



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

“ANÁLISIS DE SOLDADURA DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON ACERO DE MEDIO CARBONO AISI 1045 Y BAJO CARBONO AISI 1018 POR SOLDADURA SMAW Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS”.

Autor: Christian Javier Acosta Acosta

Tutor: Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega

Ambato - Ecuador

2020

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del proyecto experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “ANÁLISIS DE SOLDADURA DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON ACERO DE MEDIO CARBONO AISI 1045 Y BAJO CARBONO AISI 1018 POR SOLDADURA SMAW Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS” Elaborado por el señor Christian Javier Acosta Acosta con cédula de ciudadanía 180462115-7, y estudiante que ha culminado con la malla curricular vigente de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

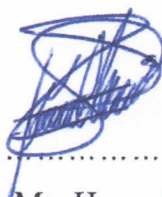
Certifico:

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 2020



.....
Ing. Mg. Henry Vaca

Tutor

AUTORÍA DEL PROYECTO

Yo, Christian Javier Acosta Acosta con C.I 180462115-7, declaro que los criterios emitidos en el presente proyecto experimental bajo el tema: “ANÁLISIS DE SOLDADURA DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON ACERO DE MEDIO CARBONO AISI 1045 Y BAJO CARBONO AISI 1018 POR SOLDADURA SMAW 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 2020



.....
Christian Javier Acosta Acosta

Autor

DERECHOS DE AUTOR

Yo, Christian Javier Acosta Acosta, con C.I. 180462115-7, 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 2020



.....
Christian Javier Acosta Acosta

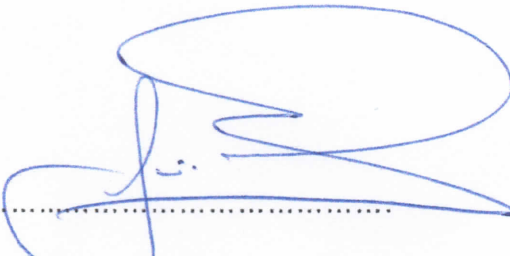
Autor

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental realizado por el alumno Christian Javier Acosta Acosta de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “ANÁLISIS DE SOLDADURA DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON ACERO DE MEDIO CARBONO AISI 1045 Y BAJO CARBONO AISI 1018 POR SOLDADURA SMAW Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS”


Ambato, Enero 2020

Para constancia firman:



.....

Ing. Mg. Juan Paredes



.....

Ing. Mg. César Arroba

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación en primer lugar a Dios por haberme dado sabiduría y fuerza para terminar esta etapa de mi vida.

A mis amados padres Iván Acosta y Emma Acosta quienes me apoyaron a terminar mis estudios, brindándome un consejo y una palabra de aliento hasta alcanzar mi meta, ahora su amor y apoyo incondicional han dado su fruto.

A mis hermanas Michelle Acosta y Nathaly Acosta quienes me sacaron una sonrisa a pesar de las dificultades y a mis amigos de infancia quienes estuvieron presentes durante mi vida estudiantil universitaria, a quienes agradezco por su amistad y lealtad.

A toda mi familia quienes me brindaron su apoyo y sus consejos para poder seguir creciendo cada vez más en vida profesional

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por regalarme la vida y permitirme disfrutar cada logro con mis seres queridos, a mis padres que sin importar las dificultades que se presentaron en mi vida siempre me brindaron su apoyo y me formaron como una persona de bien, responsable y humilde, y a mis tíos, primos, amigos que contribuyeron con un granito de arena para poder cumplir con mi meta propuesta.

A mi tutor Ing.Mg. Henry Vaca, por haberme brindado sus conocimientos y apoyo durante la elaboración de mi proyecto de titulación.

Agradezco a mi Institución, la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por abrirme las puertas para mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.

TABLA DE CONTENIDOS.

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DEL PROYECTO	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.	XIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.	XVI
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1 Tema de investigación.....	1
1.2 Antecedentes.	1
1.3 Justificación.....	1
1.4 Objetivos.	2
1.4.1 Objetivo General.	2
1.4.2 Objetivos Específicos.....	2
1.5.1.1 Proceso de soldadura SMAW (Shielded Metal Arc Welding).....	3
1.5.2 Tipos de aceros.....	5
1.5.2.1 Aceros al carbono.....	5
1.5.2.2 Acero aleados.	6
1.5.3 Acero inoxidable.....	7
1.5.3.1 Clasificación de los aceros inoxidables.....	7
1.5.3.2 Designación AISI de los aceros inoxidables.....	12
1.5.3.3 Tratamientos térmicos.....	13

1.5.4 Aceros al carbono.....	15
1.5.4.1 Aceros de bajo carbono.....	15
1.5.4.2 Aceros de medio carbono.....	17
1.5.5 Diagramas de constitución.....	18
1.5.5.1 Diagrama de Schaeffler.....	18
1.5.6 Electrodo.....	19
1.5.6.1 Electrodo para aceros inoxidable.....	19
1.5.6.2 Electrodo para aceros al carbono.....	21
1.5.7 Ensayo de materiales.....	25
1.5.7.1 Ensayo de tracción.....	25
1.5.7.2 Ensayo de impacto.....	29
1.5.7.3 Ensayo por dureza vickers.....	32
1.5.8 Discontinuidades superficiales.....	33
1.5.8.1 Exceso de penetración.....	33
1.5.8.2 Falta de penetración.....	33
1.6 Hipótesis.....	35
1.6.1 Señalamiento de variables de la hipótesis.....	35
1.6.1.1 Variable independiente.....	35
1.6.1.2 Variable dependiente.....	35
CAPITULO II.....	36
METODOLOGÍA.....	36
2.1 Materiales.....	36
2.1.1 Acero martensítico AISI 420.....	36
2.1.2 Acero de medio carbono AISI 1045.....	37
2.1.3 Acero de bajo de carbono AISI 1018.....	38
2.1.4 Electrodo E-308L.....	39
2.1.5 Electrodo E-316L.....	39

2.1.6 Electrodo E-312.	40
2.2 Nivel o tipo de investigación.....	40
2.3 Población y muestra.	41
2.3.1 Población.....	41
2.3.2 Muestra.....	41
2.4 Operacionalización de variables.	43
2.4.1 Variable independiente.....	43
2.4.2 Variable dependiente.....	44
2.5 Plan de recolección de información.	45
2.6 Plan de procesamiento y análisis.....	45
CAPITULO III.....	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
3.1 Análisis y discusión de resultados.....	46
3.1.1 Proceso de obtención y análisis de resultados.....	46
3.1.2 Presentación de resultados.	49
3.1.2.1 Ensayo de tracción del acero inoxidable martensítico aisi 420 como viene de fábrica.....	50
3.1.2.2 Ensayo de tracción del acero al carbono aisi 1045 y aisi 1018 como vienen de fábrica.....	52
3.1.2.3 Ensayo de tracción del acero inoxidable martensítico aisi 420 con el acero de medio carbono aisi 1045 y con material de aporte e 308l-16.	55
3.1.2.4 Ensayo de tracción del acero inoxidable martensítico aisi 420 con el acero de medio carbono aisi 1045 y con material de aporte e 316l-16.	58
3.1.2.5 Ensayo de tracción del acero inoxidable martensítico aisi 420 con el acero de medio carbono aisi 1045 y con material de aporte e 312-16.....	61
3.1.2.6 Ensayo de tracción del acero inoxidable martensítico aisi 420 con el acero de bajo carbono aisi 1018 y con material de aporte e 312-16.....	64

3.1.2.7 Ensayo de tracción del acero inoxidable martensítico aisi 420 con el acero de bajo carbono aisi 1018 y con material de aporte e 308l-16.....	67
3.1.2.8 Ensayo de tracción del acero inoxidable martensítico aisi 420 con el acero de bajo carbono aisi 1018 y con material de aporte e 316l-16.....	70
3.1.2.9 Ensayo de impacto del acero aisi 420, aisi 1018 y el acero aisi 1045 como vienen de fábrica.	73
3.1.2.10 Ensayo de impacto del acero inoxidable martensítico aisi 420 con el acero de medio carbono aisi 1045 y con material de aporte e 308l-16.	75
3.1.2.11 Ensayo de impacto del acero inoxidable martensítico aisi 420 con el acero de medio carbono aisi 1045 y con material de aporte e 316l-16.	77
3.1.2.12 Ensayo de impacto del acero inoxidable martensítico aisi 420 con el acero de medio carbono aisi 1045 y con material de aporte e 312-16.....	79
3.1.2.13 Ensayo de impacto del acero inoxidable martensítico aisi 420 con el acero de bajo carbono aisi 1018 y con material de aporte e 312-16.....	81
3.1.2.14 Ensayo de impacto del acero inoxidable martensítico aisi 420 con el acero de bajo carbono aisi 1018 y con material de aporte e 308l-16.....	83
3.1.2.15 Ensayo de impacto del acero inoxidable martensítico aisi 420 con el acero de bajo carbono aisi 1018 y con material de aporte e 316l-16.....	85
3.1.2.16 Ensayo de dureza del acero inoxidable martensítico aisi 420 con el acero de medio carbono aisi 1045 y con material de aporte e 308l-16.	87
3.1.2.17 Ensayo de dureza del acero inoxidable martensítico aisi 420 con el acero de medio carbono aisi 1045 y con material de aporte e 316l-16.	89
3.1.2.18 Ensayo de dureza del acero inoxidable martensítico aisi 420 con el acero de medio carbono aisi 1045 y con material de aporte e 312-16.....	91
3.1.2.19 Ensayo de dureza del acero inoxidable martensítico aisi 420 con el acero de bajo carbono aisi 1018 y con material de aporte e 312-16.....	93
3.1.2.20 Ensayo de dureza del acero inoxidable martensítico aisi 420 con el acero de bajo carbono aisi 1018 y con material de aporte e 308l-16.....	95
3.1.2.21 Ensayo de dureza del acero inoxidable martensítico aisi 420 con el acero de bajo carbono aisi 1018 y con material de aporte e 316l-16.....	97

3.1.3 Interpretación de resultados.	98
3.1.3.1 Interpretación de los resultados de los ensayos de tracción.	98
3.1.3.2 Interpretación de los resultados de los ensayos de impacto.	112
3.1.3.3 Interpretación de los resultados de los ensayos de dureza vickers.	116
3.2 Verificación de hipótesis.	121
3.2.1 Formulación de la hipótesis.	124
3.2.2 Verificación estadística.	124
CAPITULO IV	129
4.1 Conclusiones.	129
4.2 Recomendaciones.	130
MATERIALES DE REFERENCIA.	132
BIBLIOGRAFÍA:	132
ANEXOS.....	135

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y TABLAS.

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1-1. Tipos de aceros al carbono.	5
Tabla 1-2. Designación AISI SAE de aceros al carbono y aleado.....	6
Tabla 1-3. Propiedades de los aceros inoxidables martensíticos.	12
Tabla 1-4. Composición de los aceros inoxidables martensíticos.....	13
Tabla 1-5. Composición química del acero inoxidable AISI 420.....	13
Tabla 1-6. Composiciones de aceros carbono.....	16
Tabla 1-7. Aplicaciones típicas de aceros de bajo carbono y de baja aleación.....	16
Tabla 1-8. Propiedades mecánicas de los aceros al carbono.....	17
Tabla 1-9. Propiedades del electrodo 308L.....	20
Tabla 1-10. Propiedades del electrodo 309L.....	20
Tabla 1-11. Propiedades del electrodo 316L.....	21
Tabla 1-12. Sistema de clasificación AWS.....	21
Tabla 1-13. Sistema de clasificación de electrodos AWS A5.1.....	22
Tabla 1-14. Valores típicos E-6010.	23
Tabla 1-15. Valores típicos E-6011.	23
Tabla 1-16. Valores típicos E-6013.	24
Tabla 1-17. Valores típicos E-7018.	25
Tabla 2-1. Composición química del acero AISI 420.....	37
Tabla 2-2. Composición química del acero AISI 1045.....	37
Tabla 2-3. Composición química del acero AISI 1018.....	38
Tabla 2-4. Propiedades del electrodo 308L.....	39
Tabla 2-5. Propiedades del electrodo 316L.....	40
Tabla 2-6. Propiedades del electrodo 312.....	40
Tabla 2-7. Variable independiente.	43
Tabla 2-8. Variable dependiente.	44
Tabla 3 1. Valores de Fuerza Máxima obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.....	99
Tabla 3-2. Valores de Fuerza de Rotura obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312. ..	100

Tabla 3-3. Valores de Fuerza de Fluencia obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312. ..	100
Tabla 3-4. Valores de Resistencia a la Tracción obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	101
Tabla 3-5. Valores de Resistencia a la Rotura obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	102
Tabla 3-6. Valores de Limite de Fluencia obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312. ..	103
Tabla 3-7. Valores de Elongación obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	104
Tabla 3-8. Valores de Fuerza Máxima obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	105
Tabla 3-9. Valores de Fuerza de Rotura obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312. ..	106
Tabla 3-10. Valores de Fuerza de Fluencia obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	107
Tabla 3-11. Valores de Resistencia a la Tracción obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	108
Tabla 3-12. Valores de Resistencia de Rotura obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	109
Tabla 3-13. Valores de Límite de Fluencia obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	110
Tabla 3-14. Valores de Elongación obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	111
Tabla 3-15. Valores de Energía Absorbida obtenidos en el ensayo a impacto del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	113

Tabla 3-16. Valores de Resistencia al Impacto obtenidos en el ensayo a impacto del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	114
Tabla 3-17. Valores de Energía Absorbida obtenidos en el ensayo a impacto del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	115
Tabla 3-18. Valores de Resistencia al Impacto obtenidos en el ensayo a impacto del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	115
Tabla 3-19. Valores en el ensayo de Dureza del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	117
Tabla 3-20. Valores en el ensayo de Dureza del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	118
Tabla 3-21. Resultados de los electrodos E308L, E316L y E312, con la unión del acero inoxidable AISI 420 y el acero de medio carbono AISI 1045.	119
Tabla 3-22. Resultados de los electrodos E308L, E316L y E312, con la unión del acero inoxidable AISI 420 y el acero de bajo carbono AISI 1018.....	120
Tabla 3-23. Resumen de resultados de los materiales de aporte.....	121
Tabla 3-24. Verificación estadística.....	125
Tabla 3-25 Tabla “t” Student.	126

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Figura 1-1. Proceso de soldadura SMAW.....	4
Figura 1-2. Clasificación de los aceros inoxidable.....	8
Figura 1-3. Árbol genealógico de los aceros inoxidable.....	9
Figura 1-4. Aceros inoxidable martensíticos.....	11
Figura 1-5. Diagrama de Schaeffler.....	18
Figura 1-6. Probeta de sección normalizada circular.....	26
Figura 1-7. Máquina de ensayo de tracción.....	27
Figura 1-8. Diagrama de esfuerzo-deformación.....	27
Figura 1-9. Diagrama de esfuerzo-deformación.....	28
Figura 1-10. Máquina de ensayo Charpy.....	30
Figura 1-11. Ensayo de impacto.....	31
Figura 1-12. Máquina de ensayo por dureza.....	32
Figura 1-13. Método del ensayo Vickers.....	32
Figura 1-14. Exceso de Penetración.....	33
Figura 1-15. Falta de penetración.....	34
Figura 1-16. Socavaduras o mordeduras.....	34
Figura 2-1. Acero AISI 420.....	36
Figura 2-2. Acero AISI 1045.....	38
Figura 2-3. Acero AISI 1018.....	38
Figura 2-4. Electrodo E-308L.....	39
Figura 2-5. Electrodo E-316L.....	39
Figura 2-6. Electrodo E-312.....	40
Figura 3-1. Comparación de la Fuerza Máxima del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.....	99
Figura 3-2. Comparación de Fuerza de Rotura del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.....	100
Figura 3-3. Comparación de Fuerza de Fluencia del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.....	101
Figura 3-4. Comparación de Resistencia a la Tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.....	102

Figura 3-5. Comparación de Resistencia de Rotura del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.....	103
Figura 3-6. Comparación del Límite de Fluencia del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	104
Figura 3-7. Comparación de Elongación del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	105
Figura 3-8. Comparación de Fuerza Máxima del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	106
Figura 3-9. Comparación de Fuerza de Rotura del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	107
Figura 3-10. Comparación de Fuerza de Fluencia del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	108
Figura 3-11. Comparación de Resistencia a la Tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.....	109
Figura 3-12. Comparación de Resistencia de Rotura del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.....	110
Figura 3-13. Comparación de Límite de Fluencia del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	111
Figura 3-14. Comparación de Elongación del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	112
Figura 3-15. Comparación de Energía Absorbida del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	113
Figura 3-16. Comparación de Resistencia al Impacto del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.....	114
Figura 3-17. Comparación de Energía Absorbida del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	115
Figura 3-18. Comparación de Resistencia al Impacto del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.....	116
Figura 3-19. Comparación de Dureza del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	117
Figura 3-20. Comparación de Dureza del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.	118
Figura 3-21. Evaluación de Combinaciones	121

Figura 3-22. Valoración de materiales del acero AISI 1045 con AISI 420 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.....	122
Figura 3-23. Valoración de materiales del acero AISI 1018 con AISI 420 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.....	123
Figura 3-24. Evaluación de todos los materiales.	123
Figura 3-25. Campana de Gauss.	128

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

TEMA: “ANÁLISIS DE SOLDADURA DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON ACERO DE MEDIO CARBONO AISI 1045 Y BAJO CARBONO AISI 1018 POR SOLDADURA SMAW Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS”.

Autor: Christian Javier Acosta Acosta.

Tutor: Ing., Mg. Henry Vaca

RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo se realizó con el objetivo de elegir un electrodo adecuado para soldar un acero inoxidable martensítico con un acero de medio y bajo carbono con el fin de generar beneficios tecnológicos en la industria metalmecánica, así mismo estudiar los cambios micro estructurales que pueden ocurrir en este material durante el proceso de soldadura lo que hace necesario estudiar la unión de estos materiales.

Este proyecto se realizó con el proceso SMAW bajo el código AWS B4.0 “Standard Methods for Mechanical Testing of Welds” el cual, establece las disposiciones generales para la realización de las probetas de tracción e impacto para las juntas de acero inoxidable martensítico AISI 420 con acero de medio carbono AISI 1045 y acero de bajo carbono AISI 1018 utilizando materiales de aporte E 308L-16, E 3016L-16 y E 312-16. Los ensayos fueron realizados en los laboratorios del Centro de Fomento Productivo Metal Mecánico Carrocero del Gobierno Municipal de Tungurahua.

Luego de haber realizado los ensayos requeridos se procedió con su respectivo análisis e interpretación de los resultados, y se logró determinar que las mejores propiedades mecánicas se encontraban en la unión del acero inoxidable martensítico AISI 420 y acero de bajo carbono AISI 1018 con el material de aporte E312-16 obteniendo un esfuerzo máximo de 613,61 MPa, además un porcentaje de elongación de 16,79%, de igual manera la energía de impacto de 61,27 J y una dureza máxima de 269,38 VHI.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO
FACULTY OF CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING
MECHANICAL ENGINEERING CAREER

TOPIC: "AISI 420 MARTENSITIC STAINLESS STEEL WELDING ANALYSIS WITH AISI 1045 CARBON STEEL AND AISI 1018 LOW CARBON STEEL BY SMAW WELDING AND ITS INFLUENCE ON MECHANICAL PROPERTIES".

Author: Christian Javier Acosta.

Tutor: Ing., Mg. Henry Vaca

ABSTRACT

The work was carried out with the objective of choosing a suitable electrode to weld a martensitic stainless steel with a medium and low carbon steel in order to generate technological benefits in the industry, as well as study the microstructural changes that may have problems in this material during the welding process which makes it necessary to study the union of these materials.

This project was carried out with the SMAW process under the AWS code B4.0 "Standard methods for mechanical welding tests" which establishes the general provisions for the realization of the tensile and impact probes for the joints of AISI 420 stainless steel joints with AISI 1045 medium carbon steel and AISI 1018 low carbon steel using input materials E 308L-16, E 3016L-16 and E 312-16. The tests were carried out in the laboratories of the Center for Productive Development of Mechanical Metalworking of the Municipal Government of Tungurahua.

After having performed the required tests, the procedure is analyzed with the respective analysis and interpretation of the results, and the best mechanical properties found in the union of the stainless steel AISI 420 stainless steel and AISI 1018 low carbon steel with the material of E312-16 contribution obtaining a maximum effort of 613,61 MPa, in addition to an elongation percentage of 16.79%, likewise the impact energy of 61.27 J and a maximum hardness of 269.38 VHI.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES.

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN.

“ANÁLISIS DE SOLDADURA DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON ACERO DE MEDIO CARBONO AISI 1045 Y BAJO CARBONO AISI 1018 POR SOLDADURA SMAW Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS”

1.2 ANTECEDENTES.

El proceso de soldadura es esencial para una gran variedad de trabajos relacionados con la ingeniería. Conseguir un mayor entendimiento de los procesos para unir materiales de diferente composición de gran importancia técnica y científica.

En la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica se han realizado estudios de aceros inoxidable y aceros al carbono que muestran similitud como: “Análisis de Variación de electrodos en un proceso de soldadura SMAW en acero inoxidable AISI 304 austeníticos y su influencia en las propiedades mecánicas” [1]. “Estudio de la temperatura de precalentamiento en el procedimiento de soldadura SMAW en el hierro fundido gris y su incidencia en las propiedades mecánicas de la junta soldada” [2]. Además, se puede encontrar varios trabajos relacionados con el tema realizado por estudiantes de diferentes instituciones como [3,4,5,6]. Algunos de estos trabajos tienen alcances similares a los de esta propuesta, aunque no enfocan completamente el problema específico que se desea estudiar.

Este proyecto experimental tiene como objetivo determinar las propiedades mecánicas mediante ensayos de tracción, de impacto y dureza en las soldaduras de aceros de diferente composición para contribuir con un documento útil dentro de la metalúrgica.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

Esta investigación tiene como objetivo buscar el proceso y los parámetros que permita realizar un proceso adecuado de soldadura del acero inoxidable martensítico AISI 420 con un acero de medio carbono AISI 1045 y bajo carbono AISI 1018 ya que en la actualidad la unión de aceros en el área de la industria es amplio, estos aceros se los

utiliza en aplicaciones que se requiera una buena combinación de resistencia a la corrosión y resistencia al desgaste.

Los aceros de medio y bajo carbono en las industrias metalúrgicas a su vez el acero inoxidable por su composición se lo utiliza en rodets de turbinas hidráulicas, fundiciones resistentes a la corrosión, piezas de válvula. La importancia de este estudio radica en que será de mucho interés y ayuda para realizar un proceso adecuado de soldadura SMAW con la unión de acero martensítico y en acero al carbono para un mejor desarrollo tecnológico y ayudar a las industrias metalmeccánicas a ser más competitivos.

Para la elaboración y conformación de los distintos tipos de aceros y materiales industriales utilizados en el mundo; es importante conocer las diferentes variantes que tiene los mismos debido a su estructura química interna, por ende, este trabajo experimental ayudará a despertar el interés de investigación en las industrias metalúrgicas.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivo General.

Analizar los procesos de soldadura en las placas AISI 420 y las placas de acero al carbono con los diferentes materiales de aporte con la finalidad de analizar los cambios en las propiedades mecánicas en las juntas soldadas mediante el proceso de soldadura SMAW.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Realizar los ensayos de impacto en las muestras del material elegido con los diferentes materiales de aporte.
- Evaluar la alteración en las propiedades mecánicas del material al aplicar el material de aporte en las uniones soldadas del acero inoxidable AISI 420 con acero de medio y bajo carbono mediante el proceso SMAW.
- Seleccionar el tipo material de aporte que presente mejor influencia en las propiedades del material.

1.5 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

1.5.1 Soldadura.

Se puede definir como un proceso de unión entre metales en el que la adherencia se produce, con aplicación de presión o sin ella, con aporte de calor y con la adición o no de metal. Existen dos tipos de soldaduras:

- a) Soldadura blanda, se caracteriza porque las aleaciones que se emplea tienen una temperatura de fusión inferior a los 450°C y su resistencia mecánica es muy baja [7].
- b) Soldadura fuerte, en donde la temperatura de fusión de las aleaciones empleadas para soldar es superior a 450°C. Con esta soldadura se consigue una mayor resistencia mecánica de la unión [7].

1.5.1.1 Proceso de soldadura SMAW (Shielded Metal Arc Welding).

Es un proceso de soldadura manual por arco eléctrico con electrodo revestido, es un método de soldadura más importante y común, ya que con él se puede soldar metales de distintos tipos y espesores, en diferentes posiciones y con una inversión mínima en equipo. Esta unión se realiza por la fusión del metal gracias al calor generado por el arco, entre el metal base de la unión a soldar y el extremo de un electrodo revestido [8], [9].

Con la tensión suministrada por la fuente de poder al electrodo metálico recubierto el extremo del mismo se funde obteniendo una forma de pequeñas gotas, las cuales caen recubiertas de escoria fundida procedente de la fusión del recubrimiento del arco. Como son los propios electrodos los que aportan el flujo de metal fundido estos comúnmente se fabrica de bajo carbono, son recubiertos con un material fundente que crea una atmósfera protectora para evitar que se oxide el metal fundido [8], [10].

La soldadura manual por arco eléctrico con electrodo revestido puede realizarse tanto en corriente alterna (AC) y en corriente continua (DC), siendo así lo más recomendable utilizar la corriente continua la cual proporciona un arco más estable. El nivel de corriente depende del tipo de equipo disponible, el electrodo a utilizarse y del material a ser soldado el mismo que se encuentra entre 25 y 600 amperios [8], [10].

La polaridad de la corriente eléctrica afecta la transferencia de calor a las piezas unidas teniendo dos tipos. La corriente continua de polaridad directa (-) e inversa (+), donde la polaridad directa produce menos penetración que la corriente continua electrodo en positivo y funde el electrodo más rápidamente; en cambio la corriente continua

electrodo en positivo se utiliza para soldar aluminio, berilio-cobre, y magnesio, teniendo más penetración, pero el electrodo se funde más lentamente [10].

Las partes más importantes de un equipo de soldadura SMAW son:

Transformadores: Disminuyen la tensión de entrada y aumenta la corriente para que la energía sea útil para soldar [9].

Rectificadores: Consume corriente alterna, también modifica los parámetros de voltaje (V) e intensidad (A), y rectifica la corriente que pasa de corriente alterna (AC) a corriente continua (DC) [8].

Pinza porta-electrodos: Transmiten la corriente hacia el electrodo y lo sujeta. Debe sujetarlo con fuerza para que el electrodo no se mueva o se caiga al soldar, se selecciona el porta-electrodos en función del electrodo y la intensidad de soldadura [8], [9].

Pinza de masa: Conecta el cable de masa a la pieza de trabajo. La pinza de masa no debe estar con impurezas y sin sustancias que puedan dificultar el correcto funcionamiento [8], [9].

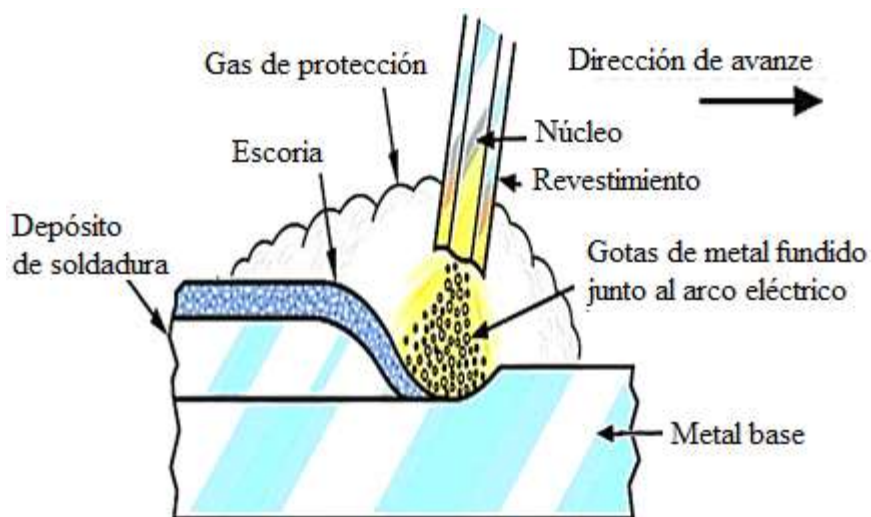


Figura 1-1. Proceso de soldadura SMAW.

Fuente: [8]

A. Ventajas del uso de la soldadura SMAW.

- El equipo es simple, económico y portátil.
- No requiere de gases de protección.

- El proceso es menos sensible al viento y corriente de aire que los protegidos por gas.
- Es adecuado para la mayoría de los metales y aleaciones.
- El electrodo es el encargado de suministrar el metal de aporte y la protección del arco.
- Alta penetración de la soldadura [8], [9].

B. Limitaciones del uso de la soldadura SMAW.

- No se puede soldar metales o aleaciones de bajo punto de fusión Ej. Plomo, Estaño.
- No se puede soldar metales reactivos Ej. Titanio, Zirconio, Tantalio y Columbio.
- Alto nivel de desperdicio [8].

1.5.2 Tipos de aceros.

Existen dos tipos; los aceros al carbono y los aceros aleados [11].

1.5.2.1 Aceros al carbono.

Los aceros al carbono son aleaciones hierro- carbono con un porcentaje en peso de carbono desde un 0,002 a un 2,1%. Estos pueden alcanzar resistencias de 690 MPa, pero con una disminución de ductilidad y tenacidad. Se utilizan comúnmente en la industria automotriz por ejemplo en los cojinetes de bolas y en el mundo de la construcción. Los aceros contienen principalmente hierro con aleaciones en pequeñas cantidades manganeso, fosforo, azufre y silicio. En la siguiente tabla 1-1 se muestra los tipos de acero al carbono sus usos y la soldabilidad [11], [12].

Tabla 1-1. Tipos de aceros al carbono.

Nombre común	%C	Usos	Soldabilidad
Acero de bajo carbono	0.15% máximo	Electrodos para soldadura, láminas y chapas	Excelente
Acero suave	0.15%-0.30%	Perfiles y barras estructurales laminados	Buena
Acero de medio carbono	0.30%-0.50%	Partes de maquinaria	Poca (precalentar y postcalentar)

Acero de alto carbono	0.50%-1.00%	Resortes, troqueles, rieles de ferrocarril	Poca (Difícil soldar sino se precalienta y postcalienta adecuadamente.)
-----------------------	-------------	--	---

Fuente: [11]

1.5.2.2 Acero aleados.

Estos aceros además del carbono contienen otros elementos de aleación [11].

A. Aceros de baja aleación.

Estos aceros contienen elementos como el Níquel, Cromo, Manganeso, Silicio, Vanadio, Aluminio, Boro y Molibdeno los cuales modifican las propiedades mecánicas teniendo una resistencia a la fluencia de 552 MPa. Estos aceros pueden ser laminados en caliente para conseguir valores elevados. En la siguiente tabla 1-2 se muestra la designación AISI SAE de aceros al carbono y aleados [11], [12].

Tabla 1-2. Designación AISI SAE de aceros al carbono y aleado.

10XX	Aceros al carbono
11XX	Aceros al carbono – resulfurizados
12XX	Aceros al carbono – resulfurizados y refosforados
13XX	Manganeso 1.75
23XX	Níquel 3.5
25XX	Níquel 5.0
31XX	Níquel 1.25 y cromo 0.6
33XX	Níquel 3.5 y cromo 1.5
40XX	Molibdeno 0.2 o 0.25
41XX	Cromo 0.5, 0.8, 0.95 y molibdeno 0.12, 0.20, 0.30
43XX	Níquel 1.83, cromo 0.50, 0.80 y molibdeno 0.25
44XX	Molibdeno 0.53
46XX	Níquel 0.85, 1.83 y molibdeno 0.20, 0.25
47XX	Níquel 1.05, cromo 0.45, molibdeno 0.20, 0.35
48XX	Níquel 3.5 y molibdeno 0.25
50XX	Cromo 0.4
51XX	Cromo 0.8, 0.88, 0.93, 0.95, 1.0
61XX	Cromo 0.6, 0.95 y vanadio 0.13, 0.15
86XX	Níquel 0.55, cromo 0.5, molibdeno 0.20
87XX	Níquel 0.55, cromo 0.5, molibdeno 0.25
88XX	Níquel 0.55, cromo 0.5, molibdeno 0.35
92XX	Silicio 2.0
93XX	Níquel 3.25, cromo 1.2, molibdeno 0.12
98XX	Níquel 1.0, cromo 0.8, molibdeno 0.25

Fuente: [11]

B. Aceros de alta aleación.

Son aceros que contienen altas cantidades de carbono que superan el 5% en peso y otras cantidades de elementos aleantes, son difíciles de soldar y tienen alta dureza [11].

Por otra parte, los aceros inoxidable son aleaciones principalmente de hierro y cromo. El hierro es el principal componente de este acero y el cromo le da la característica de que sea un acero inoxidable, y a su vez se adicionan otros materiales para mejorar las propiedades mecánicas [11].

1.5.3 Acero inoxidable.

Estos aceros tienen una alta resistencia a la corrosión por la composición de níquel y cromo, lo cual permite que se forme una capa delgada y protectora de óxido de cromo cuando el acero se expone al oxígeno, ayudando a tener alta resistencia mecánica, ductilidad y convirtiéndose en resistencia a la corrosión. El contenido máximo de hierro es de 50%, un contenido de 11% a 30% de cromo y de carbono desde 0.03% hasta 1.2% en ciertos aceros martensíticos. Los aceros inoxidables se utilizan mayormente en electrodomésticos, automoción, construcción, industria alimenticia, productos químicos [12], [13].

1.5.3.1 Clasificación de los aceros inoxidables.

Se clasifican según los diferentes tipos de porcentajes de cromo y la presencia de otros elementos aleantes que mejoran la composición y las propiedades mecánicas, se fabrican varios aceros inoxidables dependiendo de la aplicación requerida cuya diferencia radica en la microestructura de cada uno de ellos, en la figura 1-2 se puede observar la familia de los aceros inoxidables [14].

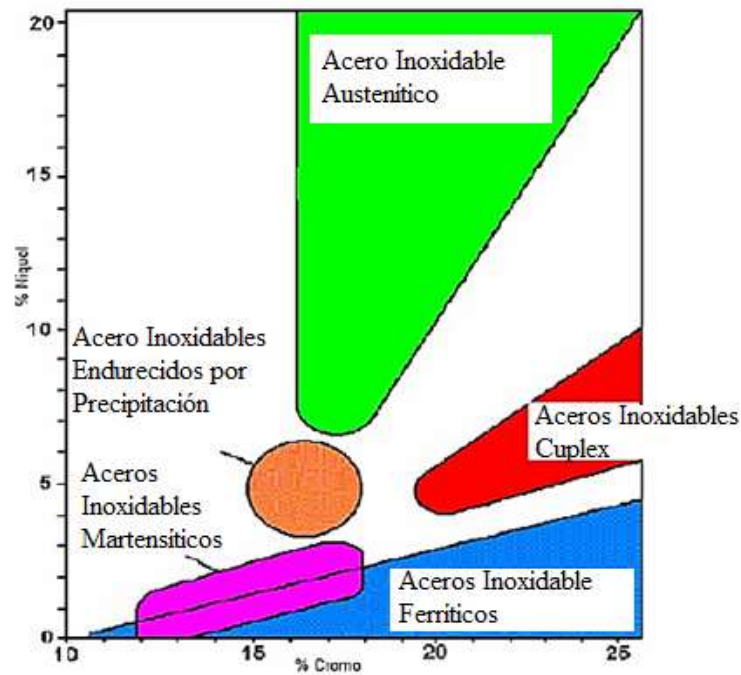


Figura 1-2. Clasificación de los aceros inoxidable.
Fuente: [14]

Los aceros inoxidable se clasifican en 5 grupos de acuerdo a su microestructura:

- Austeníticos (200 y 300).
- Ferríticos (serie 400).
- Martensíticos (series 400 y 500).
- De endurecimiento por precipitación (PH, por sus siglas en inglés).
- De estructura dúplex [14].

En la siguiente figura 1-3 se muestra el árbol genealógico de los aceros inoxidable.

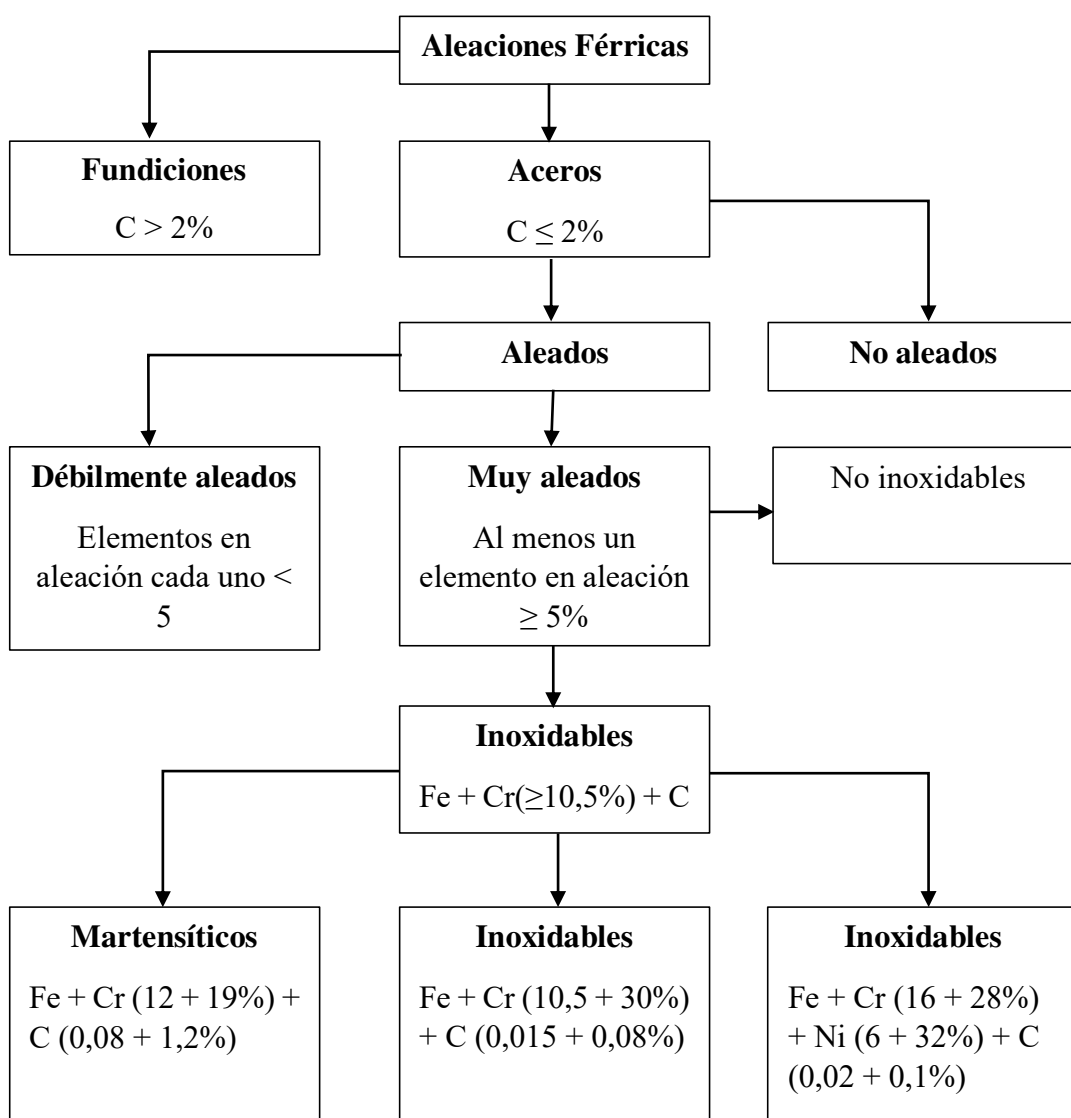


Figura 1-3. Árbol genealógico de los aceros inoxidables.
Fuente: [14]

A. Aceros inoxidables austeníticos.

La composición de estos aceros es de 16% a 25% de cromo, un 20% de níquel y en su mayoría de hierro, estos aceros tienen una excelente ductilidad y son resistentes a la corrosión [12], [15].

- AISI 300: aleaciones cromo-níquel.
- AISI 200: aleaciones cromo-manganeso-nitrógeno [15].

B. Aceros inoxidables ferríticos.

Estos aceros están compuestos hasta 30% de cromo y menos de 0,12% de carbono, son magnéticos y a su vez tienen buena resistencia a la corrosión, pero tienen una

ductilidad baja con respecto a los aceros austeníticos, no se los puede tratar térmicamente y se endurecen mediante trabajo en frío y son relativamente económicos [13], [15].

C. Aceros inoxidable de endurecimiento por precipitación.

Son aceros resistentes a la corrosión, tiene buena ductilidad, tenacidad y son resistentes a las temperaturas, están compuestos de níquel, cromo y elementos aleantes como el cobre, aluminio, titanio o molibdeno. Estos aceros pasan por temple lo que transforma la microestructura de austenita a martensita para obtener sus propiedades y se utilizan generalmente en elementos estructurales para la industria aeronáutica [12], [15].

D. Aceros inoxidable dúplex.

Los aceros dúplex son aceros magnéticos contienen aproximadamente 50% de ferrita y 50% de austenita dando una excelente soldabilidad, resistencia a la corrosión, pero no pueden ser endurecidos mediante tratamiento térmicos. Están compuestos por un contenido de 18% a 26% de cromo y un contenido 4.5% a 6.5% de níquel [13], [14].

E. Acero inoxidable martensítico.

Son aceros con un porcentaje hasta un 18% de cromo y de carbono de 0.15% a 1.2%, carecen de níquel y se endurecen con tratamiento térmico. Con estos tratamientos los aceros inoxidable martensíticos alcanzan valores superiores de resistencia a la tensión de 1400 MPa, poseen buena resistencia a la corrosión y a la fatiga. Son fabricados para herramientas quirúrgicas, cuchillería y válvulas [16], [17].

Son aceros que deben ser sometidos a precalentamiento a una temperatura alrededor de los 760°C, esta temperatura depende del espesor del material y solo por un tiempo adecuado, los aceros de grado 410 y 416 necesitan menos precalentamiento que los aceros de grado 420 y 440. Estos tipos de aceros tienen una baja conductividad térmica, se los puede enfriar en aire libre o en aceite, esto aumenta la resistencia a la corrosión y una mejor ductilidad. La siguiente figura 1-14 muestra los aceros inoxidable martensíticos [16].

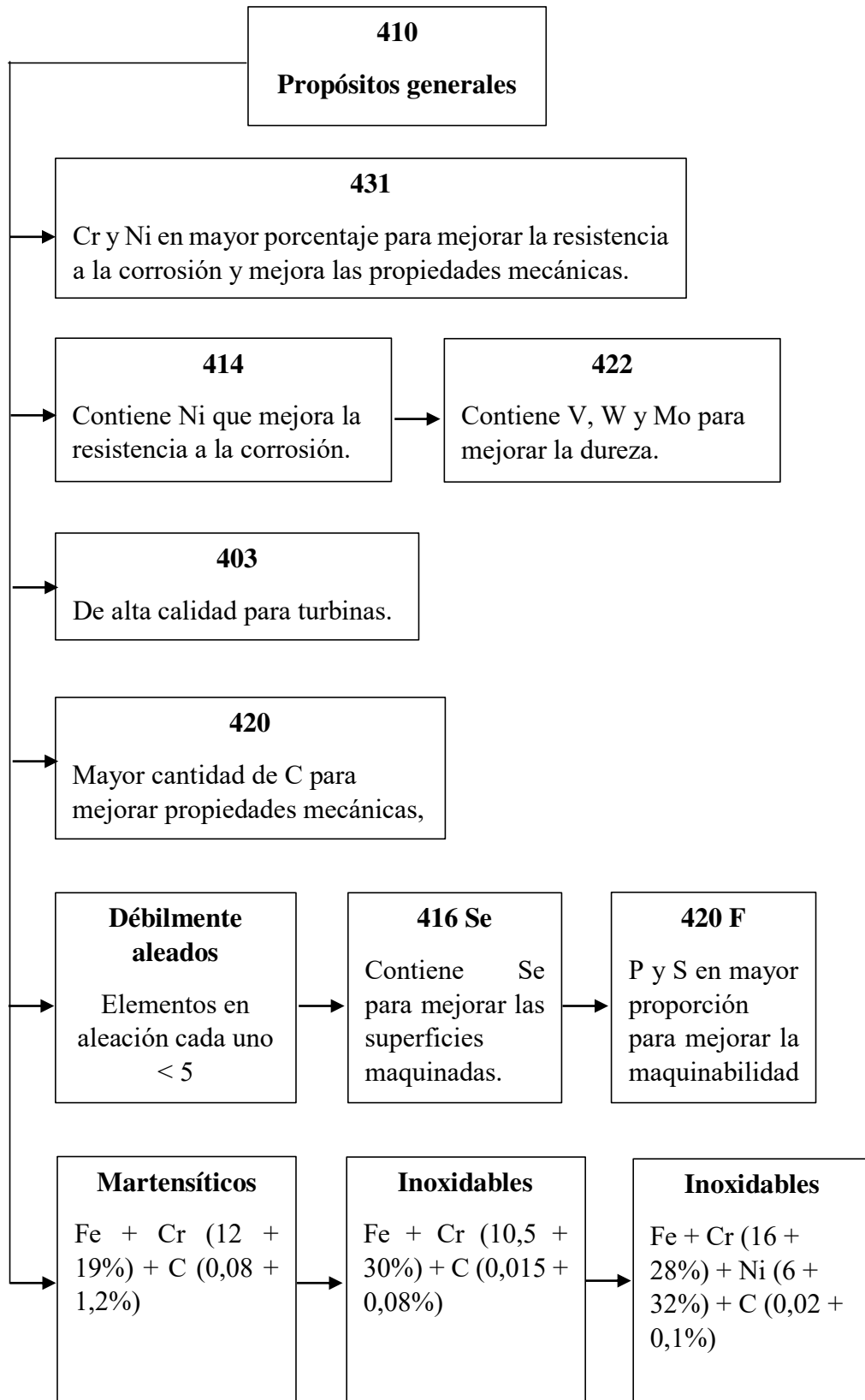


Figura 1-4. Aceros inoxidables martensíticos.

Fuente: [16]

1.5.3.2 Designación AISI de los aceros inoxidable.

La norma AISI designa a los aceros inoxidable utilizando 3 numero:

➤ **Aceros inoxidable austeníticos.**

- 3XX: Base Cr, Ni. Bajo carbono.
- 2XX: Base Cr, Ni, Mn. Bajo en carbono.

Ejemplo: 302, 304, 316, 303, 202 [16].

➤ **Aceros inoxidable ferríticos.**

- 4XX: Base Cr. Bajo en carbono [16].

➤ **Aceros inoxidable martensíticos.**

- 4XX: Base Cr. Medio en carbono.
- 5XX Base Cr, Mo. Bajo en carbono.

Ejemplo: 410, 416, 431, 440, 501, 502, 503, 504 [16].

➤ **Designación de los aceros inoxidable martensíticos.**

La siguiente tabla 1-3 muestra los tipos de aceros inoxidable martensíticos en la y las propiedades de cada uno de estos aceros martensíticos [17].

Tabla 1-3. Propiedades de los aceros inoxidable martensíticos.

Tipo AISI	Temperatura ambiente (recocido)				Temperatura máxima (° F) en el aire	
	Fuerza de tensión (1000 psi)	Fuerza de rendimiento, 0.2% (1000 psi)	Elongación 2 in. (%)	Dureza Rockwell B ^t	Continua	Intermitente
403	75	40	35	82	1300	1450
410	75	40	35	82	1300	1450
414	115	90	20	97	1300	1450
416,						
416Se	75	40	30	82	1250	1400
420	95	50	25	92	1200	1400
431	125	95	20	24 (Rc)	1500	1600
440A	105	60	20	95	1400	1500
440B	107	62	18	96	1400	1500
440C	110	65	14	97	1400	1500

Fuente: [17]

➤ **Composición de los aceros inoxidables martensíticos.**

La siguiente tabla 1-4 muestra los tipos de aceros inoxidables martensíticos y su composición [17].

Tabla 1-4. Composición de los aceros inoxidables martensíticos.

AISI Tipo	COMPOSICIÓN (%)		
	Carbono	Cromo	Otros
403	0.15	11.5-13.0	0.5 Si
410	0.15	11.5-13.5	-
414	0.15	11.5-13.5	1.25 – 2.25 Ni
416	0.15	12.0-14.0	1.25 Mn, 0.15 S(min), 0.060P, 0.60Mo
416Se	0.15	12.0-14.0	1.25 Mn, 0.060 P, 0.15 Se (min)
420	0.15 (min)	12.0-14.0	-
431	0.20	15.0-17.0	1.25 – 2.5 Ni
440A	0.60-0.75	16.0-18.0	0.75 Mo
440B	0.75-0.95	16.0-18.0	0.75 Mo
440C	0.95-1.20	16.0-18.0	0.75 Mo

Fuente: [17]

➤ **Acero inoxidable martensítico AISI 420.**

El acero inoxidable es posible trabajar térmicamente, el mismo que tiene una resistencia alta al desgaste y a la corrosión, logra una dureza de 500 HB o puede tener una dureza un poco más alta, además se puede realizar un proceso de revenido, para lograr así alta resistencia al impacto, sin alterar la propiedad de su dureza en un alto porcentaje. La siguiente tabla 1-5 muestra la composición del acero inoxidable martensítico AISI 420 [18].

Tabla 1-5. Composición química del acero inoxidable AISI 420.

COMPOSICIÓN QUÍMICA						
C %	Mn %	P %	S %	Si %	Cr %	Mo %
0.15 min	1.00 Max	0.40 Max	0.030 Max	1.00 Max	12.00 a 14.00	0.60 opcional

Fuente: [19]

1.5.3.3 Tratamientos térmicos.

Recocido.

Es un tratamiento térmico el cual se utiliza para la eliminación de algunos o todos los efectos producidos durante el trabajo en frío sin afectar las propiedades mecánicas de la pieza tratada. Este proceso está en un rango de 675°C a 760°C de temperatura, para

una dureza de 94 a 97 HRB, se lo realiza en un baño de sales limpio y rectificado, el tiempo de recocido depende de las dimensiones del material y posteriormente se produce a enfriar al aire [13], [19].

Recocido isotérmico: recocido a una temperatura de 850°C a 885°C, para una dureza aproximada de 95HRB, luego se procede a enfriar lentamente a una temperatura de 705°C durante 2 horas [19].

Recocido total: recocido a una temperatura de 830°C a 885°C, para una dureza aproximada de 86HRB a 95HRB, luego se procede a enfriar lentamente a una temperatura de 17°C a 23°C por hora para obtener estructura austenítica este proceso ayuda a ablandar el acero y regenerar su estructura sin modificar la dureza [13], [19].

Templado

Este proceso térmico aumenta la dureza y resistencia mecánica del material el cual transforma la austenita en martensita donde esta microestructura es el constituyente duro típico en los aceros pasado por este proceso. Se lo realiza a temperaturas de 760°C a 790°C para lograr un precalentamiento correcto en la pieza que se lo realice, para fragmentos gruesos se debe alcanzar de 925°C hasta 1010°C lo cual ayuda a conseguir una resistencia a la corrosión. Una dureza aproximada de 448HB hasta 664HRB, y el empapado se lo debe realizar de 30 a 60 minutos [19], [20].

Revenido.

Esta entre una temperatura de 205°C a 370°C para una dureza de 48 HRC a 56 HRC, el enfriamiento es al ambiente. El revenido es un complemento del temple el cual disminuye la dureza y la fragilidad excesiva, sin perder demasiada tenacidad en la pieza templada [19], [20].

Estabilizado.

Se usa el tratamiento sub cero o de estabilización a una temperatura de -76°C y así revenir inmediatamente la nueva martensita y evitar la fractura [19].

Nitrurado.

Este tratamiento se lo aplica normalmente en aceros con procesos previamente hechos como el revenido y templado al menos de 14°C por arriba del nitrurado. La

temperatura ideal es de 525°C hasta 550°C teniendo un tiempo de 20 hasta 48 horas dependiendo de la profundidad, para una dureza por arriba de 1000HK. Consta de la proporción de nitrógeno en la superficie del acero consiguiendo durezas en las piezas tratadas [19], [20].

1.5.4 Aceros al carbono.

Son aleaciones en base al hierro de 0,05% a 2% con respecto al peso, la mayoría de estos aceros tiene contenido de carbono de 0,1% hasta 1%, sin embargo, consta de otros elementos que están dentro de rangos normales y son constantes tales como silicio y manganeso. El contenido de carbono en estos aceros eleva su resistencia a la tracción además disminuye la tenacidad y la ductilidad. La AWS divide a los aceros dependiendo del contenido de carbono en tres grupos: [20], [21]

- Aceros de bajo carbono.
- Aceros de medio carbono
- Aceros de alto carbono [20].

1.5.4.1 Aceros de bajo carbono.

Se fabrica en su mayoría aceros en bajo carbono, son aceros que contienen menos de 0,25% de carbono, no responde al tratamiento térmico para formar martensita y es endurecible. Su microestructura consiste en ferrita y perlita, por lo que tienen baja resistencia a la fluencia, pero con excelente ductilidad y tenacidad, además son de fácil mecanizado, se pueden unir por cualquier proceso de soldadura. Se los fabrica para carrocerías de automóviles, vigas (en forma de I, canales y ángulos) y láminas para construir tuberías, edificios, puentes y latas estañadas. Con una resistencia a la tracción de 415 hasta 550 MPa y un límite elástico de 275 MPa [21], [22].

Existen otros tipos de aceros bajos en carbono con alta resistencia y baja aleación (HSLA), estos aceros contienen elementos como cobre, vanadio, níquel y molibdeno y a su vez poseen mucha mayor resistencia mecánica y a la corrosión que los aceros de bajo carbono simples. La siguiente tabla 1-6 muestra la composición de los aceros bajos en carbono [22].

Tabla 1-6. Composiciones de aceros carbono.

DESIGNACIÓN		COMPOSICIÓN (% en peso)		
AISI / SAE o número ASTM	NÚMERO UNS	C	Mn	OTROS
ACEROS BAJOS EN CARBONO				
1010	G10100	0,10	0,45	
1020	G10200	0,20	0,45	
A36	K02600	0,29	1,00,	0,20 Cu
A519 GRA. 60	K02700	0,31	1,00	0,25 Si
ACEROS DE BAJA ALEACIÓN Y ALTA RESISTENCIA				
A633 GRA. E	K12002	0,22	1,35	0,3 Si; 0,08 V; 0,03 Nb
A656 GRA. 1	K11804	0,18	1,60	0,6 Si; 0,1 V; 0,2 Al; 0,015 N

Fuente: [22]

En la siguiente tabla 1-7 se muestra las propiedades mecánicas de los aceros bajos en carbono y sus aplicaciones.

Tabla 1-7. Aplicaciones típicas de aceros de bajo carbono y de baja aleación.

AISI/SAE o número ASTM	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	LÍMITE ELÁSTICO (MPa)	DUCTILIDAD (% EL en 2 pulgadas)	APLICACIONES TÍPICAS
ACEROS BAJOS EN CARBONO				
1010	325	26	28	Paneles de automóvil, clavos y alambre
1020	380	30	25	Tubos, aceros laminados y estructurales
A36	400	32	23	Estructuras
A516 GRA. 70	485	38	21	Recipientes a presión
ACEROS DE BAJA ALEACIÓN Y ALTA RESISTENCIA				
A440	435	290	21	Estructuras atornilladas o remachadas
A633 GRA. E	520	380	23	Estructuras utilizadas a bajas temperaturas
A656 GRA. 1	655	552	15	Bastidores de camiones y vagones de tren

Fuente: [22]

1.5.4.2 Aceros de medio carbono.

Estos aceros son seleccionados en usos donde se necesitan propiedades mecánicas más elevadas y frecuentemente llevan tratamiento térmico de endurecimiento.

Estos aceros tienen un porcentaje de 0,25% y 0,6% de carbono. Esta clase pueden ser tratados térmicamente mediante temple, revenido y austenización para mejorar sus propiedades mecánicas. Son aceros de baja templabilidad con velocidades muy rápidas. El cromo, níquel y molibdeno mejora la capacidad de las propiedades mecánicas y a su vez genera una gran variedad de combinaciones con respecto a la ductilidad. Los aceros de medio carbono son más dúctiles y tenaces que los aceros de bajo carbono [22].

Cuando se desea incrementar las propiedades mecánicas, la sección o la templabilidad, normalmente se incrementa el % de C, de Mn o de ambos. Los de menor % de carbono se utilizan para piezas deformadas en frío, aunque los estampados se encuentran limitados, y generalmente llevan un recocido o normalizado previo [22].

Todos estos aceros se pueden aplicar para fabricar piezas forjadas y su selección depende del tamaño y propiedades mecánicas después del tratamiento térmico. Los de mayor % de C, deben ser normalizados después de forjados para mejorar su maquinabilidad. Son también ampliamente usados para piezas maquinadas, partiendo de barras laminadas [22].

Dependiendo del nivel de propiedades necesarias, pueden ser o no tratadas térmicamente. Pueden soldarse, pero deben tenerse precauciones especiales para evitar fisuras debido al rápido calentamiento y enfriamiento. La siguiente tabla 1-8 muestra las propiedades mecánicas [22].

Tabla 1-8. Propiedades mecánicas de los aceros al carbono.

AISI/SAE o número ASTM	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	LÍMITE ELÁSTICO (MPa)	DUCTILIDAD (% EL en 2 pulgadas)	APLICACION ES TÍPICAS
ACEROS MEDIOS EN CARBONO				
1040	605-780	430-585	33-19	Cigüeñales, pernos
1080 ^a	800-1310	480-980	24-13	Cinceles, martillos

1095 ^a	760-1280	510-830	26-10	Cuchillos, hojas de sierra
ACEROS ALEADOS				
4063	786-2380	710-1770	24-4	Muelles, herramientas
4340	980-1960	895-1570	21-11	Casquillos, tubos
6150	815-2171	745-1860	22-7	Ejes, pistones, engranes

Fuente: [22]

1.5.5 Diagramas de constitución.

Estos diagramas ayudan a predecir el comportamiento de la soldadura de los aceros inoxidables, ya que permite conocer los cambios que presenta la microestructura durante el proceso de soldadura [23].

1.5.5.1 Diagrama de Schaeffler.

Diagrama de Schaeffler se basa en el diagrama de Maurer, el cual permite saber previamente la microestructura que podrá presentarse en el acero Cr-Ni con la composición del metal base y el material de aporte como se muestra en la figura 1-5 [23].

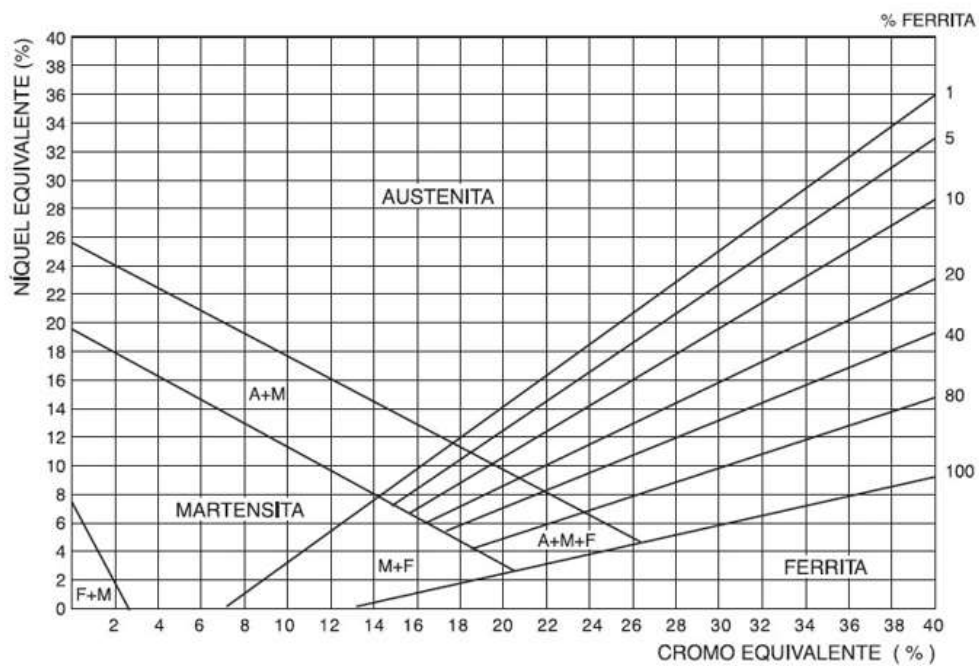


Figura 1-5. Diagrama de Schaeffler.

Fuente: [23]

Por medio del diagrama Schaeffler se obtiene el cromo equivalente el cual es un elemento alfa generador de ferrita, además se adquiere el níquel equivalente (elementos gamma generadores) formador de austenita para el material base y para el material de aporte, las siguientes ecuaciones se utilizan para obtener el cromo equivalente y el níquel equivalente [23].

$$\text{Cromo equivalente} = \%Cr + \%Mo + 1.5\%Si + 0.5\%Nb. \quad \text{Ec. (1)}$$

$$\text{Níquel equivalente} = \%Ni + 30\%C + 0.5\%Mn. \quad \text{Ec. (2)}$$

1.5.6 Electroodos.

El electrodo para una aplicación determinada se debe seleccionar minuciosamente para proporcionar las características de resistencia necesaria para la unión soldada. Una de las herramientas más útiles para la selección de electrodos es el electrodo de manuales disponibles en tiendas de productos de soldadura. Estos ayudan a proporcionar información al respecto a la clasificación del electrodo a la aplicación y la facilidad de uso. En general el metal de aporte debe ser compatible con el tipo y la composición del metal base a soldar. Durante la soldadura los electrodos se calientan hasta altas temperaturas provocando el desgaste de los electrodos, como consecuencia cambian las dimensiones de la zona de fusión de las uniones y empeora su calidad [24], [25].

1.5.6.1 Electroodos para aceros inoxidables.

A. Electrodo 308L (AWS: E308L-19).

Descripción: Permite soldar con CA o CCEP, con un revestimiento rutilico, arco estable de transferencia spray. La escoria se desprende fácilmente y el depósito es de acero inoxidable austenítico [24].

Usos: El contenido es de 0.04% de carbono, lo cual impide la formación y precipitación de carbono [24].

Aplicaciones típicas: Para aceros inoxidables; 304, 304L, 308, 308L, 321, 347, 348. Equipos químicos y petroquímicos. En la siguiente tabla 1-9 se muestra la composición química y propiedades mecánicas del electrodo 308L [24].

Tabla 1-9. Propiedades del electrodo 308L.

Composición química	Propiedades mecánicas
C: 0.02% Mn: 0.63% Si: 0.76% P: 0.025% S: 0.008% Cr: 18.7% Ni: 10.0% Mo: 0.18%	Resistencia a la tracción 590 MPa Elongación (L= 4d) 53%.
Posiciones de soldadura	Tipo de corriente:
P, H, V, SC.	CCEP, CA.

Fuente: [24]

B. Electrodo 309L (AWS: E309L-16).

Descripción: Contiene bajo contenido carbono que evita la precipitación de carburos de cromo. Es un material de aporte adecuado contra la corrosión.

Usos: Para aceros AISI 309, 309L, 309Cb, 304, 304L, 321, 347 y soldadura disimiles. En la siguiente tabla 1-10 se muestra la composición química y propiedades mecánicas del electrodo 309L [24].

Tabla 1-10. Propiedades del electrodo 309L.

Composición química	Propiedades mecánicas
C: 0.02% Mn: 0.69% Si: 0.80% P: 0.022% S: 0.009% Cr: 22.5% Ni: 13.4% Mo: 0.16%	Resistencia a la tracción 555 MPa Elongación L= 4d, 42%.
Posiciones de soldadura	Tipo de corriente:
P, H, V, SC.	CCEP, CA.

Fuente: [24]

C. Electrodo (AWS: E316H-16).

Descripción: Electrodo adecuado para aceros de alta resistencia a la oxidación y la corrosión. El mismo que es de fácil aplicación, encendido y reencendido [26].

Aplicaciones típicas: Se utiliza específicamente para reparación de equipo de la industria química, intercambiadores de calor, destiladores, tuberías, digestores, recipientes de alta y baja presión y en la industria petroquímica. Se recomienda especialmente para aplicaciones resistentes a la corrosión, cuando existen posibilidades de “picadura” (ataque por ácido). No es necesario tratamiento térmico posterior. En la siguiente tabla 1-11 se muestra la composición química y propiedades mecánicas del electrodo 316L [26].

Tabla 1-11. Propiedades del electrodo 316L.

Composición química	Propiedades mecánicas
C: 0.04-0.08% % Mn: 0.6-2.5% Si: 1.0% P: 0.04% S: 0.03% Cr: 17-20% Ni: 11-14% Mo: 2-3%	Resistencia a la tracción 520 MPa Elongación L= 4d, 30%.
Posiciones de soldadura	Tipo de corriente:
P, H, V, SC.	CCEP, CA.

Fuente: [26]

1.5.6.2 Electrodo para aceros al carbono.

Está conformada por la letra E seguida de cuatro o cinco dígitos cuyo significado es el siguiente [27].

E: Significado electrodo.

Los dos primeros dígitos representan la mínima resistencia a la tracción medida en ksi [27]. El tercer o el cuarto dígito muestra la posición de soldadura en la que se podría ocupar el electrodo. El ultimo dígito nos señala el tipo de revestimiento que se tiene en el electrodo, además nos indica la corriente y la polaridad que se deberá utilizar en el proceso de soldadura. En la siguiente tabla 1-12 se muestra el sistema de clasificación AWS [27].

Tabla 1-12. Sistema de clasificación AWS

E XXXX			
1X	Electrodo		
2X	Resistencia a la tracción en miles de PSI		
3X	Posiciones de soldeo: 1. Plana, Horizontal, Vertical, Sobrecabeza 2. Plana y horizontal		
4X	Tipo de revestimiento Corriente y Polaridad		
DIGITO	TIPO DE REVESTIMIENTO	CORRIENTE	POLARIDAD
0	Celulosa con sodio	CD	(+)
1	Celulosa con potasio	CA o CD	(+ O -)
2	Rutilo con sodio	CA o CD	(-)
3	Rutilo con potasio	CA o CD	(-)
4	Rutilo con polvo de hierro	CA o CD	(+ O -)
5	De bajo hidrógeno con sodio	CD	(+)
6	De bajo hidrógeno con potasio	CA o CD	(+)
7	Hierro en polvo y óxidos de hierro	CA o CD	(+ O -)
8	Bajo hidrogeno con polvo de hierro	CA o CD	(+)

Fuente: [27]

En la siguiente tabla 1-3 se muestra el sistema de clasificación de los electrodos al carbono con el tipo de revestimiento, posición a soldar, corriente y polaridad.

Tabla 1-13. Sistema de clasificación de electrodos AWS A5.1.

Clasificación AWS		Tipo de revestimiento	Posición a soldar	Corriente y polaridad
A5.1	A5.1 M			
E-6010	E-4310	Celulósica sódico	P, V, SC, H	CCEP
E-6011	E-4311	Celulósica potásico	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-6012	E-4312	Rutílico sódico	P, V, SC, H	CA, CCEN
E-6013	E-4313	Rutílico potásico	P, V, SC, H	CA, CCAP
E-6018	E-4318	Potásico, BH-HP	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-6019	E-4319	Óxido de hierro, rutílico potásico	P, V, SC, H	CA, CCAP
E-6020	E-4320	Óxido de hierro	H	CA, CCEN
			P	CA, CCAP
E-6022	E-4322	Óxido de hierro	P, H	CA, CCEN
E-6027	E-4327	Óxido de hierro, HP	H	CA, CCEN
			P	CA, CCAP
E-7014	E-4914	Rutílico, HP	P, V, SC, H	CA, CCAP
E-7015	E-4915	Sódico, BH	P, V, SC, H P,	CCEP
E-7016	E-4916	Potásico, BH	V, SC, H P, V,	CA, CCEP
E-7018	E-4918	Potásico, BH-HP	SC, H P, V, SC,	CA, CCEP
E-7018M	E-4918M	BH – HP	H	CCEP
E-7024	E-4924	Rutílico, HP	P, H	CA, CCAP
E-7027	E-4927	Óxido de hierro, HP	H	CA, CCEN
			P	CA, CCAP
E-7028	E-4928	Potásico, BH-HP	P, H	CA, CCEP
E-7048	E-4948	Potásico, BH-HP	P, V, SC, H	CA, CCEP
Nomenclatura		CC: Corriente continua	EP: Electrodo positivo	P: Plana
HP: Hierro en polvo		CA: Corriente alterna	EN: Electrodo negativo	V: Vertical
BH: Bajo hidrógeno		AP: Ambas polaridades	SC: Sobrecabeza	H: Horizontal

Fuente: [27]

A. Electrodo E-6010.

Es un electrodo que genera energía en el arco con una profunda penetración en diferentes posiciones, permitiendo que el trabajo sea operable en donde las condiciones de soldadura no son adecuadas. Los depósitos de este electrodo están libres de poros e inclusiones de escoria, permitiendo seguridad en la inspección radiográfica. Está diseñado según los últimos adelantos técnicos para lograr óptimos resultados prácticos [28].

Este electrodo tiene un campo de aplicación muy amplio, en especial cuando es necesario soldar en toda posición, además es excelente para el puntuado profesional por su ductilidad y su cualidad de penetración profunda, sus depósitos satisfacen las normas más exigentes de impacción [29].

Aplicaciones: Se los usa en la industria naval, también para estructuras, tanques, soldaduras de planchas pesadas y láminas gruesas. [28]

Operación: Es un electrodo adecuado para soldadura en vertical ascendente, en vertical descendente aplique la técnica de arrastre, el material de aporte debe permanecer dentro del bisel. En la siguiente tabla 1-14 se muestra la composición química y propiedades mecánicas del electrodo E-6010 [28].

Tabla 1-14. Valores típicos E-6010.

Composición química:	C: 0.10%	Mn: 0.60%	Si:0.30%
Resistencia a la tracción:	(510-580) N/mm ²		(72.86-84.36) ksi
Limite elástico:	(430-490) N/mm ²		(60-70) ksi
Alargamiento (L=5d):	(24-28)%		
Resistencia al impacto:	(40-60) N.m a -30 °C		

Fuente: [28]

B. Electrodo E-6011.

El electrodo E-6011 tiene un revestimiento celulósico el cual presenta un arco estable con poca salpicadura. Teniendo una alta energía en el arco se tiene una excelente penetración en todas las posiciones de soldeo. Es ligeramente más grueso que el electrodo E-6010, la escoria resultante y los perfiles de los carbonense son similares. [28], [29]

Aplicaciones: este electrodo se utiliza en condensadores, recipientes a presión, estructuras de puentes, tanques, edificación de montajes en general y para soldadura de tuberías en campo. [28]

Operaciones: durante el proceso de soldadura en vertical ascendente se debe disminuir la corriente y para soldadura en vertical descendente se maneja la técnica de arrastre conservando el electrodo dentro de la unión. En la siguiente tabla 1-15 se muestra la composición química y propiedades mecánicas del electrodo E-6011. [28]

Tabla 1-15. Valores típicos E-6011.

Composición química:	C: 0.10%	Mn: 0.60%	Si:0.30%
Resistencia a la tracción:	(510-580) N/mm ²		(72.86-84.36) ksi
Limite elástico:	(430-490) N/mm ²		(60-70) ksi
Alargamiento (L=5d):	(24-28)%		
Resistencia al impacto:	(40-60) N.m a -30 °C		

Fuente: [28]

C. Electrodo E-6013.

Este electrodo tiene revestimiento rutilico el cual presenta un arco estable y de fácil encendido y reencendido con una penetración mediana el cual produce poca salpicadura y una escoria auto desprendible. Son recubiertos de potasio con alto de contenido de titanio se los usa en todas las posiciones de proceso de soldadura tanto con corriente alterna o continua y son similares al electrodo E-6012, pero producen menos chisporroteo [28], [29].

Aplicaciones: Adecuado para los cordones de raíz en estructuras, tanques, soldaduras de planchas pesadas y láminas gruesas, también se los utiliza en aceros de bajo carbono no aleados por ejemplo en carpintería metálica, ductos de ventilación, rejas, puertas, ensamblaje de carrocerías, construcciones navales [28].

Operaciones: Para un adecuado proceso de soldadura con el electrodo E-6013 se recomienda realizar en posición vertical ya que en esta posición se tiene mejor desempeño con la utilización de los amperajes para cada diámetro, en posiciones tanto en plana y horizontal se trabaja con amperajes medios, en vertical ascendente se disminuye el amperaje y en posición vertical descendente se aumenta el amperaje. En la siguiente tabla 1-16 se muestra la composición química y propiedades mecánicas del electrodo E-6013 [28].

Tabla 1-16. Valores típicos E-6013.

Composición química:	C: 0.10%	Mn: (0.50-0.80)%	Si:0.30%
Resistencia a la tracción:	(510-560) N/mm ²		(72.86-81.45) ksi
Limite elástico:	(420-480) N/mm ²		(58.60-66.98) ksi
Alargamiento (L=5d):	(23-27)%		
Resistencia al impacto:	No requerida por AWS		

Fuente: [28]

D. Electrodo E-7018.

Descripción: Tiene alto contenido de revestimiento básico el cual genera un rendimiento de 120%. Es resistente al agrietamiento, es libre de poros, escoria y presenta un arco estable, además contienen bajo hidrogeno y tienen un recubrimiento con 30% de hierro pulverizado, estos electrodos trabajan en corriente alterna o continua de polaridad invertida [28], [30].

Aplicaciones: Se los utiliza en aceros de bajo y medio carbono hasta 0.45%C. En los aceros al carbono-manganeso y aceros con alto contenido de azufre y fósforo puede ser difícil de soldar. Se puede trabajar desde -30°C hasta 350°C [28].

Operación: Para soldadura en vertical la progresión puede ser ascendente. Este electrodo se recomienda almacenar en termos a una temperatura de 70°C hasta 120°C. En la siguiente tabla 1-17 se muestra la composición química y propiedades mecánicas del electrodo E-7018 [28].

Tabla 1-17. Valores típicos E-7018.

Composición química:	C: 0.08%	Mn: (1.0-1.40)%	Si: (0.30-0.60)%
Resistencia a la tracción:	(540-610) N/mm ²		(77.14-88.73) ksi
Límite elástico:	(450-510) N/mm ²		(62.79-72.86) ksi
Alargamiento (L=5d):	(25-29)%		
Resistencia al impacto:	(120-160) N.m a -30 °C		

Fuente: [28]

1.5.7 ENSAYO DE MATERIALES.

Los ensayos que se utilizarán en este trabajo experimental para medir una fuerza aplicada es el ensayo a tracción, de impacto y de dureza, y así medir las propiedades mecánicas del material [31].

1.5.7.1 ENSAYO DE TRACCIÓN.

El ensayo de tracción es el ensayo mecánico más importante que proporciona la información más completa, son ensayos mecánicos que se utilizan para determinar algunas propiedades de los materiales que son importantes para el diseño, durante el ensayo la probeta sufre deformación hasta llegar a la rotura con una fuerza la misma que es aplicada a lo largo del eje de la cual se incrementa gradualmente [31].

A través de este ensayo es posible determinar las siguientes propiedades tecnológicas: resistencia mecánica, rigidez, ductilidad, tenacidad y módulo de resiliencia. El ensayo de tracción se aplica una tensión de tracción uniaxial creciente a velocidad moderada a la vez que se registra el alargamiento que experimenta el material hasta el momento en el que se produce la fractura. Debido a la moderada velocidad de aplicación de la fuerza se considera que el ensayo de tracción es cuasiestático. Antes de realizar el ensayo, es necesario elegir la morfología y las dimensiones correctas de la probeta de ensayo [32].

Las probetas utilizadas en los ensayos de tracción varían en forma considerable. En los metales de sección transversal gruesa, como placas, normalmente se utilizan probetas de 0.50 pulgadas de diámetro. Mientras que, en metales de sección transversal más delgada, como chapas, se utilizan probetas planas. La probeta más utilizada en ensayos de tracción tiene una longitud entre marcas de 2 pulgadas, la siguiente figura 1-6 muestra las dimensiones para las probetas a tracción [31].

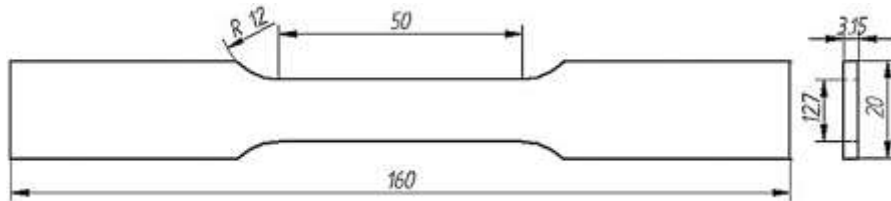


Figura1-6. Probeta de sección normalizada circular.

Fuente: [31]

Procedimiento.

La probeta se coloca cuidadosamente en la máquina y sostenida en cada una de sus extremos, la maquina funciona a una velocidad constante, aumentando la fuerza de tracción. La probeta es deformada permanentemente hasta romperse, este tipo de ensayo dura algunos minutos dependiendo del material que se va ensayar, cabe recalcar que es un ensayo destructivo [31].

Los resultados del ensayo de tracción se registran en la máquina como fuerza en función del alargamiento, estos resultados dependen del diámetro de la probeta y del tipo de material a ensayarse. En el ensayo a tracción se determina las propiedades mecánicas de los metales, el límite de elasticidad, la fuerza máxima y la fuerza de ruptura, como se muestra en la siguiente figura 1-7 [31].



Figura 1-7. Máquina de ensayo de tracción.

Fuente: [Autor]

Diagrama esfuerzo-deformación para ensayo de tracción.

El diagrama se utiliza para determinar las propiedades mecánicas de los materiales, se puede identificar en la gráfica cuatro formas en que se comporta el material como el endurecimiento por deformación y estricción, comportamiento elástico y cedencia como se muestra en la figura 1-8 [19].

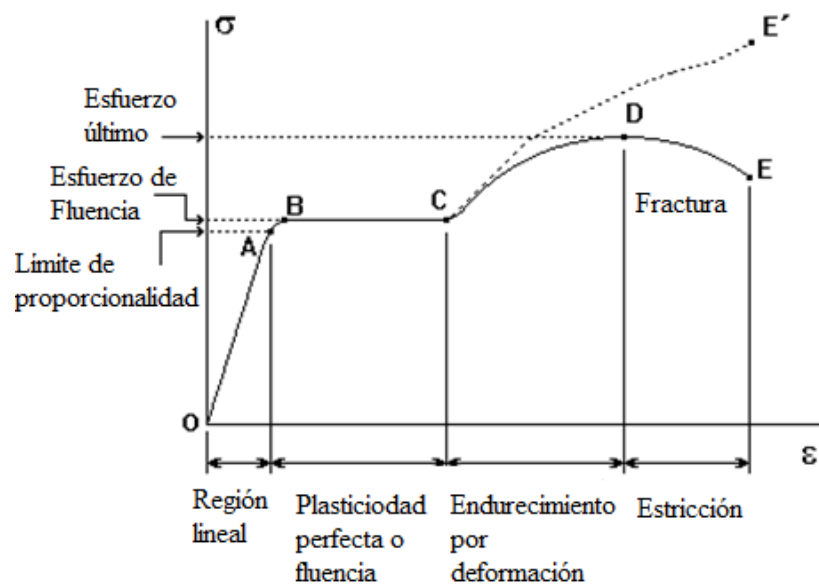


Figura 1-8. Diagrama de esfuerzo-deformación.

Fuente: [31]

En el ensayo a tracción se puede obtener propiedades mecánicas las cuales ayudan en diseño estructural, así teniendo los siguientes datos:

- C. Módulo de elasticidad
- D. Límite elástico convencional de 0.2%
- E. Resistencia a la tracción
- F. Porcentaje de alargamiento a fractura
- G. Porcentaje de estricción a fractura

Módulo de elasticidad: También conocido como módulo de Young, el metal se deforma elásticamente, es decir si la fuerza que actúa desaparece la probeta regresa a su longitud inicial. Es la relación entre la deformación adquirida y la tensión realizada, sus unidades son N/mm² o MPa [31].

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

E = módulo de elasticidad (N/mm)

σ = tensión de tracción (N/mm)

ϵ = deformación nominal

Límite elástico convencional: Es un dato importante para el diseño estructural, se define como la tensión que produce una deformación elástica definida, su deformación es de 0.2% como se muestra en la siguiente figura 1-9 del diagrama esfuerzo-deformación [31].

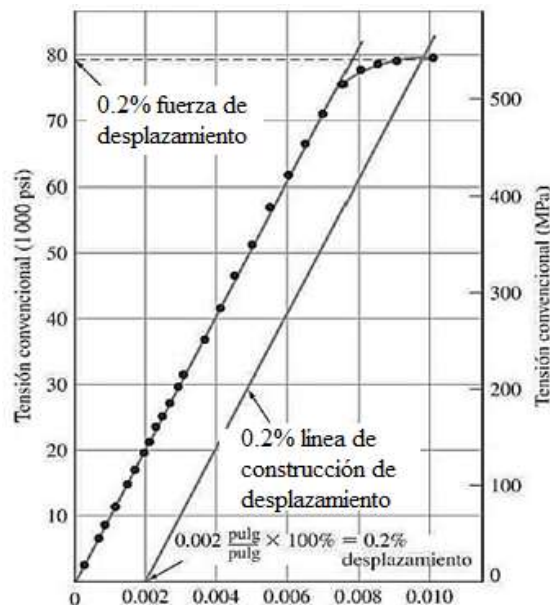


Figura 1-9. Diagrama de esfuerzo-deformación.
Fuente: [31]

Resistencia a la tracción: Es la carga o fuerza aplicada sobre el área de la sección transversal de la probeta.

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde:

σ = esfuerzo o tensión (N/mm²)

F = fuerza aplicada (N)

A_0 = área original de la sección transversal (mm²)

Porcentaje de alargamiento a fractura: La ductilidad en los metales se puede expresar como un porcentaje de alargamiento, la deformación de una probeta se puede medir uniendo las dos partes y midiendo con un calibrador luego del ensayo. [31]

$$\% \text{alargamiento} = \frac{l_f - l_0}{l_0} \quad \text{Ec. (5)}$$

Donde:

l_0 = longitud original antes de aplicar la carga

l_f = longitud final

El resultado se lo multiplica por 100 para obtener en % ya que es un valor independiente en el sistema de unidades [31].

Porcentaje de estricción a fractura: Se puede expresar en términos de reducción de área o estricción [31].

$$\% \text{reduccion en área} = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100\% \quad \text{Ec. (6)}$$

Donde:

A_0 = área inicial

A_f = área final

1.5.7.2 ENSAYO DE IMPACTO.

Se puede utilizar algunas pruebas para determinar la capacidad de impacto de una soldadura. El ensayo de Izod cuyo funcionamiento golpea una muestra con muesca en un yunque montado en un péndulo. La energía en pies-libras necesaria para romper la muestra necesaria indica la resistencia de impacto del metal, este ensayo compara la

tenacidad del metal de soldadura con el metal base. Otro tipo de prueba es el ensayo Charpy el cual es similar al Izod, la diferencia está en la manera en que sostienen las muestras [33].

En el en Charpy la probeta se somete a un golpe súbito e intenso, la velocidad de la fuerza aplicada es extremadamente comparada con el ensayo de tensión; el material puede tener un comportamiento más frágil, este ensayo evalúa la fragilidad del material, la siguiente figura 1-10 muestra la máquina que se utilizó en el centro carroceros para los ensayos a impacto [31].



Figura 1-10. Máquina de ensayo Charpy.
Fuente: [Autor]

Procedimiento.

Para determinar la tenacidad del material se utiliza el péndulo de Charpy, la diferencia de alturas al inicio y al final, nos permite medir la energía absorbida de la probeta en el proceso de fractura de dicha probeta [31].

La altura del péndulo determina la velocidad para golpear la probeta, luego de la rotura el péndulo avanza hasta llegar a una altura, la misma que determina la energía absorbida de la probeta. Las probetas que se rompen son probetas que fallan el ensayo, en cambio las probetas que no se rompen y se doblan son probetas con mayor ductilidad, esto depende de la composición química del material [31].

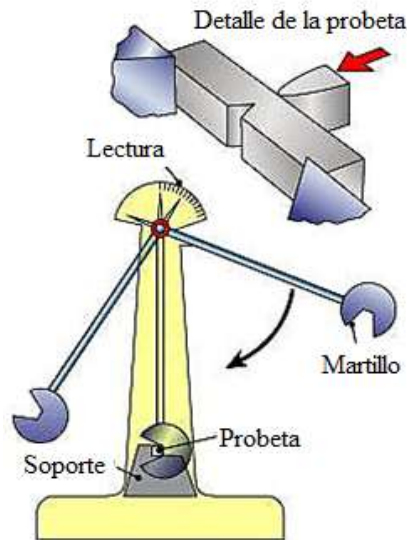


Figura 1-11. Ensayo de impacto.
Fuente: [31]

La energía absorbida por la probeta está dada en Julios, cuya energía es la diferencia de alturas del péndulo al inicio y al final, la ecuación para determinar la energía absorbida es la siguiente: [31]

$$E_{ABS} = m * g(h - h') \quad \text{Ec. (7)}$$

Donde:

h = altura inicial

h' = altura final

m = masa

g = gravedad

La resiliencia de un material es la cantidad de energía que absorbe el mismo, este ensayo determina la fragilidad del material. [31]

$$R(\text{resiliencia}) = \frac{E_a}{s} \quad \text{Ec. (8)}$$

Donde:

E_a = energía absorbida por la probeta

S = sección transversal de la muestra

1.5.7.3 ENSAYO POR DUREZA VICKERS.

La dureza es la resistencia que presenta el metal a ser penetrado. La muestra se presiona con una fuerza preestablecida y con ayuda de un instrumento penetrador de diamante o de metal duro. Las máquinas que se usan comúnmente son los probadores de dureza o durómetro de Brinell, Rockwell y Vickers [35].

El ensayo Vickers se utiliza para materiales duros, con valores superiores a 500HB y para materiales con dureza inferior se recomienda el ensayo de dureza Brinell, por lo que se puede considerar que el ensayo Vickers es una mejora del ensayo Brinell, cuya máquina se muestra en la figura 1-12 [34].



Figura 1-12. Máquina de ensayo por dureza.

Fuente: [Autor]

Se emplea como elemento indentador de una pirámide regular de diamante, de base cuadrada, cuyas bases laterales forman un ángulo 136° . La carga que se utiliza esta de 1 hasta 120Kp, con valores de carga de 1,2,3,5,10,20,30,50,100 y 120Kp, pero la carga más empleada es 30Kp. Luego de haber realizado el ensayo se miden las diagonales de la impresión cuadrada que resulta sobre la superficie de la probeta ensayada y se calcula el promedio de las medidas obtenidas como se muestra en la figura 1-13 [34].

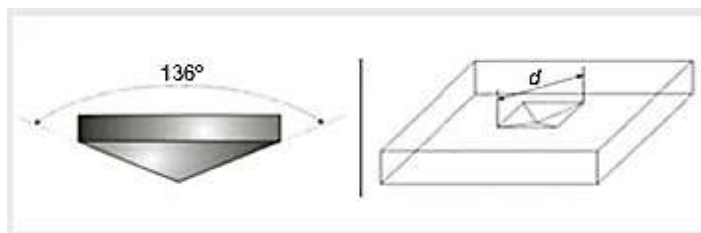


Figura 1-13. Método del ensayo Vickers.

Fuente: [34]

$$HV = \frac{P}{s} = 1,854P/d^2 \quad \text{Ec. (9)}$$

Donde:

P = la carga aplicada en el ensayo (Kp)

S = es la superficie de la huella (mm²)

d = es el valor promedio de la diagonal de la huella impresa en la probeta (mm) [34].

1.5.8 DISCONTINUIDADES SUPERFICIALE

1.5.8.1 Exceso de penetración.

En la figura 1-14 se muestra un efecto que se produce por la penetración del electrodo dentro del bisel, lo que causa que el material pueda contener escoria en su interior o exista chorreo, esto defecto se produce en la soldadura por desgaste por erosión y de gaseoductos [36].

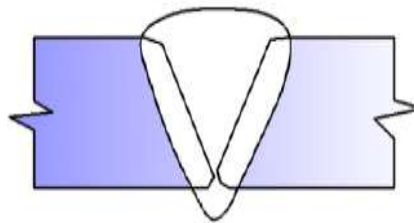


Figura 1-14. Exceso de Penetración.
Fuente: [36]

1.5.8.2 FALTA DE PENETRACIÓN.

Las uniones en U o en V son visibles por la cara posterior, lo que se puede considerar esta imperfección como superficial. Esta discontinuidad presenta un vacío el cual se genera debido a que la raíz no quedara rellena adecuadamente con el metal, esto se debe a la selección inadecuada de corriente de soldadura, una velocidad excesiva de pasada, también puede ser debido a la poca separación entre las piezas, aunque la separación excesiva de la raíz nos obliga a depositar mucho material de aportación y resulta difícil unir los bordes, como se muestra en la figura 1-15 [36], [37].

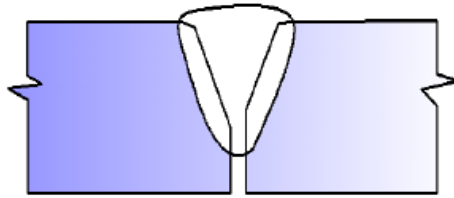


Figura 1-15. Falta de penetración.
Fuente: [36]

1.5.8.3 SOCAVADURAS O MORDEDURAS.

En la figura 1-16 se muestra la socavadura son ranuras en la zona de unión entre el metal fundido y el metal base, adyacente a la raíz de una soldadura que no se ha llenado por el metal de aporte. Se puede producir por varios factores una excesiva intensidad de soldeo, velocidad de desplazamiento alta, este defecto disminuye la resistencia de la unión en menor medida que en el de la falta de penetración [36], [38].

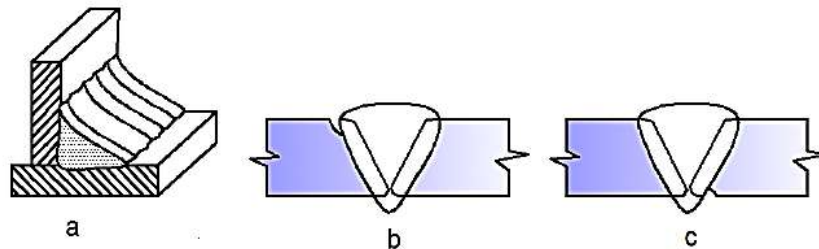


Figura 1-16. Socavaduras o mordeduras.
Fuente: [21]

Causa:

1. Arco largo o elevado.
2. Ángulo de desplazamiento excesivamente pequeño.
3. Intensidad de soldeo demasiado elevad [21].

Solución:

1. Utilizar una longitud de arco igual al diámetro del electrodo.
2. Seleccionar la intensidad adecuada para el diámetro.
3. Inclinar el electrodo hasta que tenga un ángulo de 5° a 10° [21].

1.6 HIPÓTESIS.

La selección adecuada del material de aporte en el procedimiento de soldadura SMAW permitirá la unión del acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 y bajo carbono AISI 1018.

1.6.1 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.

1.6.1.1 Variable independiente.

La selección adecuada del material de aporte para el análisis de soldadura del acero inoxidable martensítico AISI 420 con acero de medio carbono AISI 1045 y bajo carbono AISI 1018 por soldadura SMAW.

1.6.1.2 Variable dependiente.

Propiedades mecánicas.

CAPITULO II

METODOLOGÍA.

2.1 MATERIALES.

Los materiales a usar en el análisis de soldadura de un acero inoxidable AISI 420 con un acero de medio carbono AISI 1045 y acero de bajo carbono AISI 1020 por el proceso de soldadura SMAW.

2.1.1 Acero martensítico AISI 420.

En la figura 2-1 se tiene placas de acero inoxidable, en el cual es posible trabajar térmicamente, el mismo que tiene una resistencia alta al desgaste y a la corrosión, logra una dureza de 500 HB o puede tener una dureza un poco más alta, además se puede realizar un proceso de revenido, para lograr así alta resistencia al impacto, sin alterar la propiedad de su dureza en un alto porcentaje [39].



Figura 2-1. Acero AISI 420.

Fuente: [Autor]

Es un acero para utillajes, aleado al cromo, dotado de las siguientes propiedades:

- Buena resistencia a la corrosión.
- Buena resistencia al desgaste.
- Buena mecanibilidad.
- Buena estabilidad en el temple [39].

Sus propiedades especiales lo hacen particularmente adecuado para moldes cumpliendo las siguientes características:

- **Resistencia a la corrosión/manchas:** para moldeado de materiales corrosivos, por ejemplo, PVC, acetatos y para moldes expuestos a condiciones de trabajo/almacenamiento húmedo [39].
- **Resistencia al desgaste:** para el moldeado de materiales abrasivos y por inyección, por ejemplo, componente eléctrico/electrónicos y envases de un solo uso [39].
- **Acabado superficial de gran calidad:** para la producción de piezas ópticas, como lentes de cámara fotográficas y para artículos médicos como jeringas y frascos de análisis. En la tabla 2-1 se señala la composición química del AISI 420 con los porcentajes correspondientes [39].

Tabla 2-1. Composición química del acero AISI 420.

Análisis Típico %	C	Si	Cr	Cr	V
	0.38	0.9	0.5	13.6	0.3
Normas equivalentes	(AISI 420) (W.-Nr. 1.2083)				
Estado de suministros	Recocido blando hasta aproximada 190 Brinell.				
Código de color	Naranja / Negro				

Fuente: [39]

2.1.2 Acero de medio carbono AISI 1045.

Acero al carbono sin alear de esmerada manufactura, con buena tenacidad, se puede utilizar en condición de suministro o con tratamiento térmico de temple y revenido. Aplicable a partes relativamente simples de máquinas, dureza aproximada de 200HB. Donde la tabla 2-2 describe la composición química del acero AISI 1045 con sus respectivos porcentajes de cada uno [39].

Tabla 2-2. Composición química del acero AISI 1045.

Análisis típico %	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
C45	0.42-0.50	≤0.40	0.50-0.80	0.045	0.045	≤0.40	≤0.10
AISI 1045	0.43-0.50	0.15-0.35	0.60-0.90	0.030	0.050		
Normas equivalente	AISI (1045). SAE (C1045) W.Nr (1.1820). DIN (CK45)						
Código de calor	Rojo / Plomo						

Fuente: [39]

Se los utiliza para pernos, chavetas, piezas de mediana resistencia para aplicación automotriz y ejes. En la figura 2-2 se muestra el acero AISI 1045 que se ocupa para la realización de los ensayos [39].



Figura 2-2. Acero AISI 1045.
Fuente: [Autor]

2.1.3 Acero de bajo de carbono AISI 1018.

Es el más común de los aceros rolados en frío, tiene buena resistencia mecánica y buena ductilidad, son aceros soldables y de fácil maquinabilidad que otros aceros al carbono, se los usa comúnmente en procesos de recalcado y doblado. En la tabla 2-3 se tiene cada porcentaje de la composición química del acero AISI 1018 [39].

Tabla 2-3. Composición química del acero AISI 1018.

COMPOSICIÓN QUÍMICA				
%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,70	0 - 05

Fuente: [39]

Sus usos industriales son: Barra redonda para flechas, pernos, tornillos sujetadores, entre otras. Partes automotrices como bielas, manivelas, y engranes. En la figura 2-3 se tiene las barras las cuales se ocupó para la realización de ensayos [39].



Figura 2-3. Acero AISI 1018.
Fuente: [Autor]

2.1.4 Electrodo E-308L.

Descripción: Permite soldar con CA o CCEP, con un revestimiento rutilico, arco estable de transferencia spray. La escoria se desprende fácilmente y el depósito es de acero inoxidable austenítico. En la figura 2-4 muestra los electrodos que se utilizaron durante el proceso de soldadura [40].



Figura 2-4. Electrodo E-308L.

Fuente: [Autor]

Aplicaciones típicas: Para aceros inoxidables; 304, 304L, 308, 308L, 321, 347, 348. Equipos químicos y petroquímicos. En la tabla 2-4 se tiene la composición del electrodo 308L con cada porcentaje de material [40].

Tabla 2-4. Propiedades del electrodo 308L.

COMPOSICIÓN QUÍMICA								
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
0.03	0.80	0.84	0.023	0.016	9.6	19.3	0.2	0.3

Fuente: [40]

2.1.5 Electrodo E-316L.

Descripción: Electrodo adecuado para aceros de alta resistencia a la oxidación y la corrosión. Un electrodo con fácil aplicación, fácil encendido y reencendido. En la figura 2-5 se muestra el electrodo E-316L utilizado para el proceso de soldadura [40].



Figura 2-5. Electrodo E-316L.

Fuente: [Autor]

Aplicaciones típicas: Se usa específicamente para reparación de equipo de la industria química, intercambiadores de calor, destiladores, tuberías, digestores, recipientes de

alta y baja presión y en la industria petroquímica. En la tabla 2-5 se señala la composición química del electrodo 316L con sus respectivos porcentajes [40].

Tabla 2-5. Propiedades del electrodo 316L.

COMPOSICIÓN QUÍMICA								
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
0.03	0.72	1.08	0.028	0.013	12.5	18.4	2.5	0.3

Fuente: [40]

2.1.6 Electrodo E-312.

Descripción: Se caracteriza por un arco estable de transferencia spray cuyo depósito tiene buena forma, la escoria se desprende fácilmente por lo que se usa en soldaduras intermitentes. En la figura 2-6 muestra el electrodo E-312 que se ocupó en el proceso de soldadura [40].



Figura 2-6. Electrodo E-312.

Fuente: [Autor]

Aplicaciones típicas: Se usa para reparación de ejes y engranes, para rellenos de aceros templables difíciles y aceros de difícil soldabilidad. En la tabla 2-6 se muestra la composición química del electrodo 312 y sus porcentajes [40].

Tabla 2-6. Propiedades del electrodo 312.

COMPOSICIÓN QUÍMICA				
C	Si	Mn	Cr	Ni
0.03	0.72	1.08	18.4	2.5

Fuente: [40]

2.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Para la siguiente investigación se empleó los siguientes niveles de investigación.

- **Exploratoria.**

Se utilizó este método con el objetivo de comparar las propiedades mecánicas en las uniones del acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de medio carbono

AISI 1045 y bajo carbono AISI 1018 mediante el proceso SMAW debido a que no ha sido suficientemente estudiado.

- **Descriptiva.**

Se da un enfoque minucioso al análisis, para especificar las propiedades que se obtienen en el análisis de soldadura del acero inoxidable martensítico AISI 420 con acero de medio carbono AISI 1045 y acero de bajo carbono AISI 1018, utilizando la observación como método descriptivo.

- **Correlacional.**

El objetivo es de medir y evaluar la unión de las dos variables durante el análisis de soldadura SMAW del acero inoxidable AISI 420 con acero de medio carbono AISI 1045 y bajo carbono AISI 1018 por soldadura SMAW.

2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.

2.3.1 Población.

En el análisis por soldadura SMAW se tomará como objeto de investigación lo siguiente:

- Acero inoxidable AISI 420.
- Acero de medio carbono AISI 1045.
- Acero de bajo carbono AISI 1018.
- Material de aporte E-308L, E-309L, E-312.

2.3.2 Muestra.

Los ensayos en las juntas soldadas del acero inoxidable AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 y bajo carbono AISI 1018 se basó en la norma AWS B4.0 la cual recomienda 2 muestras para pruebas, en este estudio se consideró 5 muestras para ensayos de tracción, impacto y dureza.

Unión del acero inoxidable AISI 420 con acero de medio carbono AISI 1045 mediante el proceso SMAW con material de aporte E-308L.

- 5 probetas para ensayo a tracción.
- 5 probetas para ensayo de impacto.

- 1 probetas para ensayo de dureza.

Unión del acero inoxidable AISI 420 con acero de medio carbono AISI 1045 mediante el proceso SMAW con material de aporte E-316L.

- 5 probetas para ensayo a tracción.
- 5 probetas para ensayo de impacto.
- 1 probetas para ensayo de dureza.

Unión del acero inoxidable AISI 420 con acero de medio carbono AISI 1045 mediante el proceso SMAW con material de aporte E-312.

- 5 probetas para ensayo a tracción.
- 5 probetas para ensayo de impacto.
- 1 probetas para ensayo de dureza.

Unión del acero inoxidable AISI 420 con acero de bajo carbono AISI 1018 mediante el proceso SMAW con material de aporte E-308L.

- 5 probetas para ensayo a tracción.
- 5 probetas para ensayo de impacto.
- 1 probetas para ensayo de dureza.

Unión del acero inoxidable AISI 420 con acero de bajo carbono AISI 1018 mediante el proceso SMAW con material de aporte E-316L.

- 5 probetas para ensayo a tracción.
- 5 probetas para ensayo de impacto.
- 1 probetas para ensayo de dureza.

Unión del acero inoxidable AISI 420 con acero de bajo carbono AISI 1018 mediante el proceso SMAW con material de aporte E-312.

- 5 probetas para ensayo a tracción.
- 5 probetas para ensayo de impacto.
- 1 probetas para ensayo de dureza.

2.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

2.4.1 Variable independiente.

Análisis de soldadura del acero inoxidable martensítico AISI 420 con aceros de medio carbono AISI 1045 y bajo carbono AISI 1018 por soldadura SMAW.

Tabla 2-7. Variable independiente.

Contextualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentación
ANÁLISIS DE SOLDADURA				
Soldadura con variación de acero y de electrodos. Se define como material de aporte a todo material que permite efectuar un cordón de soldadura mediante el deposito del mismo.	Material de aporte	E 308L-16 E 316L-16 E 312-16	80-120 [A] 80-120 [A] 90-120 [A]	T: Observación de laboratorio. I: Catálogos, normas y manuales.
La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales.	Material base	AISI 420 AISI 1045 AISI 1018	AISI 420-AISI 1045 AISI 420-AISI 1018	T: Observación de laboratorio. I: Catálogos, normas y manuales

2.4.2 Variable dependiente.

Propiedades mecánicas.

Tabla 2-8. Variable dependiente.

Contextualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentación
<p>PROPIEDADES MECÁNICAS.</p> <p>La propiedad mecánica se determina realizando ensayos que están vinculados con las fuerzas exteriores que se ejerce sobre ellas y la respuesta que presenta el material.</p>	<p>Ensayo de tracción.</p> <p>Ensayo de impacto.</p> <p>Ensayo de dureza.</p>	<p>Resistencia a la Tracción [MPa]</p> <p>Alargamiento [%]</p> <p>Resistencia al impacto[J]</p> <p>Dureza Vickers[HVI]</p>	<p>¿Cuál es la resistencia a la tracción que soporta la probeta y el porcentaje de elongación?</p> <p>¿Cuál es la energía de impacto que soporta la probeta?</p> <p>¿Cuál es la dureza que soporta la probeta?</p>	<p>T: Observación de laboratorio.</p> <p>I: Ensayos</p> <p>T: Observación de laboratorio.</p> <p>I: Ensayos</p> <p>T: Observación de laboratorio.</p> <p>I: Ensayos</p>

2.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

La recolección de información se tomará de los ensayos a realizarse los cuales son ensayos de tracción, ensayos de impacto y ensayos de dureza, todos estos procesos serán útiles para apreciar el tipo de defecto y posibles falencias en juntas soldadas como elemento de estudio.

Dicha información será tomada de manera directa de las probetas de los aceros inoxidables martensíticos AISI 420 con acero de medio carbono AISI 1045 y bajo carbono AISI 1018 soldadas mediante el proceso SMAW, para este análisis se usará como fuentes de ayuda catálogos y normas para facilitar el procesamiento y análisis de los resultados obtenidos.

2.6 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

Al finalizar con la recolección de datos y resultados se procedió a realizar una revisión crítica de la misma, en la cual se detectó datos erróneos incompletos. Además, se realizó una tabulación para realizar su respectiva comparación, análisis, discusión y comparación.

Una vez concluido con la revisión de los datos obtenidos se procedió a analizar los resultados de las pruebas basándose en normas y de tal manera la interpretación de los resultados. Además, se realizó la representación de resultados obtenidos a través de tablas y gráficos los cuales permitirán una mayor apreciación visual de los resultados de acuerdo a los objetivos e hipótesis, permitiéndonos determinar de una mejor forma las conclusiones y recomendaciones y así evaluar el tema de investigación de manera global.

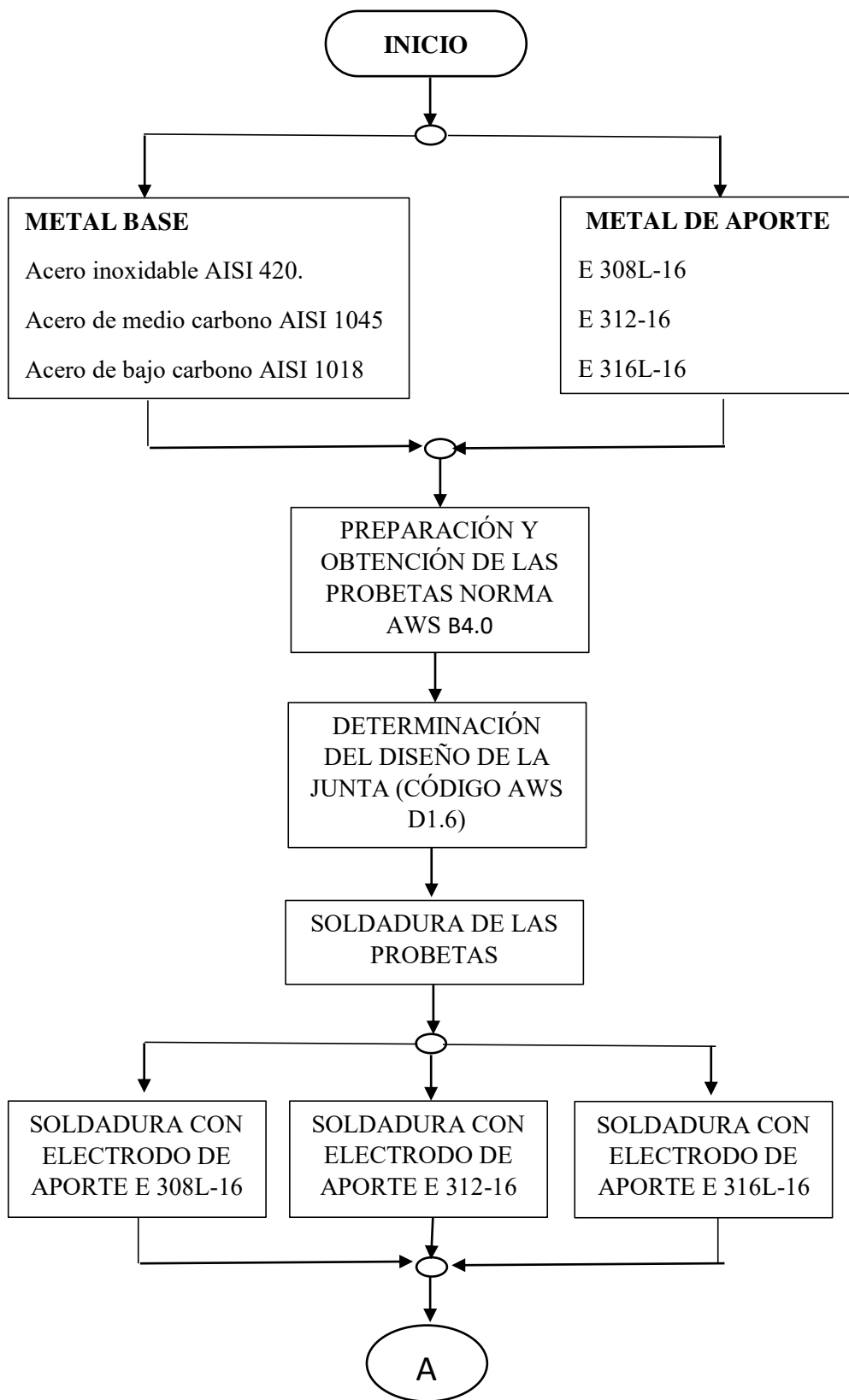
CAPITULO III

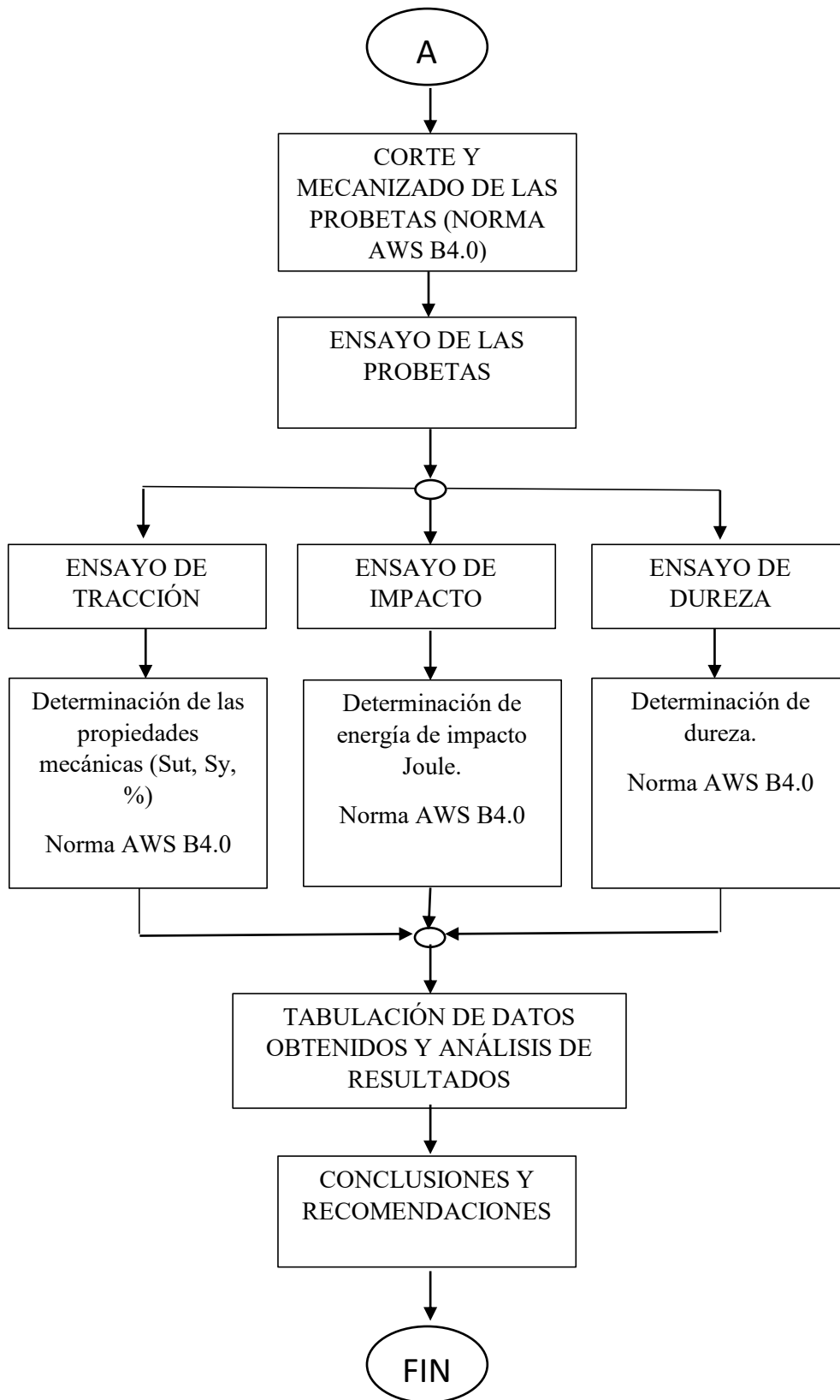
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

3.1.1 PROCESO DE OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En el siguiente flujograma se especifican las partes más importantes para la realización del estudio de soldadura de la unión del acero inoxidable martensítico AISI 420 con acero de medio carbono AISI 1045 y la unión del acero inoxidable AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018 y analizando las propiedades mecánicas de la unión de estos materiales.





3.1.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

En las siguientes tablas se muestra los resultados obtenidos de los ensayos de tracción, impacto y dureza realizado en las juntas soldadas del acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 y el acero de bajo carbono AISI 1018 soldadas con electrodos de aporte E 308L, E 312, E316L.

ENSAYO DE TRACCIÓN

	Número de probetas
Material de aporte E308L	5
Material de aporte E308L	5
Material de aporte E308L	5




ENSAYO DE IMPACTO

	Número de probetas
Material de aporte E308L	5
Material de aporte E308L	5
Material de aporte E308L	5

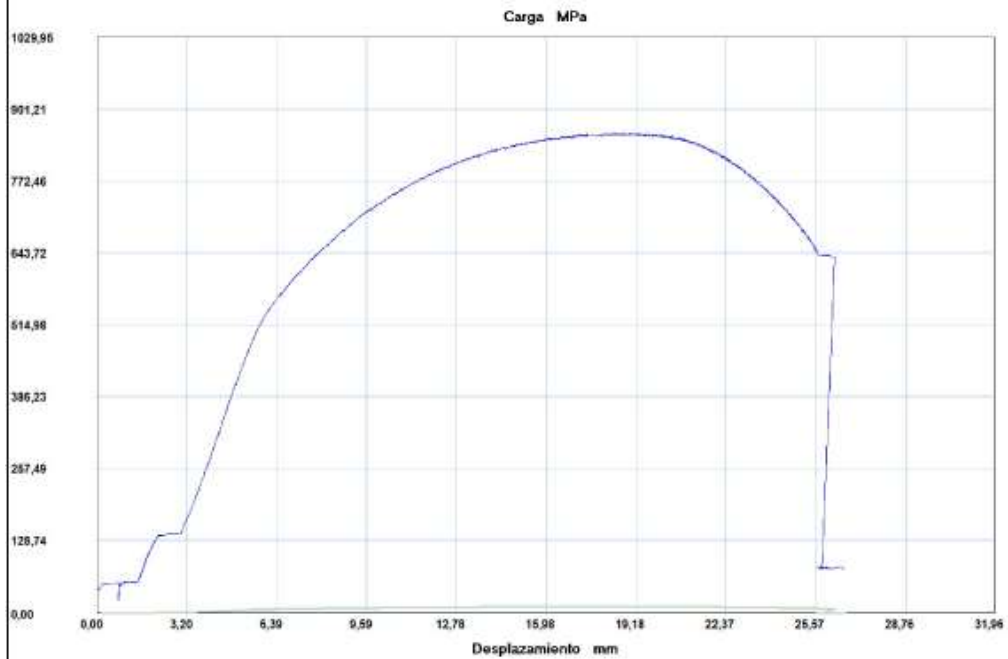
ENSAYO DE DUREZA

	Número de probetas
Material de aporte E308L	1
Material de aporte E308L	1
Material de aporte E308L	1

3.1.2.1 ENSAYO DE TRACCIÓN DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 COMO VIENE DE FÁBRICA.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </div>  </div>			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	19-08-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	Nº. de Probeta	P420
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable	Tipo:	Acero AISI 420
Diámetro:	(mm) 12,53	Material de aporte:	NA
Longitud calibrada	50 mm	Precarga	5000N
Características:	Cilíndrica	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa:	54,2	Temperatura ambiente	22,3
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
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 (Anexo E-1)	Método:	Deformación controlada
OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • Maquinado en torno. 			

EVALUACIÓN ENSAYO DE TRACCIÓN



CÁLCULOS

Cálculo porcentaje de alargamiento (ϵ):

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

$$\epsilon_1 = \frac{63,10 - 50}{50} * 100 = 26,20\%$$

Smith, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los materiales, 4ta Edición (Pág. 28)

Cálculo de resistencia última de tracción (Sut)

$$Sut = \frac{Pm}{A_o}$$

$$Sut_1 = 858,29 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)

Cálculo de límite de fluencia (Sy)

Longitud calibrada original ($\epsilon = 0.002$)

$$Sy_1 = 141,60 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)

RESULTADOS

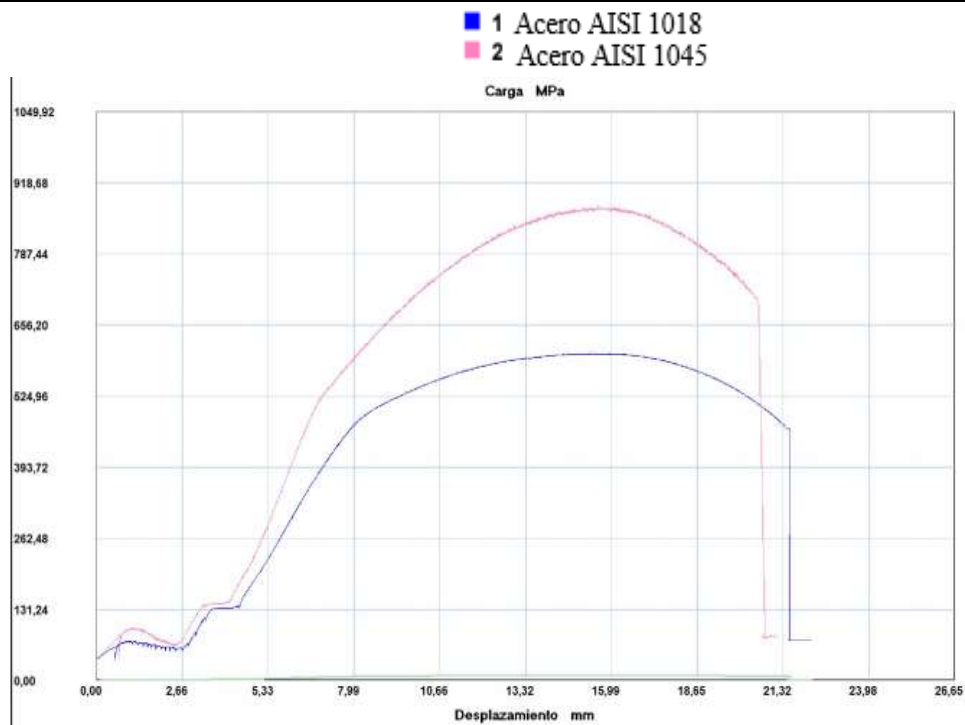
N°. de Probeta	Fuerza Máxima (N)	Fuerza de Rotura (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia de Rotura (MPa)	Límite de Fluencia (MPa)
P420	103650,02	79050,01	17100	858,29	654,59	141,60

Autor: Christian Acosta

3.1.2.2 ENSAYO DE TRACCIÓN DEL ACERO AL CARBONO AISI 1045 Y AISI 1018 COMO VIENEN DE FÁBRICA.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </div>  </div>			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	19-08-2016
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N°. de Probeta	P1045 P1018
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 1045 Acero AISI 1018
Diámetro: Acero AISI 1045 Acero AISI 1018	(mm) 12,52 12,50	Material de aporte:	NA
Longitud calibrada	50 mm	Precarga	5000N
Características:	Cilíndrica	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa:	54,2	Temperatura ambiente	22,1
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
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 (Anexo E-1)	Método:	Deformación controlada
OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • Maquinado en torno. 			

EVALUACIÓN ENSAYO DE TRACCIÓN



CÁLCULOS

Cálculo porcentaje de alargamiento (ϵ):

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

$$\epsilon_{1018} = \frac{61,80 - 50}{50} * 100 = 23,60\%$$

$$\epsilon_{1045} = \frac{60,20 - 50}{50} * 100 = 20,40\%$$

Smith, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los materiales, 4ta Edición (Pág. 28)

Cálculo de resistencia última de tracción (S_{ut})

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




$$S_{ut1018} = 603,11 \text{ MPa}$$

$$S_{ut1045} = 874,93 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)

Cálculo de límite de fluencia (S_y)						
Longitud calibrada original ($\epsilon = 0.002$)						
$S_{y1018} = 132,08 \text{ MPa}$						
$S_{y1045} = 147,22 \text{ MPa}$						
Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)						
RESULTADOS						
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)
P1018	75800,01	58350	16600,0	603,11	464,27	132,08
P1045	104300,02	82650	17550,0	874,93	693,32	147,22
Autor: Christian Acosta						

3.1.2.3 ENSAYO DE TRACCIÓN DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON EL ACERO DE MEDIO CARBONO AISI 1045 Y CON MATERIAL DE APORTE E 308L-16.

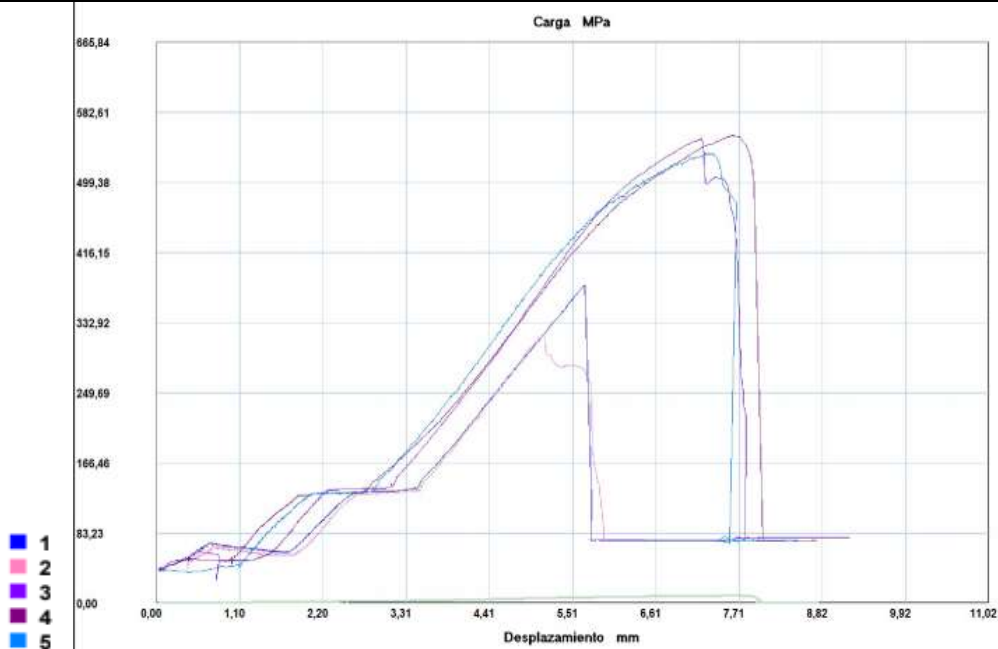
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> </div>  </div>			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	03-08-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N°. de Probeta	PA-1ETM PA-2ETM PA-3ETM PA-4ETM PA-5ETM
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 420 Acero AISI 1045
Diámetro:	(mm)	Material de aporte:	ELECTRODO
PA-1ETM	12,70		E 308L-16
PA-2ETM	12,79		E 308L-16
PA-3ETM	12,54		E 308L-16
PA-4ETM	12,80		E 308L-16
PA-5ETM	12,76		E 308L-16
Longitud calibrada	50 mm	Precarga	5000N
Características:	Cilíndrica	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa:	48,1	Temperatura ambiente	23,9
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
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 (Anexo E-1)	Método:	Deformación controlada
-----------------------------	-------------------------	----------------	------------------------

OBSERVACIÓN

- Las probetas se obtienen con material de aporte E 308L-16
- Maquinado en torno.

EVALUACIÓN ENSAYO DE TRACCIÓN



CÁLCULOS

Cálculo porcentaje de alargamiento (ϵ):

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

$$\epsilon_1 = \frac{50,88 - 50}{50} * 100 = \mathbf{1,76\%}$$

$$\epsilon_4 = \frac{51,87 - 50}{50} * 100 = \mathbf{3,74\%}$$

$$\epsilon_2 = \frac{51,43 - 50}{50} * 100 = \mathbf{2,86\%}$$

$$\epsilon_5 = \frac{51,63 - 50}{50} * 100 = \mathbf{3,27\%}$$

$$\epsilon_3 = \frac{51,45 - 50}{50} * 100 = \mathbf{2,90\%}$$

Promedio = 2,90%

Smith, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los materiales, 4ta Edición (Pág. 28)

Cálculo de resistencia última de tracción (S_{ut})

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

$$S_{ut_1} = 377,34 \text{ MPa}$$

$$S_{ut_2} = 316,78 \text{ MPa}$$

$$S_{ut_3} = 511,39 \text{ MPa}$$

$$S_{ut_4} = 544,87 \text{ MPa}$$

$$S_{ut_5} = 467,05 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)

Cálculo de límite de fluencia (S_y)						
Longitud calibrada original ($\epsilon = 0.002$)						
$S_{y1} = 69,07$ MPa		$S_{y2} = 59,54$ MPa		$S_{y3} = 60,73$ MPa		
$S_{y4} = 74,22$ MPa		$S_{y5} = 65,30$ MPa				
Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)						
RESULTADOS						
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-1ETM	47800	47800	8750	377,34	377,34	69,07
PA-2ETM	40700	33500	7650	316,78	260,74	59,54
PA-3ETM	68100	53900	7500	551,39	436,42	60,73
PA-4ETM	71400	65800	9550	554,87	511,35	74,22
PA-5ETM	68400	63450	8350	534,89	496,18	65,30
PROMEDIO	59280,00	52890,00	8360,00	467,05	416,40	65,77
Autor: Christian Acosta						

3.1.2.4 ENSAYO DE TRACCIÓN DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON EL ACERO DE MEDIO CARBONO AISI 1045 Y CON MATERIAL DE APORTE E 316L-16.

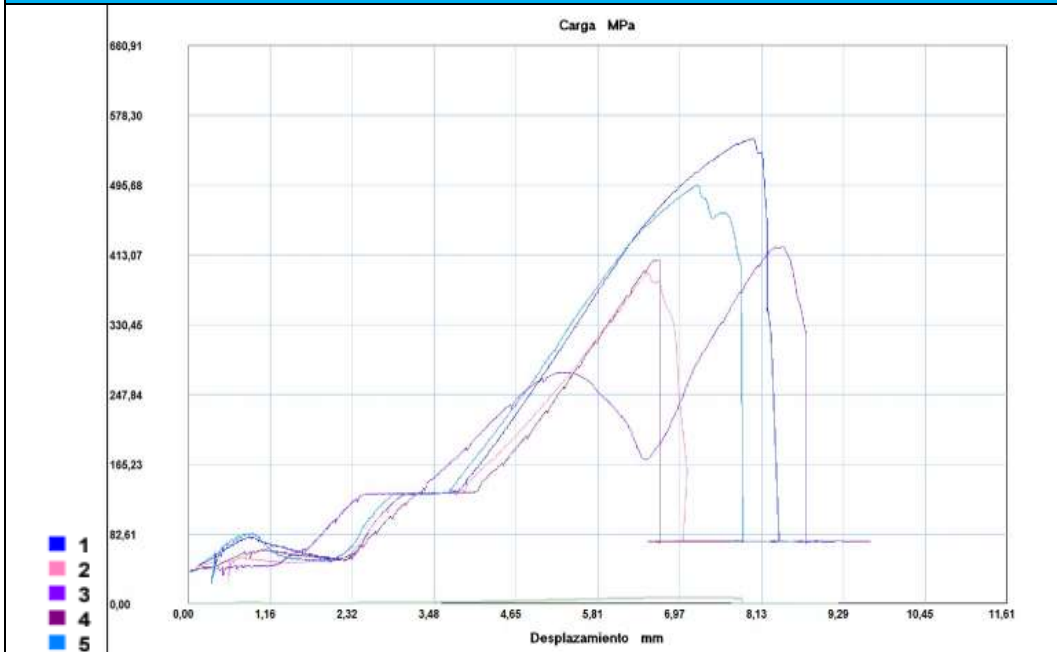
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> </div>  </div>			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	03-08-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N°. de Probeta	PB-1ETM PB-2ETM PB-3ETM PB-4ETM PB-5ETM
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 420 Acero AISI 1045
Diámetro:	(mm)	Material de aporte:	ELECTRODO
PB-1ETM	12,78		E 316L-16
PB-2ETM	12,77		E 316L-16
PB-3ETM	12,75		E 316L-16
PB-4ETM	12,76		E 316L-16
PB-5ETM	12,75		E 316L-16
Longitud calibrada	50 mm	Precarga	5000N
Características:	Cilíndrica	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa:	45,4	Temperatura ambiente	24,2
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
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 (Anexo E-1)	Método:	Deformación controlada
-----------------------------	-------------------------	----------------	------------------------

OBSERVACIÓN

- Las probetas se obtienen con material de aporte E 312-16
- Maquinado en torno.

EVALUACIÓN ENSAYO DE TRACCIÓN



CÁLCULOS

Cálculo porcentaje de alargamiento (ϵ):

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

$$\epsilon_1 = \frac{54,30 - 50}{50} * 100 = 8,60\%$$

$$\epsilon_4 = \frac{51,72 - 50}{50} * 100 = 3,44\%$$

$$\epsilon_2 = \frac{51,19 - 50}{50} * 100 = 2,38\%$$

$$\epsilon_5 = \frac{52,27 - 50}{50} * 100 = 4,54\%$$

$$\epsilon_3 = \frac{52,58 - 50}{50} * 100 = 5,16\%$$

Promedio = 3,95%

Smith, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los materiales, 4ta Edición (Pág. 28)

Cálculo de resistencia última de tracción (S_{ut})

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

$$S_{ut1} = 550,76 \text{ MPa}$$

$$S_{ut2} = 392,34 \text{ MPa}$$

$$S_{ut3} = 422,55 \text{ MPa}$$




$$S_{ut4} = 407,03 \text{ MPa}$$

$$S_{ut5} = 496,18 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)

Cálculo de límite de fluencia (S_y)						
Longitud calibrada original ($\epsilon = 0.002$)						
$S_{y1} = 74,06$ MPa		$S_{y2} = 55,04$ MPa		$S_{y3} = 45,43$ MPa		
$S_{y4} = 64,12$ MPa		$S_{y5} = 76,37$ MPa				
Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)						
RESULTADOS						
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)
PB-1ETM	70650	69800	9500	550,76	544,13	74,06
PB-2ETM	50250	41700	7050	392,34	325,58	55,04
PB-3ETM	53950	50300	5800	422,55	393,97	45,43
PB-4ETM	52050	52050	8200	407,03	407,03	64,12
PB-5ETM	63350	53850	9750	496,18	421,77	76,37
PROMEDIO	58050,00	53540,00	8060,00	453,77	418,49	63,00
Autor: Christian Acosta						

3.1.2.5 ENSAYO DE TRACCIÓN DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON EL ACERO DE MEDIO CARBONO AISI 1045 Y CON MATERIAL DE APORTE E 312-16.

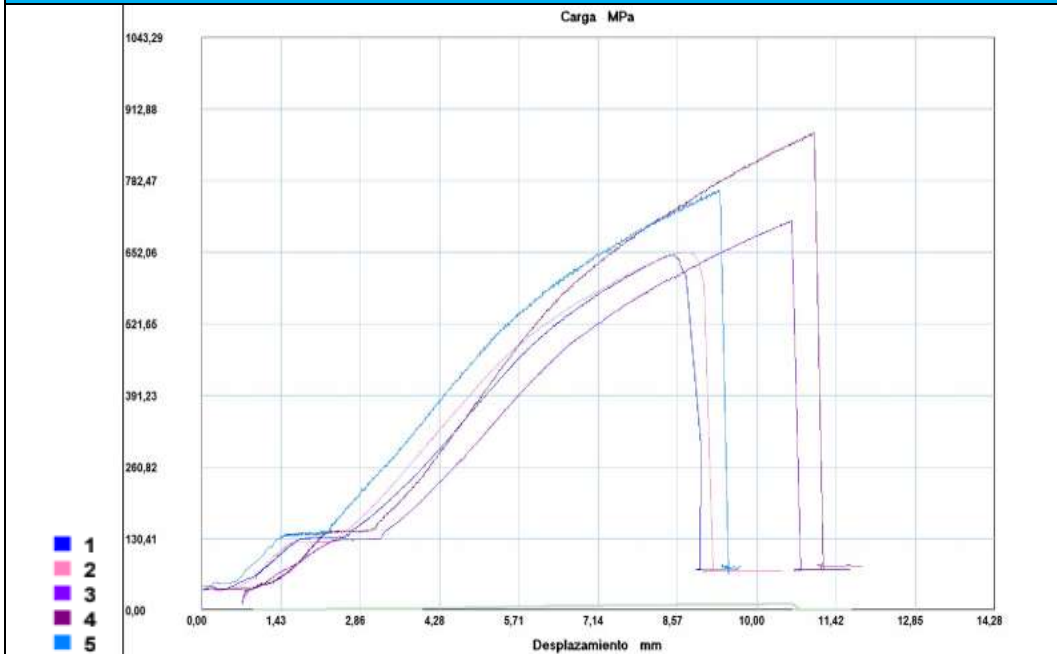
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> </div>  </div>			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	03-08-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N°. de Probeta	PC-1ETM PC-2ETM PC-3ETM PC-4ETM PC-5ETM
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 420 Acero AISI 1045
Diámetro:	(mm)	Material de aporte:	ELECTRODO
PC-1ETM	12,73		E 312-16
PC-2ETM	13,10		E 312-16
PC-3ETM	12,89		E 312-16
PC-4ETM	12,18		E 312-16
PC-5ETM	12,40		E 312-16
Longitud calibrada	50 mm	Precarga	5000N
Características:	Cilíndrica	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa:	52,1	Temperatura ambiente	22,3
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
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 (Anexo E-1)	Método:	Deformación controlada
-----------------------------	-------------------------	----------------	------------------------

OBSERVACIÓN

- Las probetas se obtienen con material de aporte E 312-16
- Maquinado en torno.

EVALUACIÓN ENSAYO DE TRACCIÓN



CÁLCULOS

Cálculo porcentaje de alargamiento (ϵ):

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

$$\epsilon_1 = \frac{54,30 - 50}{50} * 100 = 8,60\%$$

$$\epsilon_4 = \frac{52,68 - 50}{50} * 100 = 5,36\%$$

$$\epsilon_2 = \frac{54,31 - 50}{50} * 100 = 8,62\%$$

$$\epsilon_5 = \frac{52,46 - 50}{50} * 100 = 4,92\%$$

$$\epsilon_3 = \frac{53,46 - 50}{50} * 100 = 6,92\%$$

Promedio = 6,88%

Smith, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los materiales, 4ta Edición (Pág. 28)

Cálculo de resistencia última de tracción (S_{ut})

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

$$S_{ut_1} = 646,63 \text{ MPa}$$

$$S_{ut_2} = 652,53 \text{ MPa}$$

$$S_{ut_3} = 708,84 \text{ MPa}$$





$$S_{ut_4} = 869,41 \text{ MPa}$$

$$S_{ut_5} = 765,55 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)

Cálculo de límite de fluencia (S_y)						
Longitud calibrada original ($\epsilon = 0.002$)						
$S_{y1} = 84,85$ MPa		$S_{y2} = 119,82$ MPa		$S_{y3} = 42,53$ MPa		
$S_{y4} = 50,64$ MPa		$S_{y5} = 140,36$ MPa				
Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)						
RESULTADOS						
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)
PC-1ETM	82300	77600	10800	646,63	609,70	84,85
PC-2ETM	87950	79850	16150	652,53	592,44	119,82
PC-3ETM	92500	92500	5550	708,84	708,84	42,53
PC-4ETM	101300	101250	5900	869,41	868,98	50,64
PC-5ETM	92450	92250	16950	765,55	763,39	140,36
PROMEDIO	91300,01	88690,01	11070,0	728,59	708,77	87,64
Autor: Christian Acosta						

3.1.2.6 ENSAYO DE TRACCIÓN DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON EL ACERO DE BAJO CARBONO AISI 1018 Y CON MATERIAL DE APORTE E 312-16.

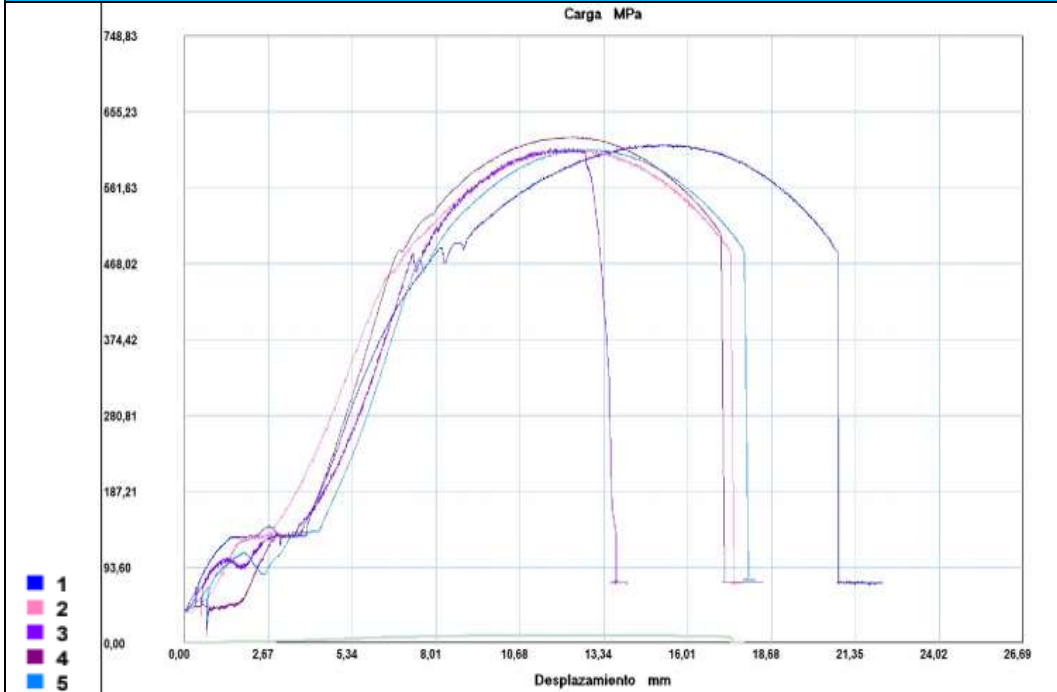
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> </div>  </div>			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	03-08-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N°. de Probeta	PD-1ETM PD-2ETM PD-3ETM PD-4ETM PD-5ETM
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 420 Acero AISI 1018
Diámetro:	(mm)	Material de aporte:	ELECTRODO
PD-1ETM	12,74		E 312-16
PD-2ETM	12,85		E 312-16
PD-3ETM	12,74		E 312-16
PD-4ETM	12,70		E 312-16
PD-5ETM	12,47		E 312-16
Longitud calibrada	50 mm	Precarga	5000N
Características:	Cilíndrica	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa:	46,6	Temperatura ambiente	23,7
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
 			
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 (Anexo E-1)	Método:	Deformación controlada
-----------------------------	-------------------------	----------------	------------------------

OBSERVACIÓN

- Las probetas se obtienen con material de aporte E 312-16
- Maquinado en torno.

EVALUACIÓN ENSAYO DE TRACCIÓN



CÁLCULOS

Cálculo porcentaje de alargamiento (ϵ):

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

$$\epsilon_1 = \frac{60,82 - 50}{50} * 100 = \mathbf{21,64\%}$$

$$\epsilon_4 = \frac{58,43 - 50}{50} * 100 = \mathbf{16,86\%}$$

$$\epsilon_2 = \frac{59,43 - 50}{50} * 100 = \mathbf{18,86\%}$$

$$\epsilon_5 = \frac{58,433 - 50}{50} * 100 = \mathbf{16,87\%}$$

$$\epsilon_3 = \frac{54,86 - 50}{50} * 100 = \mathbf{9,72\%}$$

Promedio = 16,78%

Smith, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los materiales, 4ta Edición (Pág. 28)

Cálculo de resistencia última de tracción (S_{ut})

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

$$S_{ut1} = 615,02 \text{ MPa}$$

$$S_{ut2} = 609,93 \text{ MPa}$$

$$S_{ut3} = 610,70 \text{ MPa}$$

$$S_{ut4} = 624,03 \text{ MPa}$$

$$S_{ut5} = 608,37 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)

Cálculo de límite de fluencia (S_y)						
Longitud calibrada original ($\epsilon = 0.002$)						
$S_{y1} = 118,85$ MPa		$S_{y2} = 124,53$ MPa		$S_{y3} = 96,49$ MPa		
$S_{y4} = 48,55$ MPa		$S_{y5} = 94,16$ MPa				
Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)						
RESULTADOS						
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)
PD-1ETM	78400	61500	15150	615,02	482,44	118,85
PD-2ETM	79100	62300	16150	609,93	480,39	124,53
PD-3ETM	77850	64050	12300	610,70	502,45	96,49
PD-4ETM	79050	63950	6150	624,03	504,83	48,55
PD-5ETM	74300	58450	11500	608,37	478,59	94,16
PROMEDIO	77740,01	62050,01	12250,0	613,60	489,73	96,51
Autor: Christian Acosta						

3.1.2.7 ENSAYO DE TRACCIÓN DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON EL ACERO DE BAJO CARBONO AISI 1018 Y CON MATERIAL DE APORTE E 308L-16.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> </div>  </div>			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	03-08-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N°. de Probeta	PE-1ETM PE-2ETM PE-3ETM PE-4ETM PE-5ETM
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 420 Acero AISI 1018
Diámetro:	(mm)	Material de aporte:	ELECTRODO
PE-1ETM	12,54		E 308L-16
PE-2ETM	12,69		E 308L-16
PE-3ETM	12,50		E 308L-16
PE-4ETM	12,66		E 308L-16
PE-5ETM	12,17		E 308L-16
Longitud calibrada	50 mm	Precarga	5000N
Características:	Cilíndrica	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa:	49,3	Temperatura ambiente	24,1
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado:	AWS D1.6-D1.6M:2007	Equipo:	Máquina de Ensayo: Universal para Metales Metro test 1500 KN

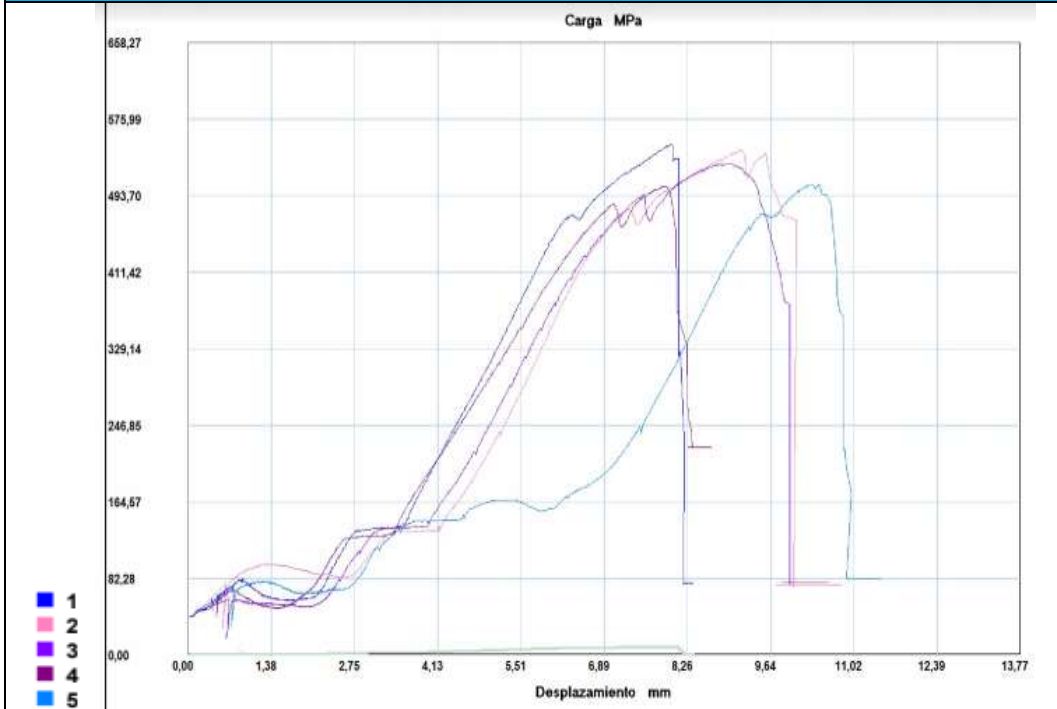
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1)	Método:	Deformación controlada
-----------------------------	-------------------------	----------------	------------------------

OBSERVACIÓN

- Las probetas se obtienen con material de aporte E 308L-16
- Maquinado en torno.

EVALUACIÓN ENSAYO DE TRACCIÓN

RESULTADOS



CÁLCULOS

Cálculo porcentaje de alargamiento (ϵ):

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

$$\epsilon_1 = \frac{52,88 - 50}{50} * 100 = 5,76\%$$

$$\epsilon_4 = \frac{52,60 - 50}{50} * 100 = 5,20\%$$

$$\epsilon_2 = \frac{54,02 - 50}{50} * 100 = 8,04\%$$

$$\epsilon_5 = \frac{52,98 - 50}{50} * 100 = 5,96\%$$

$$\epsilon_3 = \frac{52,42 - 50}{50} * 100 = 4,90\%$$

Promedio = 5,97%

Smith, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los materiales, 4ta Edición (Pág. 28)

Cálculo de resistencia última de tracción (S_{ut})

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

$$S_{ut1} = 548,56 \text{ MPa}$$

$$S_{ut2} = 542,78 \text{ MPa}$$

$$S_{ut3} = 528,04 \text{ MPa}$$

$$S_{ut4} = 503,65 \text{ MPa}$$

$$S_{ut5} = 505,91 \text{ MPa}$$

Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)

Cálculo de límite de fluencia (Sy)						
Longitud calibrada original ($\epsilon = 0.002$)						
Sy₁ = 73,68 MPa		Sy₂ = 88,16 MPa		Sy₃ = 60,30 MPa		
Sy₄ = 69,91 MPa		Sy₅ = 76,51 MPa				
Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)						
RESULTADOS						
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)
PE-1ETM	67750	67600	9100	548,56	547,35	73,68
PE-2ETM	68650	67400	11150	542,78	532,90	88,16
PE-3ETM	64800	46200	7400	528,04	376,47	60,30
PE-4ETM	63400	59850	8800	503,65	475,45	69,91
PE-5ETM	58850	54950	8900	505,91	472,39	76,51
PROMEDIO	64690,01	59250,00	9070,00	525,79	480,91	73,71
Autor: Christian Acosta						

3.1.2.8 ENSAYO DE TRACCIÓN DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON EL ACERO DE BAJO CARBONO AISI 1018 Y CON MATERIAL DE APORTE E 316L-16.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> </div>  </div>			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	03-08-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N°. de Probeta	PF-1ETM PF-2ETM PF-3ETM PF-4ETM PF-5ETM
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 420 Acero AISI 1018
Diámetro: PF-1ETM PF-2ETM PF-3ETM PF-4ETM PF-5ETM	(mm) 12,52 12,14 12,34 12,66 12,39	Material de aporte:	ELECTRODO E 316L-16 E 316L-16 E 316L-16 E 316L-16 E 316L-16
Longitud calibrada	50 mm	Precarga	5000N
Características:	Cilíndrica	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa:	58,1	Temperatura ambiente	25,6
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado:	AWS D1.6- D1.6M:2007	Equipo:	Máquina de Ensayo: Universal para Metales Metro test 1500 KN

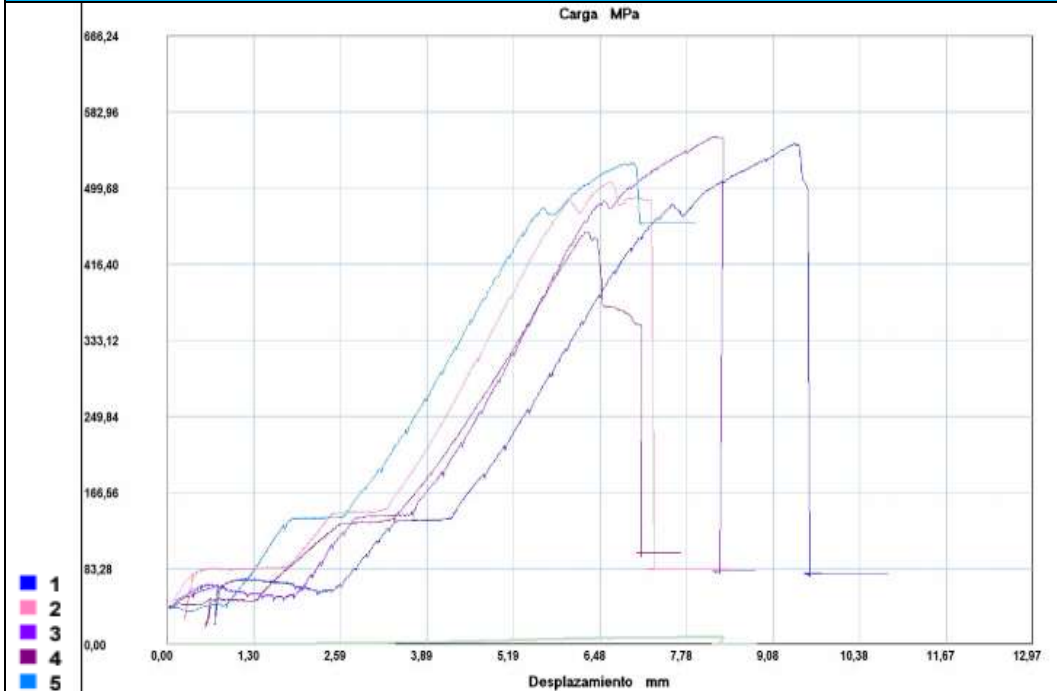
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1)	Método:	Deformación controlada
-----------------------------	-------------------------	----------------	------------------------

OBSERVACIÓN

- Las probetas se obtienen con material de aporte E 316L-16
- Maquinado en torno.

EVALUACIÓN ENSAYO DE TRACCIÓN

RESULTADOS



CÁLCULOS

Cálculo porcentaje de alargamiento (ϵ):

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

$$\epsilon_1 = \frac{52,25 - 50}{50} * 100 = 4,50\%$$

$$\epsilon_4 = \frac{51,52 - 50}{50} * 100 = 3,04\%$$

$$\epsilon_2 = \frac{52,01 - 50}{50} * 100 = 4,02\%$$

$$\epsilon_5 = \frac{52,53 - 50}{50} * 100 = 5,06\%$$

$$\epsilon_3 = \frac{52,75 - 50}{50} * 100 = 5,50\%$$

Promedio = 4,42%

Smith, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los materiales, 4ta Edición (Pág. 28)

Cálculo de resistencia última de tracción (S_{ut})

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

$$S_{ut_1} = 548,69 \text{ MPa}$$

$$S_{ut_2} = 506,69 \text{ MPa}$$

$$S_{ut_3} = 555,20 \text{ MPa}$$


$$S_{ut_4} = 451,62 \text{ MPa}$$

$$S_{ut_5} = 527,09 \text{ MPa}$$

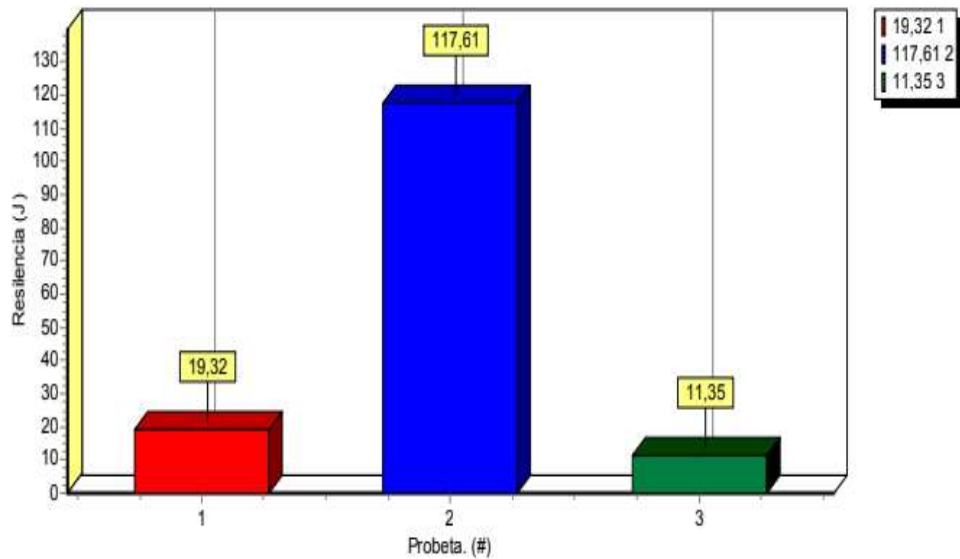
Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)

Cálculo de límite de fluencia (Sy)						
Longitud calibrada original ($\epsilon = 0.002$)						
Sy₁ = 69,45 MPa		Sy₂ = 82,07 MPa		Sy₃ = 66,47 MPa		
Sy₄ = 51,24 MPa		Sy₅ = 61,79 MPa				
Shigley (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica, Octava Edición (Pág. 28)						
RESULTADOS						
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)
PF-1ETM	67550	67150	8550	548,69	545,44	69,45
PF-2ETM	58650	56200	9500	506,69	485,52	82,07
PF-3ETM	66400	66350	7950	555,20	554,78	66,47
PF-4ETM	56850	43950	6450	451,62	349,14	51,24
PF-5ETM	63350	62600	7450	527,09	519,21	61,79
PROMEDIO	62600,01	59250,00	7980,0	517,85	490,81	66,20
Autor: Christian Acosta						

3.1.2.9 ENSAYO DE IMPACTO DEL ACERO AISI 420, AISI 1018 Y EL ACERO AISI 1045 COMO VIENEN DE FÁBRICA.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> </div>  </div>			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	13-08-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N°. de Probeta	P1045 P1018 P420
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero al carbono Acero al carbono Acero inoxidable	Tipo:	Acero AISI 1045 Acero AISI 1018 Acero AISI 420
Dimensiones:	(mm) 10x10x55	Material de aporte:	NA
Numero de ensayos	3 probetas	Energía utilizada	450J
Entalle	Tipo en "V"	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa:	51,3	Temperatura ambiente	21,7
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado:	AWS D1.6-D1.6M:2007	Equipo utilizado:	Maquina Ensayo Charpy.
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1)	Modelo	PIC 450/C
OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • Maquinado en fresa. 			

EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO



RESULTADOS

Nº. de Probeta	Ubicación de Entalla	Resistencia al Impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la Probeta
P1045	Cordón	19,32	10	SI
P1018	Cordón	117,61	10	SI
P420	Cordón	11,35	10	SI

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se registra una resistencia de impacto del acero de medio carbono AISI 1045 de 117,61J, del acero de bajo carbono AISI 1018 de 117,61J y del acero inoxidable AISI 420 de 11,35J.

Autor: Christian Acosta

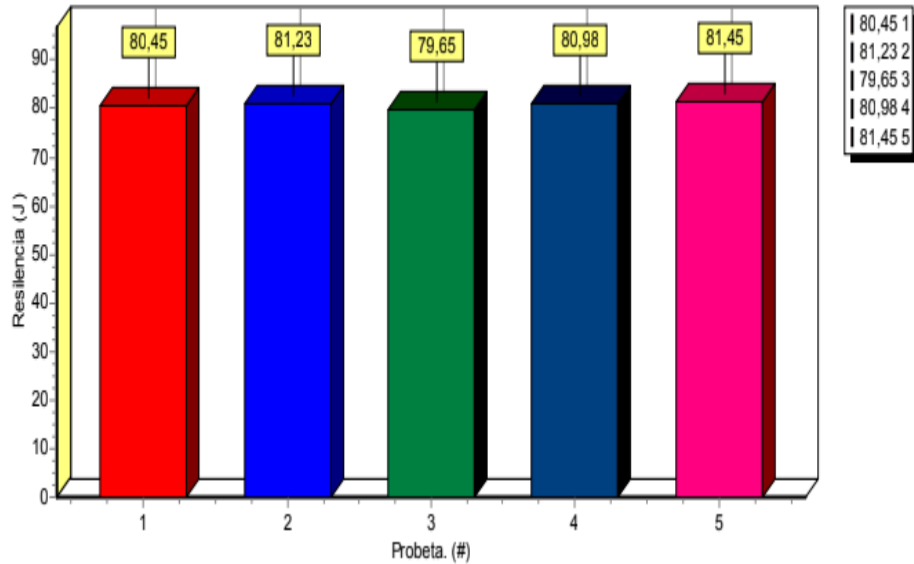
3.1.2.10 ENSAYO DE IMPACTO DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON EL ACERO DE MEDIO CARBONO AISI 1045 Y CON MATERIAL DE APORTE E 308L-16.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	13-08-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N°. de Probeta	PA-1EIM PA-2EIM PA-3EIM PA-4EIM PA-5EIM
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 420 Acero AISI 1045
Dimensiones:	(mm) 10x10x55	Material de aporte:	ELECTRODO E 308L-16
Numero de ensayos	5 probetas	Energía utilizada	450J
Entalle	Tipo en “V”	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa:	51,2	Temperatura ambiente	21,9
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado:	AWS D1.6- D1.6M:2007	Equipo utilizado:	Maquina Ensayo Charpy.
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1)	Modelo	PIC 450/C

OBSERVACIÓN

- Las probetas se obtienen con material de aporte E 308L-16
- Maquinado en fresa.

EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO



RESULTADOS

N°. de Probeta	Ubicación de Entalla	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la Probeta
PA-1EIM	Cordón	80,45	94,00	10	SI
PA-2EIM	Cordón	81,23	97,23	10	SI
PA-3EIM	Cordón	79,65	93,14	10	SI
PA-4EIM	Cordón	80,98	93,36	10	SI
PA-5EIM	Cordón	81,45	94,19	10	SI
PROMEDIO:		80,75	94,38		

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Con un proceso de soldadura SMAW y con material de aporte E 308L-16 se registra un promedio de 94,38J. la energía máxima es de 97,23J y la energía mínima es de 93,14J.

Autor: Christian Acosta

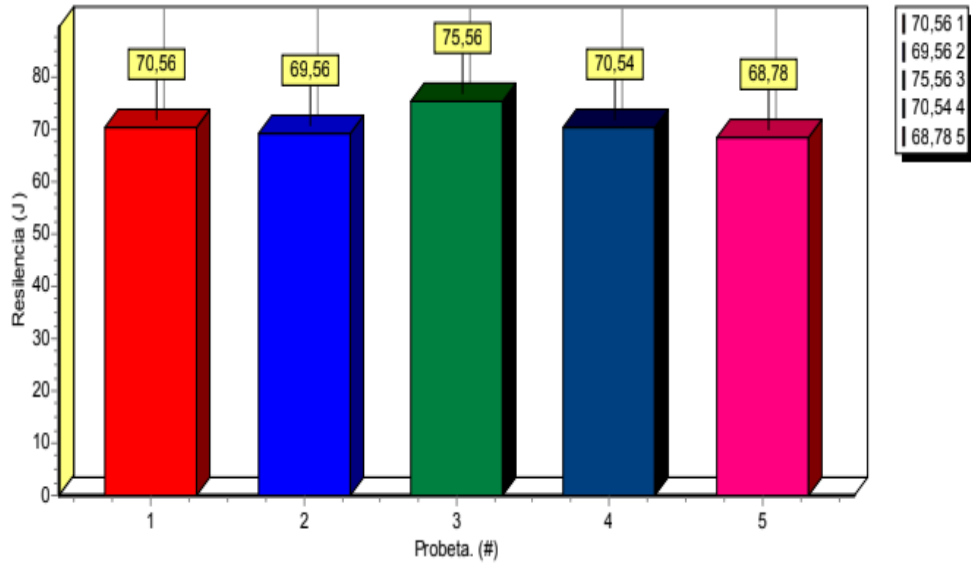
3.1.2.11 ENSAYO DE IMPACTO DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON EL ACERO DE MEDIO CARBONO AISI 1045 Y CON MATERIAL DE APORTE E 316L-16.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	13-08-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N°. de Probeta	PB-1EIM PB-2EIM PB-3EIM PB-4EIM PB-5EIM
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 420 Acero AISI 1045
Dimensiones:	(mm) 10x10x55	Material de aporte:	ELECTRODO E 316L-16
Numero de ensayos	5 probetas	Energía utilizada	450J
Entalle	Tipo en “V”	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa:	51,2	Temperatura ambiente	21,7
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado:	AWS D1.6- D1.6M:2007	Equipo utilizado:	Maquina Ensayo Charpy.
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1)	Modelo	PIC 450/C

OBSERVACIÓN

- Las probetas se obtienen con material de aporte E 316L-16
- Maquinado en fresa.

EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO



RESULTADOS




N°. de Probeta	Ubicación de Entalla	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la Probeta
PB-1EIM	Cordón	70,56	82,44	10	SI
PB-2EIM	Cordón	69,56	83,26	10	SI
PB-3EIM	Cordón	75,56	88,35	10	SI
PB-4EIM	Cordón	70,54	81,32	10	SI
PB-5EIM	Cordón	68,78	79,53	10	SI
PROMEDIO:		71,00	82,98		

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Con un proceso de soldadura SMAW y con material de aporte E 316L-16 se registra un promedio de 82,98J. la energía máxima es de 88,35J y la energía mínima es de 79,53J.

Autor: Christian Acosta

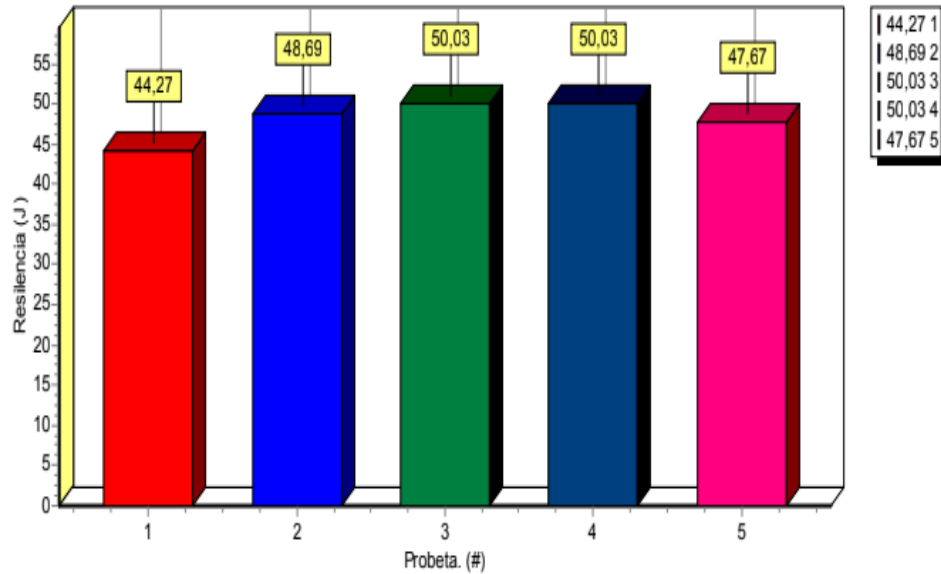
3.1.2.12 ENSAYO DE IMPACTO DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON EL ACERO DE MEDIO CARBONO AISI 1045 Y CON MATERIAL DE APORTE E 312-16.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	13-08-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N°. de Probeta	PC-1EIM PC-2EIM PC-3EIM PC-4EIM PC-5EIM
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 420 Acero AISI 1045
Dimensiones:	(mm) 10x10x55	Material de aporte:	ELECTRODO E 312-16
Numero de ensayos	5 probetas	Energía utilizada	450J
Entalle	Tipo en “V”	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa:	51,1	Temperatura ambiente	21,5
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado:	AWS D1.6-D1.6M:2007	Equipo utilizado:	Maquina Ensayo Charpy.
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1)	Modelo	PIC 450/C

OBSERVACIÓN

- Las probetas se obtienen con material de aporte E 312-16
- Maquinado en fresa.

EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO



RESULTADOS

N°. de Probeta	Ubicación de Entalla	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la Probeta
PC-1EIM	Cordón	44,27	49,82	10	SI
PC-2EIM	Cordón	48,69	55,90	10	SI
PC-3EIM	Cordón	50,03	56,88	10	SI
PC-4EIM	Cordón	50,03	60,70	10	SI
PC-5EIM	Cordón	47,67	55,81	10	SI
PROMEDIO:		48,14	55,82		

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Con un proceso de soldadura SMAW y con material de aporte E 312-16 se registra un promedio de 55,82J. la energía máxima es de 60,70J y la energía mínima es de 49,82J.

Autor: Christian Acosta

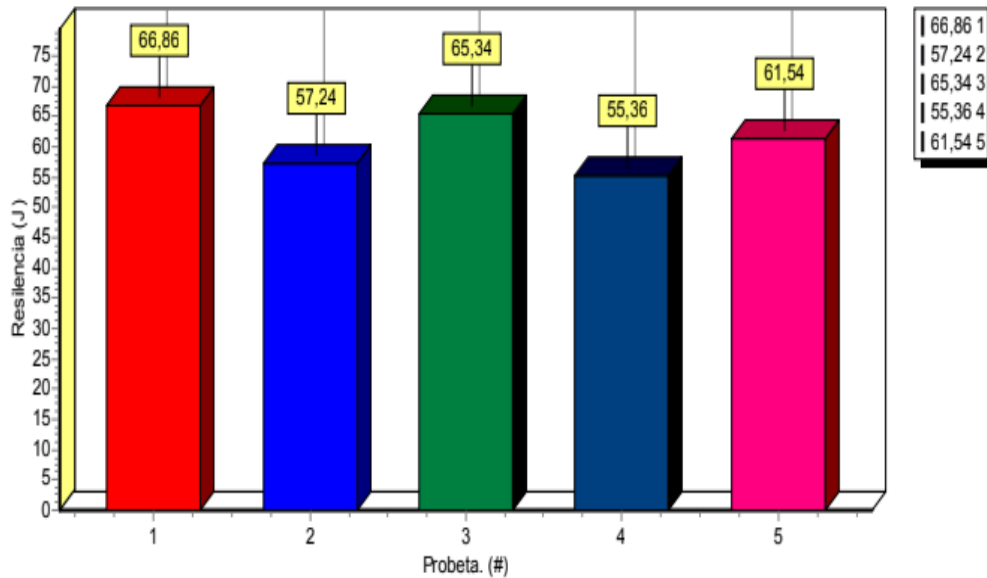
3.1.2.13 ENSAYO DE IMPACTO DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON EL ACERO DE BAJO CARBONO AISI 1018 Y CON MATERIAL DE APORTE E 312-16.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	13-08-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N°. de Probeta	PD-1EIM PD-2EIM PD-3EIM PD-4EIM PD-5EIM
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 420 Acero AISI 1018
Dimensiones:	(mm) 10x10x55	Material de aporte:	ELECTRODO E 312-16
Numero de ensayos	5 probetas	Energía utilizada	450J
Entalle	Tipo en “V”	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa:	51,1	Temperatura ambiente	21,5
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado:	AWS D1.6-D1.6M:2007	Equipo utilizado:	Maquina Ensayo Charpy.
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1)	Modelo	PIC 450/C

OBSERVACIÓN

- Las probetas se obtienen con material de aporte E 312-16
- Maquinado en fresa.

EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO



RESULTADOS


N°. de Probeta	Ubicación de Entalla	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la Probeta
PD-1EIM	Cordón	66,86	76,88	10	SI
PD-2EIM	Cordón	57,24	71,20	10	SI
PD-3EIM	Cordón	65,34	80,16	10	SI
PD-4EIM	Cordón	55,36	67,43	10	SI
PD-5EIM	Cordón	61,54	74,65	10	SI
PROMEDIO:		61,27	74,06		

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Con un proceso de soldadura SMAW y con material de aporte E 312-16 se registra un promedio de 74,06J. la energía máxima es de 80,16J y la energía mínima es de 67,43J.

Autor: Christian Acosta

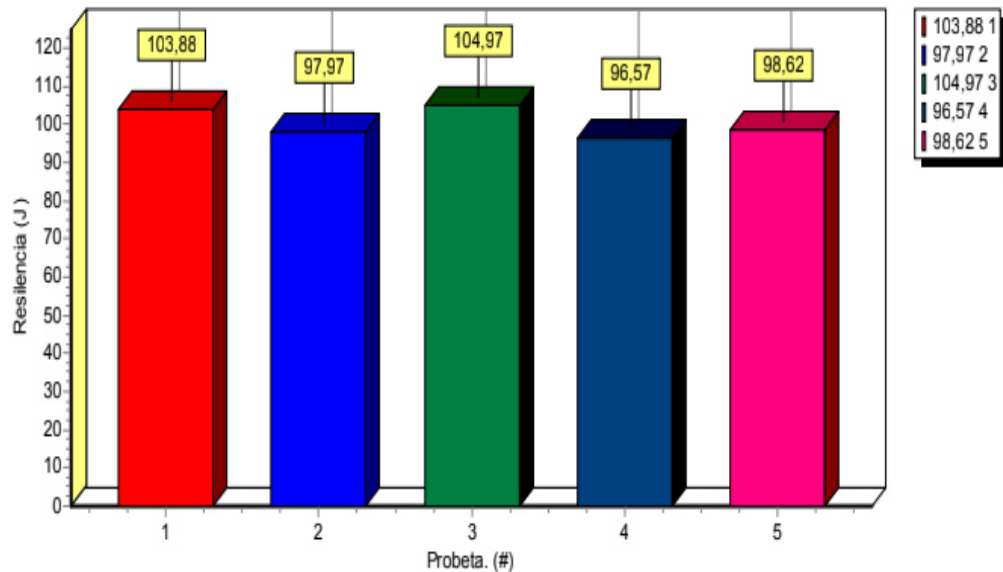
3.1.2.14 ENSAYO DE IMPACTO DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON EL ACERO DE BAJO CARBONO AISI 1018 Y CON MATERIAL DE APORTE E 308L-16.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> </div>  </div>			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	13-08-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N°. de Probeta	PE-1EIM PE-2EIM PE-3EIM PE-4EIM PE-5EIM
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 420 Acero AISI 1018
Dimensiones:	(mm) 10x10x55	Material de aporte:	ELECTRODO E 308L-16
Numero de ensayos	5 probetas	Energía utilizada	450J
Entalle	Tipo en “V”	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa:	50,4	Temperatura ambiente	21,3
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado:	AWS D1.6- D1.6M:2007	Equipo utilizado:	Maquina Ensayo Charpy.
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1)	Modelo	PIC 450/C

OBSERVACIÓN

- Las probetas se obtienen con material de aporte E 308L-16
- Maquinado en fresa.

EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO



RESULTADOS





N°. de Probeta	Ubicación de Entalla	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la Probeta
PE-1EIM	Cordón	103,88	122,31	10	SI
PE-2EIM	Cordón	97,97	116,29	10	SI
PE-3EIM	Cordón	104,97	126,16	10	SI
PE-4EIM	Cordón	96,57	114,13	10	SI
PE-5EIM	Cordón	98,62	115,61	10	SI
PROMEDIO:		100,40	118,90		

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Con un proceso de soldadura SMAW y con material de aporte E 308L-16 se registra un promedio de 118,90J. la energía máxima es de 126,16J y la energía mínima es de 114,13J.

Autor: Christian Acosta

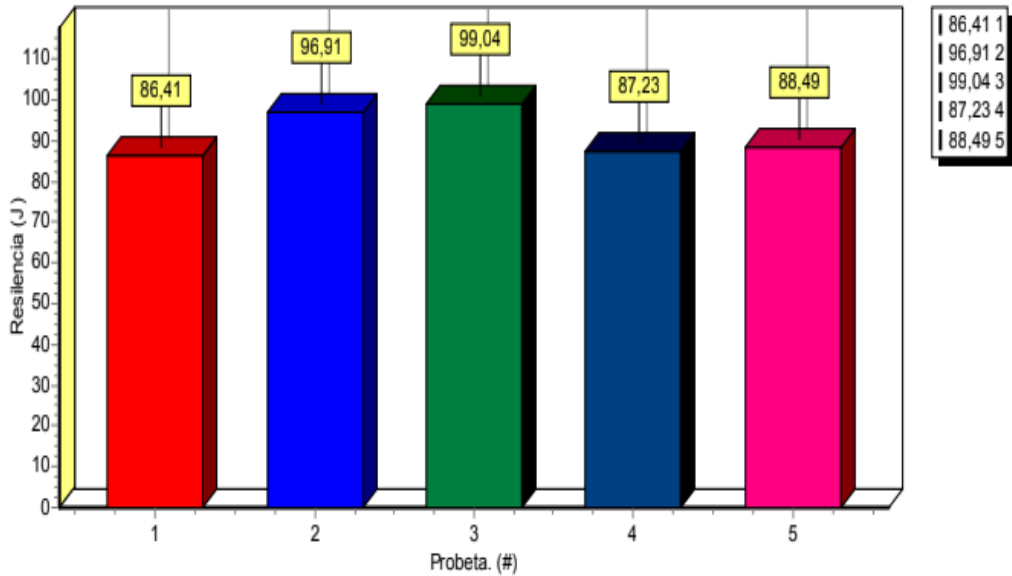
3.1.2.15 ENSAYO DE IMPACTO DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON EL ACERO DE BAJO CARBONO AISI 1018 Y CON MATERIAL DE APORTE E 316L-16.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	13-08-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N°. de Probeta	PF-1EIM PF-2EIM PF-3EIM PF-4EIM PF-5EIM
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 420 Acero AISI 1018
Dimensiones:	(mm) 10x10x55	Material de aporte:	ELECTRODO E 316L-16
Numero de ensayos	5 probetas	Energía utilizada	450J
Entalle	Tipo en "V"	Proceso de soldadura	SMAW
Humedad relativa:	51,4	Temperatura ambiente	21,5
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado:	AWS D1.6- D1.6M:2007	Equipo utilizado:	Maquina Ensayo Charpy.
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1)	Modelo	PIC 450/C

OBSERVACIÓN

- Las probetas se obtienen con material de aporte E 316L-16
- Maquinado en fresa.

EVALUACIÓN ENSAYO DE IMPACTO



RESULTADOS




N°. de Probeta	Ubicación de Entalla	Energía Absorbida (J)	Resistencia al Impacto (KCU) (J/cm ²)	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la Probeta
PF-1EIM	Cordón	86,41	91,01	10	SI
PF-2EIM	Cordón	96,91	110,00	10	SI
PF-3EIM	Cordón	99,04	112,71	10	SI
PF-4EIM	Cordón	87,23	93,88	10	SI
PF-5EIM	Cordón	88,49	100,34	10	SI
PROMEDIO:		91,62	100,34		

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

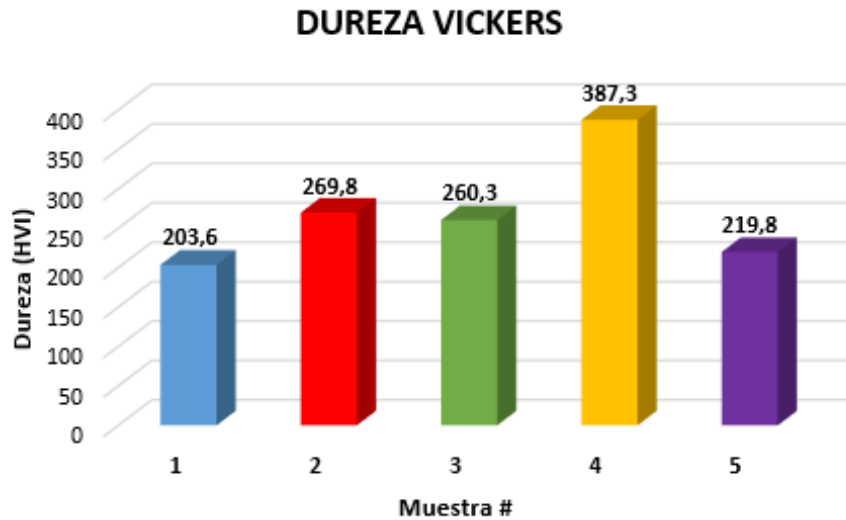
Con un proceso de soldadura SMAW y con material de aporte E 316L-16 se registra un promedio de 100,34J. la energía máxima es de 112,71J y la energía mínima es de 91,01J.

Autor: Christian Acosta

3.1.2.16 ENSAYO DE DUREZA DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON EL ACERO DE MEDIO CARBONO AISI 1045 Y CON MATERIAL DE APORTE E 308L-16.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	13-26-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N°. de Probeta	PA-1EDV
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 420 Acero AISI 1045
Dimensiones:	(mm) 10x10x55	Material de aporte:	ELECTRODO E 308L-16
Numero de muestras	5	Proceso de soldadura	SMAW
Tiempo de aplicación de la fuerza	15segundos	Fuerza aplicada	9,807N
Humedad relativa:	57,2	Temperatura ambiente	19,7
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado:	AWS D1.6- D1.6M:2007	Equipo utilizado:	Micro-durómetro. FUTURE TECH
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1)	Modelo	FM 800
OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> Las probetas se obtienen con material de aporte E 308L-16 Maquinado en fresa. 			

EVALUACIÓN ENSAYO DE DUREZA VICKERS



RESULTADOS




ZONA:	DIAGONAL 1 (μm)	DIAGONAL 2 (μm)	DUREZA (HVI)
Material base 1-AISI 1045	95,46	95,43	203,6
Térmicamente afectada 1	82,90	82,92	269,8
Fusión	83,45	85,35	260,3
Térmicamente afectada 2	69,18	69,21	387,3
Material base 2-AISI 420	91,35	92,34	219,8
PROMEDIO			268,16

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

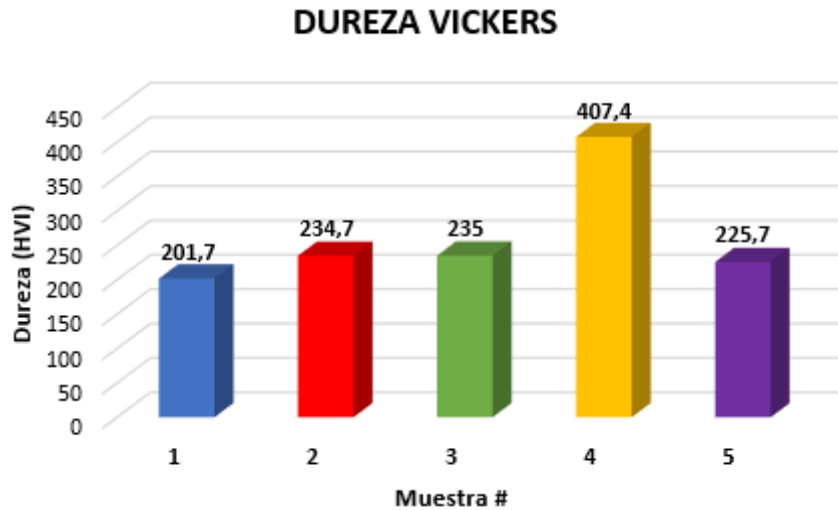
Con un proceso de soldadura SMAW y con material de aporte E 308L-16 se registra un promedio de dureza Vickers de 268,16HVI, la dureza máxima es de 387,3HVI en la zona térmicamente afectada 2 y la dureza mínima es de 203,6HVI en el material base 1.

Autor: Christian Acosta

3.1.2.17 ENSAYO DE DUREZA DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON EL ACERO DE MEDIO CARBONO AISI 1045 Y CON MATERIAL DE APORTE E 316L-16.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	13-26-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N°. de Probeta	PB-1EDV
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 420 Acero AISI 1045
Dimensiones:	(mm) 10x10x55	Material de aporte:	ELECTRODO E 316L-16
Numero de muestras	5	Proceso de soldadura	SMAW
Tiempo de aplicación de la fuerza	15segundos	Fuerza aplicada	9,807N
Humedad relativa:	56,6	Temperatura ambiente	19,9
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado:	AWS D1.6- D1.6M:2007	Equipo utilizado:	Micro-durómetro. FUTURE TECH
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1)	Modelo	FM 800
OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> Las probetas se obtienen con material de aporte E 316L-16 Maquinado en fresa. 			

EVALUACIÓN ENSAYO DE DUREZA VICKERS



RESULTADOS




ZONA:	DIAGONAL 1 (μm)	DIAGONAL 2 (μm)	DUREZA (HVI)
Material base 1-AISI 1045	95,99	95,78	201,7
Térmicamente afectada 1	87,98	89,80	234,7
Fusión	88,21	89,45	235,0
Térmicamente afectada 2	66,65	68,28	407,4
Material base 2-AISI 420	90,26	91,02	225,7
PROMEDIO			260,9

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

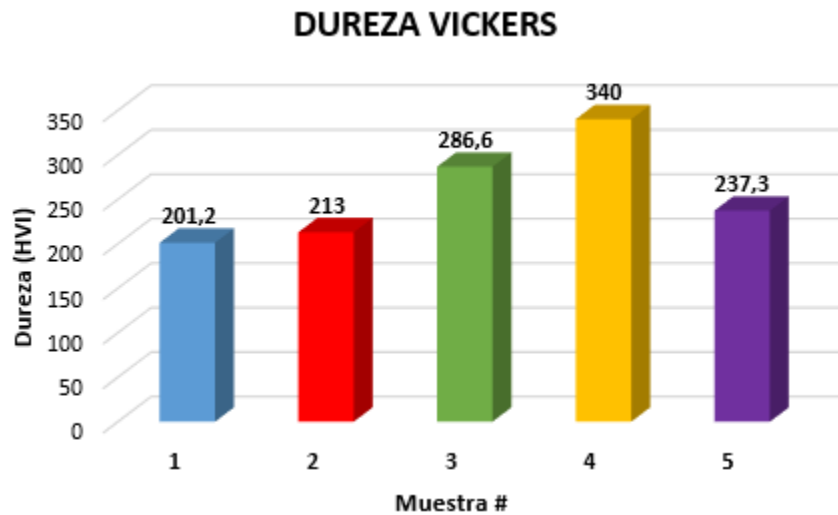
Con un proceso de soldadura SMAW y con material de aporte E 316L-16 se registra un promedio de dureza Vickers de 260,9HVI, la dureza máxima es de 407,4HVI en la zona térmicamente afectada 2 y la dureza mínima es de 201,7HVI en el material base 1.

Autor: Christian Acosta

3.1.2.18 ENSAYO DE DUREZA DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON EL ACERO DE MEDIO CARBONO AISI 1045 Y CON MATERIAL DE APORTE E 312-16.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	13-26-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N°. de Probeta	PC-1EDV
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 420 Acero AISI 1045
Dimensiones:	(mm) 10x10x55	Material de aporte:	ELECTRODO E 312-16
Numero de muestras	5	Proceso de soldadura	SMAW
Tiempo de aplicación de la fuerza	15segundos	Fuerza aplicada	9,807N
Humedad relativa:	56,1	Temperatura ambiente	20,4
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado:	AWS D1.6- D1.6M:2007	Equipo utilizado:	Micro-durómetro. FUTURE TECH
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1)	Modelo	FM 800
OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • Las probetas se obtienen con material de aporte E 312-16 • Maquinado en fresa. 			

EVALUACIÓN ENSAYO DE DUREZA VICKERS



RESULTADOS


ZONA:	DIAGONAL 1 (μm)	DIAGONAL 2 (μm)	DUREZA (HVI)
Material base 1-AISI 1045	96,67	95,35	201,2
Térmicamente afectada 1	92,69	93,63	213,0
Fusión	79,85	81,03	286,6
Térmicamente afectada 2	73,60	74,11	340,0
Material base 2-AISI 420	87,60	89,21	237,3
PROMEDIO			255,62

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Con un proceso de soldadura SMAW y con material de aporte E 312-16 se registra un promedio de dureza Vickers de 255,62HVI, la dureza máxima es de 340HVI en la zona térmicamente afectada 2 y la dureza mínima es de 201,2HVI en el material base 1.

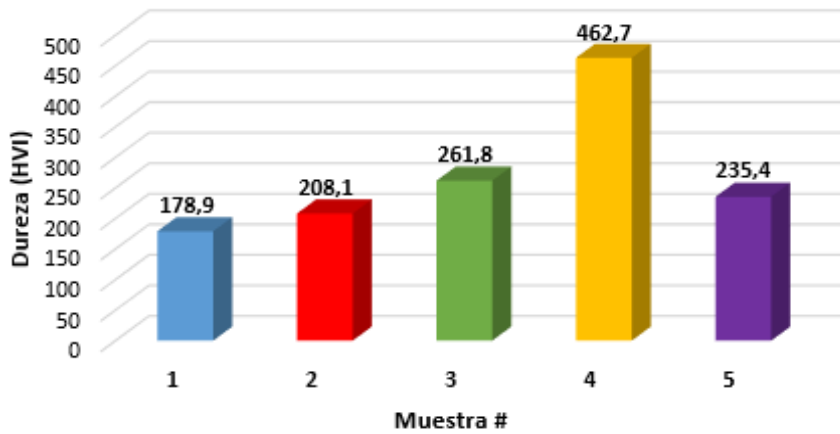
Autor: Christian Acosta

3.1.2.19 ENSAYO DE DUREZA DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON EL ACERO DE BAJO CARBONO AISI 1018 Y CON MATERIAL DE APORTE E 312-16.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	13-26-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	Nº. de Probeta	PD-1EDV
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 420 Acero AISI 1018
Dimensiones:	(mm) 10x10x55	Material de aporte:	ELECTRODO E 312-16
Numero de muestras	5	Proceso de soldadura	SMAW
Tiempo de aplicación de la fuerza	15segundos	Fuerza aplicada	9,807N
Humedad relativa:	55,9	Temperatura ambiente	20,2
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado:	AWS D1.6- D1.6M:2007	Equipo utilizado:	Micro-durómetro. FUTURE TECH
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1)	Modelo	FM 800
OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> Las probetas se obtienen con material de aporte E 312-16 Maquinado en fresa. 			

EVALUACIÓN ENSAYO DE DUREZA VICKERS

DUREZA VICKERS



RESULTADOS




ZONA:	DIAGONAL 1 (μm)	DIAGONAL 2 (μm)	DUREZA (HVI)
Material base 1-AISI 1045	102,30	101,33	178,9
Térmicamente afectada 1	93,7	95,10	208,1
Fusión	84,15	84,17	261,8
Térmicamente afectada 2	63,35	63,26	462,7
Material base 2-AISI 420	88,60	88,93	235,4
PROMEDIO			269,38

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Con un proceso de soldadura SMAW y con material de aporte E 312-16 se registra un promedio de dureza Vickers de 269,38HVI, la dureza máxima es de 462,7HVI en la zona térmicamente afectada 2 y la dureza mínima es de 178,9HVI en el material base 1.

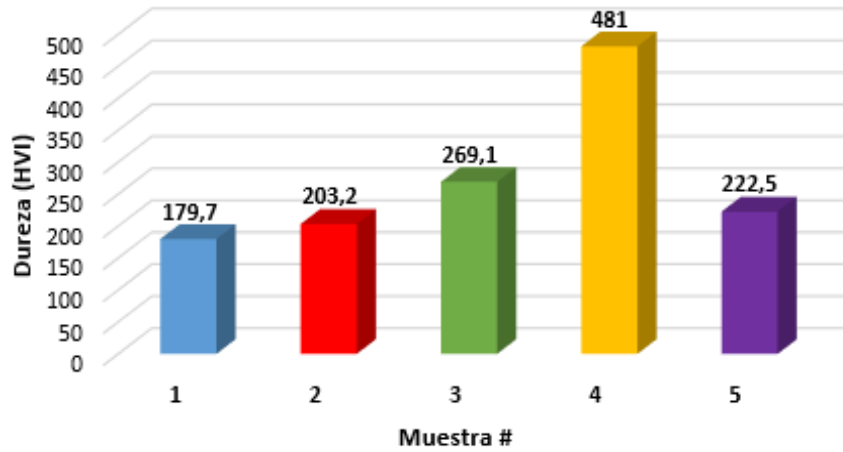
Autor: Christian Acosta

3.1.2.20 ENSAYO DE DUREZA DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON EL ACERO DE BAJO CARBONO AISI 1018 Y CON MATERIAL DE APORTE E 308L-16.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	13-26-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	Nº. de Probeta	PE-1EDV
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 420 Acero AISI 1018
Dimensiones:	(mm) 10x10x55	Material de aporte:	ELECTRODO E 308L-16
Numero de muestras	5	Proceso de soldadura	SMAW
Tiempo de aplicación de la fuerza	15segundos	Fuerza aplicada	9,807N
Humedad relativa:	57,8	Temperatura ambiente	21,2
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado:	AWS D1.6- D1.6M:2007	Equipo utilizado:	Micro-durómetro. FUTURE TECH
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1)	Modelo	FM 800
OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • Las probetas se obtienen con material de aporte E 308L-16 • Maquinado en fresa. 			

EVALUACIÓN ENSAYO DE DUREZA VICKERS

DUREZA VICKERS



RESULTADOS


ZONA:	DIAGONAL 1 (μm)	DIAGONAL 2 (μm)	DUREZA (HVI)
Material base 1-AISI 1045	101,99	101,17	179,7
Térmicamente afectada 1	95,30	95,75	203,2
Fusión	83,46	82,57	269,1
Térmicamente afectada 2	62,00	62,18	481,0
Material base 2-AISI 420	91,76	90,82	222,5
PROMEDIO			271,1

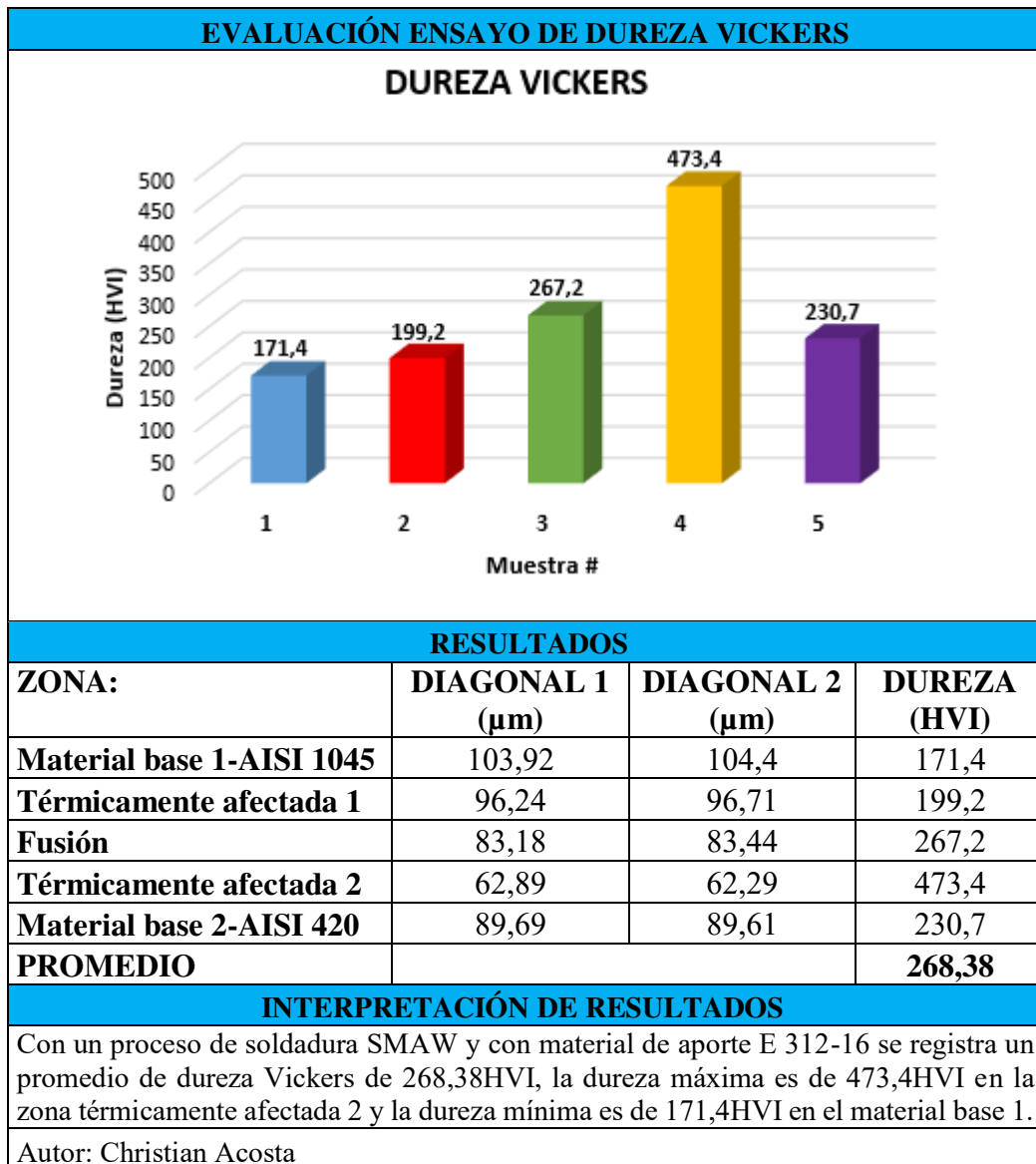
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Con un proceso de soldadura SMAW y con material de aporte E 312-16 se registra un promedio de dureza Vickers de 271,1HVI, la dureza máxima es de 481,0HVI en la zona térmicamente afectada 2 y la dureza mínima es de 179,7HVI en el material base 1.

Autor: Christian Acosta

3.1.2.21 ENSAYO DE DUREZA DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON EL ACERO DE BAJO CARBONO AISI 1018 Y CON MATERIAL DE APORTE E 316L-16.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
Autorizado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Christian Acosta
Ciudad:	Ambato	Fecha de ejecución	13-26-2019
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	N°. de Probeta	PF-1EDV
ESPECIFICACIONES DEL ESPÉCIMEN			
Material base:	Acero inoxidable Acero al carbono	Tipo:	Acero AISI 420 Acero AISI 1018
Dimensiones:	(mm) 10x10x55	Material de aporte:	ELECTRODO E 316L-16
Numero de muestras	5	Proceso de soldadura	SMAW
Tiempo de aplicación de la fuerza	15segundos	Fuerza aplicada	9,807N
Humedad relativa:	55,1	Temperatura ambiente	21,5
GRÁFICO DE REFERENCIA DEL ESPÉCIMEN			
			
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Código aplicado:	AWS D1.6- D1.6M:2007	Equipo utilizado:	Micro-durómetro. FUTURE TECH
Código de referencia	AWS B4.0 (Anexo E-1)	Modelo	FM 800
OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • Las probetas se obtienen con material de aporte E 316L-16 • Maquinado en fresa. 			



3.1.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

3.1.3.1 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN.

En el ensayo de tracción el objetivo es determinar que electrodo es adecuado para la unión del acero inoxidable AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 y la unión del acero inoxidable AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018.

Primero se analizará la unión del acero inoxidable AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1018, luego el análisis del acero inoxidable AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018 con materiales de aporte E308L-16, E316L-16 y el electrodo E312-16, en las siguientes tablas y gráficos se analizará el promedio de fuerza máxima,

fuerza de rotura, fuerza de fluencia, resistencia a la tracción, resistencia de rotura, límite de fluencia y elongación.

A. Comparación de resultados del acero inoxidable AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 y materiales de aporte E308L-16, E316L-16 y E312-16.

1. Resultados de la Fuerza Máxima.

Tabla 3 1. Valores de Fuerza Máxima obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	FUERZA MÁXIMA (N)
E308L-16	59280,00
E316L-16	58050,00
E312-16	91300,01

Fuente: [Autor]

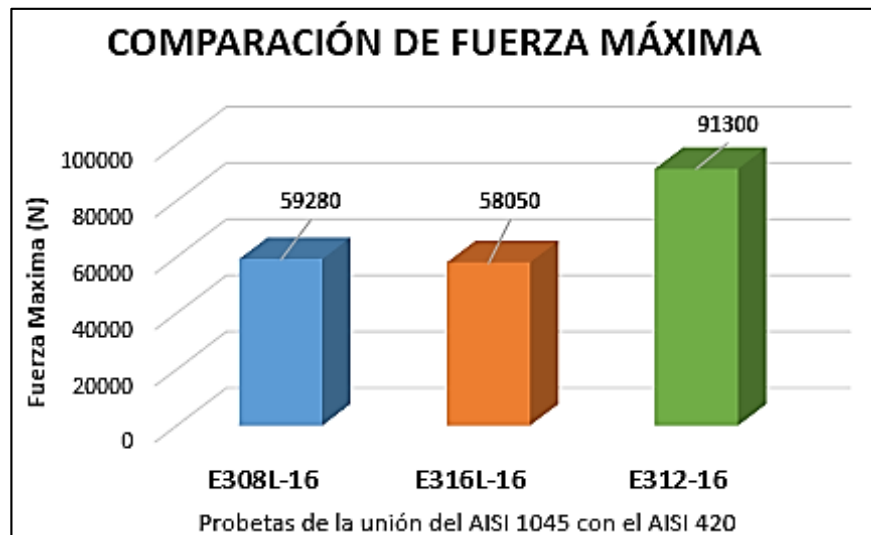


Figura 3-1. Comparación de la Fuerza Máxima del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor]

La figura 3-1 indica la fuerza máxima que resistieron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E312-16 mostro un mejor resultado soportando una fuerza de 91300 N.

2. Resultados de la Fuerza de Rotura.

Tabla 3-2. Valores de Fuerza de Rotura obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	FUERZA DE ROTURA (N)
E308L-16	52890,00
E316L-16	53540,00
E312-16	88690,01

Fuente: [Autor]

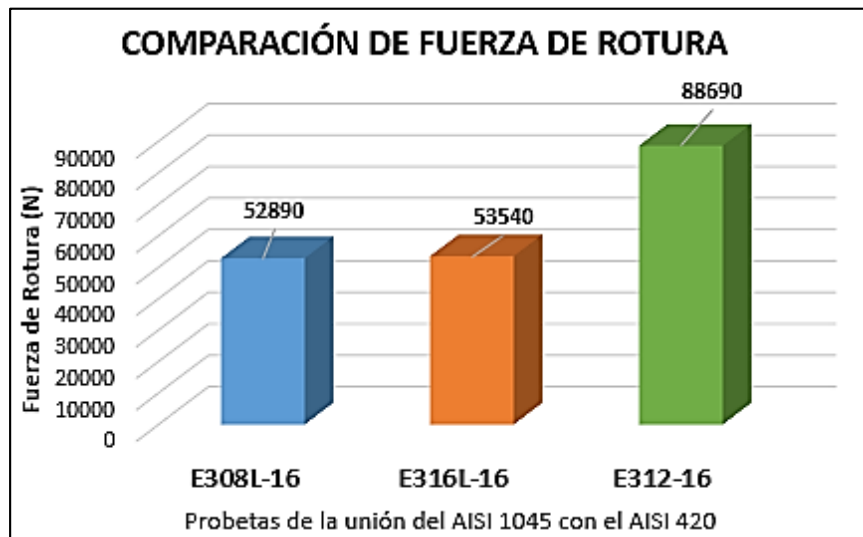


Figura 3-2. Comparación de Fuerza de Rotura del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor]

La figura 3-2 indica la fuerza de rotura que resistieron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E312-16 mostro un mejor resultado soportando una fuerza de 88690 N.

3. Resultados de Fuerza de Fluencia.

Tabla 3-3. Valores de Fuerza de Fluencia obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	FUERZA DE FLUENCIA (N)
E308L-16	8360,00
E316L-16	8060,00
E312-16	11070,00

Fuente: [Autor]

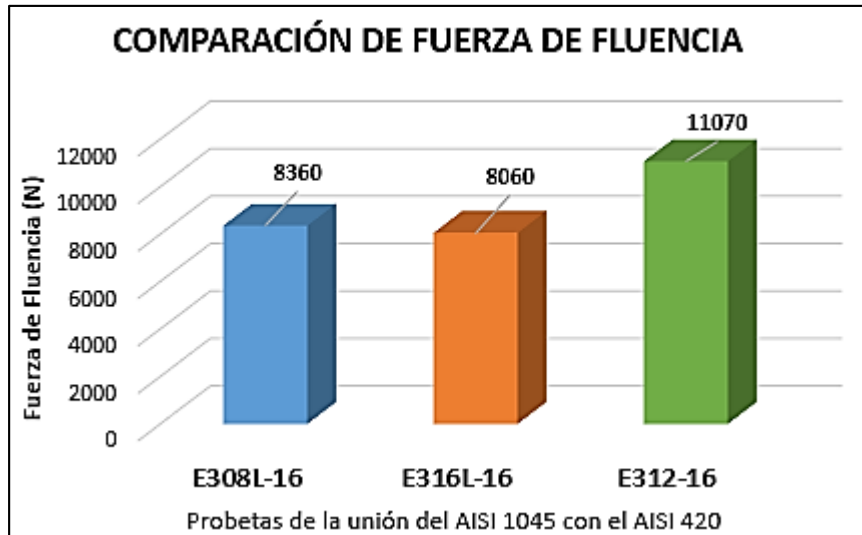


Figura 3-3. Comparación de Fuerza de Fluencia del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor]

La figura 3-3 indica la fuerza de fluencia que resistieron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E312-16 mostro un mejor resultado soportando una fuerza de 11070 N.

4. Resultados de Resistencia a la Tracción.

Tabla 3-4. Valores de Resistencia a la Tracción obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)
E308L-16	467,05
E316L-16	453,77
E312-16	728,59

Fuente: [Autor]

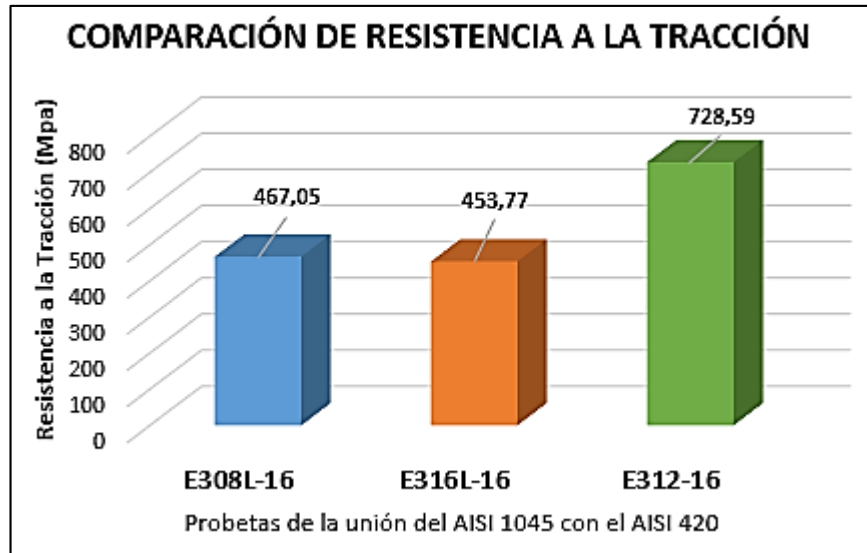


Figura 3-4. Comparación de Resistencia a la Tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor]

La figura 3-4 indica la resistencia a la tracción que soportaron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E312-16 mostro un mejor resultado con una resistencia de 728,59 N.

5. Resultados de Resistencia de Rotura.

Tabla 3-5. Valores de Resistencia a la Rotura obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	RESISTENCIA DE ROTURA (MPa)
E308L-16	416,40
E316L-16	418,49
E312-16	708,77

Fuente: [Autor]

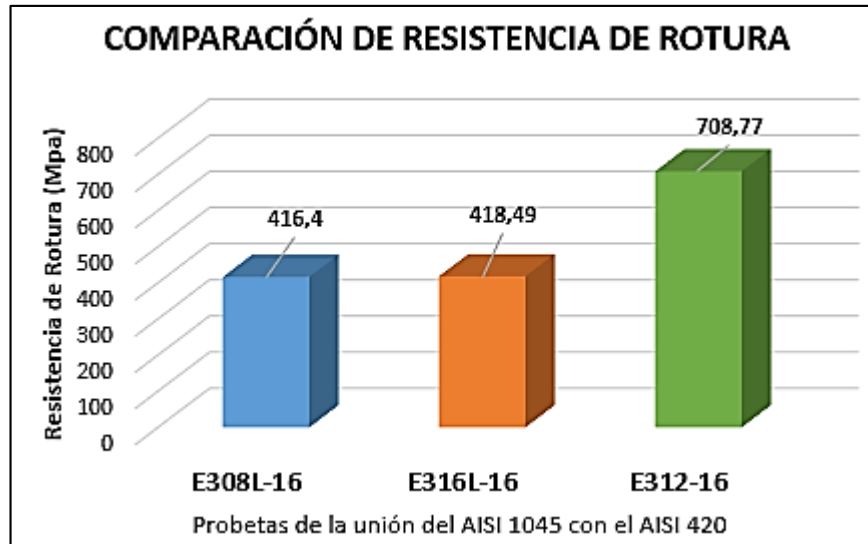


Figura 3-5. Comparación de Resistencia de Rotura del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor]

La figura 3-5 indica la resistencia de rotura que soportaron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E312-16 mostro un mejor resultado con una resistencia de 708,77 N.

6. Resultados de Limite de Fluencia.

Tabla 3-6. Valores de Limite de Fluencia obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	LIMITE DE FLUENCIA (MPa)
E308L-16	65,77
E316L-16	63,00
E312-16	87,64

Fuente: [Autor]

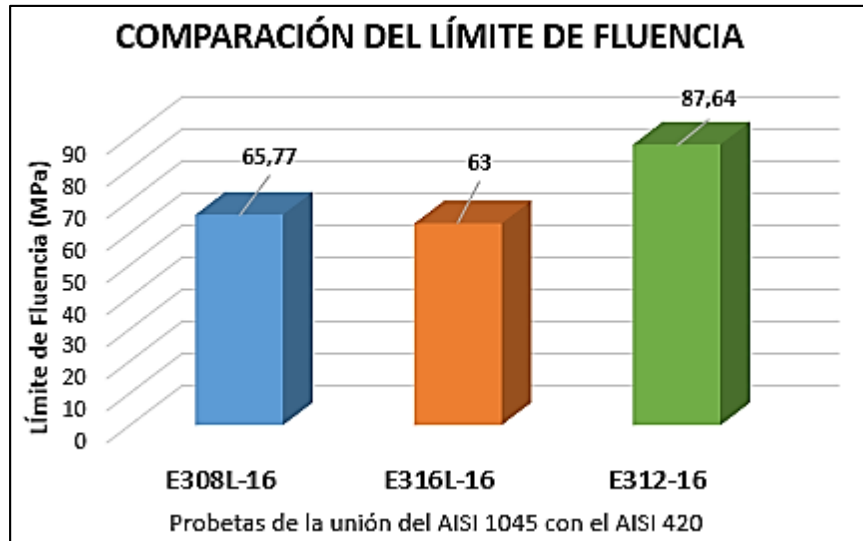


Figura 3-6. Comparación del Límite de Fluencia del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor].

La figura 3-6 indica el límite de fluencia que soportaron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E312-16 mostro un mejor resultado con una resistencia de 87,64 N.

7. Resultados de Elongación.

Tabla 3-7. Valores de Elongación obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	ELONGACIÓN (%)
E308L-16	2,90
E316L-16	3,95
E312-16	6,88

Fuente: [Autor]

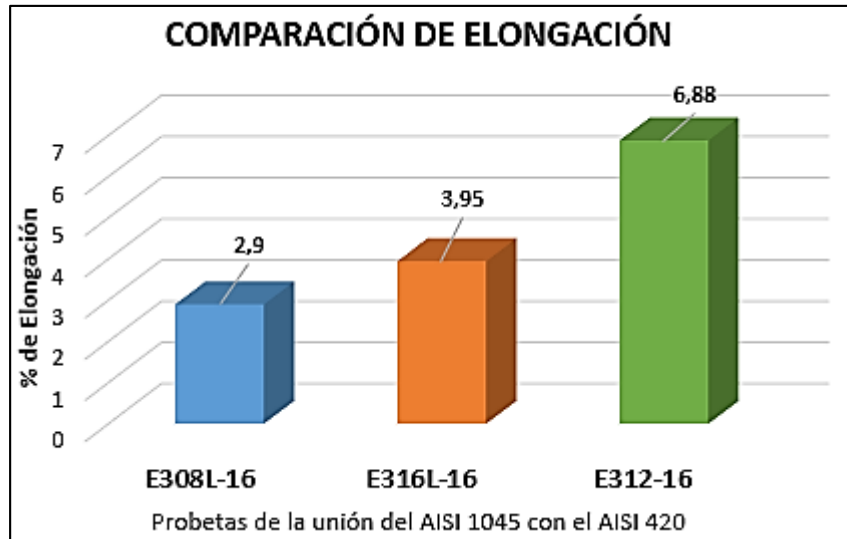


Figura 3-7. Comparación de Elongación del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor]

La figura 3-7 indica la elongación soportaron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E312-16 mostro un mejor resultado con un porcentaje de elongación de 6,88%.

Se puede concluir que el primer análisis de ensayos a tracción del acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 se observa los valores promedios obtenidos de la Fuerza Máxima, Fuerza de Rotura, Fuerza de Fluencia, Resistencia a la Tracción, Resistencia de Rotura, Limite de Fluencia y porcentaje de Elongación, los cuales determinan que el material de aporte E312-16, presenta mejores resultados que los materiales de aporte E316L-16, y el material de aporte E308L-16.

B. Comparación de resultados del acero inoxidable AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018 y materiales de aporte E308L-16, E316L-16 y E312-16.

1. Resultados de la Fuerza Máxima.

Tabla 3-8. Valores de Fuerza Máxima obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	FUERZA MÁXIMA (N)
E308L-16	64690,01
E316L-16	62600,01
E312-16	77740,01

Fuente: [Autor]

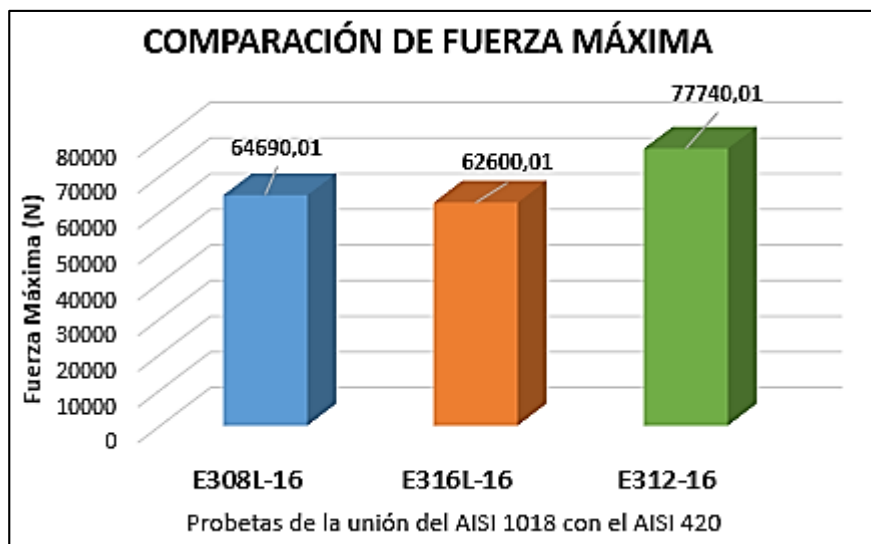


Figura 3-8. Comparación de Fuerza Máxima del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor]

La figura 3-8 indica la fuerza máxima que resistieron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E312-16 mostro un mejor resultado soportando una fuerza de 77740,01 N.

2. Resultados de la Fuerza de Rotura.

Tabla 3-9. Valores de Fuerza de Rotura obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	FUERZA DE ROTURA (N)
E308L-16	59250,00
E316L-16	59250,00
E312-16	62050,01

Fuente: [Autor]

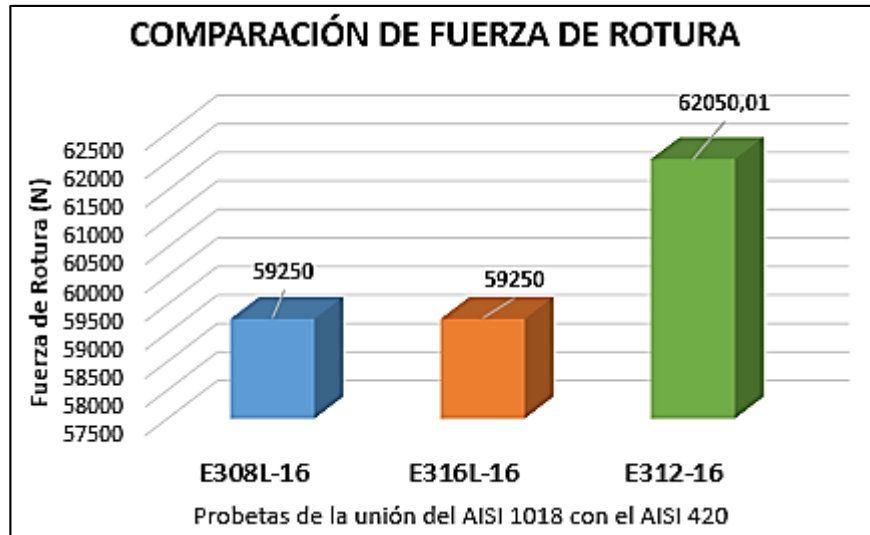


Figura 3-9. Comparación de Fuerza de Rotura del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor]

La figura 3-9 indica la fuerza de rotura que resistieron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E312-16 mostro un mejor resultado soportando una fuerza de 62050,01 N.

3. Resultados de Fuerza de Fluencia.

Tabla 3-10. Valores de Fuerza de Fluencia obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	FUERZA DE FLUENCIA (N)
E308L-16	9070,00
E316L-16	7980,00
E312-16	12250,0

Fuente: [Autor]

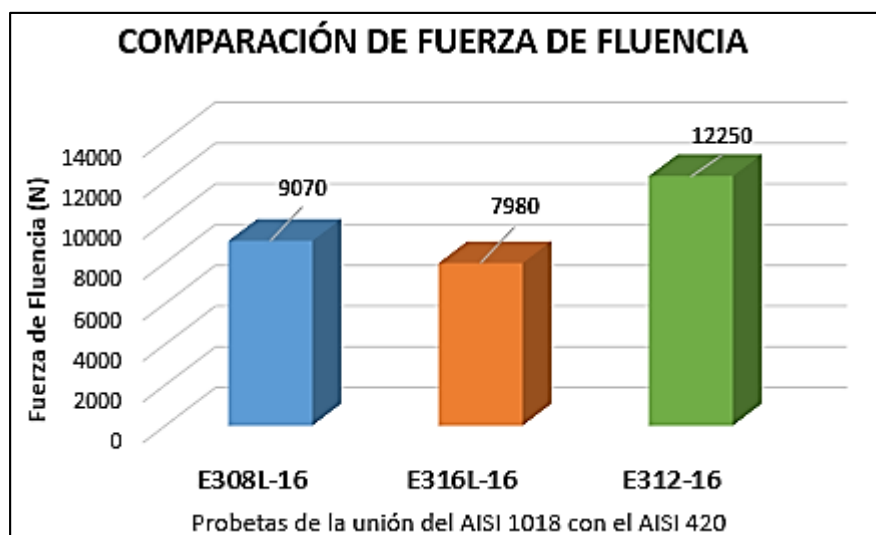


Figura 3-10. Comparación de Fuerza de Fluencia del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor]

La figura 3-10 indica la fuerza de fluencia que resistieron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E312-16 mostro un mejor resultado soportando una fuerza de 12250 N.

4. Interpretación de resultados de Resistencia a la Tracción.

Tabla 3-11. Valores de Resistencia a la Tracción obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)
E308L-16	525,79
E316L-16	517,85
E312-16	613,60

Fuente: [Autor]

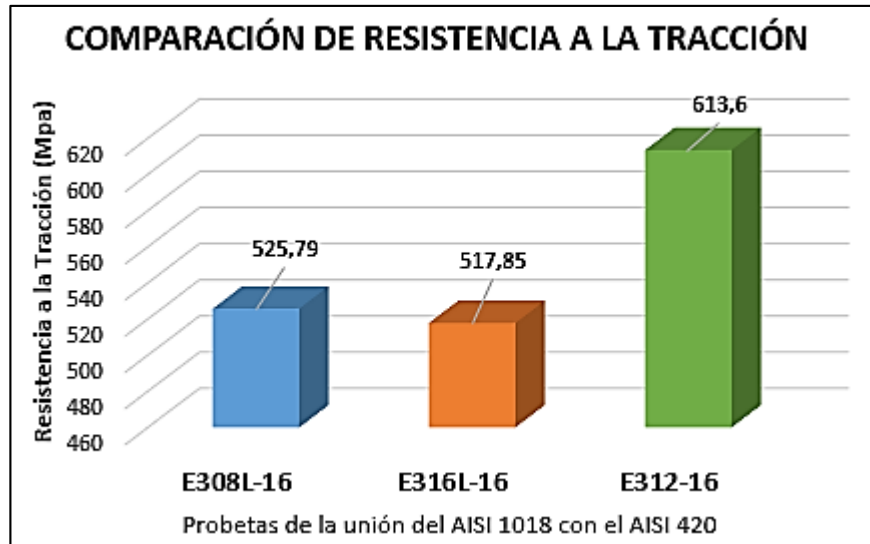


Figura 3-11. Comparación de Resistencia a la Tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor]

La figura 3-11 indica la resistencia a la tracción que soportaron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E312-16 mostro un mejor resultado con una resistencia de 613,60 N.

5. Resultados de Resistencia de Rotura.

Tabla 3-12. Valores de Resistencia de Rotura obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	RESISTENCIA DE ROTURA (MPa)
E308L-16	480,91
E316L-16	490,81
E312-16	489,73

Fuente: [Autor]

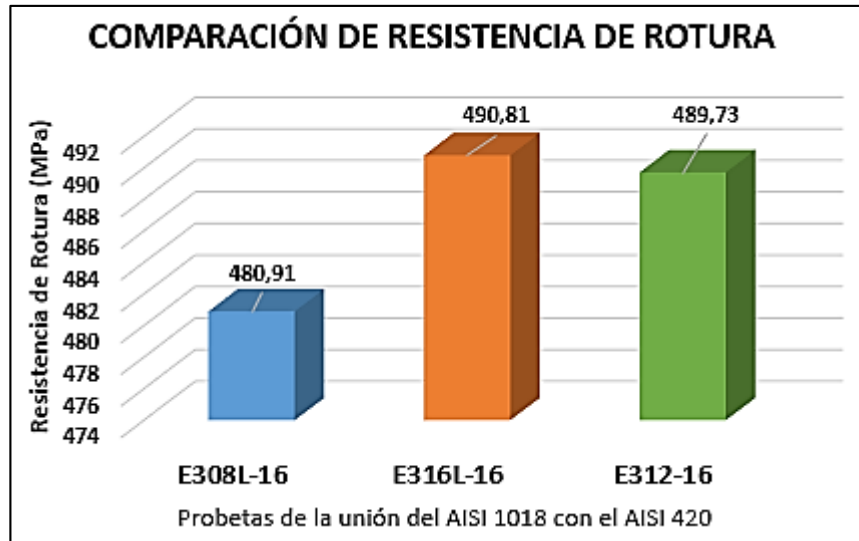


Figura 3-12. Comparación de Resistencia de Rotura del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor]

La figura 3-12 indica la resistencia de rotura que soportaron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E316L-16 mostro un mejor resultado con una resistencia de 490,81N.

6. Resultados de Limite de Fluencia.

Tabla 3-13. Valores de Límite de Fluencia obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	LIMITE DE FLUENCIA (MPa)
E308L-16	73,71
E316L-16	66,20
E312-16	96,51

Fuente: [Autor]

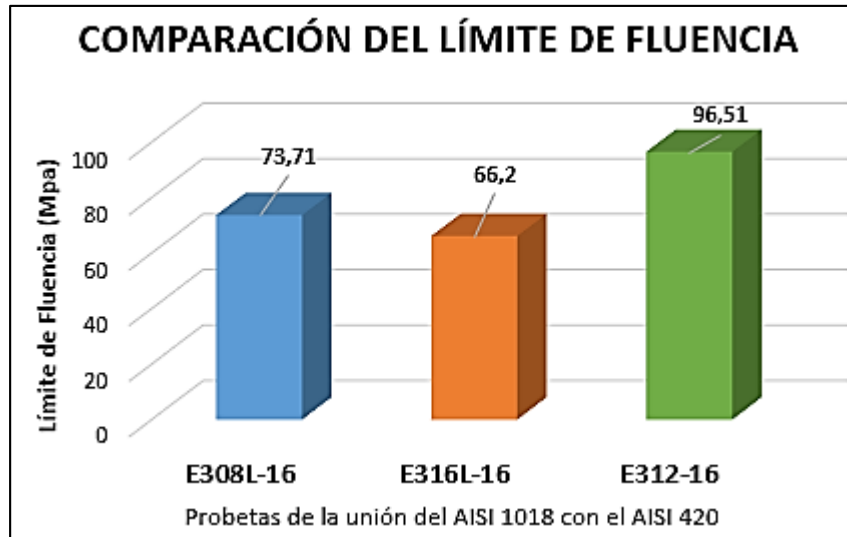


Figura 3-13. Comparación de Límite de Fluencia del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor]

La figura 3-13 indica el límite de fluencia que soportaron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E312-16 mostro un mejor resultado con una resistencia de 96,51 N.

7. Resultados de Elongación.

Tabla 3-14. Valores de Elongación obtenidos en el ensayo a tracción del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	ELONGACIÓN (%)
E308L-16	5,97
E316L-16	5,06
E312-16	16,79

Fuente: [Autor]

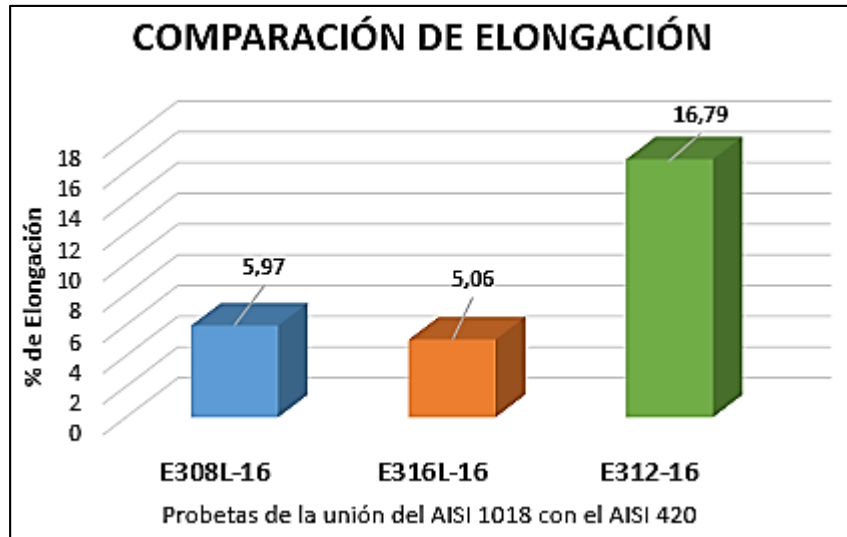


Figura 3-14. Comparación de Elongación del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor]

La figura 3-7 indica la elongación soportaron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E312-16 mostro un mejor resultado con un porcentaje de elongación de 16,79%.

Se concluye que el segundo análisis de ensayos a tracción del acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018 se observa los valores promedios obtenidos de la Fuerza Máxima, Fuerza de Rotura, Fuerza de Fluencia, Resistencia a la Tracción, Resistencia de Rotura, Limite de Fluencia y porcentaje de Elongación, los cuales determinan que el material de aporte E312-16, presenta mejores resultados que los materiales de aporte E316L-16, y el material de aporte E308L-16.

3.1.3.2 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE IMPACTO.

En el ensayo de impacto el objetivo es determinar que electrodo es adecuado para la unión del acero inoxidable AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 y la unión del acero inoxidable AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018.

Primero se analizará la unión del acero inoxidable AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1018, luego el análisis del acero inoxidable AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018 con materiales de aporte E308L-16, E316L-16 y el electrodo E312-16, en las siguientes tablas y gráficos se analizará el promedio de energía absorbida y resistencia al impacto.

A. Comparación de resultados del acero inoxidable AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 y materiales de aporte E308L-16, E316L-16 y E312-16.

1. Resultados de Energía Absorbida.

Tabla 3-15. Valores de Energía Absorbida obtenidos en el ensayo a impacto del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	ENERGÍA ABSORBIDA (J)
E308L-16	80,75
E316L-16	71,00
E312-16	48,14

Fuente: [Autor]

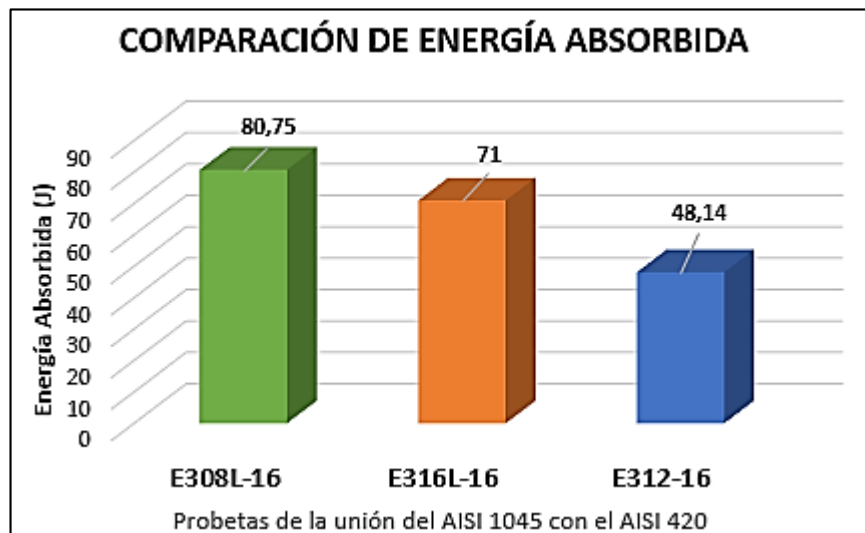


Figura 3-15. Comparación de Energía Absorbida del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor].

La figura 3-15 indica la energía absorbida que soportaron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E308L-16 mostro un mejor resultado con una energía de 80,75 J.

2. Resultados de Resistencia al Impacto.

Tabla 3-16. Valores de Resistencia al Impacto obtenidos en el ensayo a impacto del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	RESISTENCIA AL IMPACTO (J/cm ²)
E308L-16	94,38
E316L-16	82,98
E312-16	55,82

Fuente: [Autor]

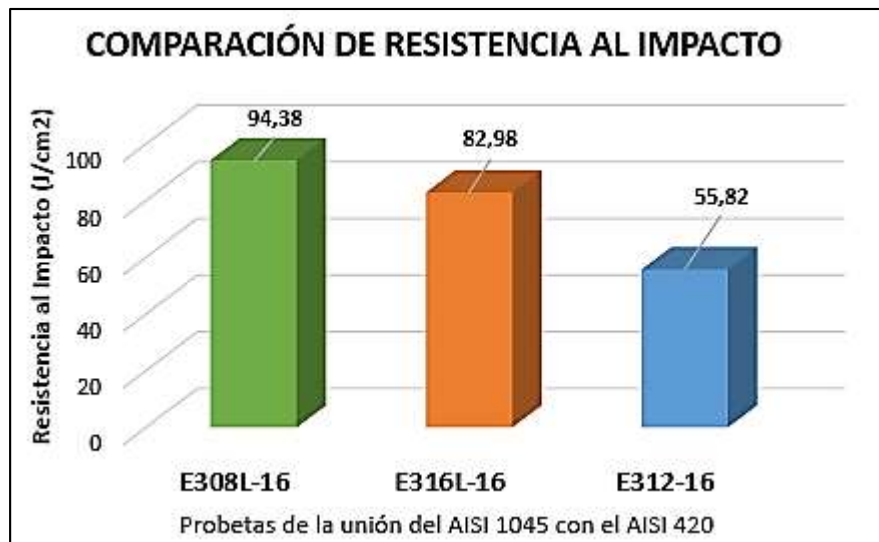


Figura 3-16. Comparación de Resistencia al Impacto del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor]

La figura 3-16 indica la resistencia al impacto que soportaron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E308L-16 mostro un mejor resultado con una resistencia de 80,75 J.

Se puede concluir que el primer análisis de ensayos a impacto del acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 se observa los valores promedios obtenidos de Energía Absorbida y Resistencia al Impacto, los cuales determinan que el material de aporte E308L-16, presenta mejores resultados que los materiales de aporte E316L-16, y el material de aporte E312-16.

B. Comparación de resultados del acero inoxidable AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018 y materiales de aporte E308L-16, E316L-16 y E312-16.

1. Resultados de Energía Absorbida.

Tabla 3-17. Valores de Energía Absorbida obtenidos en el ensayo a impacto del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	ENERGÍA ABSORBIDA (J)
E308L-16	100,40
E316L-16	91,62
E312-16	61,27

Fuente: [Autor]

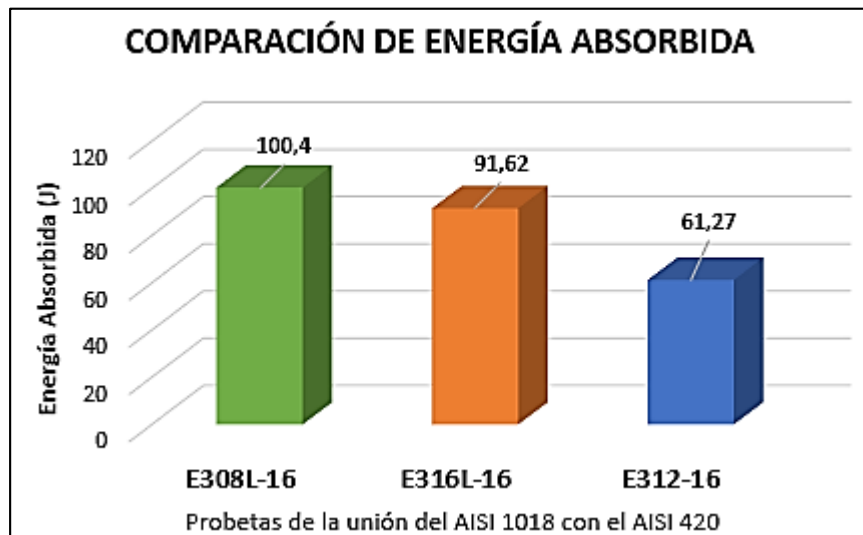


Figura 3-17. Comparación de Energía Absorbida del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor]

La figura 3-17 indica la energía absorbida que soportaron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E308L-16 mostro un mejor resultado con una energía de 100,40 J.

2. Resultados de Resistencia al Impacto.

Tabla 3-18. Valores de Resistencia al Impacto obtenidos en el ensayo a impacto del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	RESISTENCIA AL IMPACTO (J/cm²)
E308L-16	118,90
E316L-16	100,34
E312-16	74,06

Fuente: [Autor]

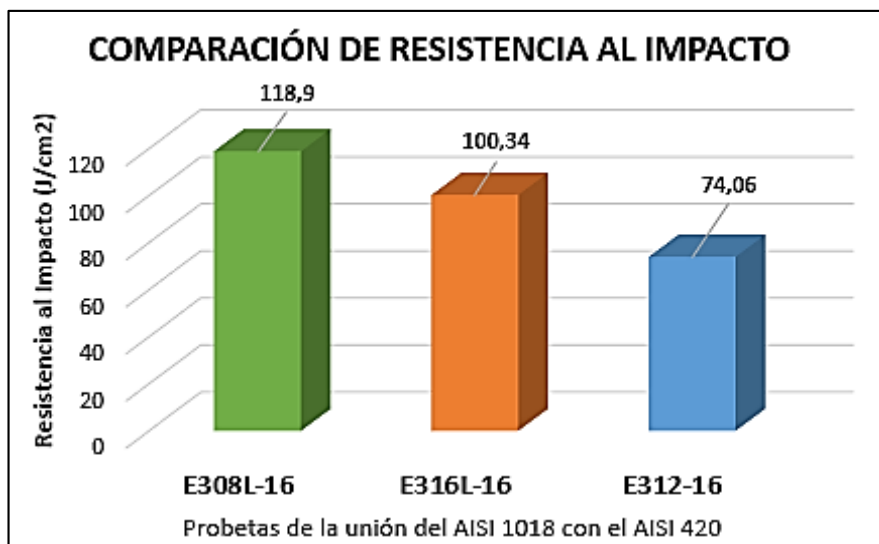


Figura 3-18. Comparación de Resistencia al Impacto del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor]

La figura 3-16 indica la resistencia al impacto que soportaron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E308L-16 mostro un mejor resultado con una resistencia de 118,90 J.

Se concluye que el segundo análisis de ensayos a impacto del acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018 se observa los valores promedios obtenidos de Energía Absorbida y Resistencia al Impacto, los cuales determinan que el material de aporte E308L-16, presenta mejores resultados que los materiales de aporte E316L-16, y el material de aporte E312-16.

3.1.3.3 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DUREZA VICKERS.

En el ensayo de dureza el objetivo es determinar que electrodo es adecuado para la combinación del acero inoxidable AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 y la combinación del acero inoxidable AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018.

Primero se analizará la unión del acero inoxidable AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1018, luego el análisis del acero inoxidable AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018 con materiales de aporte E308L-16, E316L-16 y el electrodo E312-16, en las siguientes tablas y gráficos se analizará el promedio de dureza.

A. Comparación de resultados del acero inoxidable AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 y materiales de aporte E308L-16, E316L-16 y E312-16.

1. Resultados de Dureza Vickers.

Tabla 3-19. Valores en el ensayo de Dureza del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	DUREZA (HVI)
E308L-16	268,16
E316L-16	260,69
E312-16	255,62

Fuente: [Autor]

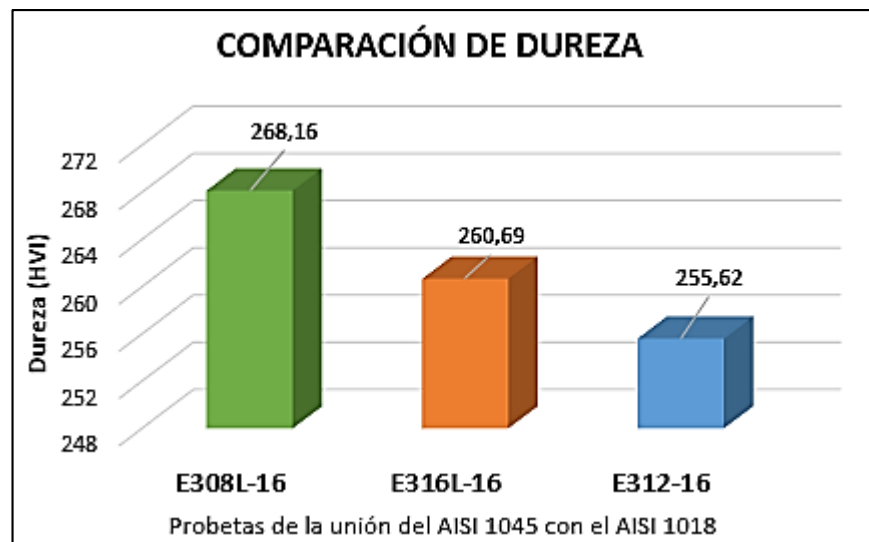


Figura 3-19. Comparación de Dureza del acero AISI 420 con el acero AISI 1045 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor]

La figura 3-19 indica la dureza Vickers que soportaron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E308L-16 mostro un mejor resultado con una dureza 268,16 HVI.

B. Comparación de resultados del acero inoxidable AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018 y materiales de aporte E308L-16, E316L-16 y E312-16.

1. Resultados de Dureza Vickers.

Tabla 3-20. Valores en el ensayo de Dureza del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

ELECTRODO	DUREZA (HVI)
E308L-16	271,10
E316L-16	268,38
E312-16	269,38

Fuente: [Autor]

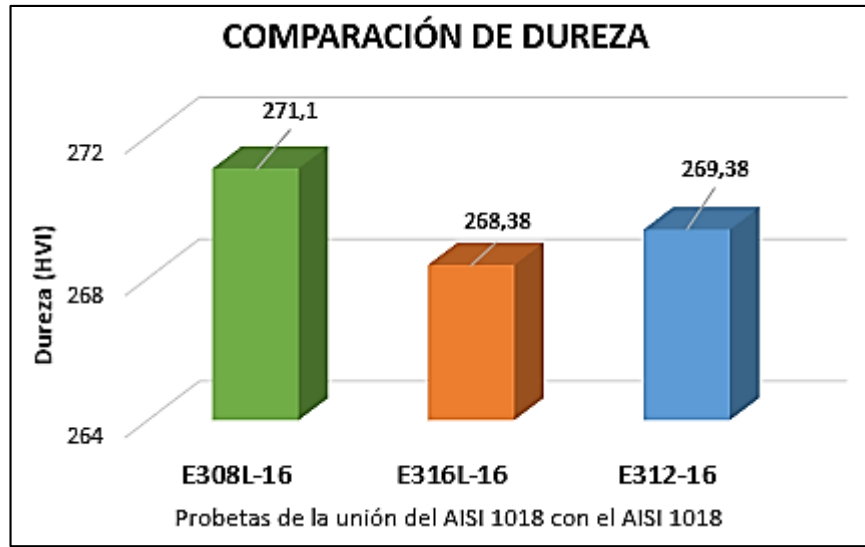


Figura 3-20. Comparación de Dureza del acero AISI 420 con el acero AISI 1018 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

Fuente: [Autor]

La figura 3-20 indica la dureza Vickers que soportaron las probetas soldadas con los tres materiales de aporte en estudio. La probeta soldada con el electrodo E308L-16 mostro un mejor resultado con una dureza 271,10 HVI.

Se puede concluir que el segundo análisis de ensayos de dureza del acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018 se observa los valores promedios obtenidos de dureza, los cuales determinan que el material de aporte E308L-16, presenta mejores resultados que los materiales de aporte E316L-16, y el material de aporte E312-16.

En las siguientes tablas 3-21 y 3-23 se realiza una evaluación total de los resultados de los ensayos tanta tracción de impacto y de dureza.

Tabla 3-21. Resultados de los electrodos E308L, E316L y E312, con la unión del acero inoxidable AISI 420 y el acero de medio carbono AISI 1045.

EVALUACIÓN DE MATERIAL DE APOORTE DE PROPIEDADES MECÁNICAS											
	TRACCIÓN						IMPACTO		DUREZA		10/10
ID	Sut (MPa) 2 puntos	Dif.	Sy (MPa) 1 puntos	Dif.	Elongación % 2 puntos	Dif.	Energía de Impacto (J) 3 puntos	Dif.	Dureza (HVI) 2 puntos	Dif.	Calificación
PA-308	467,05	-399,55	65,77	-78,64	2,90	-20,67	80,75	65,42	268,16	52,79	7,95
PB-316	453,77	-412,84	63,00	-81,41	3,95	-19,62	71,00	55,67	260,69	45,32	7,32
PC-312	728,59	-138,02	87,64	-56,77	6,88	-16,69	48,14	32,81	255,62	40,25	8,02
PARÁMETROS AISI 420	858,29		141,60		26,74		11,35		228,57		
PARÁMETROS AISI 1045	874,93		147,22		20,40		19,32		202,17		
No Aceptable											
Medio Aceptable											
Aceptable											

Fuente: [Autor]

PA-308 = Acero inoxidable AISI 420 - Acero al carbono AISI 1045 – Electrodo E308L-16.

PB-316 = Acero inoxidable AISI 420 - Acero al carbono AISI 1045 – Electrodo E316L-16.

PC-312 = Acero inoxidable AISI 420 - Acero al carbono AISI 1045 – Electrodo E312-16.

Tabla 3-22. Resultados de los electrodos E308L, E316L y E312, con la unión del acero inoxidable AISI 420 y el acero de bajo carbono AISI 1018.

EVALUACIÓN DE MATERIAL DE APORTE DE PROPIEDADES MECÁNICAS											
	TRACCIÓN						IMPACTO		DUREZA		10/10
ID	Sut (MPa) 2 puntos	Dif.	Sy (MPa) 1 puntos	Dif.	Elongación % 2 puntos	Dif.	Energía de Impacto (J) 3 puntos	Dif.	Dureza (HVI) 2 puntos	Dif.	Calificación
PD-312	613,60	-117,09	96,51	-40,33	16,79	-8,38	61,27	-3,08	269,38	67,32	9,21
PE-308	525,79	-204,91	73,71	-63,13	5,97	-19,2	100,40	36,05	271,10	69,04	7,64
PF-316	517,85	-212,84	66,20	-70,64	5,06	-20,11	91,62	27,27	268,38	66,32	4,67
PARÁMETROS AISI 420	858,29		141,60		26,74		11,35		228,57		
PARÁMETROS AISI 1018	603,11		132,08		23,60		117,35		175,55		
No Aceptable											
Medio Aceptable											
Aceptable											

Fuente: [Autor]

PD-312 = Acero inoxidable AISI 420 - Acero al carbono AISI 1018 – Electrodo E312-16.

PE-308 = Acero inoxidable AISI 420 - Acero al carbono AISI 1018 – Electrodo E308L-16.

PF-316 = Acero inoxidable AISI 420 - Acero al carbono AISI 1018 – Electrodo E316L-16

3.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.

En la tabla 3-23, se puede observar los diferentes valores de propiedades mecánicas de los materiales de aporte E 308L-16, E 316L-16 y E 312L-16 en el proceso de soldadura SMAW, estimando de esta manera a la hipótesis como positiva, debido a la unión del acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 y la unión del acero inoxidable martensítico con el acero de bajo carbono AISI 1018, permitiendo obtener propiedades mecánicas aceptables, verificando y demostrando de esta manera la hipótesis.

Tabla 3-23. Resumen de resultados de los materiales de aporte.

EVALUACIÓN DE MATERIAL DE APORTE DE PROPIEDADES MECÁNICAS											
ID	TRACCIÓN						IMPACTO		DUREZA		10/10
	Sut (MPa) 2 puntos	Dif.	Sy (MPa) 1 punto	Dif.	% 2 pts.	Dif.	Energía Impacto (J) 3 puntos	Dif.	Dureza (HVI) 2 puntos	Dif.	Calif.
PA-308	467,055	-399,55	65,77	-78,64	2,90	-20,67	80,752	65,42	268,16	52,79	7,54
PB-316	453,772	-412,84	63,00	-81,41	3,95	-19,62	71,000	55,67	260,69	45,32	6,69
PC-312	728,592	-138,02	87,64	-56,77	6,88	-16,69	48,140	32,81	255,62	40,25	8,02
PD-312	613,609	-117,09	96,51	-40,33	16,79	-8,38	61,270	-3,08	269,38	67,32	9,19
PE-308	525,790	-204,91	73,71	-63,13	5,97	-19,2	100,400	36,05	271,10	69,04	7,88
PF-316	517,857	-212,84	66,20	-70,64	5,06	-20,11	91,620	27,27	268,38	66,32	5,10

Fuente: [Autor]

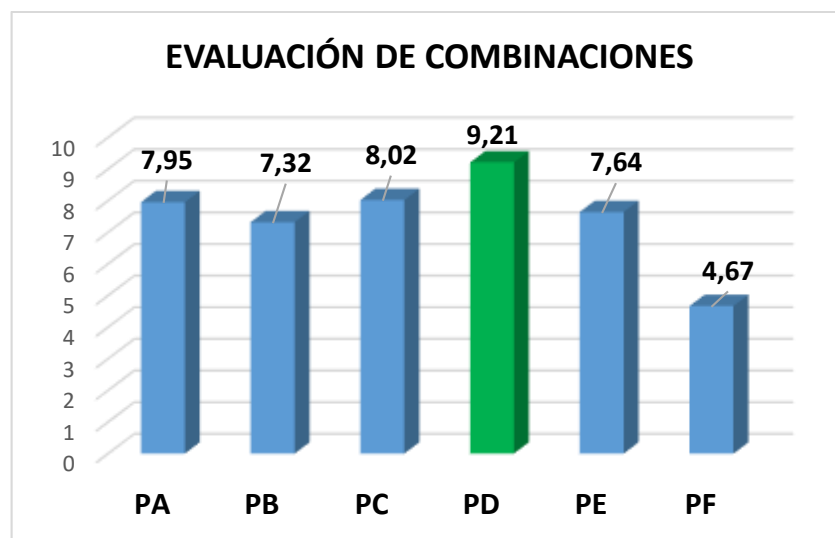


Figura 3-21. Evaluación de Combinaciones

Fuente: [Autor]

PA-308 = Acero inoxidable AISI 420 - Acero al carbono AISI 1045 – Electrodo E308L-16.

PB-316 = Acero inoxidable AISI 420 - Acero al carbono AISI 1045 – Electrodo E316L-16.

PC-312 = Acero inoxidable AISI 420 - Acero al carbono AISI 1045 – Electrodo E312-16.

PD-312 = Acero inoxidable AISI 420 - Acero al carbono AISI 1018 – Electrodo E312-16.

PE-308 = Acero inoxidable AISI 420 - Acero al carbono AISI 1018 – Electrodo E308L-16.

PF-316 = Acero inoxidable AISI 420 - Acero al carbono AISI 1018 – Electrodo E316L-16.

La figura 3-22, muestra la unión soldada que presento mejores resultados a la valoración de las propiedades mecánicas, la cual con 8,02/10 es la probeta PC compuesta por el acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1045 y el material de aporte E 312-16 en el proceso de soldadura SMAW.

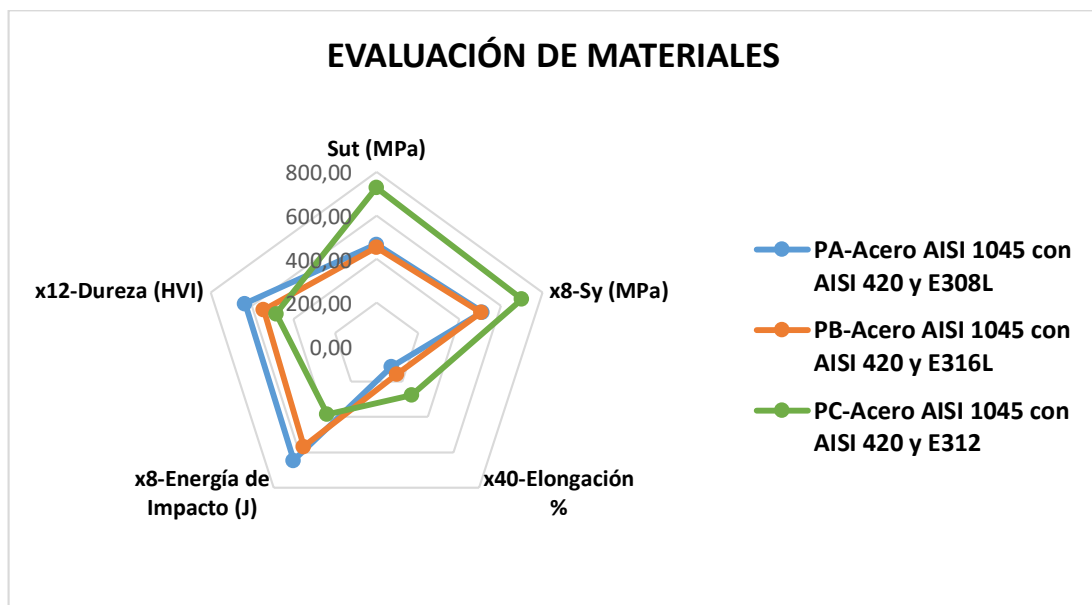


Figura 3-22. Valoración de materiales del acero AISI 1045 con AISI 420 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

La figura 3-23, muestra la unión soldada que mejor se comportó a la valoración de las propiedades mecánicas, la cual con 9,19/10 es la probeta PD compuesta por el acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018 y el material de aporte E 312-16 en el proceso de soldadura SMAW.

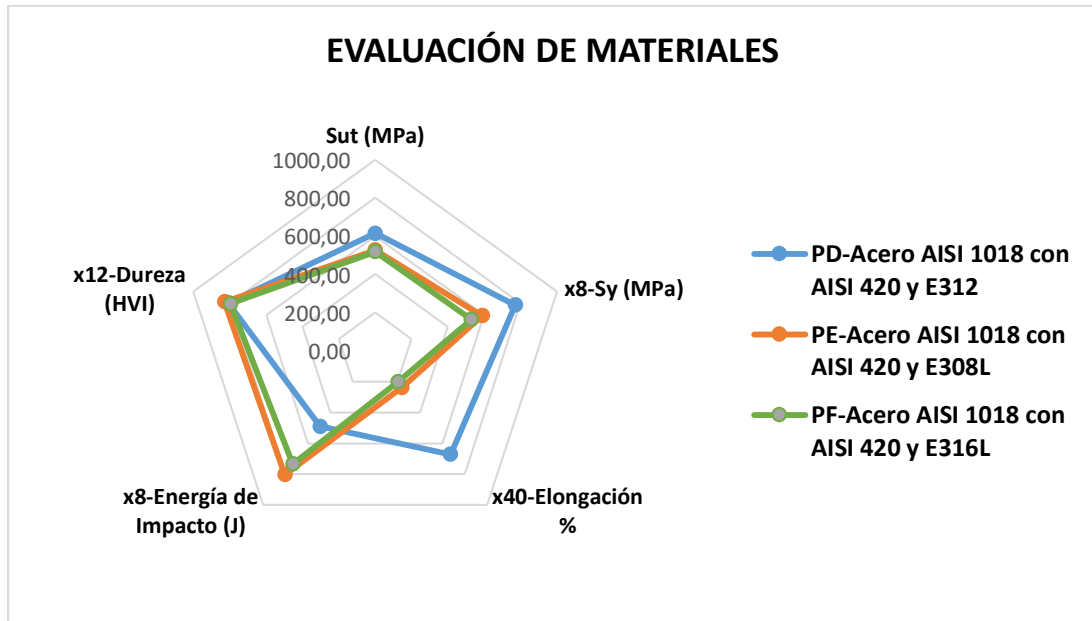


Figura 3-23. Valoración de materiales del acero AISI 1018 con AISI 420 y materiales de aporte E308L, E316L y E312.

La figura 3-23, muestra las uniones soldadas del acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018 y el acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 y materiales de aporte E 312-16, E 316L y E 312 en el proceso de soldadura SMAW.

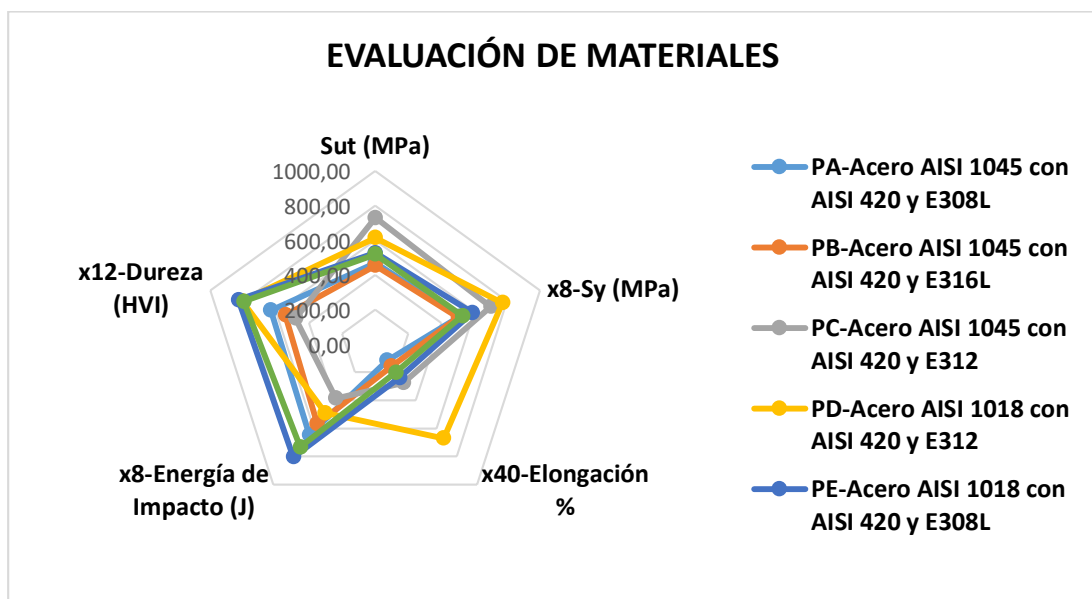


Figura 3-24. Evaluación de todos los materiales.

Fuente: [Autor]

Después de realizar el estudio experimental, comprobando estadísticamente y comparativamente y con la ayuda de medidas aritméticas se aprueba la hipótesis planteada en el proyecto. Donde el material de aporte E312-16 muestra el mejor compartimiento de las propiedades con la unión del acero inoxidable martensítico AISI 420 y el acero de bajo carbono AISI 1018.

El mejor porcentaje de las combinaciones de materiales de aporte es el E312-16 en el proceso de soldadura SMAW, con un esfuerzo máximo es de 728,59 MPa, un esfuerzo de fluencia de 708,77 MPa, además un porcentaje de elongación de 16,79%, de igual manera la energía de impacto de 61,27 J y una dureza máxima de 269,38 VHI.

Por lo tanto, se comprueba la unión de un acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 y bajo carbono AISI 1018 mediante la selección adecuada del material de aporte en el proceso de soldadura SMAW.

3.2.1 Formulación de la hipótesis.

H_0 (Hipótesis Nula) = La selección adecuada del material de aporte en el procedimiento de soldadura SMAW **NO PERMITE** la unión del acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 y bajo carbono AISI 1018.

H_1 (Hipótesis Alternativa) = La selección adecuada del material de aporte en el procedimiento de soldadura SMAW **PERMITE** la unión del acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 y bajo carbono AISI 1018.

3.2.2 Verificación estadística.

Para la verificación de la hipótesis se aplicó la prueba “t” Student, la cual demuestra si la hipótesis es válida o no.

Tabla 3-24. Verificación estadística.

Probetas	Ensayo de Tracción			
	Sut (1)	(Sut(1)) ²	Sut (2)	(Sut(2)) ²
1	646,63	418130,35	615,02	378249,60
2	652,53	425795,40	609,93	372014,60
3	708,84	502454,14	610,70	372954,49
4	869,41	755873,74	624,03	389413,44
5	765,55	586066,80	608,37	370114,05
Total	3642,96	2688320,51	3068,05	1882746,18
Promedio	728,592	537664,08	613,609	376549,23

Fuente: [Autor]

Calculo de probabilidades.

Luego se procede con la determinacion de la probabilidad.

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

$$\text{Probabilidad (P)} = \frac{\alpha}{100} \quad \text{Ec. (10)}$$

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

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

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

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

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

Calculo del grado de libertad.

$$gl = (N_A - 1) + (N_B - 1) \quad \text{Ec. (11)}$$

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

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

$$gl = 8$$

Obtencion del “t” de Student de la tabla 3-38

Tabla 3-25 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

Fuente: [Autor]

Como se analiza para las 2 colas se tiene:

$$"t"_{tab} = \pm 2,3060$$

Calculo de varianza de la muestra.

$$scxa = \Sigma Ra^2 - \frac{\Sigma(Ra)^2}{n} \quad \text{Ec. (12)}$$

$$scxa = 2688320,43 - \frac{(3642,96)^2}{5}$$

$$scxa = 34088,91$$

$$scxb = \Sigma Rb^2 - \frac{\Sigma Rb^2}{n} \quad \text{Ec. (13)}$$

$$scxb = 1882746,18 - \frac{(3068,05)^2}{5}$$

$$scxb = 160,02$$

Varianza combinada.

$$Sc^2 = \frac{scxa+scxb}{(na-1)+(nb-1)} \quad \text{Ec. (14)}$$

$$Sc^2 = \frac{34088,91 + 160,02}{(5 - 1) + (5 - 1)}$$

$$Sc^2 = 4281,11$$

Desviacion estandar de las diferencias.

$$\overline{Sd} = \sqrt{Sc^2 \left(\frac{na+nb}{na*nb} \right)} \quad \text{Ec. (15)}$$

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

$$\overline{Sd} = \sqrt{4281,11 \left(\frac{5 + 5}{5 * 5} \right)}$$

$$\overline{Sd} = 41,38$$

Valor t

$$t = \frac{\overline{Xa} - \overline{Xb}}{\overline{Sd}} \quad \text{Ec. (16)}$$

$$t = \frac{728,592 - 613,609}{41,38}$$

$$t = 2,77$$

El valor calculado es mayor que del rango determinado en la tabla del “t” Student de $\pm 2,3060$ por lo cual solo se acepta la hipótesis H_1 , es decir el estudio permite la unión del acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 y bajo carbono AISI 1018 en el proceso de soldadura SMAW.

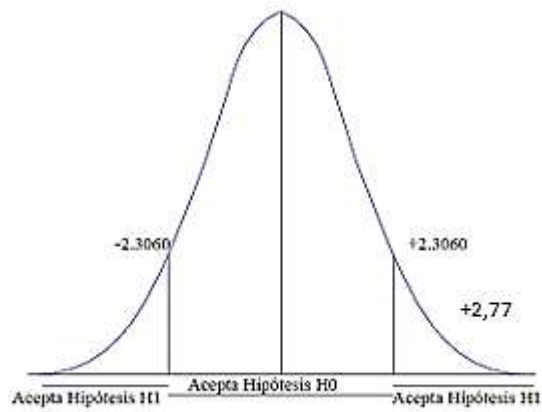


Figura 3-25. Campana de Gauss.

Como se observa que el valor calculado es $2,77$ el cual está fuera del valor definido por las tablas que son de ± 2.3060 , dando por válido la Hipótesis H1 alterna.

CAPITULO IV

4.1 CONCLUSIONES.

Una vez culminado los ensayos de tracción, impacto y dureza, en el análisis de material de aporte con el proceso de soldadura SMAW aplicado al acero inoxidable AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 y con el acero de bajo carbono AISI 1018, se obtuvo las siguientes conclusiones:

- Se determina que en el proceso de soldadura SMAW, el material de aporte E312-16 presenta mejores resultados combinados en las propiedades mecánicas, tanto en la unión del acero inoxidable AISI 420 con el acero de medio carbono AISI 1045 como el acero inoxidable AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018.
- Aplicando las especificaciones de la norma AWS B4.0 y con probetas de tracción de la unión del acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018 de dimensiones 120 mm de longitud, 50 mm de longitud calibrada y 13 mm de diámetro, se obtuvo mejores resultados utilizando el material de aporte E312-16.
- En el análisis de ensayo a impacto aplicando las especificaciones de la norma AWS B4.0 y con probetas de dimensiones 55 mm de longitud, 10 mm de ancho, 10 mm de espesor y con un entalle en “V” se obtuvo una mejor energía absorbida utilizando el material de aporte E308L-16 y la unión del acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018.
- Aplicando las especificaciones de la norma AWS B4.0 y con probetas para dureza de dimensiones 55 mm de longitud, 10 mm de ancho y 10 mm de espesor, se obtuvo una mejor dureza Vickers utilizando el material de aporte E308L-16 y la unión del acero inoxidable martensítico AISI 420 con el acero de bajo carbono AISI 1018.
- Los valores superiores de dureza en todas las probetas ensayadas se encuentran en la zona térmicamente afectada 2, entre la fusión de los dos materiales con el electrodo y el material base 2 que es el acero inoxidable martensítico AISI 420.

- En los ensayos de tracción, impacto y dureza se concluye, que el material de aporte E316L-16 no presenta buenos resultados a comparación de los materiales de aporte E308L-16 y E312-16 esto se debe a que no contiene una composición química similar de los materiales base lo cual genera una mayor probabilidad de que exista grietas e incluso roturas en el cordón de soldadura de las probetas.
- Las probetas de tracción, impacto y dureza de la unión de un acero inoxidable con un acero al carbono se obtuvieron mediante la norma AWS B4.0 en la cual indica cada una de las dimensiones que debe tener cada probeta para proceder a realizar los ensayos destructivos.
- El procedimiento de soldadura (WPS) elaborado para las juntas soldadas con ranura en X, en posición 1G cumple con los requerimientos de calificación establecidos en la AWS D1.6 (2017) y permite un proceso adecuado de fusión del cordón de soldadura.

4.2 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda realizar un chequeo de los electrodos para saber en qué estado se encuentra y evitar problemas al soldar y sobre todo que obliguen a retirar el cordón ya soldado y tener que volver a soldar.
- Al momento de realizar el proceso de soldadura SMAW se debe tener muy en cuenta el equipo de protección personal (EPP) y poder evitar lesiones y quemaduras.
- Es recomendable utilizar gafas transparentes al momento de maquinar las probetas, porque la viruta se desprende en diferentes direcciones lo que puede ocasionar lesiones muy graves en la vista.
- Se debe utilizar herramientas adecuadas para desprender la escoria de la junta soldada como el cepillo de alambre, cinces de acero inoxidable y realizar una mejor limpieza en el cordón de soldadura.
- En el proceso de maquinado de las probetas se debe tomar en cuenta la velocidad de avance y corte, para impedir el recalentamiento de las probetas y así evitar que se alteren las propiedades en las juntas soldadas.
- Al momento de colocar las probetas en la máquina universal para el ensayo de tracción tener mucho cuidado con las mordazas para la fijación de la probeta,

también antes de colocar la probeta retirar primero la carga aplicada en la prensa para no obtener valores erróneos y una mejor gráfica de esfuerzo – deformación.

- Antes de realizar el ataque en las probetas para los ensayos de dureza se debe lijar hasta tener una cara de la probeta sin defectos para facilitar el ataque y obtener mejores resultados.
- Es recomendable que luego del ataque a las probetas se debe lavar con agua o alcohol e inmediatamente se debe secar con aire, en el caso de ocupar agua es necesario secarla con aire rápidamente para evitar la formación de manchas de óxidos.
- Al momento de manipular las probetas atacadas se recomienda utilizar guantes de látex o pinzas por dos razones fundamentales la primera no tener inconvenientes con el reactivo y la segunda no manchar de impurezas o grasas la superficie de la misma.
- Se recomienda para estudios posteriores con el acero inoxidable martensítico AISI 420 realizar un tratamiento térmico post-soldadura para mejorar la unión soldada con el acero de medio carbono AISI 1045 y con el acero de bajo carbono AISI 1018.

MATERIALES DE REFERENCIA.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] W.F. Naula Sangucho, Análisis de variación de electrodos en un proceso de soldadura SMAW en acero inoxidable AISI 304 austenítico y su incidencia en las mecánicas. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2014.
- [2] O. F. Tene Salazar, Estudio de la temperatura de precalentamiento en el procedimiento de soldadura SMAW en el hierro fundido gris y su incidencia en las propiedades mecánicas de la junta soldada. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2013.
- [3] J. P. Muquinche Puca, Estudio del proceso de soldadura SMAW en la fabricación de columnas armadas en estructuras metálicas en la empresa “Metal mecánica Antonio Tirado” y su incidencia en las propiedades mecánicas. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015.
- [4] L. M. Villegas Freire, Análisis de la tasa de corrosión en la cámara de niebla salina de las juntas soldadas de acero estructural A-36 mediante proceso SMAW con los electrodos de acero al carbono utilizando un recubrimiento anticorrosivo a base de solvente. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.
- [5] J. R. Sailema Chuquiana, Estudio de los procesos de soldadura FCAW y SMAW en acero ASTM A588 grado A y su incidencia en las propiedades mecánicas en la fabricación de vigas metálicas en puentes colgantes. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2014.
- [6] J. L. Telenchana Yanqui, “Análisis de revestimiento duros en uniones soldadas de acero A36 mediante el proceso SMAW y su incidencia en las propiedades mecánicas. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2013.
- [7] J. Cembrero, “Ciencia y tecnología de Materiales. Cuestiones y Problemas”. Madrid, 2005.
- [8] Solter. (s. f). solter.com. Recuperado el 12 Mayo de 2015.
- [9] A. Manz. E. Hornberger. Manual de soldadura, México: Limusa, 2013, pp. 199-256.

- [10] W. Galvery. F. Marlow. Guía de soldadura para el técnico profesional. Mexico: Limusa, 2007, pp. 80- 127.
- [11] R. Ospina. H. Aguirre. H. Parra, Soldadura en aceros inoxidable y aceros disimiles, Scientia et Technica, vol. Primero, n° 34, pág. 274, 2007.
- [12] J. Shackelford. Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros. 7th Edición. Madrid: Pearson Educación, 2010, pp. 366- 416.
- [13] D. Askeland. W. Wringht. Ciencia e ingeniera de materiales. 7th Edición. Mexico: Cengage Learning, 2017, pp. 462-485.
- [14] S. A. Leal. Alanís, Caracterización de aceros inoxidable y estudio de su resistencia mecánica y conformabilidad. Universidad Autónoma de Nuevo león, San Nicolás de los Garza, 2011.
- [15] C. Maldonado. A. Sotomayor, Estudio de soldabilidad del acero resistente a alta temperatura AISI 314 mediante el proceso de soldadura GTAW, Escuela superior Politécnica Nacional, Quito, 2013.
- [16] J. Ramírez, El Acero, Universidad de Pamplona, Colombia, 2010.
- [17] The Lincoln Electric Company. The procedure Handbook of arc welding, Cleveland, Ohio 44117, 1973.
- [18] Calvo Sealing. Classification aceros inoxidable, ICP, Barcelona, 2010.
- [19] B. J. Flores Rodríguez, Secuencia de procesamiento de aceros inoxidable martensíticos, Universidad Autónoma de Nuevo león, San Nicolás de los Garza, 1996.
- [20] J. Montes. J. Cintas. Ciencia e Ingeniería de los materiales. 1ª Edición. Madrid: Paraninfo, 2014, pp. 173-233
- [21] H. Horwitz. Soldadura Aplicaciones y Práctica. México: Alfaomega, 1997, pp. 547- 558.
- [22] J. O. Chávez Sarango, Estudio de la soldabilidad entre un acero inoxidable y un acero al carbono mediante el proceso de soldadura por fricción. Universidad Politécnica Nacional, Quito, 2017.
- [23] H. Reyes, El mundo de la soldadura. Cuarta edición. Peru: Heur, 2010, pp 1-27.

- [24] INDURA, Manual de aceros inoxidable, Indura S.A, Chile, 2001.
- [25] J. Cherre, Soldadura. Primera Edición. Perú: San Marcos, 2003, pp 11-14.
- [26] INFRA, Manual de electrodos para soldar, 2009.
- [27] J. Arias. Introducción a la soldadura eléctrica. Tercera edición, Thomson, 2003, pp 29-35.
- [28] Lincoln Electric. Guía del Soldador, 2010.
- [29] L. Koellhoffer. Manual de soldadura. Primera edición. México: Limusa, 1998, pp 267-275.
- [30] A. Martínez. Manual de soldadura con arco eléctrico. Primera edición. México: Trillas, 2011, pp 55
- [31] R. Echevarría, Defectología, Universidad Nacional de COMAHUE, Neuquén, 2002.
- [32]. Nuñez, A. Roca, "Comportamiento Mecánico de los Materiales", Barcelona: Graficas Rey S.I., 2011, pp 110
- [33] N. Martin. Ciencia de materiales para ingenieros. Primera edición. España: Pearson Educación, 2012, pp 290-310
- [34] C. Rodríguez, Ensayos destructivos y no destructivos y su efecto sobre la calidad de las tolvas para volquetas producidas por I.M.E.S.C.O, Ambato, 2012.
- [35] R. Rowe. Manual de soldadura GMAW(MIG-MAG). España: Paraninfo, 2008, pp. 169-186.
- [36] M. Soldadura eléctrica manual. México: Limusa, Segunda Edición, 2008, pp. 297-305.
- [37] D. Askeland. W. Wringht. Ciencia e ingeniera de materiales. Primera Edición. España: Marcombo, 2014, pp. 74-91.
- [38] W. Pastor. Introducción a metalurgia de soldadura. Ecuador. Chimborazo, 2004, pp, 151- 161.
- [39] IBCA, Catálogo de productos, Ivan Bohman C.A, Ecuador, Tercera Edición.
- [40] KISWEL, Covered Electrodes, Welding Products, USA, 2019.

ANEXOS

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



DEPARTAMENTO TÉCNICO

ACERO INOXIDABLE MARTENSITICO				
			420	
			(SIMILAR AISI TIPO 420)	
ANALISIS QUIMICO TIPICO	Carbono	0.15 mín.	Silicio	1.00 máx.
	Manganeso	1.00 máx.	Cromo	12.00 / 14.00
	Fósforo	0.04 máx.		
	Azufre	0.03 máx.		
DESCRIPCION	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:		Sódico potásico, cálcico y amoniaco, 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.	
APLICACIONES	El tipo 420 ha sido utilizado para: Cuchillos, instrumentos quirúrgicos y dentales, tijeras, válvulas de bola, engranes flechas, levas, pivotes etc.		Cuando se requiera para moldes de plástico se deberá especificar dicha aplicación.	
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

PROPIEDADES FÍSICAS

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

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

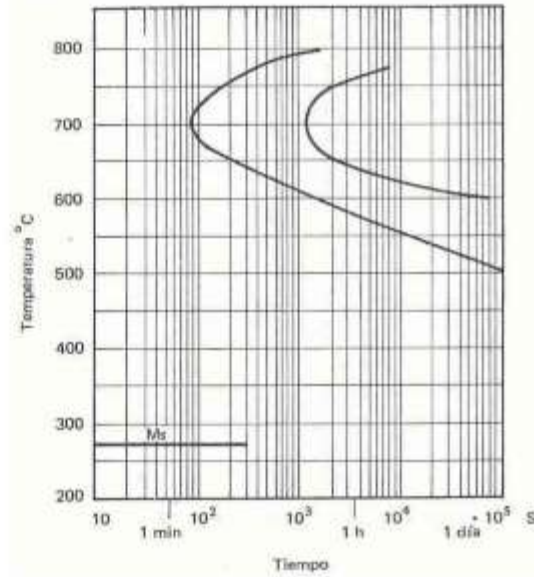
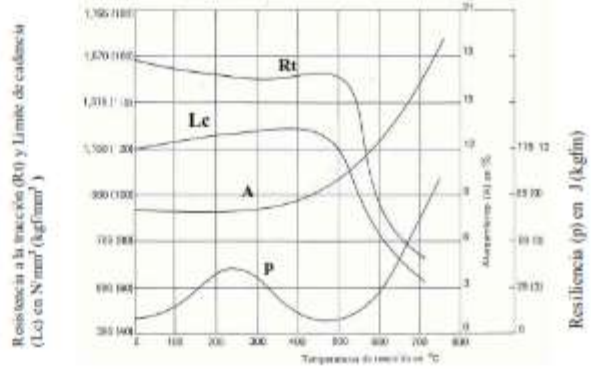


Fig. 2 PROPIEDADES MECANICAS EN FUNCION DE LA TEMPERATURA DE REVENIDO



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

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



Vira

Elija una forma de buscar en nuestro catálogo on-line

Select

Propiedades Eléctricas

Resistividad Eléctrica (μOhmcm)	65
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)	880

Propiedades Térmicas

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

ANEXO A-2: Especificaciones del acero al carbono AISI 1045.

SOLDADURA

Este acero se puede soldar fácilmente, se recomienda soldadura A.W.S clase E-6010, E-6011, E-6013 de la American Welding Society.

ACERO SAE 1045

DIN	CK - 45
UNI	C - 45
AFNOR	XC - 45
SAE	1045

CARACTERÍSTICAS DE EMPLEO

SAE 1045 es un acero grado ingeniería de aplicación universal que proporciona un nivel medio de resistencia mecánica y tenacidad a bajo costo con respecto a los aceros de baja aleación. Frecuentemente se utiliza para elementos endurecidos a la llama ó por inducción. Este acero puede ser usado en condiciones de suministro: laminado en caliente o con tratamiento térmico (templado en aceite y revenido; ó templado en agua y revenido).

SAE 1045 es un acero de baja templabilidad que puede ser endurecido totalmente en espesores delgados por temple en agua. En secciones más gruesas se puede obtener un endurecimiento parcial de la sección de la pieza y el incremento de la resistencia será proporcional a la capa o espesor endurecido, al ser deformado en frío se presenta un incremento en la dureza y la resistencia mecánica.

COMPOSICIÓN QUÍMICA	C %	Mn %	P máx. %	S máx. %	Si máx. %
Análisis típico en %	0.43 0.50	0.8 0.9	0.04	0.05	0.2 0.4

Estado de suministro: Recocido
Dureza de suministro: 180 - 200 Brinell

PROPIEDADES FÍSICAS

Estos valores son obtenidos a partir de probetas bajo condiciones específicas de laboratorio y deben ser usados como referencia.

- Densidad → 7.85 gr/cm³.
- Módulo de elasticidad → 2×10^{11} Pa (24×10^6 PSI).
- Conductividad térmica → 52 W/(m²°C).
- Calor específico J/(Kg²K) → 460
- Coefficiente de Poisson → 0,3
- Resistividad eléctrica (microhm-cm):
a 32°F = 16.2
a 212°F = 22.3
- Coefficiente de dilatación térmica / °C
(20 - 100°C) 12.3×10^{-6}
(20 - 200°C) 12.7×10^{-6}
(20 - 400°C) 13.7×10^{-6}

PROPIEDADES TÍPICAS A TEMPERATURA AMBIENTE SIN ENDURECIMIENTO			
Diámetro de la barra: 12 a 38 mm			
Propiedad	Laminado en caliente	Normalizado	Recocido
Resistencia a la tracción MPa	655	655	620
Punto de fluencia MPa	413	413	379
% de elongación	23	23	26
% de reducción de área	44	45	53
Dureza brinell (3000 kg.)	190	190	180

Clas. General de Aceros | 489-05

3



PROPIEDADES TÍPICAS A TEMPERATURA AMBIENTE CON TEMPLE EN ACEITE - REDONDO DE 25 MM

(Temple en aceite desde 820°C, revenido a la temperatura indicada)

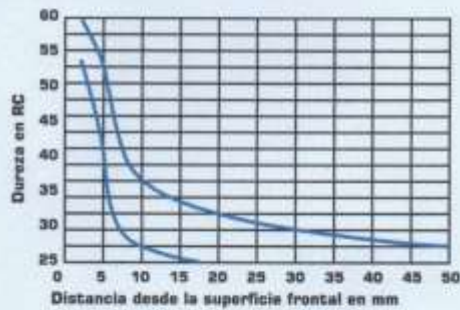
Temperatura de revenido °C	Resistencia a la tracción MPa	Punto de Fluencia MPa	Elongación (en 50 mm) %	Reducción de área %	Dureza Brinell (3000 Kg.)
320	865	655	11	34	278
430	875	621	15	39	257
540	793	558	18	45	228
650	703	482	23	51	203
705	641	462	25	55	195

PROPIEDADES TÍPICAS A TEMPERATURA AMBIENTE CON TEMPLE EN AGUA - REDONDO DE 25 MM

(Temple en agua desde 820°C, revenido a la temperatura indicada)

Temperatura de revenido °C	Resistencia a la tracción N/mm ²	Punto de Fluencia N/mm ²	Elongación (en 50 mm) %	Reducción de área %	Dureza Brinell (3000 Kg.)	Impacto (200 ft - lb)
320	1034	786	8	33	313	15
430	985	731	13	43	281	24
540	827	621	18	52	242	38
650	717	503	24	60	210	61
705	688	455	27	62	198	70

BANDA DE TEMPLABILIDAD



TRATAMIENTOS TÉRMICOS

TRATAMIENTO TÉRMICO	TEMPERATURA °C	MEDIO DE ENFRÍAMIENTO
Forja	850 - 1100	Arene seca
Normalizado	856 - 900	Aire
Recocido total	615 - 665	Horno
Recocido posterior al trabajo en frío	585 - 662	Horno luego aire
Temple (*)	815 - 870	Agua - aceite
Revenido		Aire

* El enfriamiento en aceite minimiza la deformación sin garantizar la máxima dureza. Hasta 12 mm de diámetro con enfriamiento en aceite se consigue un temple aceptable en el centro de la pieza.

ANEXO A-3: Especificaciones del acero al carbono AISI 1018.

EJES

ACERO DE TRANSMISIÓN

Especificaciones Generales:

Norma: AISI 1018

Descripción: Es un acero de cementación no aleado principalmente utilizado para la elaboración de piezas pequeñas, exigidas al desgaste y donde la dureza del núcleo no es muy importante.

Aplicaciones: Levas uniones, bujes, pines, pivotes, pernos grado 3.

Largo: 6 mts



EJES

COMPOSICIÓN QUÍMICA

%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,04	0 - 05

PROPIEDADES MECÁNICAS

RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²)	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
410 - 520	235	20	143

DIMENSIONES

DIÁMETRO

3/8"
1/4"
5/8"
3/4"
7/8"
1"
1-1/4"
1-1/2"
1-3/4"
2"
2-1/4"
2-1/2"
2-3/4"
3"
3-1/2"
4"
4-1/2"
5"
6"

ANEXO A-4: Especificaciones del electrodo E308L-16.



Classifications

EN 1600:1997	: E 19 9 L R 12	KS D 7014	: E308L-16
AWS A5.4-06	: E308L-16	JIS Z 3221	: ES308L-16

Description

- Covering is lime titania type for welding of 18%Cr-8%Ni stainless steel. (AISI 301, 302, 304, 308)
- 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.
- Redry the electrode at 250-350°C for 30-60 minutes prior to use.

Welding positions



Typical chemical composition of all-weld metal (%)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
0.03	0.80	0.84	0.023	0.016	9.6	19.3	0.2	0.3

Typical mechanical properties of all-weld metal

	Y.S (0.2%OS) (MPa)	T.S (MPa)	El. (%)	Remarks
AWS A5.4		min. 520	min. 35	
EN 1600	min. 320	min. 510	min. 30	
Example	430	600	44	AW

* AW : As-Welded

Sizes available and recommended currents (AC or DC +)

Dia.	(mm)	2.0	2.6	3.2	4.0	5.0
Length	(mm)	250	350	350	350	350
Amp.	F	40-50	55-80	90-130	110-150	140-180
(A)	V · OH	35-45	40-60	70-90	90-130	

Approvals

ABS	BV	GL	LR
E308L-16	UP	4306	304Lm

* Others : CWB, TÜV, CE

ANEXO A-5: Especificaciones del electrodo E316L-16.



Classifications

EN 1600:1997	: E 19 12 3 L R 12	KS D 7014	: E316L-16
AWS A5.4-06	: E316L-16	JIS Z 3221	: ES316L-16

Description

- Covering is lime titania type for welding of 18%Cr-12%Ni-Mo stainless steel. (AISI 316) or dissimilar steels.
- Especially suitable for flat and horizontal fillet welding.
- Excellent corrosion resistance against sulphurous acid, phosphoric acid and acetic acid.
- Redry the electrode at 250-350°C for 30-60 minutes prior to use.

Welding positions



Typical chemical composition of all-weld metal (%)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
0.03	0.72	1.08	0.028	0.013	12.5	18.4	2.5	0.3

Typical mechanical properties of all-weld metal

	Y.S (0.2%OS) (MPa)	T.S (MPa)	El. (%)	Remarks
AWS A5.4		min. 490	min. 30	
EN 1600	min. 320	min. 510	min. 25	
Example	440	570	43	AW

* AW : As-Welded

Sizes available and recommended currents (AC or DC +)

Dia.	(mm)	2.0	2.6	3.2	4.0	5.0
Length	(mm)	250	350	350	350	350
Amp.	F	40-50	55-70	80-110	120-150	140-180
(A)	V · OH	35-45	45-60	70-90	90-130	-

Approvals

ABS	BV	DNV	GL	KR	LR
E316L-16	UP	316L	4435	RD316L	316Lm

* Others : CWB, TÜV, CE

ANEXO A-6: Especificaciones del electrodo E312-16.



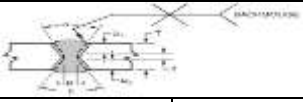
	Covered Electrodes AWS E309MoL-16 KST-309MoL-16				AWS E310-16 KST-310-16				Stainless Steel AWS E312-16 KST-312-16			
Typical Applications	Build-up welding of AISI(SUS)316 clad steel or dissimilar steels.				Welding of AISI(SUS) 3105, SCS 18 and clad side of 18%Cr-8%Ni stainless clad steels.				Welding of 29%Cr-9%Ni type cast steels and difficult-to-weld steels. Joint welding and hardfacing of stainless steel and heat-resisting steels.			
Characteristics Of Usage	1. Excellent crack resistance especially in the welding of dissimilar steels such as stainless steel to carbon steel.				1. The deposited weld metal has optimized austenitic structure. 2. Good mechanical property and heat resistance of the deposited weld metal.				1. Improved crack resistance due to high quantity of ferrite in the deposited weld metal.			
Weld Metal Composition	Carbon	0.03 %	Silicon	0.76 %	Carbon	0.11 %	Silicon	0.40 %	Carbon	0.08 %	Silicon	0.45 %
	Manganese	1.78 %	Chromium	23.2 %	Manganese	1.86 %	Chromium	25.6 %	Manganese	1.30 %	Chromium	29.1 %
	Nickel	13.1 %	Molybdenum	2.4 %	Nickel	20.8 %			Nickel	8.5 %		
Mechanical Properties	T-S (psi)	85,572	EI	41 %	T-S (psi)	85,572	EI	40 %	T-S (psi)	111,679	EI	24 %
						40 % HNO ₃	0.08 g/m ² · hr					
Available Sizes / Rec. Parameters	Dia in (mm)	Length in (mm)	Amp Flat V&OH		Dia in (mm)	Length in (mm)	Amp Flat V&OH		Dia in (mm)	Length in (mm)	Amp F V&OH	
	5/64 (2.0)	9.8 (250)	30-55	25-45	5/64 (2.0)	9.8 (250)	30-50	25-45	3/32 (2.4)	11.8 (300)	40-80	35-75
	3/32 (2.4)	11.8 (300)	55-80	45-60	3/32 (2.4)	11.8 (300)	50-80	40-60	1/8 (3.2)	13.8 (350)	70-110	70-90
	1/8 (3.2)	13.8 (350)	90-120	70-90	1/8 (3.2)	13.8 (350)	80-110	70-90	5/32 (4.0)	13.8 (350)	110-140	80-120
	5/32 (4.0)	13.8 (350)	100-140	90-130	5/32 (4.0)	13.8 (350)	110-140	90-130	3/16 (5.0)	13.8 (350)	140 -180	-
	3/16 (5.0)	13.8 (350)	140 -180	-	3/16 (5.0)	13.8 (350)	140 -180	-				
Packaging	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			
Approved	KR				CWB							





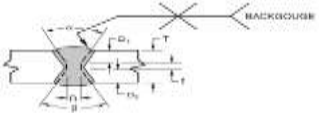
KISWEL Supplier... For The Highest Demands
WELDING PRODUCTS

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



ANEXO B-1: 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		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 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 1045	Limpieza en pases:	SI	Método:	GRATA
Grado:		N/A	N/A	PRECALENTAMIENTO			
Espesor:		N/A	N/A	AISI 420		300°C	
				AISI 1045		200°C	
Diámetro (Tubería):		15 mm	15 mm	Temperatura interpase		160°C	
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:		Christian Acosta			Fecha:		15-10-2019
Aprobado por:		Ing. Mg. Henry Vaca			Institución:		UTA.



ANEXO B-2: 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:	Spray:
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 1045		Limpieza en pases:	SI	Método:	GRATA
Grado:	N/A	N/A		PRECALENTAMIENTO			
Espesor:	14 mm	14 mm		AISI 420	300°C		
				AISI 1045	200°C		
Diámetro (Tubería):				Temperatura interpase		160°C	
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:		Christian Acosta		Fecha:		15-10-2019	
Aprobado por:		Ing. Mg. Henry Vaca		Institución:		UTA.	

ANEXO B-3: 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			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			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 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 1045		Limpieza en pases:	SI	Método:	GRATA				
Grado:		N/A	N/A		PRECALENTAMIENTO							
Espesor:		N/A	N/A		AISI 420			300°C				
					AISI 1045			200°C				
Diámetro (Tubería):		15 mm	15 mm		Temperatura interpase			160°C				
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												
AWS DESIGNACION	∅ (pul)	CORRIENT. (A) (120-160)	VOLTAJE (V)	T° Max Pre.	T°C máxima INTERPASS							
E 312-16	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:		Christian Acosta			Fecha:		15-10-2019					
Aprobado por:		Ing. Mg. Henry Vaca			Institución:		UTA.					

ANEXO B-4: PQR. Procedimiento de soldadura probetas de impacto y dureza.






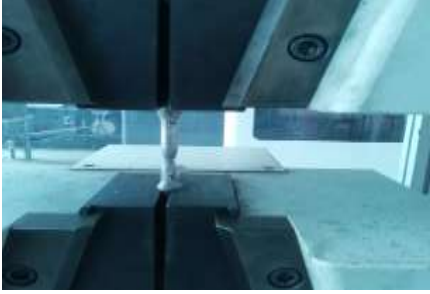

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
PQR ESPECIACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA							
Institución:		Universidad Técnica de Ambato		Identificación N°		WPS PT	
Proceso de soldadura		SMAW		Soporte de PQR N°		PA-ECU-PQR-001	
Tipo:	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:	Spray:
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 1045		Limpieza en pases:	SI	Método:	GRATA
Grado:	N/A	N/A		PRECALENTAMIENTO			
Espesor:	14 mm	14 mm		AISI 420	300°C		
				AISI 1045	200°C		
Diámetro (Tubería):				Temperatura interpase		160°C	
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							
AWS DESIGNACION	∅ (pul)	CORRIENT (A)(120-160)	VOLTAJE (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:	Christian Acosta			Fecha:	15-10-2019		
Aprobado por:	Ing. Mg. Henry Vaca			Institución:	UTA.		

ANEXO B-5. Proceso de corte y soldadura.








<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">CORTE DE LAS PLACAS</p>	<p>Corte de las probetas según el código AWS D1.6</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>PROCESO DE CORTE Y SOLDADURA</p> </div>  </div>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">EQUIPOS</p>	<p>Calibración del equipo de soldadura.</p> 	<p>Verificación del calentamiento de los electrodos para la soldadura.</p> 
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">SOLDADURA</p>	<p>Pre calentamiento de la placa.</p> 	<p>Soldadura de las placas.</p> 
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">SOLDADURA</p>	<p>Limpieza de la escoria.</p> 	<p>Placa soldada.</p> 

PROBETAS	<p>Probetas de impacto y dureza.</p> 	<p>Probetas de tracción.</p> 
	<p>Elaborado: Christian Acosta</p>	<p>Revisado: Ing. Mg. Henry Vaca</p>








ANEXO B-6. Proceso para las probetas de tracción.

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">CORTE DE LAS PLACAS</p>	<p>Corte de las probetas para el ensayo de tracción (probetas circulares) según el código AWS D1.6</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-right: 20px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">ENSAYO DE TRACCIÓN</p> </div>  </div>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">AYUDANTE TESISTA</p>	<p>Verificación de medidas y control de calidad AWS B4.0</p> 	<p>Maquinado de las probetas luego del proceso de soldadura.</p> 
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">ENSAYOS</p>	<p>Medida de las probetas antes del ensayo.</p> 	<p>Máquina de ensayos universal para metales AWS b4.0</p> 
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Christian Acosta</p>	<p>Análisis de las probetas en la máquina.</p> 	<p>Diagrama esfuerzo vs deformación</p> 
<p>Elaborado: Christian Acosta</p>		<p>Revisado: Ing. Mg. Henry Vaca</p>

ANEXO B-7. Proceso para las probetas de impacto.

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">CORTE DE LAS PLACAS</p>	<p>Corte de las probetas para el ensayo de impacto (probetas rectangulares) según el código AWS D1.6</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-right: 20px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">ENSAYO DE IMPACTO</p> </div>  </div>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">AYUDANTE TESISTA</p>	<p>Verificación de medidas y control de calidad AWS B4.0</p>  <p>Maquinado de las probetas luego del proceso de soldadura.</p> 
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">ENSAYO</p>	<p>Máquina para realizar el entalle en las probetas.</p>  <p>Elaboración del entalle en V de las probetas.</p> 
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Christian Acosta</p>	<p>Máquina de ensayo Charpy PIC 450J.</p>  <p>Probetas ensayadas.</p> 
<p>Elaborado: Christian Acosta Revisado: Ing. Mg. Henry Vaca</p>	

ANEXO B-8. Proceso para las probetas de dureza.

<p>CORTE DE LAS PLACAS</p>	<p>Corte de las probetas para el ensayo de dureza (probetas rectangulares) según el código AWS D1.6</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-right: 20px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">ENSAYO DE DUREZA</p> </div>  </div>	
<p>AYUDANTE TESISTA</p>	<p>Verificación de medidas y control de calidad AWS B4.0</p> 	<p>Maquinado de las probetas luego del proceso de soldadura.</p> 
<p>ENSAYO</p>	<p>Líquido revelador para el cordón de soldadura.</p> 	<p>Probetas reveladas</p> 
<p>Christian Acosta</p>	<p>Máquina para ensayo de dureza. Micro-durómetro FUTURE TECH.</p> 	<p>Probetas ensayadas. Evaluación del ensayo de dureza.</p> 
<p>Elaborado: Christian Acosta</p>		<p>Revisado: Ing. Mg. Henry Vaca</p>

ANEXO C-1: Código de soldadura para aceros inoxidable

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, respectively, 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, G2.2).

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.

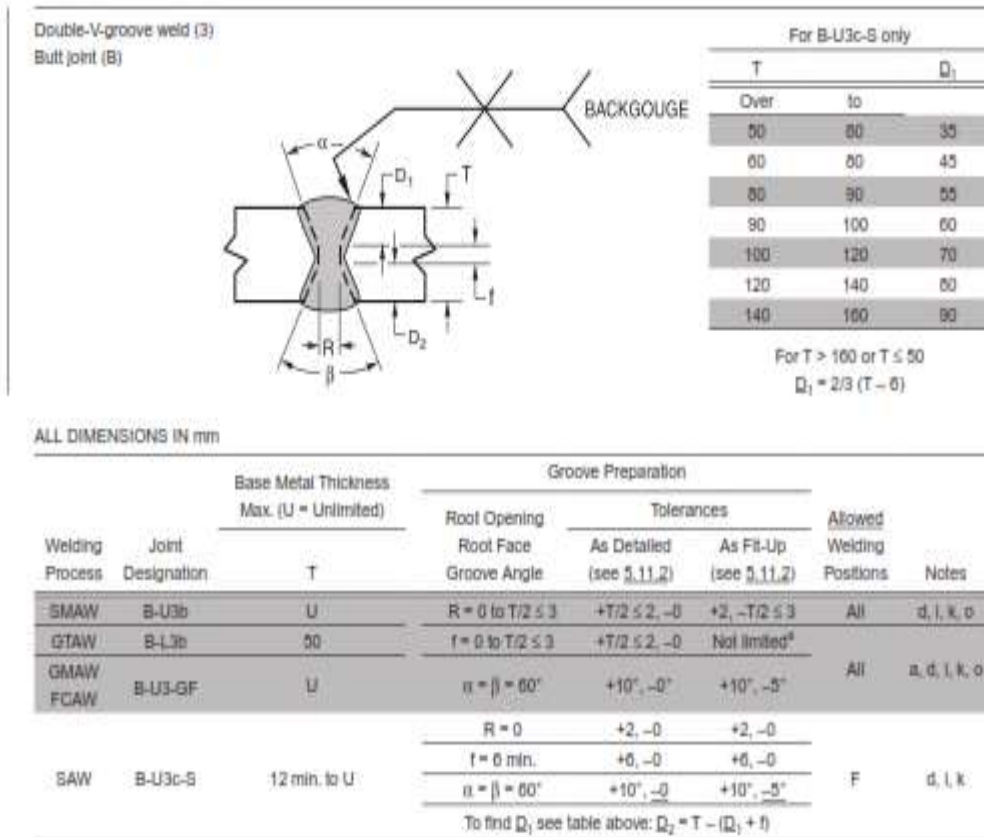
4.15 Combinations of Different Types of Welds

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 C-3: Diseño de conexiones soldadas.



^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]**

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-1.2b or B-L6 of Figure 5.4, whichever is appropriate, and shall conform with all other requirements of Clause 5.

ANEXO D: NORMA AWS B4.0.

ANEXO D-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

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

³ ASTM 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

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

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

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

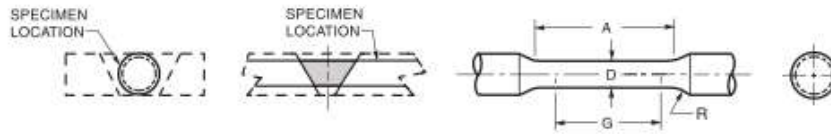
4.9 Report. In addition to the requirements of applicable documents, the report shall include the following:

- (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.

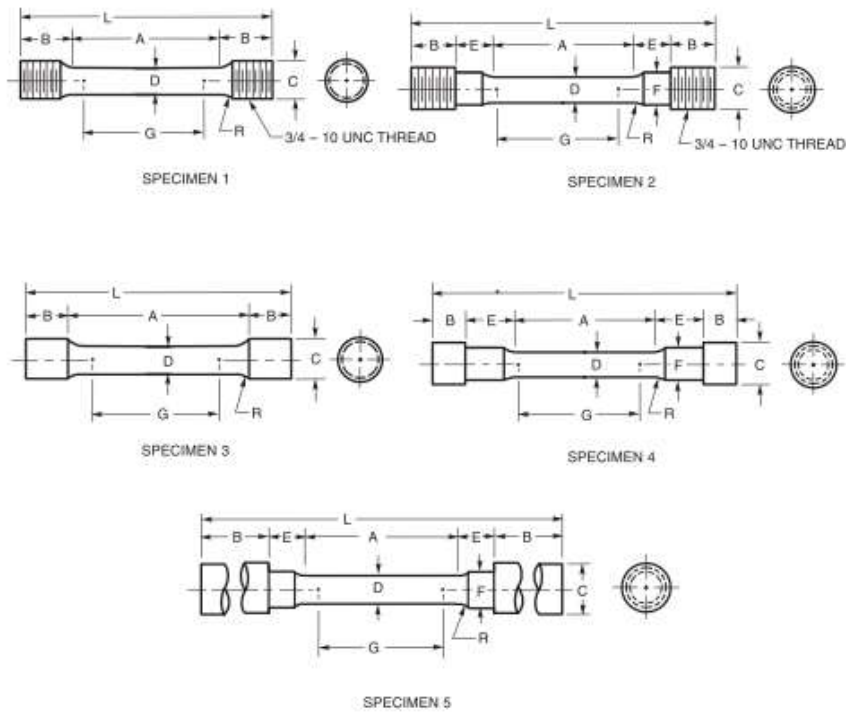


	Dimensions				
	Standard Specimen		Small-size specimens proportional to standard specimen		
	In (mm)	In (mm)	In (mm)	In (mm)	In (mm)
Nominal Diameter	0.500 (13)	0.350 (9)	0.250 (6)	0.160 (4)	0.113 (3)
G. gage length	2.000 ± 0.005 (50 ± 0.127)	1.400 ± 0.005 (35 ± 0.127)	1.000 ± 0.005 (25 ± 0.127)	0.640 ± 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:

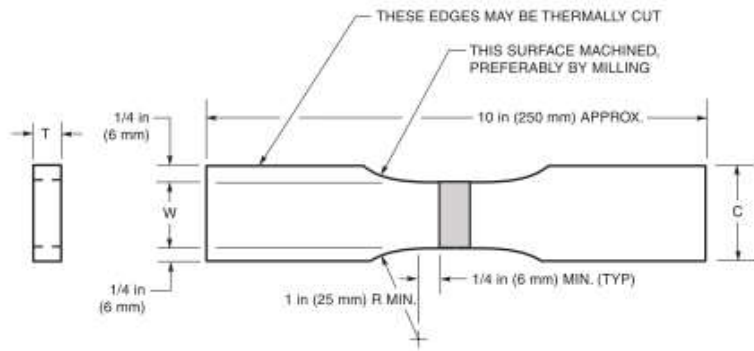
1. The reduced section may have a gradual taper from the ends toward the center with the ends not more than 1% larger in diameter than the center (controlling dimension).
2. If desired, the length of the reduced section may be increased to accommodate an extensometer of any convenient gage length. Reference 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

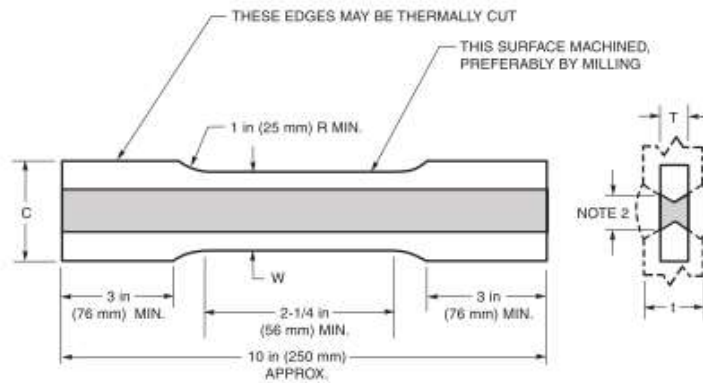


T	W
<1 in (25 mm)	1.50 in ± 0.01 in (38 mm ± 0.25 mm)
≥1 in (25 mm)	1.00 in ± 0.01 in (25 mm ± 0.25 mm)

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)

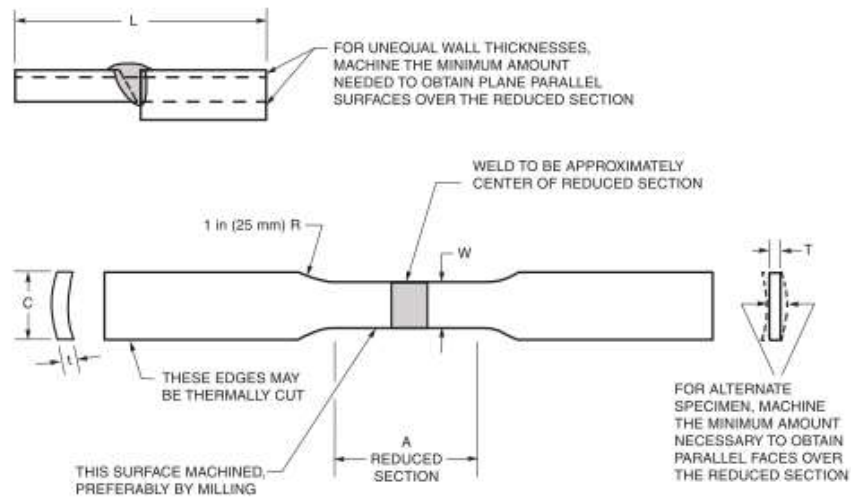


Dimensions		
	Specimen 1 in (mm)	Specimen 2 in (mm)
W = width	1 ± 0.05 (25 ± 1.25)	1-1/2 ± 0.125 (38 ± 3)
B = width of weld	1/2 (13) approx.	3/4 (19) approx.
nominal C = width of grip section	1-1/2 (38)	2 (50)

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 ± 1/64 (13 ± 0.4)	3/4 (19) approx.	2-1/4 (60) min.
2	3/4 ± 1/32 (20 ± 2.4)	1 (25) approx.	2-1/4 (60) min. 4-1/2 (115) min.
3	1 ± 1/16 (25 ± 1.6)	1-1/2 (38) approx.	2-1/4 (60) min. 4-1/2 (115) min.
4	1-1/2 ± 1/8 (38 ± 3.2)	2 (50) approx.	2-1/4 (60) min. 4-1/2 (115) min. 8 (229) min.

- Notes:
1. The weld reinforcement and backing, if any, shall be removed flush with the specimen.
 2. Alternate specimen shall not be used for nominal wall thickness less than 3/8 in (10 mm).
 3. Only grip sections of the specimen may be flattened.
 4. In the case of full wall thickness specimens, cross-sectional area may be calculated by multiplying W and t (t = T).
 5. T is the thickness of the test specimen as provided for in the applicable specification.
 6. 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.
 7. The grip section of the specimen shall be symmetrical with the center line of the reduced section within 1/8 in (3 mm).
 8. All surfaces in the reduced section shall be no rougher than 125 microns (3 micrometers) R_a .
 9. 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

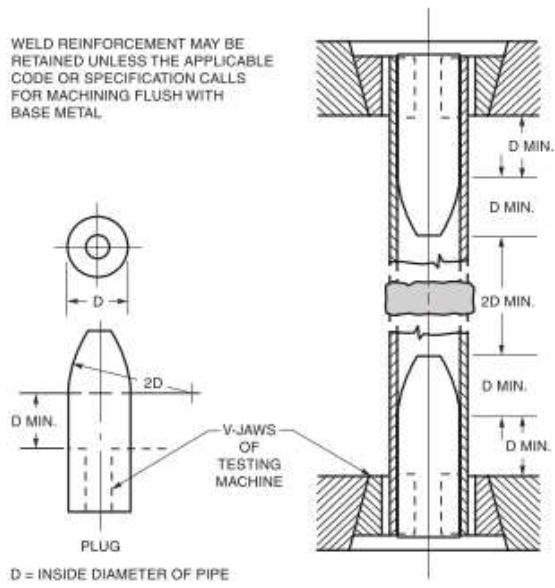


Figure 4.5—Full Section Tension Specimen for Pipe

ANEXO D-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 (DWNDT) 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

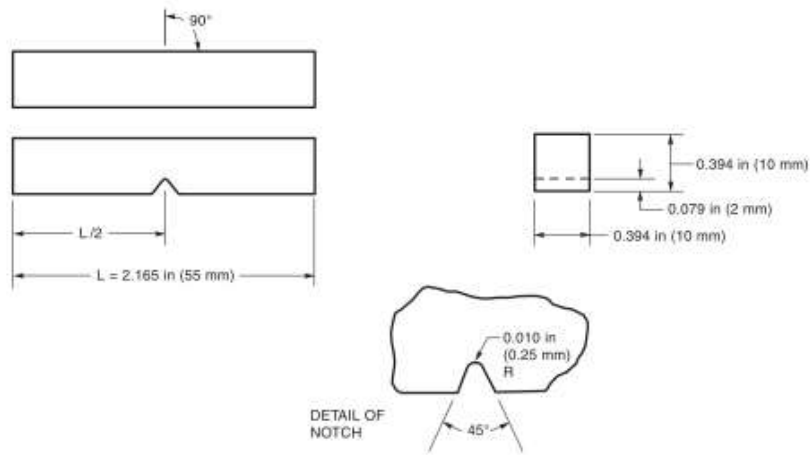
(7) Crack-Tip Opening Displacement (CTOD) Fracture Toughness, E 1290.

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	$90^\circ \pm 2^\circ$
Adjacent sides shall be at	$90^\circ \pm 10$ 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	$\pm 1^\circ$
Radius of notch	± 0.001 in (0.025 mm)
Notch depth	± 0.001 in (0.025 mm)
Finish requirements	63 microlinches (1.5 micrometers) R_a on notched surface and opposite face; 125 microlinches (3 micrometers) R_a on other two surfaces

Figure 7.1—Charpy V-Notch Impact Specimen

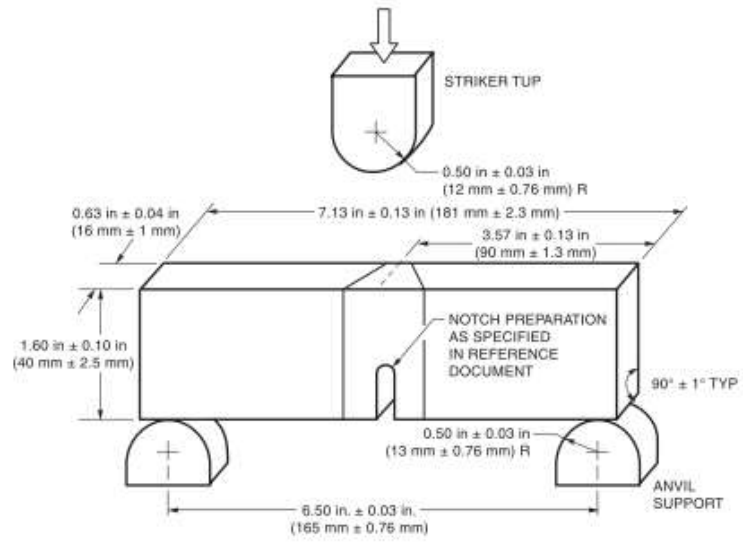
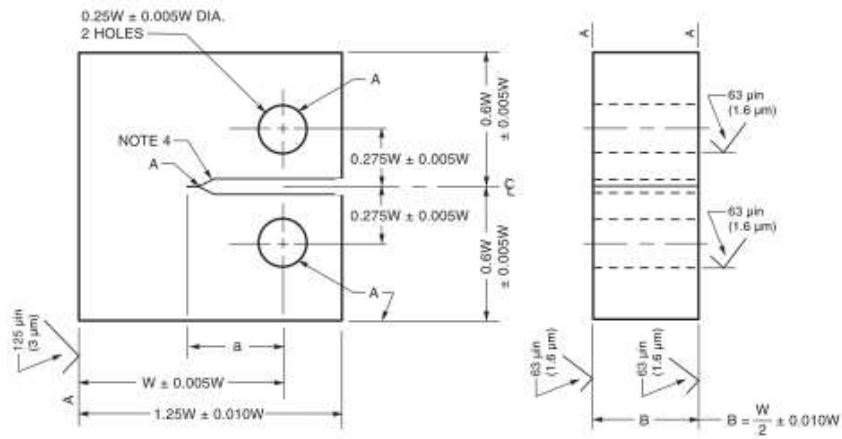
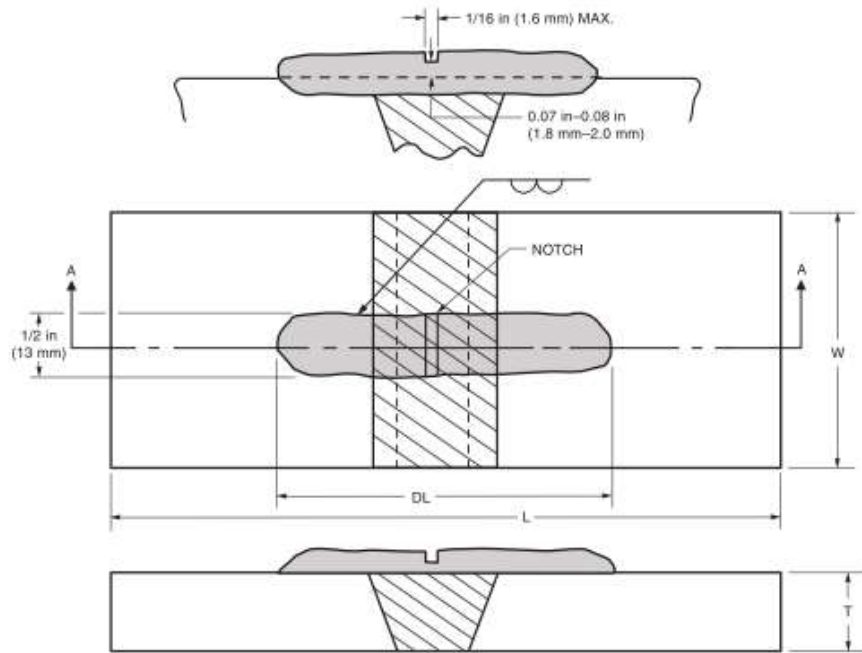


Figure 7.2—Dynamic Tear Test Specimen, Anvil Supports, and Striker



- 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

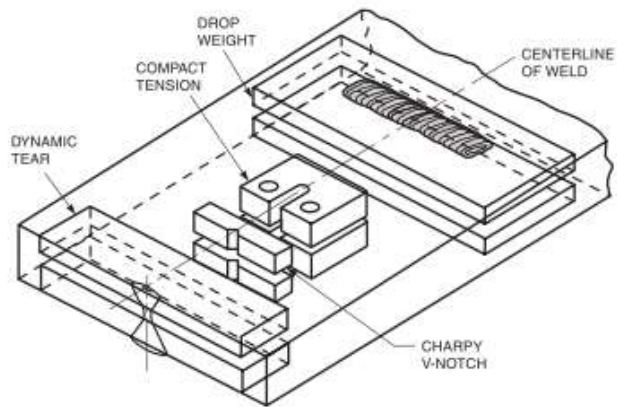


Figure 7.5—Orientation of Weld Metal Fracture Toughness Specimens in a Double-Groove Weld Thick Section Weldment

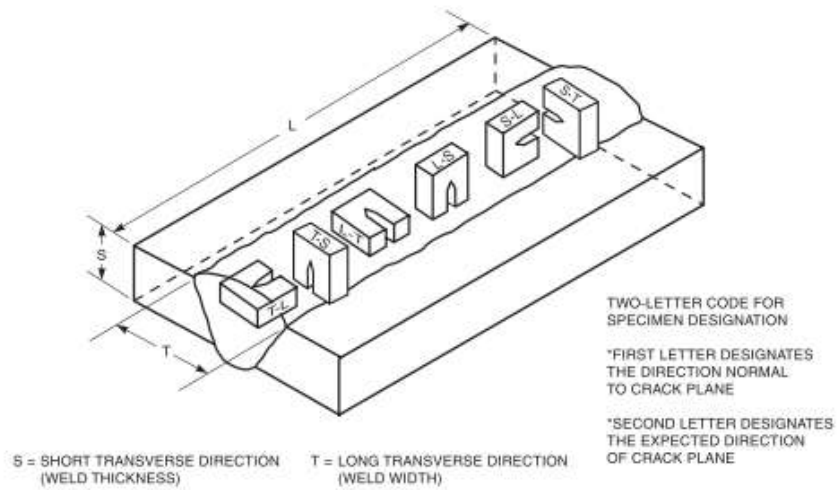


Figure 7.6—Crack Plane Orientation Code for Compact Tension Specimens from Welded Plate

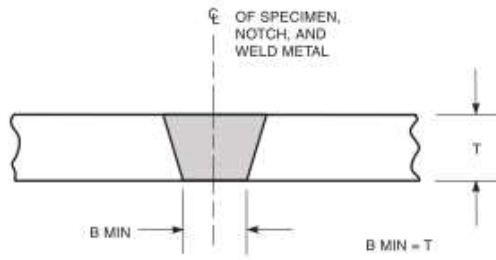


Figure 7. 7—Recommended Ratio of Weld Metal to Specimen Thickness for Weld-Metal Fracture Toughness Specimen (Compact Tension Specimen)

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 D-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 E: Resultados del centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del H.G.P de Tungurahua.

ANEXO E-1: Informe de ensayo de tracción.



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180462115720190628-ETM	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Sr. Christian Javier Acosta Acosta.	
Dirección: Av. Bolivariana e Hipócrates.	
Núm. de cédula / RUC: 1804621157	Teléfono: 0984012172.
E-mail: christianoacosta10@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.	

N°	Identificación del grupo	Material base		Material de soldadura	Probetas a ensayar
1	180462115720190628-ETM 01-1	AISI 1045	AISI 420	E 308L-16	5
2	180462115720190628-ETM 02-1	AISI 1045	AISI 420	E 316L-16	5
3	180462115720190628-ETM 03-1	AISI 1045	AISI 420	E 312-16	5
4	180462115720190628-ETM 04-1	AISI 1045	AISI 420	E 312-16	5
5	180462115720190628-ETM 05-1	AISI 1045	AISI 420	E 308L-16	5
6	180462115720190628-ETM 06-1	AISI 1045	AISI 420	E 316L-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	180462115720190628-ETM 01-1	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
2	180462115720190628-ETM 01-2	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
3	180462115720190628-ETM 01-3	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
4	180462115720190628-ETM 01-4	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
5	180462115720190628-ETM 01-5	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
6	180462115720190628-ETM 02-1	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
7	180462115720190628-ETM 02-2	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
8	180462115720190628-ETM 02-3	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
9	180462115720190628-ETM 02-4	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
10	180462115720190628-ETM 02-5	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
11	180462115720190628-ETM 03-1	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
12	180462115720190628-ETM 03-2	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
13	180462115720190628-ETM 03-3	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
14	180462115720190628-ETM 03-4	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
15	180462115720190628-ETM 03-5	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
16	180462115720190628-ETM 04-1	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
17	180462115720190628-ETM 04-2	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
18	180462115720190628-ETM 04-3	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
19	180462115720190628-ETM 04-4	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
20	180462115720190628-ETM 04-5	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
21	180462115720190628-ETM 05-1	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
22	180462115720190628-ETM 05-2	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
23	180462115720190628-ETM 05-3	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
24	180462115720190628-ETM 05-4	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
25	180462115720190628-ETM 05-5	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
26	180462115720190628-ETM 06-1	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
27	180462115720190628-ETM 06-2	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
28	180462115720190628-ETM 06-3	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
29	180462115720190628-ETM 06-4	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
30	180462115720190628-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 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:		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		





Nº	Identificación del grupo	Material base		Material de soldadura	Probetas a ensayar
4	180462115720190628-ETM 04-1	AISI 1045	AISI 420	E 312-16	5
5	180462115720190628-ETM 05-1	AISI 1045	AISI 420	E 308L-16	5
6	180462115720190628-ETM 06-1	AISI 1045	AISI 420	E 316L-16	5
Total					30

Elagar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
 Dirección: Ambato/Cañalga, Torontó y Río de Janeiro.
 Método de ensayo: AWS B4.0: Métodos de prueba estándar para Pruebas de tensión de metales metálicos.
 Tipo de ensayo: Compresión.
 Tipo de probeta: Cilíndrica.
 Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal para metales. Modelo: 1500 KN.
 Modelo: 8TH-1500 SAC.
 Serie: 8802M001.
 Velocidad de ensayo: 10 mm/min.
 Presión: 5000 N.
 Fecha de inicio de Ensayo: 20190807 Fecha de finalización de Ensayo: 20190807.
 Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados a probetas soldadas. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CPMMC del H.O.P. Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas construidas:

Nº	Identificación del grupo	Material base	Material de soldadura	Probetas a Ensayar
1	180462115720190628-ETM 04-1	AISI 1045	E 312-16	5
2	180462115720190628-ETM 05-1	AISI 1045	E 308L-16	5
3	180462115720190628-ETM 06-1	AISI 1045	E 316L-16	5

Observaciones: La fabricación de la probeta para la ejecución del ensayo de Resistencia al Impacto se realizó en el laboratorio de fabricación de la probeta de la empresa S.M.A.W.
 Nota: Este informe no requiere certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido más allá de su uso interno.

Aprobado por:	Elaborado por:	

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**



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Resultados:

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dímetro (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 zona sueldada	
1	180462115720190628-ETM 01-1	23,9	48,1	12,70	50	50,88	47800,00	47800,00	8750,00	377,34	377,34	69,07	1,76	SI	
2	180462115720190628-ETM 01-2	23,9	48,1	12,79	50	51,43	40700,00	33500,00	7050,00	316,78	260,74	39,54	2,86	SI	
3	180462115720190628-ETM 01-3	23,9	48,1	12,54	50	51,45	68100,01	53900,01	7900,00	551,39	436,42	60,73	2,90	SI	
4	180462115720190628-ETM 01-4	23,9	48,1	12,80	50	51,87	71400,01	65800,01	9550,00	554,87	511,35	74,22	3,74	SI	
5	180462115720190628-ETM 01-5	23,9	48,1	12,76	50	51,633	68400,01	63450,01	8350,00	534,89	496,18	65,30	3,27	SI	
Promedio \bar{X}							59280,006	52890,006	8340,000		416,406	65,771	2,905		
Desviación estándar S_{n-1}							14007,753	13048,779	838,451		101,901	6,055	0,732		
Coeficiente de variación CV							23,63	24,47	10,03		23,95	24,47	9,21	25,18	

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dímetro (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 zona sueldada	
6	180462115720190628-ETM 02-1	24,2	45,4	12,78	50	52,12	70650,01	69800,01	9500,00	550,76	544,13	74,06	4,24	SI	
7	180462115720190628-ETM 02-2	24,2	45,4	12,77	50	51,19	50250,00	41700,00	7050,00	392,34	325,58	55,04	2,38	SI	
8	180462115720190628-ETM 02-3	24,2	45,4	12,75	50	52,58	53950,01	50300,00	5800,00	422,55	393,97	45,43	5,16	SI	
9	180462115720190628-ETM 02-4	24,2	45,4	12,76	50	51,72	52050,01	52050,01	8200,00	407,03	407,03	64,12	3,44	SI	
10	180462115720190628-ETM 02-5	24,2	45,4	12,75	50	52,27	63350,01	53850,01	9750,00	496,18	421,77	76,37	4,54	SI	
Promedio \bar{X}							58050,008	53540,006	8060,000		418,497	63,004	3,952		
Desviación estándar S_{n-1}							8667,470	10215,029	1664,106		67,337	79,311	12,983	1,075	
Coeficiente de variación CV							14,93	19,08	20,65		14,84	18,95	20,61	27,20	

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 3 de 5



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carroceros



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Díámetro (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 zona sujeta
11	180462115720190628-ETM 03-1	22,3	52,1	12,73	50	54,30	82300,01	77600,01	10800,00	646,63	609,70	84,85	8,60	SI
12	180462115720190628-ETM 03-2	22,3	52,1	13,10	50	54,31	87950,01	79850,01	16150,00	652,53	592,44	119,82	8,62	SI
13	180462115720190628-ETM 03-3	22,3	52,1	12,89	50	53,46	92500,01	92500,01	5550,00	708,84	708,84	42,53	6,92	SI
14	180462115720190628-ETM 03-4	22,3	52,1	12,18	50	52,68	101300,01	101250,01	5900,00	869,41	868,98	50,04	5,36	SI
15	180462115720190628-ETM 03-5	22,3	52,1	12,40	50	52,46	92450,01	92250,01	16950,00	765,55	763,89	140,36	4,92	SI
Promedio \bar{X}							91300,010	88990,010	11070,000	728,592	708,770	87,641	6,884	
Desviación estándar S_{n-1}							6981,851	9824,421	5423,398	92,316	114,078	42,505	1,742	
Coeficiente de variación CV							7,65	11,08	48,99	12,67	16,10	48,50	25,31	

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Díámetro (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 zona sujeta
16	180462115720190628-ETM 04-1	23,7	46,6	12,74	50	60,82	78400,01	61500,01	15150,00	615,02	482,44	118,85	21,64	NO
17	180462115720190628-ETM 04-2	23,7	46,6	12,85	50	59,43	79100,01	62300,01	16150,00	609,93	480,39	124,53	18,86	NO
18	180462115720190628-ETM 04-3	23,7	46,6	12,74	50	54,86	77850,01	64050,01	12300,00	610,70	502,45	96,49	9,72	NO
19	180462115720190628-ETM 04-4	23,7	46,6	12,70	50	58,43	79050,01	63950,01	6150,00	624,03	504,83	48,55	16,86	NO
20	180462115720190628-ETM 04-5	23,7	46,6	12,47	50	58,433	74300,01	58450,01	11500,00	608,37	478,59	94,16	16,87	NO
Promedio \bar{X}							77740,010	62050,010	12250,000	613,609	489,739	96,515	16,789	
Desviación estándar S_{n-1}							1990,415	2287,739	3917,748	6,325	12,789	29,958	4,410	
Coeficiente de variación CV							2,56	3,69	31,98	1,03	2,61	31,04	26,27	

Código: RG-RM-008

Fecha de Elaboración: 08-03-2017

Fecha de última aprobación: 16-05-2017

Revisión: 3

INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN MATERIALES METÁLICOS



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carnocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dímetro (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 zona sujeta
21	180462115720190628-ETM 05-1	24,1	49,3	12,54	50	52,88	67750,01	67600,01	9100,00	548,56	547,35	73,68	5,76	SI
22	180462115720190628-ETM 05-2	24,1	49,3	12,69	50	54,02	68850,01	67400,01	11150,00	542,78	532,90	88,16	8,04	SI
23	180462115720190628-ETM 05-3	24,1	49,3	12,50	50	52,45	64800,01	46200,00	7400,00	528,04	376,47	60,30	4,90	SI
24	180462115720190628-ETM 05-4	24,1	49,3	12,66	50	52,60	63400,01	59850,01	8800,00	503,65	475,45	69,91	5,20	SI
25	180462115720190628-ETM 05-5	24,1	49,3	12,17	50	52,08	58850,01	54950,01	8900,00	505,91	472,39	76,51	5,96	SI
				Promedio \bar{X}				59200,008	9070,000	525,790	480,911	73,712	5,972	
				Desviación estándar S_{n-1}				9017,833	1343,317	20,600	67,318	10,135	1,232	
				Coeficiente de variación CV				15,23	14,81	3,92	14,00	13,75	20,62	

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dímetro (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 zona sujeta
26	180462115720190628-ETM 06-1	25,6	58,1	12,52	50	52,25	67550,01	67150,01	8550,00	548,69	545,44	69,45	4,50	SI
27	180462115720190628-ETM 06-2	25,6	58,1	12,14	50	52,01	58650,01	56200,01	9500,00	506,69	485,32	82,07	4,02	SI
28	180462115720190628-ETM 06-3	25,6	58,1	12,34	50	52,75	66400,01	66350,01	7950,00	555,20	554,78	66,47	5,50	SI
29	180462115720190628-ETM 06-4	25,6	58,1	12,66	50	51,52	50850,01	43950,00	6450,00	451,62	349,14	51,24	3,04	SI
30	180462115720190628-ETM 06-5	25,6	58,1	12,39	50	52,53	63550,01	62600,01	7450,00	527,09	519,21	61,79	5,06	SI
				Promedio \bar{X}				59250,008	7980,000	517,857	490,819	66,205	4,424	
				Desviación estándar S_{n-1}				9584,301	1146,516	41,660	83,638	11,245	0,955	
				Coeficiente de variación CV				16,18	14,37	8,04	17,04	16,99	21,58	

Observaciones: Ninguna

Código: RG-RM-008
Fecha de Elaboración: 08-03-2017
Fecha de última aprobación: 16-05-2017

INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN MATERIALES
METÁLICOS

Página 8 de 5



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carracero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180462115720190628-ETM
DATOS DEL CLIENTE
Empresa / Cliente: Sr. Christian Javier Acosta Acosta.
Dirección: Av. Bolivariana e Hipócrates.
Núm. de cédula / RUC: 1804621157
Teléfono: 0984012172.
E-mail: christianacosta10@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.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180462115720190628-ETM 01-1	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180462115720190628-ETM 01-2	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
3	180462115720190628-ETM 01-3	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
4	180462115720190628-ETM 01-4	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
5	180462115720190628-ETM 01-5	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-EM-003
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 17-01-2017
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 1 de 4



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carroceros



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
6	180462115720190628-ETM 02-1	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
7	180462115720190628-ETM 02-2	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
8	180462115720190628-ETM 02-3	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
9	180462115720190628-ETM 02-4	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
10	180462115720190628-ETM 02-5	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
11	180462115720190628-ETM 03-1	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
12	180462115720190628-ETM 03-2	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
13	180462115720190628-ETM 03-3	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
14	180462115720190628-ETM 03-4	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
15	180462115720190628-ETM 03-5	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
16	180462115720190628-ETM 04-1	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
17	180462115720190628-ETM 04-2	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
18	180462115720190628-ETM 04-3	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
19	180462115720190628-ETM 04-4	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
20	180462115720190628-ETM 04-5	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-004.003

Fecha de Elaboración: 06-07-2016

Fecha de última aprobación: 17-01-2017

Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 2 de 4



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
21	180462115720190628-ETM 05-1	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
22	180462115720190628-ETM 05-2	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
23	180462115720190628-ETM 05-3	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
24	180462115720190628-ETM 05-4	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
25	180462115720190628-ETM 05-5	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
26	180462115720190628-ETM 06-1	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
27	180462115720190628-ETM 06-2	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
28	180462115720190628-ETM 06-3	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
29	180462115720190628-ETM 06-4	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
30	180462115720190628-ETM 06-5	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	

[Faint background text and signatures]

Código: RG-RM-003
Fecha de Elaboración: 06/17-2016
Fecha de última aprobación: 17/01-2017
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 3 de 4



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocer



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Por acuerdo con el cliente las muestras son entregadas en su totalidad, el centro no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Chacón 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	

Cliente			
Código: RG-RM-001	Página 4 de 4	Fecha de Elaboración: 06-07-2016	
Fecha de última aprobación: 17-01-2017	Revisión: 3	Revisión: 3	Revisión: 3

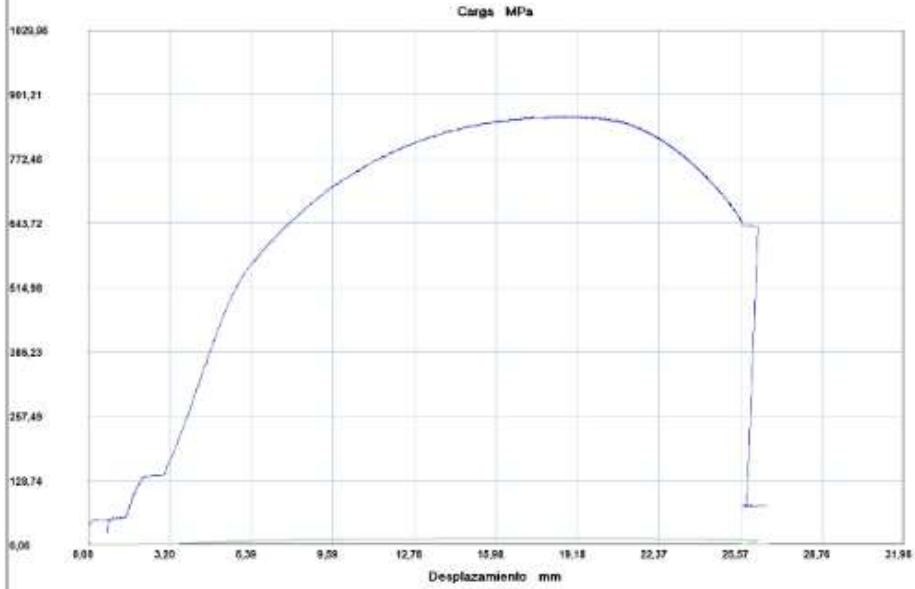
INFORME :
 ENSAYO :

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
Maximo	103650,020	79050,010	17100,000	858,294	654,589	141,600
Minimo	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

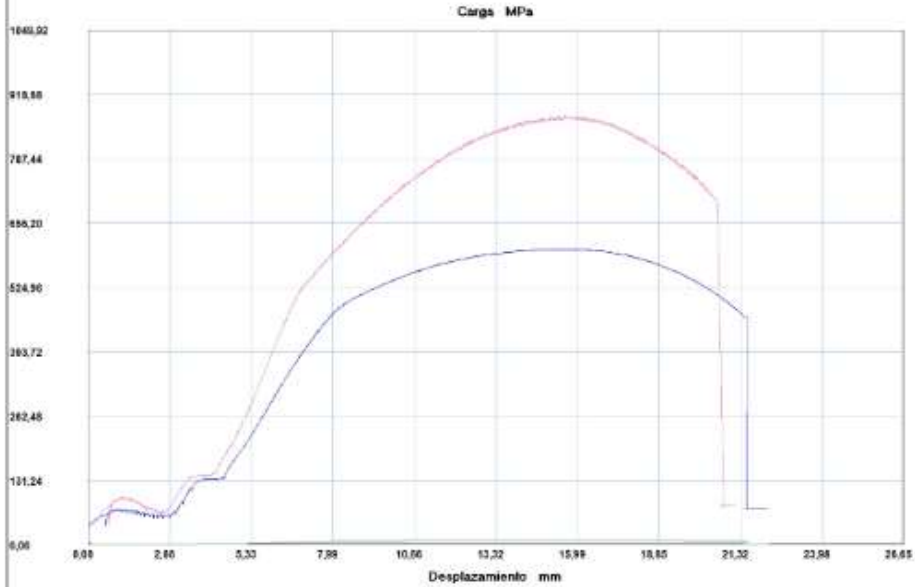
INFORME :
ENSAYO :

ETM BASE
TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : admin
 Norma : ASTM E8
 Fecha : 26/08/2019
 Hora : 12:14:26
 Temperatura :
 H.R.% : 54,2
 Pedido : 180462115720190628

PRÓBETA 1. AISI 1018
 PRÓBETA 2. AISI 1045



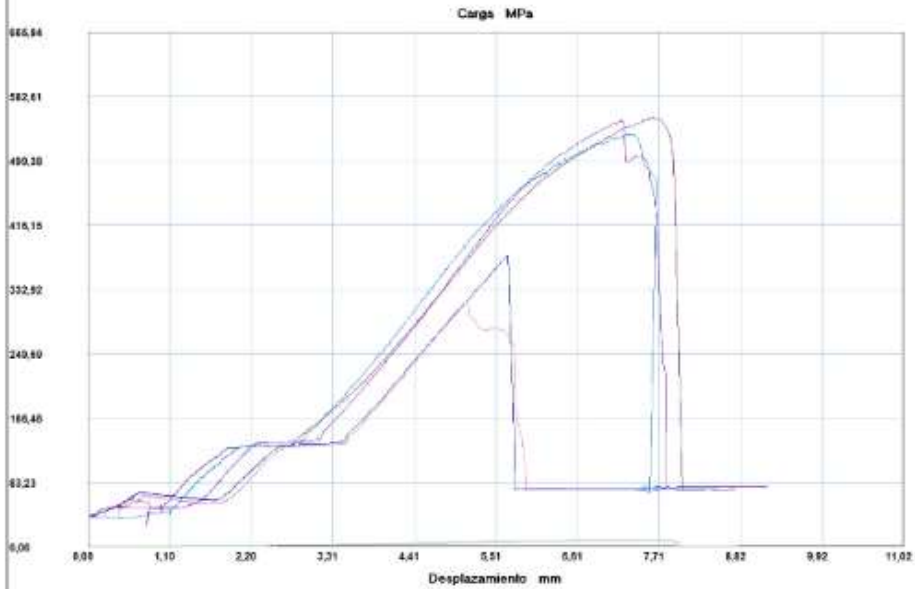
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
■ 1	75800,01	58350,01	16600,00	603,11	464,27	132,08
■ 2	104300,02	82650,01	17550,00	874,93	693,32	147,22
Media	90050,015	70500,010	17075,000	739,021	578,793	139,650
Mediana	90050,015	70500,010	17075,000	739,021	578,793	139,650
Desv. Std	20152,550	17182,695	671,751	192,204	161,961	10,705
Coef. V.	0,224	0,244	0,039	0,260	0,280	0,077
Maximo	104300,020	82650,010	17550,000	874,930	693,317	147,220
Minimo	75800,010	58350,010	16600,000	603,113	464,269	132,080
Rango	28500,010	24300,000	950,000	271,817	229,047	15,140
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	150507,670	122048,090	19090,254	1315,632	1064,676	171,766
-3 Sigma	29592,364	18951,926	15059,746	162,410	92,910	107,534

INFORME :
 ENSAYO :

ETM 01
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : Tecnico 1
 Norma : AWS B4.0
 Fecha : 07/08/2019
 Hora : 11:16:35
 Temperatura : 23,9
 H.R.% : 48,1
 Pedido : 180462115720190628



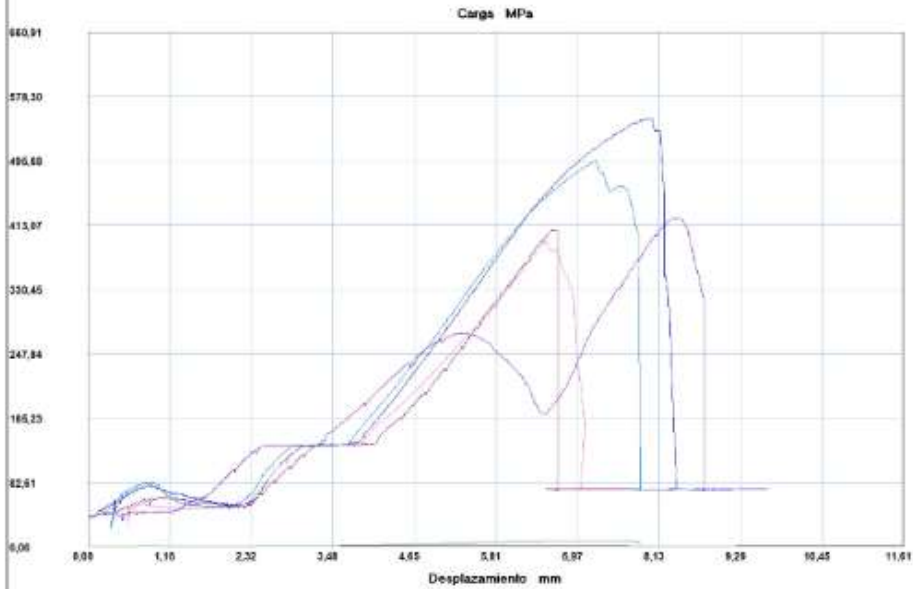
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	47800,00	47800,00	8750,00	377,34	377,34	69,07
2	40700,00	33500,00	7650,00	316,78	260,74	59,54
3	68100,01	53900,01	7500,00	551,39	436,42	60,73
4	71400,01	65800,01	9550,00	554,87	511,35	74,22
5	68400,01	63450,01	8350,00	534,89	496,18	65,30
Media	59280,006	52890,006	8360,000	467,055	416,406	65,771
Mediana	68100,010	53900,010	8350,000	534,891	436,419	65,297
Desv. Std	14007,753	13048,779	838,451	111,866	101,901	6,055
Coef. V.	0,236	0,247	0,100	0,240	0,245	0,092
Maximo	71400,010	65800,010	9550,000	554,866	511,348	74,215
Minimo	40700,000	33500,000	7500,000	316,784	260,744	59,543
Rango	30700,010	32300,010	2050,000	238,082	250,604	14,672
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	101303,270	92036,342	10875,353	802,653	722,110	83,937
-3 Sigma	17256,746	13743,670	5844,647	131,456	110,702	47,605

INFORME :
 ENSAYO :

ETM 02
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : Tecnico 1
 Norma : AWS B4.0
 Fecha : 12/08/2019
 Hora : 10:20:48
 Temperatura : 24,2
 H.R.% : 45,4
 Pedido : 180462115720190628



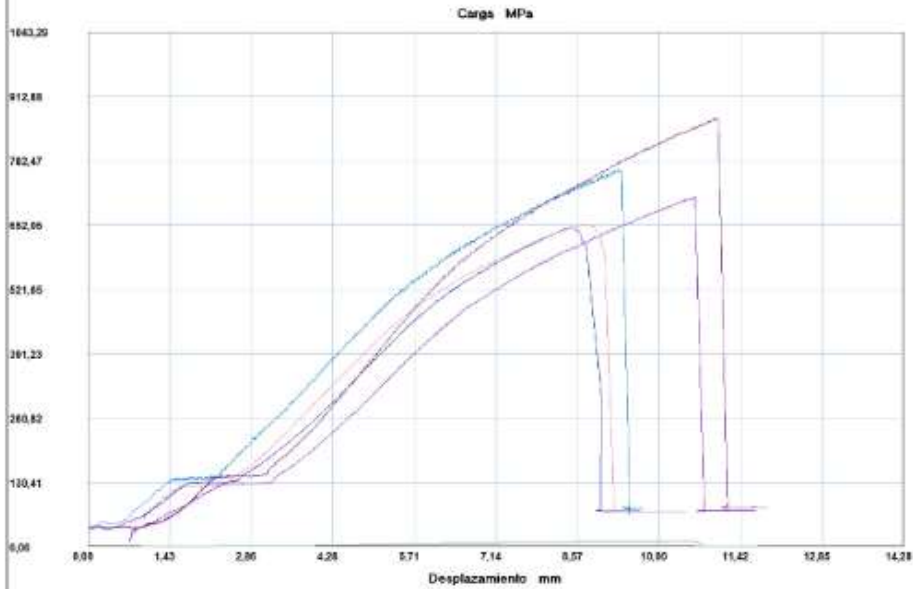
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	70650,01	69800,01	9500,00	550,76	544,13	74,06
2	50250,00	41700,00	7050,00	392,34	325,58	55,04
3	53950,01	50300,00	5800,00	422,55	393,97	45,43
4	52050,01	52050,01	8200,00	407,03	407,03	64,12
5	63350,01	53850,01	9750,00	496,18	421,77	76,37
Media	58050,008	53540,006	8060,000	453,772	418,497	63,004
Mediana	53950,010	52050,010	8200,000	422,553	407,033	64,124
Desv. Std	8667,470	10215,029	1664,106	67,337	79,311	12,983
Coef. V.	0,149	0,191	0,206	0,148	0,190	0,206
Maximo	70650,010	69800,010	9750,000	550,758	544,132	76,365
Minimo	50250,000	41700,000	5800,000	392,342	325,585	45,427
Rango	20400,010	28100,010	3950,000	158,416	218,547	30,938
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	84052,418	84185,094	13052,319	655,784	656,428	101,953
-3 Sigma	32047,598	22894,918	3067,681	251,761	180,565	24,055

INFORME :
 ENSAYO :

ETM 03
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : Tecnico 1
 Norma : AWS B4.0
 Fecha : 07/08/2019
 Hora : 12:05:55
 Temperatura : 22,3
 H.R.% : 52,1
 Pedido : 180462115720190628



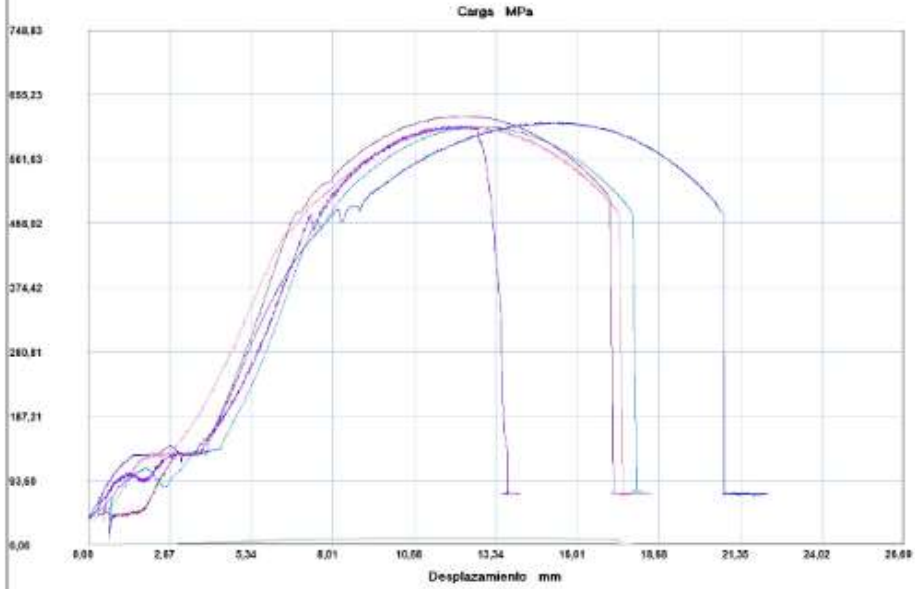
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	82300,01	77600,01	10800,00	646,63	609,70	84,85
2	87950,01	79850,01	16150,00	652,53	592,44	119,82
3	92500,01	92500,01	5550,00	708,84	708,84	42,53
4	101300,01	101250,01	5900,00	869,41	868,98	50,64
5	92450,01	92250,01	16950,00	765,55	763,89	140,36
Media	91300,010	88690,010	11070,000	728,592	708,770	87,641
Mediana	92450,010	92250,010	10800,000	708,836	708,836	84,855
Dev. Std	6961,851	9824,421	5423,398	92,316	114,078	42,505
Coef. V.	0,076	0,111	0,490	0,127	0,161	0,485
Maximo	101300,010	101250,010	16950,000	869,411	868,982	140,358
Minimo	82300,010	77600,010	5550,000	646,626	592,437	42,530
Rango	19000,000	23650,000	11400,000	222,785	276,544	97,828
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	112245,560	118163,270	27340,195	1005,541	1051,003	215,156
-3 Sigma	70354,456	59216,747	-5200,195	451,642	366,537	-39,875

INFORME :
 ENSAYO :

ETM 04
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : admin
 Norma :
 Fecha : 12/08/2019
 Hora : 11:07:39
 Temperatura :
 H.R.% :
 Pedido : 180462115720190628



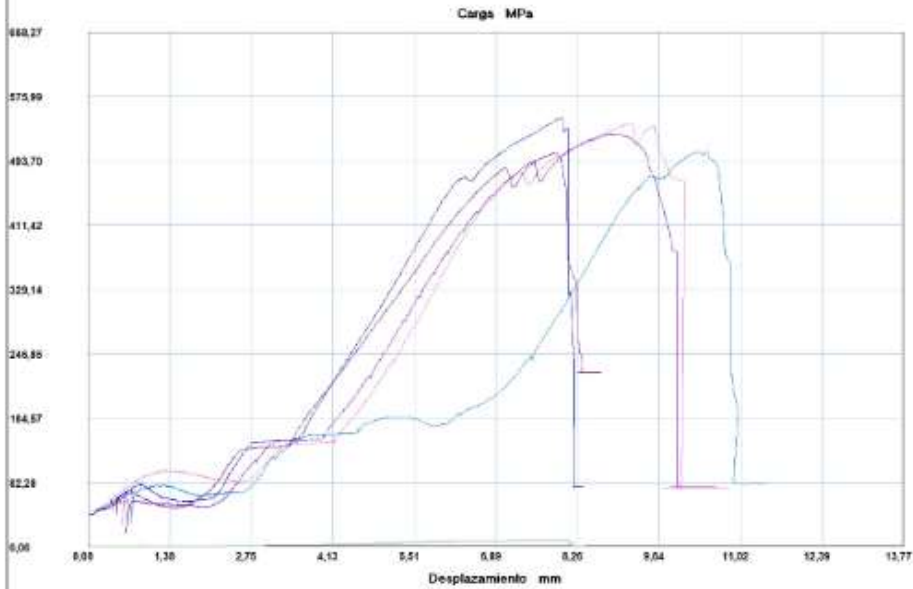
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	78400,01	61500,01	15150,00	615,02	482,44	118,85
2	79100,01	62300,01	16150,00	609,93	480,39	124,53
3	77850,01	64050,01	12300,00	610,70	502,45	96,49
4	79050,01	63950,01	6150,00	624,03	504,83	48,55
5	74300,01	58450,01	11500,00	608,37	478,59	94,16
Media	77740,010	62050,010	12250,000	613,609	489,739	96,515
Mediana	78400,010	62300,010	12300,000	610,703	482,443	96,489
Desv. Std	1990,415	2287,739	3917,748	5,325	12,789	29,958
Coef. V.	0,026	0,037	0,320	0,010	0,026	0,310
Máximo	79100,010	64050,010	16150,000	624,029	504,828	124,531
Mínimo	74300,010	58450,010	6150,000	608,368	478,588	48,549
Rango	4800,000	5600,000	10000,000	15,661	26,240	75,982
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	83711,254	68913,227	24003,244	632,583	528,104	186,388
-3 Sigma	71768,766	55186,793	496,756	504,636	451,373	6,642

INFORME :
 ENSAYO :

ETM 05
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : Tecnico 1
 Norma : AWS B4.0
 Fecha : 12/08/2019
 Hora : 11:59:47
 Temperatura : 24,1
 H.R.% : 49,3
 Pedido : 180462115720190628



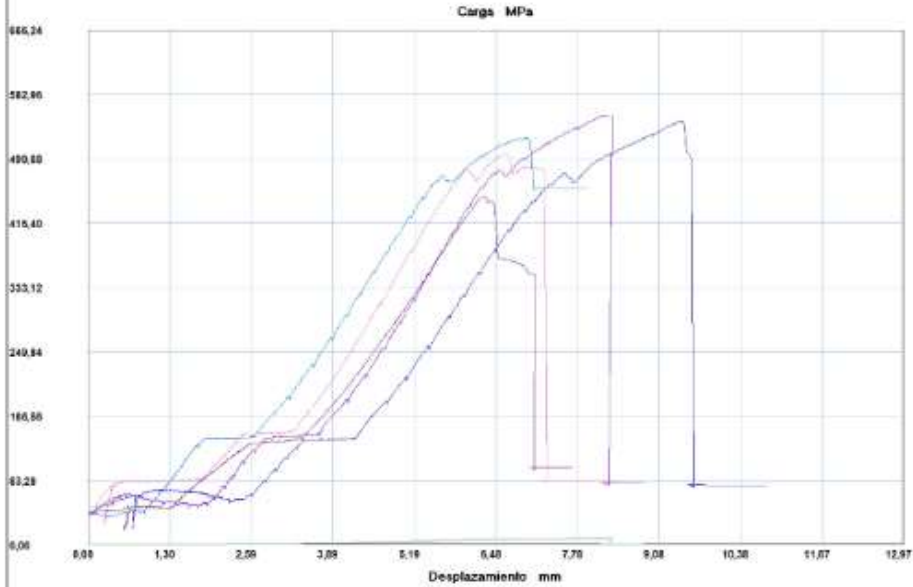
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	67750,01	67600,01	9100,00	548,56	547,35	73,68
2	68650,01	67400,01	11150,00	542,78	532,90	88,16
3	64800,01	46200,00	7400,00	528,04	376,47	60,30
4	63400,01	59850,01	8800,00	503,65	475,45	69,91
5	58850,01	54950,01	8900,00	505,91	472,39	76,51
Media	64690,010	59200,008	9070,000	525,790	480,911	73,712
Mediana	64800,010	59850,010	8900,000	528,038	475,452	73,681
Desv. Std	3899,583	9017,833	1343,317	20,600	67,318	10,135
Coef. V.	0,060	0,152	0,148	0,039	0,140	0,137
Máximo	68650,010	67600,010	11150,000	548,560	547,346	88,158
Mínimo	58850,010	46200,000	7400,000	503,654	376,471	60,301
Rango	9800,000	21400,010	3750,000	44,907	170,874	27,857
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	76388,760	86253,507	13099,950	587,591	682,864	104,116
-3 Sigma	52991,260	32146,509	5040,050	463,989	278,958	43,307

INFORME :
 ENSAYO :

ETM 06
 TRACCION



Referencia : MATERIAL METALICO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : Tecnico 1
 Norma : AWS B4.0
 Fecha : 12/08/2019
 Hora : 12:24:41
 Temperatura : 25,6
 H.R.% : 58,1
 Pedido : 180462115720190628



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	67550,01	67150,01	8550,00	548,69	545,44	69,45
2	58650,01	56200,01	9500,00	506,69	485,52	82,07
3	66400,01	66350,01	7950,00	555,20	554,78	66,47
4	56850,01	43950,00	6450,00	451,62	349,14	51,24
5	63550,01	62600,01	7450,00	527,09	519,21	61,79
Media	62600,010	59250,008	7980,000	517,857	490,819	66,205
Mediana	63550,010	62600,010	7950,000	527,088	519,209	66,473
Desv. Std	4703,988	9584,301	1146,516	41,660	83,638	11,245
Coef. V.	0,075	0,162	0,144	0,080	0,170	0,170
Máximo	67550,010	67150,010	9500,000	555,198	554,780	82,072
Mínimo	56850,010	43950,000	6450,000	451,620	349,142	51,239
Rango	10700,000	23200,010	3050,000	103,578	205,638	30,833
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	76711,973	88002,911	11419,549	642,838	741,732	99,941
-3 Sigma	48488,047	30497,105	4540,451	392,876	239,906	32,469

ANEXO E-2: Informe del ensayo de impacto.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180462115720190628-EIM	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Sr. Christian Javier Acosta Acosta.	
Dirección: Av. Bolivariana e Hipócrates.	
Núm. de cédula / RUC: 1804621157	Teléfono: 0984012172.
E-mail: christianoacosta10@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 impacto de materiales metálicos soldados.	

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Material base		Material de soldadura	Probetas a Ensayar
1	180462115720190628-EIM 01-1	AISI 1045	AISI 420	E 308L-16	5
2	180462115720190628-EIM 02-1	AISI 1045	AISI 420	E 316L-16	5
3	180462115720190628-EIM 03-1	AISI 1045	AISI 420	E 312-16	5
4	180462115720190628-EIM 04-1	AISI 1018	AISI 420	E 312-16	5
5	180462115720190628-EIM 05-1	AISI 1018	AISI 420	E 308L-16	5
6	180462115720190628-EIM 06-1	AISI 1018	AISI 420	E 316L-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	180462115720190628-EIM 01-1	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
2	180462115720190628-EIM 01-2	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
3	180462115720190628-EIM 01-3	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
4	180462115720190628-EIM 01-4	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
5	180462115720190628-EIM 01-5	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
6	180462115720190628-EIM 02-1	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
7	180462115720190628-EIM 02-2	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
8	180462115720190628-EIM 02-3	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
9	180462115720190628-EIM 02-4	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
10	180462115720190628-EIM 02-5	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
11	180462115720190628-EIM 03-1	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
12	180462115720190628-EIM 03-2	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
13	180462115720190628-EIM 03-3	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
14	180462115720190628-EIM 03-4	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
15	180462115720190628-EIM 03-5	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
16	180462115720190628-EIM 04-1	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
17	180462115720190628-EIM 04-2	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
18	180462115720190628-EIM 04-3	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
19	180462115720190628-EIM 04-4	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
20	180462115720190628-EIM 04-5	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
21	180462115720190628-EIM 05-1	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
22	180462115720190628-EIM 05-2	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
23	180462115720190628-EIM 05-3	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
24	180462115720190628-EIM 05-4	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
25	180462115720190628-EIM 05-5	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
26	180462115720190628-EIM 06-1	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
27	180462115720190628-EIM 06-2	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
28	180462115720190628-EIM 06-3	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
29	180462115720190628-EIM 06-4	Cumple criterios dimensionales	2019/08/01
30	180462115720190628-EIM 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 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	Ing. Fernando Tibán R. 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°: AL-180462115720190628-EIM

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2019_039
Empresa / Cliente: Sr. Christian Javier Acosta Acosta.
RUC/C.I.: 1804621157 **Ciudad:** Ambato.
Dirección: Av. Bolivariana e Hipócrates **Teléfono:** 0984012172.
Correo: christianoacosta10@gmail.com
Datos del ensayo
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Ambato/Catigлата. 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 *Material metálico* 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	Material base	Material de soldadura	Probetas a Ensayar
1	180462115720190628-EIM 01-1	AISI 1045 AISI 420	E 308L-16	5
2	180462115720190628-EIM 02-1	AISI 1045 AISI 420	E 316L-16	5
3	180462115720190628-EIM 03-1	AISI 1045 AISI 420	E 312 -16	5

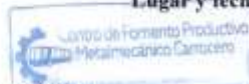
Observaciones: La fabricación de la probeta para la ejecución del ensayo de Resistencia al impacto es responsabilidad del cliente. El proceso de fabricación de las probetas se realiza con el proceso SMAW.

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:	Aprobado por:	
Ing. Fernando Galarza Mg.	Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Jorge Rodas 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, 23 de diciembre de 2019.

N°. Factura: 001-002-000007495.





N°	Identificación del grupo	Material base		Material de soldadura	Probetas a Ensayar
4	180462115720190628-EIM 04-1	AISI 1018	AISI 420	E 312-16	5
5	180462115720190628-EIM 05-1	AISI 1018	AISI 420	E 308L-16	5
6	180462115720190628-EIM 06-1	AISI 1018	AISI 420	E 316L-16	5
				Total	30

Resultados:

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 exalaminamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
1	180462115720190628-EIM 01-1	21,9	51,2	0,855	1,001	0,856	80,45	94,00	10	X	
2	180462115720190628-EIM 01-2	21,9	51,2	0,843	0,991	0,835	81,23	97,23	10	X	
3	180462115720190628-EIM 01-3	21,9	51,2	0,803	1,065	0,855	79,65	93,14	10	X	
4	180462115720190628-EIM 01-4	21,9	51,2	0,858	1,011	0,867	80,98	93,36	10	X	
5	180462115720190628-EIM 01-5	21,9	51,2	0,852	1,015	0,865	81,45	94,19	10	X	
Promedio X							80,752	94,38			
Desviación estándar S _{n-1}							0,720	1,65			
Coeficiente de variación CV							0,892	1,75			

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 exalaminamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)				SI	NO
6	180462115720190628-EIM 02-1	21,7	51,2	0,803	1,002	0,856	70,56	82,44	10	X	
7	180462115720190628-EIM 02-2	21,7	51,2	0,856	1,035	0,835	69,56	83,26	10	X	
8	180462115720190628-EIM 02-3	21,7	51,2	0,845	1,040	0,855	75,56	88,35	10	X	
9	180462115720190628-EIM 02-4	21,7	51,2	0,841	1,033	0,867	70,54	81,32	10	X	
10	180462115720190628-EIM 02-5	21,7	51,2	0,871	1,038	0,865	68,78	79,53	10	X	
Promedio X							71,000	82,98			
Desviación estándar S _{n-1}							2,655	3,31			
Coeficiente de variación CV							3,740	3,99			



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrizero

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
11	180462115720190628-EIM 03-1	21,5	51,1	0,832	1,068	0,889	44,27	49,82	10	X	
12	180462115720190628-EIM 03-2	21,5	51,1	0,789	1,104	0,871	48,69	55,90	10	X	
13	180462115720190628-EIM 03-3	21,5	51,1	0,816	1,078	0,880	50,03	56,88	10	X	
14	180462115720190628-EIM 03-4	21,5	51,1	0,750	1,099	0,824	50,03	60,70	10	X	
15	180462115720190628-EIM 03-5	21,5	51,1	0,780	1,095	0,854	47,67	55,81	10	X	
				Promedio \bar{X}			48,14	55,82			
				Desviación estándar S_{n-1}			2,379	3,90			
				Coeficiente de variación CV			4,943	6,99			

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
16	180462115720190628-EIM 04-1	21,5	51,1	0,837	1,039	0,870	66,86	76,88	10	X	
17	180462115720190628-EIM 04-2	21,5	51,1	0,779	1,032	0,804	57,24	71,20	10	X	
18	180462115720190628-EIM 04-3	21,5	51,1	0,796	1,024	0,815	65,34	80,16	10	X	
19	180462115720190628-EIM 04-4	21,5	51,1	0,801	1,025	0,821	55,36	67,43	10	X	
20	180462115720190628-EIM 04-5	21,5	51,1	0,831	0,992	0,824	61,54	74,65	10	X	
				Promedio \bar{X}			61,27	74,06			
				Desviación estándar S_{n-1}			4,976	4,94			
				Coeficiente de variación CV			8,122	6,67			

Código: EG-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	180462115720190628-EIM 05-1	21,3	50,4	0,799	1,063	0,849	103,88	122,31	10	X	
22	180462115720190628-EIM 05-2	21,3	50,4	0,794	1,061	0,842	97,97	116,29	10	X	
23	180462115720190628-EIM 05-3	21,3	50,4	0,807	1,031	0,832	104,97	126,16	10	X	
24	180462115720190628-EIM 05-4	21,3	50,4	0,802	1,055	0,846	96,57	114,13	10	X	
25	180462115720190628-EIM 05-5	21,3	50,4	0,825	1,034	0,853	98,62	115,61	10	X	
				Promedio \bar{X}			100,40	118,90			
				Desviación estándar S_{n-1}			3,766	5,12			
				Coeficiente de variación CV			3,751	4,30			

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	180462115720190628-EIM 06-1	21,5	51,4	0,847	1,121	0,949	86,41	91,01	10	X	
27	180462115720190628-EIM 06-2	21,5	51,4	0,809	1,089	0,881	96,91	110,00	10	X	
28	180462115720190628-EIM 06-3	21,5	51,4	0,801	1,097	0,879	99,04	112,71	10	X	
29	180462115720190628-EIM 06-4	21,5	51,4	0,854	1,088	0,929	87,23	93,88	10	X	
30	180462115720190628-EIM 06-5	21,5	51,4	0,875	1,075	0,941	88,49	94,08	10	X	
				Promedio \bar{X}			91,62	100,34			
				Desviación estándar S_{n-1}			5,900	10,18			
				Coeficiente de variación CV			6,440	10,14			

Observaciones: Ninguna



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Camocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180462115720190628-EIM
DATOS DEL CLIENTE
Empresa / Cliente: Sr. Christian Javier Acosta Acosta.
Dirección: Av. Bolívariana e Hipócrates.
Núm. de cédula / RUC: 1804621157 **Teléfono:** 0984012172.
E-mail: christianoacosta10@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 impacto de materiales metálicos soldados.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180462115720190628-EIM 01-1	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180462115720190628-EIM 01-2	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
3	180462115720190628-EIM 01-3	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
4	180462115720190628-EIM 01-4	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
5	180462115720190628-EIM 01-5	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-RM-003
 Fecha de Elaboración: 06-07-2016
 Fecha de última aprobación: 17-01-2017
 Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carnocho



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
6	180462115720190628-EIM 02-1	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
7	180462115720190628-EIM 02-2	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
8	180462115720190628-EIM 02-3	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
9	180462115720190628-EIM 02-4	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
10	180462115720190628-EIM 02-5	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
11	180462115720190628-EIM 03-1	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
12	180462115720190628-EIM 03-2	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
13	180462115720190628-EIM 03-3	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
14	180462115720190628-EIM 03-4	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
15	180462115720190628-EIM 03-5	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
16	180462115720190628-EIM 04-1	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
17	180462115720190628-EIM 04-2	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
18	180462115720190628-EIM 04-3	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
19	180462115720190628-EIM 04-4	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
20	180462115720190628-EIM 04-5	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: BG-RM-003
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 17-01-2017
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 2 de 4



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrasco



Honorable Gobierno
Provincial de Tuzigrahuwa

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
21	180462115720190628-EIM 05-1	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
22	180462115720190628-EIM 05-2	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
23	180462115720190628-EIM 05-3	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
24	180462115720190628-EIM 05-4	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
25	180462115720190628-EIM 05-5	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
26	180462115720190628-EIM 06-1	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
27	180462115720190628-EIM 06-2	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
28	180462115720190628-EIM 06-3	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
29	180462115720190628-EIM 06-4	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	
30	180462115720190628-EIM 06-5	2019/08/01	2019/08/26	Cliente	Se entrega al cliente	

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Código: RG-EM-003
Fecha de elaboración: 06-07-2016
Fecha de última actualización: 17-01-2017
Revisión: 3

Página 3 de 4



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Por acuerdo con el cliente las muestras son entregadas en su totalidad, el centro no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

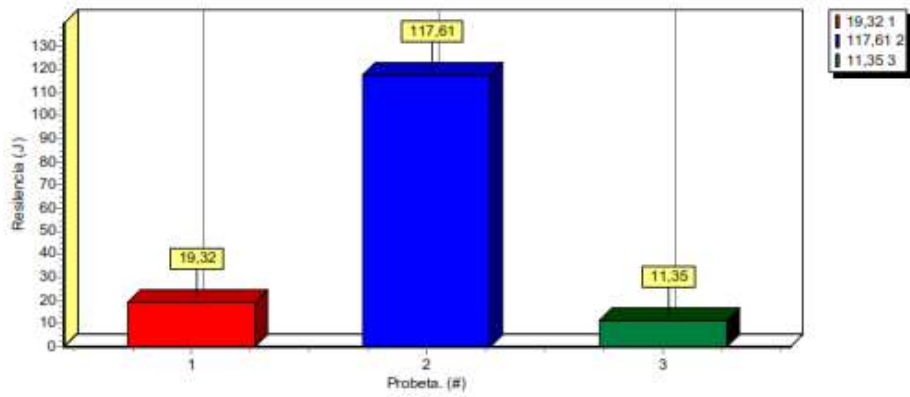
Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Chacón Mg. Analista Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC.	Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC.

Cliente																																																																																																			
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Código: RG-FPM-003
 Fecha de Elaboración: 06-07-2016
 Fecha de última aprobación: 17-01-2017
 Revisión: 3

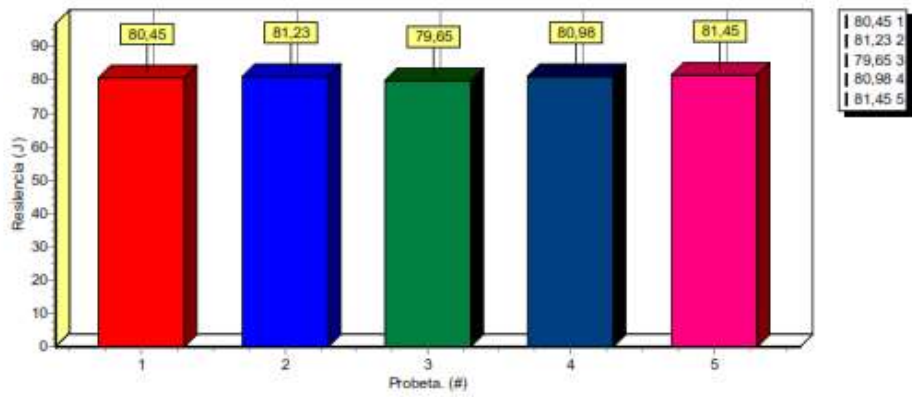
HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Ensayo: RESILENCIA		 INSTRUMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD
MATERIAL BASE		
Cliente: Pedido: 180462115720190628 Referencia: MATERIAL METALICO Calidad: Norma: ASTM E23 Operario: TECNICO 1 Temperatura: 21,7 °C Humedad: 51,3 %		Probeta 1: AISI 1045 Probeta 2: AISI 1018 Probeta 3: AISI 420
Fecha: 22/08/2019 Hora: 9:52:02		



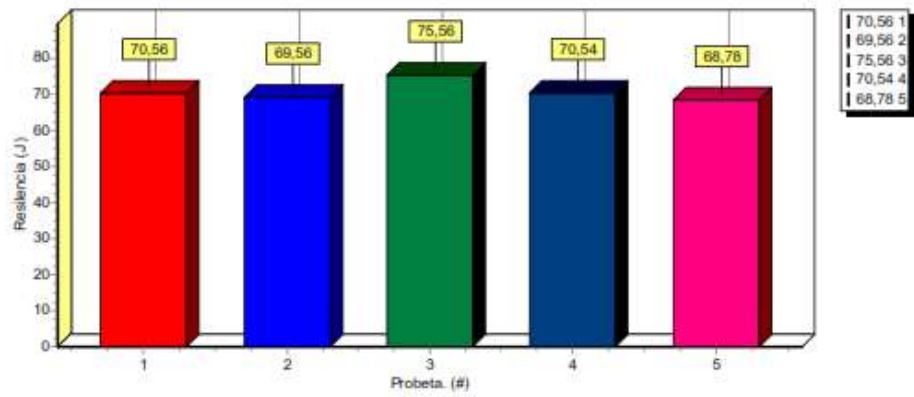
Cálculo	Resilencia
Unidad	J
1	19,32
2	117,61
3	11,35
Media	49,43
Desv. Std.	48,32
Varianza	2335,07
Mínimo	11,35
Máximo	117,61

Ensayo: RESILENCIA		 INSTRUMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD
EIM 01		
Cliente: Pedido: 180462115720190628 Referencia: MATERIAL METALICO Calidad: Norma: ASTM E23 Operario: TECNICO 1 Temperatura: 21,9 °C Fecha: 14/08/2019 Humedad: 51,2 % Hora: 9:13:24		



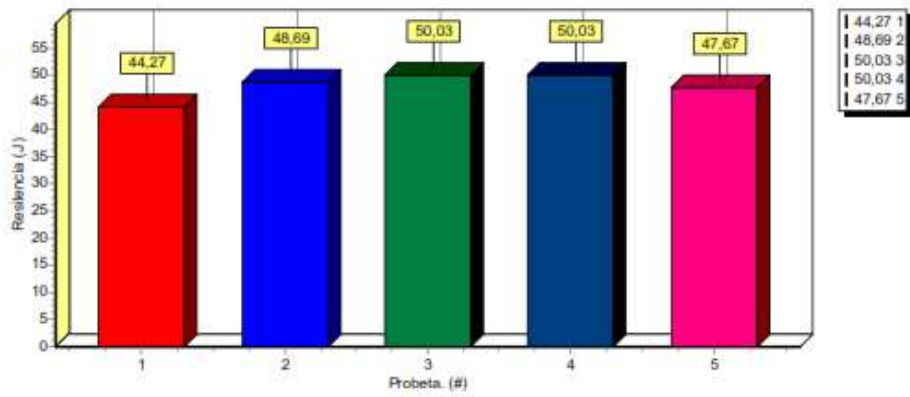
Cálculo	Resilencia
Unidad	J
1	80,45
2	81,23
3	79,65
4	80,98
5	81,45
Media	80,75
Desv. Std.	0,64
Varianza	0,41
Mínimo	79,65
Máximo	81,45

Ensayo: RESILENCIA		 INSTRUMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD
EIM 02		
Cliente: Pedido: 180462115720190628 Referencia: MATERIAL METALICO Calidad: Norma: ASTM E23 Operario: TECNICO 1 Temperatura: 21,7 °C Fecha: 14/08/2019 Humedad: 51,2 % Hora: 9:15:51		



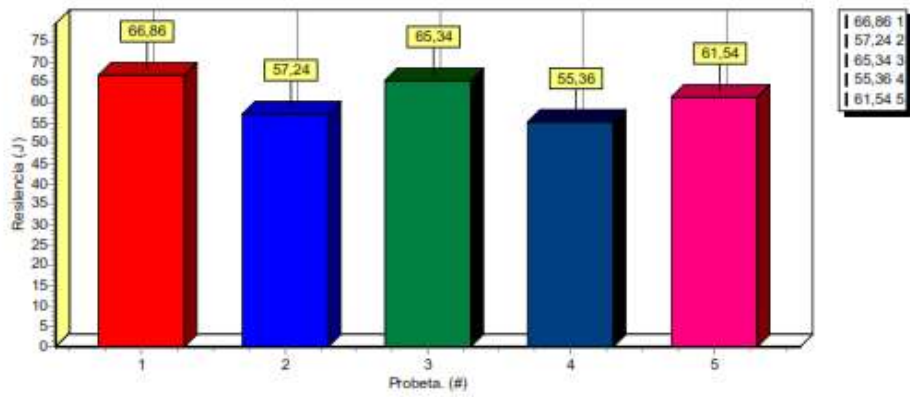
Cálculo	Resilencia
Unidad	J
1	70,56
2	69,56
3	75,56
4	70,54
5	68,78
Media	71,00
Desv. Std.	2,37
Varianza	5,64
Mínimo	68,78
Máximo	75,56

Ensayo: RESILENCIA		 INSTRUMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD
EIM 03		
Cliente: Pedido: 180462115720190628 Referencia: MATERIAL METALICO Calidad: Norma: ASTM E23 Operario: TECNICO 1 Temperatura: 21,5 °C Fecha: 13/08/2019 Humedad: 51,1 % Hora: 14:31:58		



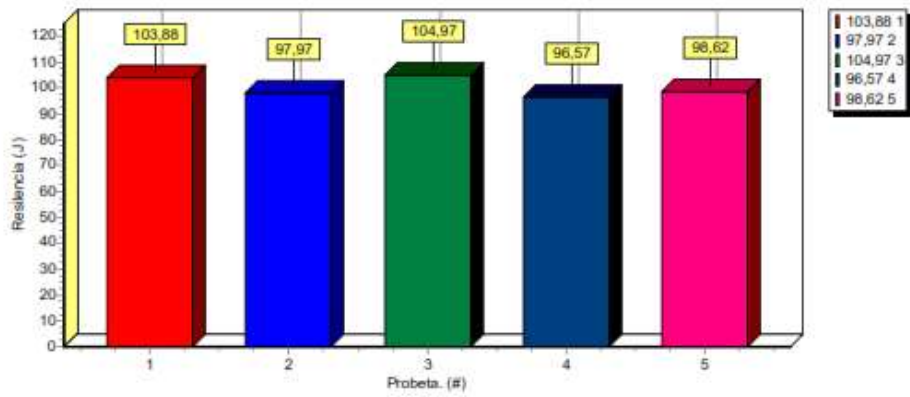
Cálculo	Resilencia
Unidad	J
1	44,27
2	48,69
3	50,03
4	50,03
5	47,67
Media	48,14
Desv. Std.	2,13
Varianza	4,53
Mínimo	44,27
Máximo	50,03

Ensayo: RESILENCIA		 INSTRUMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD
EIM 04		
Cliente: Pedido: 180462115720190628 Referencia: MATERIAL METALICO Calidad: Norma: ASTM E23 Operario: TECNICO 1 Temperatura: 21,5 °C Fecha: 14/08/2019 Humedad: 51,1 % Hora: 9:19:35		



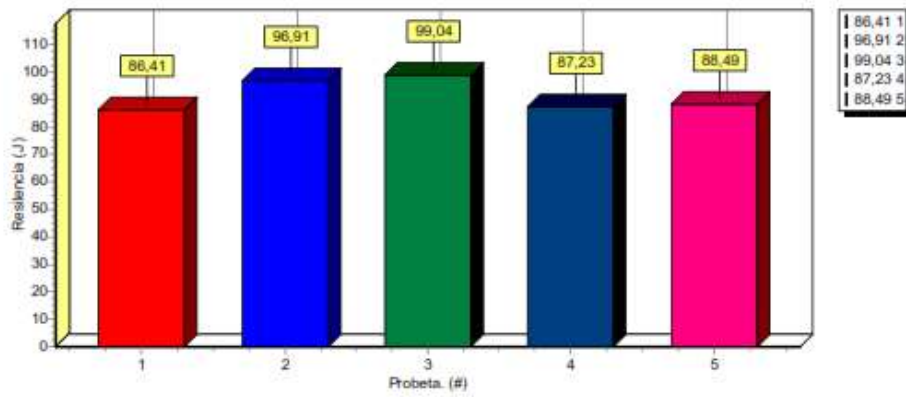
Cálculo	Resilencia
Unidad	J
1	66,86
2	57,24
3	65,34
4	55,36
5	61,54
Media	61,27
Desv. Std.	4,45
Varianza	19,81
Mínimo	55,36
Máximo	66,86

Ensayo: RESILENCIA		 INSTRUMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD
EIM 05		
Cliente: Pedido: 180462115720190628 Referencia: MATERIAL METALICO Calidad: Norma: ASTM E23 Operario: TECNICO 1 Temperatura: 21,3 °C Fecha: 13/08/2019 Humedad: 50,4 % Hora: 15:19:36		



Cálculo	Resilencia
Unidad	J
1	103,88
2	97,97
3	104,97
4	96,57
5	98,62
Media	100,40
Desv. Std.	3,37
Varianza	11,35
Mínimo	96,57
Máximo	104,97

Ensayo: RESILENCIA		 INSTRUMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD
EIM 06		
Cliente: Pedido: 180462115720190628 Referencia: MATERIAL METALICO Calidad: Norma: ASTM E23 Operario: TECNICO 1 Temperatura: 21,5 °C Fecha: 13/08/2019 Humedad: 51,4 % Hora: 15:41:21		



Cálculo	Resilencia
Unidad	J
1	86,41
2	96,91
3	99,04
4	87,23
5	88,49
Media	91,62
Desv. Std.	5,28
Varianza	27,85
Mínimo	86,41
Máximo	99,04

ANEXO E-3: Informe del ensayo de dureza.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180462115720190628-EDV	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Christian Javier Acosta Acosta.	
Dirección: Av. Bolivariana e Hipócrates, Ambato.	
Núm. de cédula / RUC: 1804621157	Teléfono: 0984012172
E-mail: christianoacosta10@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Análisis Metalográfico
Designación del material: Distintos materiales metálicos con proceso 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		Material de aporte	Probetas a Ensayar
		1	2		
1	180462115720190628-EDV 01	AISI 1045	AISI 420	E 308L-16	1
2	180462115720190628-EDV 02	AISI 1045	AISI 420	E 316L-16	1
3	180462115720190628-EDV 03	AISI 1045	AISI 420	E 312-16	1
4	180462115720190628-EDV 04	AISI 1018	AISI 420	E 312-16	1
5	180462115720190628-EDV 05	AISI 1018	AISI 420	E 308L-16	1
6	180462115720190628-EDV 06	AISI 1018	AISI 420	E 316L-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	180462115720190628-EDV 01	Cumple con criterios dimensionales	2019/06/28
2	180462115720190628-EDV 02	Cumple con criterios dimensionales	2019/06/28
3	180462115720190628-EDV 03	Cumple con criterios dimensionales	2019/06/28
4	180462115720190628-EDV 04	Cumple con criterios dimensionales	2019/06/28
5	180462115720190628-EDV 05	Cumple con criterios dimensionales	2019/06/28
6	180462115720190628-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	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		



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	Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban Lopez Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente		



LABORATORIO DE ANÁLISIS METALGRÁFICO
ENSAYO DE DUREZA VICKERS

INFORME DE RESULTADOS N°: 180462115720190628-EDV

DATOS GENERALES

N° de proforma: AM_2019_019
Empresa / Cliente: Christian Javier Acosta Acosta.
RUC/C.I.: 1804621157 **Ciudad:** Ambato.
Dirección: Av. Bolivariana e Hipócrates.
E-mail: christianoacosta10@gmail.com **Teléfono:** 0984012172

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: 2019/08/26. **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2019/08/26.
 Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de *distintos materiales metálicos con proceso 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		Material de aporte	Probetas a Ensayar
		1	2		
1	180462115720190628-EDV 01	AISI 1045	AISI 420	E 308L-16	1
2	180462115720190628-EDV 02	AISI 1045	AISI 420	E 316L-16	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:		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



Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 28 de agosto de 2019.
N° Factura: 001-002-000007706.



N°	Identificación del grupo	Material Base		Material de aporte	Probetas a Ensayar
		1	2		
3	180462115720190628-EDV 03	AISI 1045	AISI 420	E 312-16	1
4	180462115720190628-EDV 04	AISI 1018	AISI 420	E 312-16	1
5	180462115720190628-EDV 05	AISI 1018	AISI 420	E 308L-16	1
6	180462115720190628-EDV 06	AISI 1018	AISI 420	E 316L-16	1
Total					6

Probeta	Material Base	Material de aporte	Material de aporte	Material de aporte
1	AISI 1045	AISI 420	E 312-16	E 312-16
2	AISI 1018	AISI 420	E 312-16	E 312-16
3	AISI 1018	AISI 420	E 308L-16	E 308L-16
4	AISI 1018	AISI 420	E 316L-16	E 316L-16







Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Zona	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza VICKERS (HV1)		
					Diagonal 1 (µm)	Diagonal 2 (µm)	Dureza
1	180462115720190628-EDV 01	Material Base 1	19,7	57,2	95,46	95,43	203,6
		Térmicamente afectada 1	19,7	57,2	82,90	82,92	269,8
		Fusión	19,7	57,2	83,45	85,35	260,3
		Térmicamente afectada 2	19,7	57,2	69,18	69,21	387,3
		Material Base 2	19,7	57,2	91,35	92,34	219,8

Probeta	Identificación de probeta	Zona	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza VICKERS (HV1)		
					Diagonal 1 (µm)	Diagonal 2 (µm)	Dureza
2	180462115720190628-EDV 02	Material Base 1	19,9	56,6	95,99	95,78	201,7
		Térmicamente afectada 1	19,9	56,6	87,98	89,80	234,7
		Fusión	19,9	56,6	88,21	89,45	235,0
		Térmicamente afectada 2	19,9	56,6	66,65	68,28	407,4
		Material Base 2	19,9	56,6	90,26	91,02	225,7



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocerío



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Probeta	Identificación de probeta	Zona	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza VICKERS (HV1)	
					Diagonal 1 (µm)	Diagonal 2 (µm)
3	180462115720190628-EDV 03	Material Base 1	20,4	56,1	96,67	95,35
		Térmicamente afectada 1	20,4	56,1	92,69	93,63
		Fusión	20,4	56,1	79,85	81,03
		Térmicamente afectada 2	20,4	56,1	73,60	74,11
		Material Base 2	20,4	56,1	87,60	89,21

Probeta	Identificación de probeta	Zona	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza VICKERS (HV1)	
					Diagonal 1 (µm)	Diagonal 2 (µm)
4	180462115720190628-EDV 04	Material Base 1	20,2	55,9	102,30	101,33
		Térmicamente afectada 1	20,2	55,9	93,71	95,10
		Fusión	20,2	55,9	84,15	84,17
		Térmicamente afectada 2	20,2	55,9	63,35	63,26
		Material Base 2	20,2	55,9	88,60	88,93

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 4 de 5



Probeta	Identificación de probeta	Zona	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza VICKERS (HVI)		
					Diagonal 1(µm)	Diagonal 2 (µm)	
5	180462115720190628-EDV 05	Material Base 1	21,2	57,8	101,99	101,17	179,7
		Térmicamente afectada 1	21,2	57,8	95,30	95,75	2013,2
		Fusión	21,2	57,8	83,46	82,57	269,1
		Térmicamente afectada 2	21,2	57,8	62,00	62,18	481,0
		Material Base 2	21,2	57,8	91,76	90,82	222,5

Probeta	Identificación de probeta	Zona	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza VICKERS (HVI)		
					Diagonal 1(µm)	Diagonal 2 (µm)	
6	180462115720190628-EDV 06	Material Base 1	21,5	55,1	103,92	104,08	171,4
		Térmicamente afectada 1	21,5	55,1	96,24	96,71	199,2
		Fusión	21,5	55,1	83,18	83,44	267,2
		Térmicamente afectada 2	21,5	55,1	62,89	62,29	473,4
		Material Base 2	21,5	55,1	89,69	89,61	230,7

Observaciones del ensayo: Ninguna



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrizero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180462115720190628-EDV

DATOS DEL CLIENTE

Empresa / Cliente: Christian Javier Acosta Acosta.

Dirección: Av. Bolivariana e Hipócrates, Ambato.

Núm. de cédula / RUC: 1804621157

E-mail: christianoacosta10@gmail.com

Teléfono: 0984012172

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Análisis Metalográfico

Designación del material:
Distintos materiales metálicos con proceso 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.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180462115720190628-EDV 01	2019/06/28	2019/08/27	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180462115720190628-EDV 02	2019/06/28	2019/08/27	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-AM-009
Fecha de Elaboración: 22-05-2018
Fecha de última aprobación: 22-05-2018
Revisión: 1

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 1 de 3

Impreso en: 22/05/2018
15:07:00



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrizosa



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
3	180462115720190628-EDV 03	2019/06/28	2019/08/27	Cliente	Se entrega al cliente	
4	180462115720190628-EDV 04	2019/06/28	2019/08/27	Cliente	Se entrega al cliente	
5	180462115720190628-EDV 05	2019/06/28	2019/08/27	Cliente	Se entrega al cliente	
6	180462115720190628-EDV 06	2019/06/28	2019/08/27	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-AM-009
Fecha de Elaboración: 22-05-2018
Fecha de última aprobación: 22-05-2018
Revisión: 1

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 2 de 3