vía Anchilivi. | |
| Núm. de cédula / RUC: 0503884868 | Teléfono: 0960964654. |
| E-mail: jairitodanny@gmail.com | |

| |
|--|
| DATOS INFORMATIVOS |
| Laboratorio: Resistencia de Materiales. |
| Designación del material: Material metálico (Acero). |
| Método de ensayo: AWS B4.0: Métodos de prueba estándar para Prueba de impacto de materiales metálicos soldados. |

Número de Probetas cuantificadas

| N° | Identificación del grupo | Descripción | Probetas a Ensayar |
|--------------|---------------------------|-------------------|--------------------|
| 1 | 050388486820190723-EIM 01 | Acero estructural | 5 |
| Total | | | 5 |

Nota: La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es declarada por el cliente.



| ENSAYO SOLICITADO | | | |
|-------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------|
| No. | No. DE PROBETA | DESCRIPCIÓN | FECHAS RECEPCIÓN |
| 1 | 050388486820190723-EIM 01-1 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 2 | 050388486820190723-EIM 01-2 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 3 | 050388486820190723-EIM 01-3 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 4 | 050388486820190723-EIM 01-4 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 5 | 050388486820190723-EIM 01-5 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 6 | 050388486820190723-EIM 02-1 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 7 | 050388486820190723-EIM 02-2 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 8 | 050388486820190723-EIM 02-3 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 9 | 050388486820190723-EIM 02-4 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 10 | 050388486820190723-EIM 02-5 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 11 | 050388486820190723-EIM 03-1 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 12 | 050388486820190723-EIM 03-2 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 13 | 050388486820190723-EIM 03-3 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 14 | 050388486820190723-EIM 03-4 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 15 | 050388486820190723-EIM 03-5 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 16 | 050388486820190723-EIM 04-1 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 17 | 050388486820190723-EIM 04-2 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 18 | 050388486820190723-EIM 04-3 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 19 | 050388486820190723-EIM 04-4 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 20 | 050388486820190723-EIM 04-5 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 21 | 050388486820190723-EIM 05-1 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 22 | 050388486820190723-EIM 05-2 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 23 | 050388486820190723-EIM 05-3 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 24 | 050388486820190723-EIM 05-4 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 25 | 050388486820190723-EIM 05-5 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 26 | 050388486820190723-EIM 06-1 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 27 | 050388486820190723-EIM 06-2 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 28 | 050388486820190723-EIM 06-3 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 29 | 050388486820190723-EIM 06-4 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |
| 30 | 050388486820190723-EIM 06-5 | Cumple criterios dimensionales. | 01/08/2019 |



DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

NOTA: LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

| | |
|---|---|
|  |  |
| Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC | Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC |
| |  |
| Cliente | |



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE IMPACTO CHARPY DE MATERIALES METÁLICOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 050388486820190723-EIM

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2019_049
Empresa / Cliente: Sr. Jairo Danilo Pilatasig Plasencia.
RUC/C.I.: 0503884868 **Ciudad:** Ambato.
Dirección: Salcedo, Vía Anchilivi. **Teléfono:** 0960964654.
Correo: jairitodanny@gmail.com
Datos del ensayo
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Ambato/Catiglata. Toronto y Río de Janeiro.
Método de ensayo: AWS B4.0: Métodos de prueba estándar para Prueba de impacto de materiales metálicos soldados.
Tipo de ensayo: Cuantitativo.
Energía utilizada (J): 450(J)
Tipo de muestra: Entalle en "V".
Equipo utilizado: Máquina de ensayos Charpy. PIC 450 J.
Modelo: PIC 450/C **Serie:** M152552AR14.
Fecha de Inicio de Ensayo: 13/08/2019 **Fecha de Finalización de Ensayo:** 14/08/2019

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de *Juntas soldadas*. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.



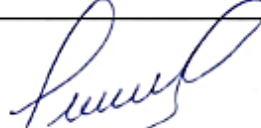
OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas:

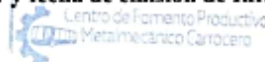
| N° | Identificación del grupo | Procesos de soldadura | Material base | Material de soldadura | Probetas a Ensayar |
|----|---------------------------|-----------------------|---------------|-----------------------|--------------------|
| 1 | 050388486820190723-EIM 01 | GTAW | AISI 420 | ER 312 | 5 |
| 2 | 050388486820190723-EIM 02 | GTAW | AISI 420 | ER 308 | 5 |
| 3 | 050388486820190723-EIM 03 | GTAW | AISI 420 | ER 308 y ER 312 | 5 |

Observaciones: La fabricación de la probeta para la ejecución del ensayo de Resistencia al impacto es responsabilidad del cliente. El proceso de fabricación de las probetas se realiza con el proceso SMAW y GTAW.

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente.

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Elaborado por: | Aprobado por: | |
| Ing. Fernando Galarza Mg. | Ing. Fernando Tibán R. | Ing. Esteban López Espinel MEng. |
| Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC | Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC | Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC |

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 22 de agosto de 2019.



N°. Factura: 001-002-000007495.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

| Nº | Identificación del grupo | Procesos de soldadura | Material base | Material de soldadura | Probetas a Ensayar |
|--------------|---------------------------|-----------------------|---------------|-----------------------|--------------------|
| 4 | 050388486820190723-EIM 04 | SMAW | AISI 420 | E 312-16 | 5 |
| 5 | 050388486820190723-EIM 05 | SMAW | AISI 420 | E 308L-16 | 5 |
| 6 | 050388486820190723-EIM 06 | SMAW | AISI 420 | E 308L-16 y E 312-16 | 5 |
| Total | | | | | 30 |



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carroceros

Resultados:

| Ítem | Identificación de probeta | Temperatura °C | Humedad Relativa % | Sección transversal de la probeta | | | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²) | Aspecto de la fractura (% de cizallamiento) | Fractura de la probeta | |
|------|-----------------------------|----------------|--------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------|-----------------------|---|---|------------------------|----|
| | | | | Altura (cm) | Ancho (cm) | Área (cm ²) | | | | SI | NO |
| 1 | 050388486820190723-EIM 01-1 | 21,0 | 52,2 | 0,8063 | 0,1019 | 0,082 | 42,10 | 512,40 | 10 | X | |
| 2 | 050388486820190723-EIM 01-2 | 21,0 | 52,2 | 0,8041 | 0,1024 | 0,082 | 44,56 | 541,17 | 10 | X | |
| 3 | 050388486820190723-EIM 01-3 | 21,0 | 52,2 | 0,8067 | 0,1010 | 0,081 | 46,54 | 571,21 | 10 | X | |
| 4 | 050388486820190723-EIM 01-4 | 21,0 | 52,2 | 0,8040 | 0,1015 | 0,082 | 48,24 | 591,13 | 10 | X | |
| 5 | 050388486820190723-EIM 01-5 | 21,0 | 52,2 | 0,8096 | 0,1021 | 0,083 | 46,47 | 562,18 | 10 | X | |
| | | | | Promedio \bar{X} | | | 45,582 | 555,62 | | | |
| | | | | Desviación estándar S_{n-1} | | | 2,342 | 30,10 | | | |
| | | | | Coeficiente de variación CV | | | 5,138 | 5,42 | | | |

| Ítem | Identificación de probeta | Temperatura °C | Humedad Relativa % | Sección transversal de la probeta | | | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²) | Aspecto de la fractura (% de cizallamiento) | Fractura de la probeta | |
|------|-----------------------------|----------------|--------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------|-----------------------|---|---|------------------------|----|
| | | | | Altura (cm) | Ancho (cm) | Área (cm ²) | | | | SI | NO |
| 6 | 050388486820190723-EIM 02-1 | 21,9 | 49,7 | 0,8056 | 0,1015 | 0,082 | 84,35 | 1031,57 | 10 | X | |
| 7 | 050388486820190723-EIM 02-2 | 21,9 | 49,7 | 0,7730 | 0,1025 | 0,079 | 99,58 | 1256,81 | 10 | X | |
| 8 | 050388486820190723-EIM 02-3 | 21,9 | 49,7 | 0,8012 | 0,1017 | 0,081 | 80,77 | 991,26 | 10 | X | |
| 9 | 050388486820190723-EIM 02-4 | 21,9 | 49,7 | 0,7270 | 0,1015 | 0,074 | 100,65 | 1364,00 | 10 | X | |
| 10 | 050388486820190723-EIM 02-5 | 21,9 | 49,7 | 0,8012 | 0,1030 | 0,083 | 91,10 | 1103,93 | 10 | X | |
| | | | | Promedio \bar{X} | | | 91,290 | 1149,51 | | | |
| | | | | Desviación estándar S_{n-1} | | | 8,877 | 156,96 | | | |
| | | | | Coeficiente de variación CV | | | 9,724 | 13,65 | | | |



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Camocero

| Item | Identificación de probeta | Temperatura °C | Humedad Relativa % | Sección transversal de la probeta | | | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²) | Aspecto de la fractura (% de cizallamiento) | Fractura de la probeta | |
|------|-----------------------------|----------------|--------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------|-----------------------|---|---|------------------------|----|
| | | | | Altura (cm) | Ancho (cm) | Área (cm ²) | | | | SI | NO |
| 11 | 050388486820190723-EJM 03-1 | 22,0 | 48,8 | 0,8042 | 0,1074 | 0,086 | 45,67 | 528,76 | 10 | X | |
| 12 | 050388486820190723-EJM 03-2 | 22,0 | 48,8 | 0,8030 | 0,1018 | 0,082 | 47,80 | 584,74 | 10 | X | |
| 13 | 050388486820190723-EJM 03-3 | 22,0 | 48,8 | 0,8041 | 0,1044 | 0,084 | 43,40 | 516,99 | 10 | X | |
| 14 | 050388486820190723-EJM 03-4 | 22,0 | 48,8 | 0,8029 | 0,9950 | 0,799 | 44,27 | 55,41 | 10 | X | |
| 15 | 050388486820190723-EJM 03-5 | 22,0 | 48,8 | 0,8033 | 0,1050 | 0,084 | 46,23 | 548,10 | 10 | X | |
| | | | | Promedio \bar{X} | | | 45,47 | 446,80 | | | |
| | | | | Desviación estándar S_{n-1} | | | 1,715 | 220,29 | | | |
| | | | | Coeficiente de variación CV | | | 3,772 | 49,30 | | | |

| Item | Identificación de probeta | Temperatura °C | Humedad Relativa % | Sección transversal de la probeta | | | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²) | Aspecto de la fractura (% de cizallamiento) | Fractura de la probeta | |
|------|-----------------------------|----------------|--------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------|-----------------------|---|---|------------------------|----|
| | | | | Altura (cm) | Ancho (cm) | Área (cm ²) | | | | SI | NO |
| 16 | 050388486820190723-EJM 04-1 | 21,7 | 49,4 | 0,8047 | 0,9770 | 0,786 | 37,84 | 48,13 | 10 | X | |
| 17 | 050388486820190723-EJM 04-2 | 21,7 | 49,4 | 0,8036 | 0,1062 | 0,085 | 35,34 | 414,10 | 10 | X | |
| 18 | 050388486820190723-EJM 04-3 | 21,7 | 49,4 | 0,7880 | 0,9840 | 0,775 | 36,54 | 47,12 | 10 | X | |
| 19 | 050388486820190723-EJM 04-4 | 21,7 | 49,4 | 0,8018 | 0,1090 | 0,087 | 39,45 | 451,39 | 10 | X | |
| 20 | 050388486820190723-EJM 04-5 | 21,7 | 49,4 | 0,8033 | 0,9760 | 0,784 | 37,00 | 47,19 | 10 | X | |
| | | | | Promedio \bar{X} | | | 37,23 | 201,59 | | | |
| | | | | Desviación estándar S_{n-1} | | | 1,533 | 211,43 | | | |
| | | | | Coeficiente de variación CV | | | 4,117 | 104,88 | | | |

Código: RG-RM-041
Fecha de Elaboración: 28-04-2017
Fecha de última aprobación: 19-11-2018
Revisión: 1


INFORME DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY DE MATERIALES METÁLICOS.

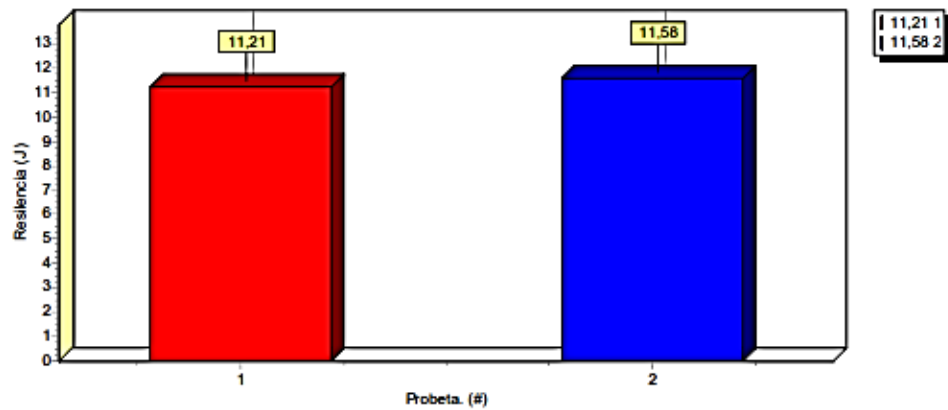
Página 4 de 5

| Ítem | Identificación de probeta | Temperatura °C | Humedad Relativa % | Sección transversal de la probeta | | | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²) | Aspecto de la fractura (% de cizallamiento) | Fractura de la probeta | |
|------|-----------------------------|----------------|--------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------|-----------------------|---|---|------------------------|----|
| | | | | Altura (cm) | Ancho (cm) | Área (cm ²) | | | | SI | NO |
| 21 | 050388486820190723-EIM 05-1 | 21,6 | 49,6 | 0,8081 | 0,1027 | 0,083 | 73,24 | 882,50 | 10 | X | |
| 22 | 050388486820190723-EIM 05-2 | 21,6 | 49,6 | 0,8038 | 0,1018 | 0,082 | 71,59 | 874,90 | 10 | X | |
| 23 | 050388486820190723-EIM 05-3 | 21,6 | 49,6 | 0,8036 | 0,1024 | 0,082 | 72,06 | 875,70 | 10 | X | |
| 24 | 050388486820190723-EIM 05-4 | 21,6 | 49,6 | 0,8078 | 0,1017 | 0,082 | 78,74 | 958,45 | 10 | X | |
| 25 | 050388486820190723-EIM 05-5 | 21,6 | 49,6 | 0,8075 | 0,1025 | 0,083 | 76,23 | 921,00 | 10 | X | |
| | | | | Promedio \bar{X} | | | 74,37 | 902,51 | | | |
| | | | | Desviación estándar S_{n-1} | | | 3,037 | 36,58 | | | |
| | | | | Coeficiente de variación CV | | | 4,084 | 4,05 | | | |


| Ítem | Identificación de probeta | Temperatura °C | Humedad Relativa % | Sección transversal de la probeta | | | Energía absorbida (J) | Resistencia al impacto (KCU) (J/cm ²) | Aspecto de la fractura (% de cizallamiento) | Fractura de la probeta | |
|------|-----------------------------|----------------|--------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------|-----------------------|---|---|------------------------|----|
| | | | | Altura (cm) | Ancho (cm) | Área (cm ²) | | | | SI | NO |
| 26 | 050388486820190723-EIM 06-1 | 22,5 | 50,5 | 0,8099 | 0,1096 | 0,089 | 61,10 | 688,33 | 10 | X | |
| 27 | 050388486820190723-EIM 06-2 | 22,5 | 50,5 | 0,8097 | 0,1075 | 0,087 | 60,77 | 698,16 | 10 | X | |
| 28 | 050388486820190723-EIM 06-3 | 22,5 | 50,5 | 0,8002 | 0,1074 | 0,086 | 62,54 | 727,70 | 10 | X | |
| 29 | 050388486820190723-EIM 06-4 | 22,5 | 50,5 | 0,9102 | 0,1077 | 0,098 | 55,5 | 566,16 | 10 | X | |
| 30 | 050388486820190723-EIM 06-5 | 22,5 | 50,5 | 0,8041 | 0,1088 | 0,087 | 57,83 | 661,02 | 10 | X | |
| | | | | Promedio \bar{X} | | | 59,55 | 668,28 | | | |
| | | | | Desviación estándar S_{n-1} | | | 2,837 | 61,86 | | | |
| | | | | Coeficiente de variación CV | | | 4,764 | 9,26 | | | |

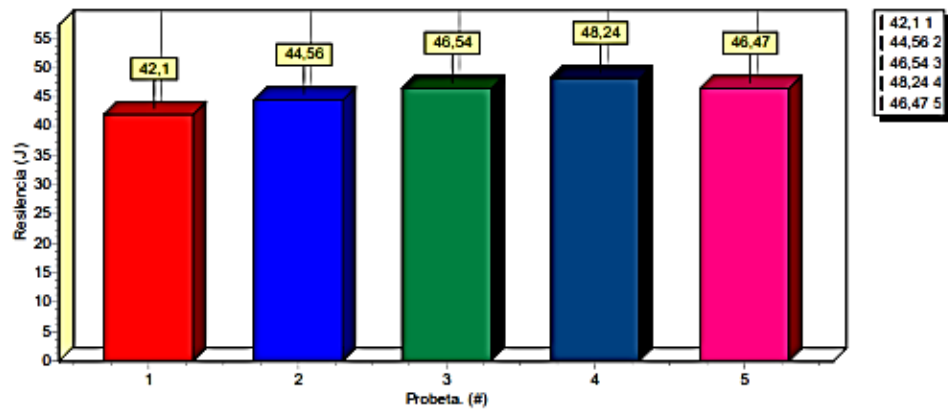
Observaciones: Ninguna

| | | |
|---|--|--|
| Ensayo: RESILENCIA | |  |
| MATERIAL BASE | | |
| Cliente: Pedido: 050388486820190723 Referencia: MATERIAL METALICO Calidad: Norma: ASTM E23 Operario: TECNICO 1 Temperatura: 22,3 °C Humedad: 45,76 % | | INSTRUMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD MATERIAL METALICO: AISI 420 |
| Fecha: 22/08/2019 Hora: 9:44:49 | | |




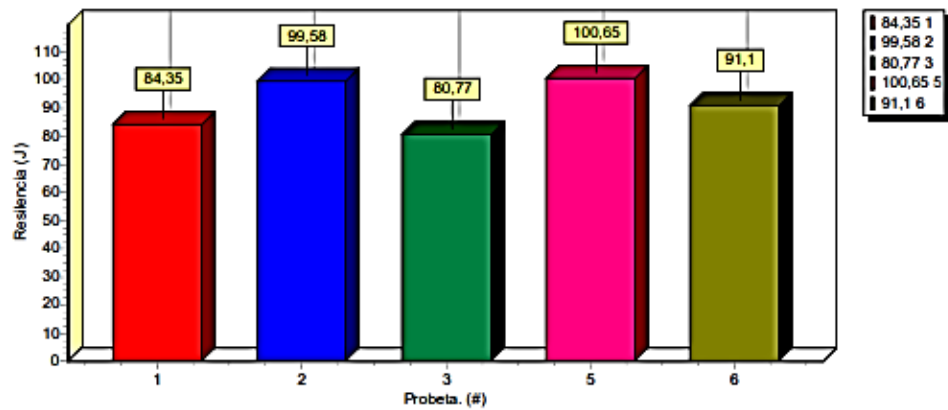
| Cálculo | Resilencia |
|-----------|------------|
| Unidad | J |
| 1 | 11,21 |
| 2 | 11,58 |
| Media | 11,39 |
| Desv.Std. | 0,18 |
| Varianza | 0,03 |
| Mínimo | 11,21 |
| Máximo | 11,58 |

| | | |
|--|--|--|
| Ensayo: RESILENCIA | |  |
| EIM 01 | | |
| Cliente: Pedido: 050388486820190723 Referencia: MATERIAL METALICO Calidad: Norma: ASTM E23 Operario: TECNICO 1 Temperatura: 21,0 °C Humedad: 52,2 % | | INSTRUMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD Fecha: 20/08/2019 Hora: 14:04:46 |



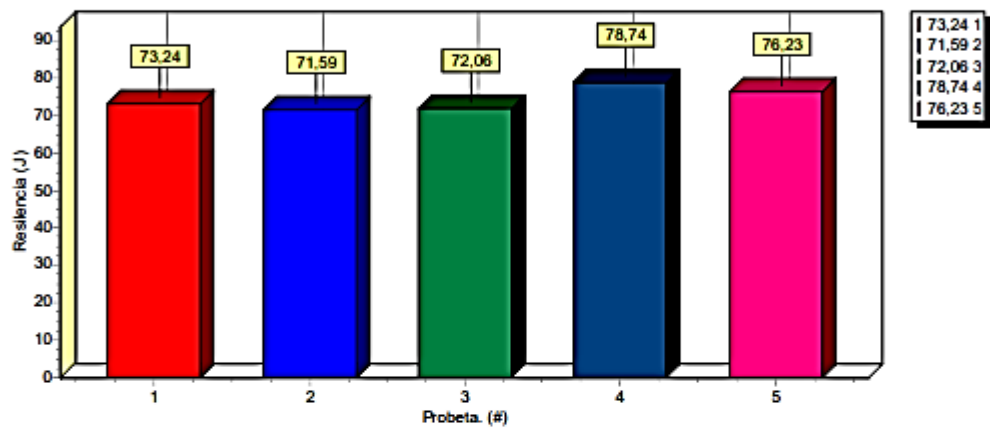
| Cálculo | Resilencia |
|-----------|------------|
| Unidad | J |
| 1 | 42,10 |
| 2 | 44,56 |
| 3 | 46,54 |
| 4 | 48,24 |
| 5 | 46,47 |
| Media | 45,58 |
| Desv.Std. | 2,09 |
| Varianza | 4,39 |
| Mínimo | 42,10 |
| Máximo | 48,24 |

| | | |
|--|--|--|
| Ensayo: RESILENCIA | |  |
| EIM 02 | | |
| Cliente: Pedido: 050388486820190723 Referencia: MATERIAL METALICO Calidad: Norma: ASTM E23 Operario: TECNICO 1 Temperatura: 21,9 °C Humedad: 49,7 % | | |
| | | Fecha: 22/08/2019 Hora: 9:18:14 |




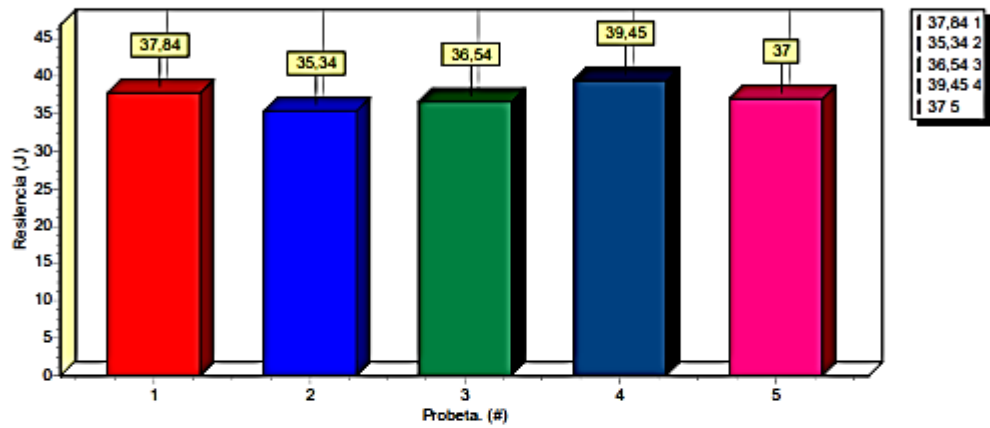
| Cálculo | Resilencia |
|-----------|------------|
| Unidad | J |
| 1 | 84,35 |
| 2 | 99,58 |
| 3 | 80,77 |
| 4 | |
| 5 | 100,65 |
| 6 | 91,1 |
| Media | 91,29 |
| Desv.Std. | 7,94 |
| Varianza | 63,04 |
| Mínimo | 80,77 |
| Máximo | 100,65 |

| | | |
|---|--|---|
| Ensayo: RESILENCIA | |  INSTRUMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD |
| EIM 05 | | |
| Cliente: Pedido: 050388486820190723 Referencia: MATERIAL METALICO Calidad: Norma: ASTM E23 Operario: TECNICO 1 Temperatura: 21,6 °C Fecha: 20/08/2019 Humedad: 49,6 % Hora: 15:18:50 | | |




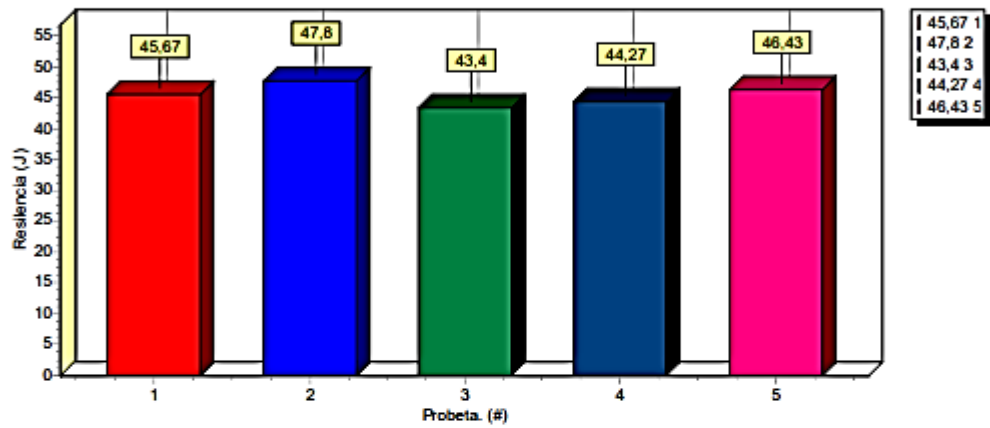
| Cálculo | Resilencia |
|------------|------------|
| Unidad | J |
| 1 | 73,24 |
| 2 | 71,59 |
| 3 | 72,06 |
| 4 | 78,74 |
| 5 | 76,23 |
| Media | 74,37 |
| Desv. Std. | 2,72 |
| Varianza | 7,38 |
| Mínimo | 71,59 |
| Máximo | 78,74 |

| | | |
|---|--|---|
| Ensayo: RESILENCIA | |  INSTRUMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD |
| EIM 04 | | |
| Cliente: Pedido: 050388486820190723 Referencia: MATERIAL METALICO Calidad: Norma: ASTM E23 Operario: TECNICO 1 Temperatura: 21,7 °C Fecha: 20/08/2019 Humedad: 49,4 % Hora: 15:09:52 | | |




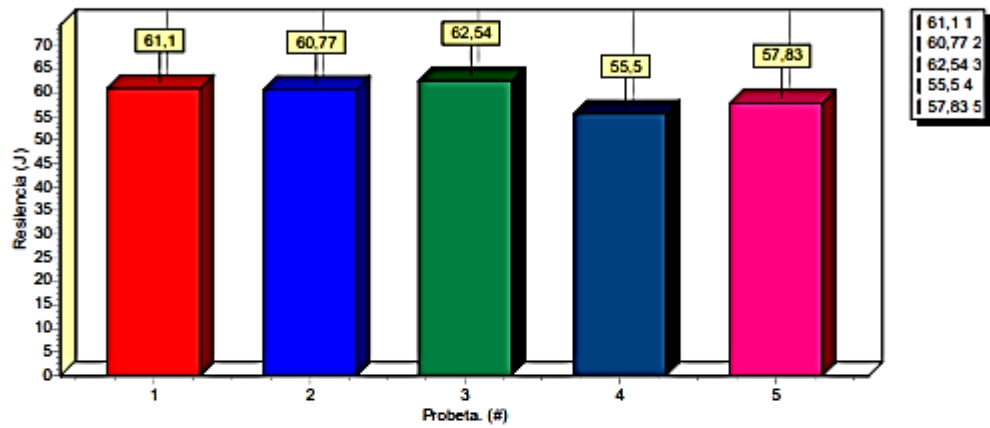
| Cálculo | Resilencia |
|------------|------------|
| Unidad | J |
| 1 | 37,84 |
| 2 | 35,34 |
| 3 | 36,54 |
| 4 | 39,45 |
| 5 | 37,00 |
| Media | 37,23 |
| Desv. Std. | 1,37 |
| Varianza | 1,88 |
| Mínimo | 35,34 |
| Máximo | 39,45 |

| | | |
|---|--|---|
| Ensayo: RESILENCIA | |  INSTRUMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD |
| EIM 03 | | |
| Cliente: Pedido: 050388486820190723 Referencia: MATERIAL METALICO Calidad: Norma: ASTM E23 Operario: TECNICO 1 Temperatura: 22,0 °C Fecha: 20/08/2019 Humedad: 48,8 % Hora: 14:45:23 | | |



| Cálculo | Resilencia |
|------------|------------|
| Unidad | J |
| 1 | 45,67 |
| 2 | 47,80 |
| 3 | 43,40 |
| 4 | 44,27 |
| 5 | 46,43 |
| Media | 45,51 |
| Desv. Std. | 1,56 |
| Varianza | 2,42 |
| Mínimo | 43,40 |
| Máximo | 47,80 |

| | | |
|--|--|--|
| Ensayo: RESILENCIA | |  |
| EIM 06 | | |
| Cliente: Pedido: 050388486820190723 Referencia: MATERIAL METALICO Calidad: Norma: ASTM E23 Operario: TECNICO 21 Temperatura: 22,6 °C Fecha: 20/08/2019 Humedad: 49,5 % Hora: 15:26:21 | | INSTRUMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD |



| Cálculo | Resilencia |
|------------|------------|
| Unidad | J |
| 1 | 61,10 |
| 2 | 60,77 |
| 3 | 62,54 |
| 4 | 55,50 |
| 5 | 57,83 |
| Media | 59,55 |
| Desv. Std. | 2,54 |
| Varianza | 6,44 |
| Mínimo | 55,50 |
| Máximo | 62,54 |

ANEXO D-3: Informe ensayos de dureza.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocer



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

| | |
|---|-----------------------------|
| Informe N°: 050388486820190723-EDV | |
| DATOS DEL CLIENTE | |
| Empresa / Cliente: Jairo Danilo Pilatasig Plasencia. | |
| Dirección: Vía Anchilivi, Salcedo. | |
| Núm. de cédula / RUC: 0503884868 | Teléfono: 0960964654 |
| E-mail: jairitodanny@gmail.com | |

| |
|--|
| DATOS INFORMATIVOS |
| Laboratorio: Análisis Metalográfico |
| Designación del material: Material metálico con procesos de soldadura. |
| Método de ensayo: AWS B4.0 Métodos estándar para pruebas mecánicas de soldaduras. NTE INEN-ISO 6507-1. Materiales metálicos - Ensayo de dureza Vickers - Parte 1: Método de ensayo. |

Número de Probetas cuantificadas

| N° | Identificación del grupo | Material Base | Proceso de Soldadura | Material de aporte | Probetas a Ensayar |
|--------------|---------------------------|---------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| 1 | 050388486820190723-EDV 01 | AISI 420 | GTAW | ER 312 | 1 |
| 2 | 050388486820190723-EDV 02 | AISI 420 | GTAW | ER 308 | 1 |
| 3 | 050388486820190723-EDV 03 | AISI 420 | GTAW | ER 312 y ER 308 | 1 |
| 4 | 050388486820190723-EDV 04 | AISI 420 | SMAW | E 312-16 | 1 |
| 5 | 050388486820190723-EDV 05 | AISI 420 | SMAW | E 308L-16 | 1 |
| 6 | 050388486820190723-EDV 06 | AISI 420 | SMAW | E 312-16 y E 308L-16 | 1 |
| Total | | | | | 6 |

Nota: La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es declarada por el cliente.



| ENSAYO SOLICITADO | | | |
|-------------------|---------------------------|------------------------------------|-----------------|
| No. | No. DE PROBETA | DESCRIPCIÓN | FECHA RECEPCIÓN |
| 1 | 050388486820190723-EDV 01 | Cumple con criterios dimensionales | 2019/06/28 |
| 2 | 050388486820190723-EDV 02 | Cumple con criterios dimensionales | 2019/06/28 |
| 3 | 050388486820190723-EDV 03 | Cumple con criterios dimensionales | 2019/06/28 |
| 4 | 050388486820190723-EDV 04 | Cumple con criterios dimensionales | 2019/06/28 |
| 5 | 050388486820190723-EDV 05 | Cumple con criterios dimensionales | 2019/06/28 |
| 6 | 050388486820190723-EDV 06 | Cumple con criterios dimensionales | 2019/06/28 |

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

NOTA: LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC | Aprobado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC | Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC |
| Cliente | | |



LABORATORIO DE ANÁLISIS METALOGRAFICO

ENSAYO DE DUREZA VICKERS

INFORME DE RESULTADOS N°: 050388486820190723-EDV

DATOS GENERALES

N° de proforma: AM_2019_020
Empresa / Cliente: Jairo Danilo Pilatasig Plasencia.
RUC/C.I.: 0503884868 **Ciudad:** Salcedo.
Dirección: Via Anchilivi.
E-mail: jairitodanny@gmail.com **Teléfono:** 0960964654

DATOS DEL ENSAYO
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Análisis Metalográfico.
Dirección: Ambato/Catiglata. Río de Janeiro y Toronto.
Método de ensayo:
 AWS B4.0 Métodos estándar para pruebas mecánicas de soldaduras.
 NTE INEN-ISO 6507-1. Materiales metálicos - Ensayo de dureza Vickers - Parte 1: Método de ensayo.
Equipo utilizado: Micro-durómetro FUTURE TECH. **Modelo:** FM 800. **Serie:** FMX 8340.
Tipo de ensayo: Cuantitativo.
Tiempo de aplicación de la fuerza: 15 s. **Fuerza aplicada:** 9,807 N.
Última verificación de máquina: 2019/08/26.
Patrón utilizado: FT13159609 **Valor:** 699,3 HV1
Verificación de la máquina por medio de patrón: 699,2 HV1
Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/08/27. **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2019/08/27.
 Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de *Material metálico con procesos de soldadura*. La recepción de las muestras se efectuó en el Laboratorio de Análisis Metalográfico del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.


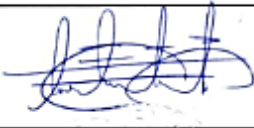

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas.

| N° | Identificación del grupo | Material Base | Proceso de Soldadura | Material de aporte | Probetas a Ensayar |
|----|---------------------------|---------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 050388486820190723-EDV 01 | AISI 420 | GTAW | ER 312 | 1 |
| 2 | 050388486820190723-EDV 02 | AISI 420 | GTAW | ER 308 | 1 |

Observaciones: Ninguna

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente.

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC | Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC | Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC |

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 27 de agosto de 2019.

N°. Factura: 001-002-000007695.





Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



| Nº | Identificación del grupo | Material Base | Proceso de Soldadura | Material de aporte | Probetas a Ensayar |
|--------------|---------------------------|---------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| 3 | 050388486820190723-EDV 03 | AISI 420 | GTAW | ER 312 y ER 308 | 1 |
| 4 | 050388486820190723-EDV 04 | AISI 420 | SMAW | E 312-16 | 1 |
| 5 | 050388486820190723-EDV 05 | AISI 420 | SMAW | E 308L-16 | 1 |
| 6 | 050388486820190723-EDV 06 | AISI 420 | SMAW | E 312-16 y E 308L-16 | 1 |
| Total | | | | | 6 |





Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Resultados:

| Probeta | Identificación de probeta | Zona | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%) | Dureza VICKERS (HVI) | |
|---------|---------------------------|-----------------------|------------------|----------------------|----------------------|--------|
| | | | | | Diagonal 1(µm) | Dureza |
| 1 | 050388486820190723-EDV 01 | Material Base | 20,1 | 59,3 | 88,72 | 234,0 |
| | | Térmicamente afectada | 20,1 | 59,3 | 66,39 | 409,6 |
| | | Fusión | 20,1 | 59,3 | 79,18 | 299,2 |

| Probeta | Identificación de probeta | Zona | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%) | Dureza VICKERS (HVI) | |
|---------|---------------------------|-----------------------|------------------|----------------------|----------------------|--------|
| | | | | | Diagonal 1(µm) | Dureza |
| 2 | 050388486820190723-EDV 02 | Material Base | 20,7 | 57,8 | 92,06 | 217,3 |
| | | Térmicamente afectada | 20,7 | 57,8 | 62,97 | 477,1 |
| | | Fusión | 20,7 | 57,8 | 82,25 | 280,2 |

| Probeta | Identificación de probeta | Zona | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%) | Dureza VICKERS (HVI) | |
|---------|---------------------------|-----------------------|------------------|----------------------|----------------------|--------|
| | | | | | Diagonal 1(µm) | Dureza |
| 3 | 050388486820190723-EDV 03 | Material Base | 21,3 | 55,2 | 88,12 | 240,4 |
| | | Térmicamente afectada | 21,3 | 55,2 | 64,15 | 458,1 |
| | | Fusión | 21,3 | 55,2 | 82,82 | 269,5 |

Código: RG-AM-016
Fecha de Elaboración: 25-10-2018
Fecha de última aprobación: 26-10-2018
Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA VICKERS

Página 3 de 4



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrizero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

| Probeta | Identificación de probeta | Zona | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%) | Dureza VICKERS (HV1) | | |
|---------|---------------------------|-----------------------|------------------|----------------------|----------------------|-----------------|--------|
| | | | | | Diagonal 1 (µm) | Diagonal 2 (µm) | Dureza |
| 4 | 050388486820190723-EDV 04 | Material Base | 22,4 | 59,8 | 88,83 | 88,37 | 236,2 |
| | | Térmicamente afectada | 22,4 | 59,8 | 65,06 | 63,81 | 446,6 |
| | | Fusión | 22,4 | 59,8 | 76,34 | 75,11 | 323,4 |

| Probeta | Identificación de probeta | Zona | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%) | Dureza VICKERS (HV1) | | |
|---------|---------------------------|-----------------------|------------------|----------------------|----------------------|-----------------|--------|
| | | | | | Diagonal 1 (µm) | Diagonal 2 (µm) | Dureza |
| 5 | 050388486820190723-EDV 05 | Material Base | 22,8 | 61,3 | 92,01 | 91,23 | 220,9 |
| | | Térmicamente afectada | 22,8 | 61,3 | 60,08 | 60,70 | 508,5 |
| | | Fusión | 22,8 | 61,3 | 82,85 | 83,59 | 267,8 |

| Probeta | Identificación de probeta | Zona | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%) | Dureza VICKERS (HV1) | | |
|---------|---------------------------|-----------------------|------------------|----------------------|----------------------|-----------------|--------|
| | | | | | Diagonal 1 (µm) | Diagonal 2 (µm) | Dureza |
| 6 | 050388486820190723-EDV 06 | Material Base | 22,5 | 60,2 | 89,23 | 87,66 | 237,1 |
| | | Térmicamente afectada | 22,5 | 60,2 | 62,42 | 62,95 | 471,9 |
| | | Fusión | 22,5 | 60,2 | 74,11 | 74,59 | 335,5 |

Observaciones del ensayo: Ninguna

