

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

Tema: “ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA SMAW, GMAW Y FCAW EN VARILLAS DE ACERO ESTRUCTURAL CORRUGADO ASTM A706, MEDIANTE JUNTAS A TOPE CON BISEL EN V SIMPLE Y DOBLE, Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA JUNTA SOLDADA”.

Trabajo de titulación previo a la obtención del Grado Académico de Magister en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras Metálicas.

Modalidad de titulación: Trabajo de titulación, investigación aplicada y/o de desarrollo.

Autor: Ing. Daniel Alberto Armas Real

Director: Ing. Wilson Henry Vaca Ortega, Mg.

Ambato – Ecuador

2022

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

El Tribunal Receptor de la Defensa del Trabajo de Titulación presidido por Ing. Wilson Santiago Medina Robalino, Mg., e integrado por los señores: Ing. Segundo Manuel Espín Lagos, Mg., e Ing. Diego Fernando Núñez Núñez, Mg., designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA SMAW, GMAW Y FCAW EN VARILLAS DE ACERO ESTRUCTURAL CORRUGADO ASTM A706, MEDIANTE JUNTAS A TOPE CON BISEL EN V SIMPLE Y DOBLE, Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA JUNTA SOLDADA”, elaborado y presentado por el Ing. Daniel Alberto Armas Real, para optar por el Grado Académico de Magister en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras Metálicas; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Wilson Santiago Medina Robalino, Mg.
Presidente Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Segundo Manuel Espín Lagos, Mg.
Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Diego Fernando Núñez Núñez, Mg.
Miembro del Tribunal de Defensa

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA SMAW, GMAW Y FCAW EN VARILLAS DE ACERO ESTRUCTURAL CORRUGADO ASTM A706, MEDIANTE JUNTAS A TOPE CON BISEL EN V SIMPLE Y DOBLE, Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA JUNTA SOLDADA”, le corresponde exclusivamente a: Ing. Daniel Alberto Armas Real, Autor bajo la Dirección del Ing. Wilson Henry Vaca Ortega, Mg., Director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Daniel Alberto Armas Real
AUTOR

Ing. Wilson Henry Vaca Ortega Mg.
DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Daniel Alberto Armas Real
C.C. 180354221-4

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
INDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
AGRADECIMIENTO	xii
DEDICATORIA	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
EXECUTIVE SUMMARY	xvi
CAPÍTULO I	1
1.1 Introducción	1
1.2 Justificación	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 General	2
1.3.2 Específicos	2
CAPÍTULO II	3
Antecedentes Investigativos	3
CAPÍTULO III	12
3.1 Ubicación	12
3.2 Equipos y materiales	12
3.2.1 Equipos:	12
3.2.2 Materiales:	12
3.3 Tipo de investigación	12
3.3.1 Exploratorio	12
3.3.2 Descriptivo	12

3.3.3	Explicativo	13
3.3.4	Relacional	13
3.4	Prueba de hipótesis – pregunta científica – idea a defender	13
3.5	Población o muestra	13
3.6	Recolección de información	14
3.6.1	Técnicas	15
3.6.2	Proceso de soldadura SMAW	17
3.6.2.1	SMAW con junta a tope con bisel en V simple	17
3.6.2.2	Resultados ensayos tracción SMAW junta a tope con bisel en V simple	19
3.6.2.3	Resultados ensayos de macrografía SMAW junta a tope con bisel en V simple.	21
3.6.2.4	SMAW con junta a tope con bisel en V doble	22
3.6.2.5	Resultados ensayos de tracción SMAW junta a tope con bisel en V doble.	24
3.6.2.6	Resultados ensayos de macrografía SMAW junta a tope con bisel en V doble.	26
3.6.3	Proceso de soldadura GMAW	27
3.6.3.1	GMAW con junta a tope con bisel en V simple	28
3.6.3.2	Resultados ensayos de tracción GMAW junta a tope con bisel en V simple	30
3.6.3.3	Resultados ensayos de macrografía GMAW junta a tope con bisel en V simple.	32
3.6.3.4	GMAW con junta a tope con bisel en V doble	33
3.6.3.5	Resultados ensayos de tracción GMAW junta a tope con bisel en V doble.	36
3.6.3.6	Resultados ensayos de macrografía GMAW junta a tope con bisel en V doble.	38
3.6.4	Proceso de soldadura FCAW	39
3.6.4.1	FCAW con junta a tope con bisel en V simple	40
3.6.4.2	Resultados ensayos de tracción FCAW junta a tope con bisel en V simple.	42

3.6.4.3	Resultados ensayos de macrografía FCAW junta a tope con bisel en V simple.	44
3.6.4.4	FCAW con junta a tope con bisel en V doble	48
3.6.4.5	Resultados ensayos de tracción FCAW junta a tope con bisel en V doble	50
3.6.4.6	Resultados ensayos de macrografía FCAW junta a tope con bisel en V doble.	52
3.6.4.7	Resultados de ensayos no destructivos – tintas penetrantes.	56
3.7	Procesamiento de la información y análisis estadístico	56
3.8	Variables respuesta o resultados alcanzados	60
CAPÍTULO IV		61
	Resultados y discusión	61
CAPÍTULO V		74
5.1	Conclusiones	74
5.2	Recomendaciones	75
5.3	Bibliografía	76
5.4	ANEXOS	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: PARÁMETROS NOMINALES ASTM A706.	3
Tabla 2: ESFUERZOS PRINCIPALES Y PORCENTAJES DE ELONGACIÓN DEL ACERO ASTM A706.	4
Tabla 3: POSICIONES DE SOLDADURA SEGÚN EL TIPO DE JUNTA.	17
Tabla 4: REPORTE ENSAYO DE TRACCIÓN WPS-21-005.....	19
Tabla 5: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 1.5.....	21
Tabla 6: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 2.5.....	22
Tabla 7: REPORTE ENSAYO DE TRACCIÓN WPS-21-006.....	24
Tabla 8: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 1.6.....	26
Tabla 9: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 2.6.....	27
Tabla 10: REPORTE ENSAYO DE TRACCIÓN WPS-21-001.....	30
Tabla 11: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 1.1.....	32
Tabla 12: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 2.1.....	33
Tabla 13: REPORTE ENSAYO DE TRACCIÓN WPS-21-002.....	36
Tabla 14: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 1.2.....	38
Tabla 15: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 2.2.....	39
Tabla 16: REPORTE ENSAYO DE TRACCIÓN WPS-21-003.....	42
Tabla 17: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 1.3.....	44
Tabla 18: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 2.3.....	45
Tabla 19: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T A1.....	46
Tabla 20: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T A2.....	47
Tabla 21: REPORTE ENSAYO DE TRACCIÓN WPS-21-004.....	50
Tabla 22: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 1.4.....	52
Tabla 23: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 2.4.....	53
Tabla 24: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T A3.....	54
Tabla 25: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T A4.....	55
Tabla 26: TABLA ANOVA - RESISTENCIA A LA TRACCIÓN.	57
Tabla 27: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE TUKEY – RESISTENCIA A LA TRACCIÓN.....	58
Tabla 28: TABLA ANOVA - LÍMITE DE FLUENCIA.....	59
Tabla 29: CANTIDAD DE PROBETAS Y TIPO DE ENSAYOS DESTRUCTIVOS.	61

Tabla 30: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN –	
RESISTENCIA.....	61
Tabla 31: RESULTADO DE ENSAYO DE TRACCIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO – LÍMITE DE FLUENCIA.	62
Tabla 32: RELACIÓN ENTRE F_u^* Y F_y^*	62
Tabla 33: PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DE LAS PROBETAS EN EL ENSAYO DE TRACCIÓN.	63
Tabla 34: ACEPTACIÓN O RECHAZO - ENSAYOS DE MACROGRAFÍA.....	64
Tabla 35: CRITERIO DE ACEPTACIÓN - ENSAYO MACROGRAFÍA.	64
Tabla 36: CALIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA.	65
Tabla 37: TIPOS DE COSTOS EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA.....	66
Tabla 38: ESQUEMA DEL ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERAL PARA CADA TIPO DE JUNTA.	67
Tabla 39: PROFORMA PARA LOS 3 TIPOS DE CONSUMIBLES	69
Tabla 40: VALOR DE LOS CONSUMIBLES PARA LOS 3 PROCESOS DE SOLDADURA.	69
Tabla 41: EFICIENCIA DE DEPOSICIÓN SEGÚN EL PROCESO DE SOLDADURA.	70
Tabla 42: VALORES DE EFICIENCIA DE DEPOSICIÓN ESCOGIDOS.....	70
Tabla 43: VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN SEGÚN PROCESO DE SOLDADURA.	70
Tabla 44: COSTO ENERGÉTICO POR TIPO DE PROCESO.	71
Tabla 45: FACTOR DE OPERACIÓN PARA CADA PROCESO DE SOLDADURA.	72
Tabla 46: FACTOR DE OPERACIÓN ESCOGIDO.	72
Tabla 47: COSTOS DE SOLDADURA FINALES.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Resistencia mínima a la fluencia, en MPa de los estándares con mayor resistencia [9].....	4
Figura 2: Proceso de soldadura SMAW [15].....	6
Figura 3: Relación A-V para modos de transferencia [17].....	7
Figura 4: Modos de transferencia: a)cortocircuito, b)globular, c)spray [18].....	7
Figura 5: Tipos de juntas soldadas [25].....	8
Figura 6: Posiciones de soldadura [25].....	8
Figura 7: Esquema de la longitud mínima requerida de la probeta para un tipo de junta a tope con bisel en v simple y doble con penetración completa [2].	14
Figura 8: Corte y biselado de las probetas.....	15
Figura 9: Probetas con bisel en V simple y doble.....	15
Figura 10: Galga para medir ángulos.....	16
Figura 11: Juntas a tope con bisel en V simple y doble [2].	16
Figura 12: Soporte para soldar varillas de acero de refuerzo.	16
Figura 13: SMAW junta a tope con bisel en V simple - pase #1.....	17
Figura 14: SMAW junta a tope con bisel en V simple - pase #2.....	18
Figura 15: SMAW junta a tope con bisel en V simple- pase #3.....	18
Figura 16: SMAW junta a tope con bisel en V simple- pase #4.....	18
Figura 17: SMAW junta a tope con bisel en V simple - pase #5.....	18
Figura 18: SMAW junta a tope con bisel en V simple – pase 6 y resanado.....	19
Figura 19: Diagrama esfuerzo deformación unitaria SMAW probeta T1.5 y T2.5..	20
Figura 20: SMAW junta a tope con bisel en V doble - pase #1.	23
Figura 21: SMAW junta a tope con bisel en V doble - pase #2 y #3.	23
Figura 22: SMAW junta a tope con bisel en V doble - pase #4 y #5.	23
Figura 23: SMAW junta a tope con bisel en V doble – pase #6.....	23
Figura 24: SMAW junta a tope con bisel en V doble – pase #7 y resanado.....	24
Figura 25: Diagrama esfuerzo deformación unitaria SMAW probeta T1.6 y T2.6..	25
Figura 26: GMAW junta a tope con bisel en V simple – pase #1 y #2.	28
Figura 27: GMAW junta a tope con bisel en V simple – pase #3 y #4.	28
Figura 28: GMAW junta a tope con bisel en V simple – pase #5.	29
Figura 29: GMAW junta a tope con bisel en V simple – pase #6.	29
Figura 30: GMAW junta a tope con bisel en V simple – pase #7 y resanado.	29

Figura 31: Diagrama esfuerzo deformación unitaria GMAW probeta T 1.1 y T 2.1.	31
Figura 32: Preparación de junta con bisel en V doble.	34
Figura 33: GMAW junta a tope con bise en V doble – pase #1 y #2.	34
Figura 34: GMAW junta a tope con bise en V doble – pase #3.	34
Figura 35: GMAW junta a tope con bise en V doble – pase #4.	35
Figura 36: GMAW junta a tope con bise en V doble – resanado.	35
Figura 37: GMAW junta a tope con bise en V doble – pase #7 y #8.	35
Figura 38: Diagrama esfuerzo deformación unitaria GMAW probeta T 1.2 y T 2.2.	37
Figura 39: FCAW junta a tope con bise en V simple – pase #1.	40
Figura 40: FCAW junta a tope con bise en V simple – pase #2.	40
Figura 41: FCAW junta a tope con bise en V simple – pase #3.	41
Figura 42: FCAW junta a tope con bise en V simple – pase resanado.	41
Figura 43: Figura 39: FCAW junta a tope con bise en V simple – pase final.	41
Figura 44: Diagrama esfuerzo deformación unitaria FCAW probeta T 1.3 y T 2.3.	43
Figura 45: FCAW junta a tope con bise en V doble – pase #1.	48
Figura 46: FCAW junta a tope con bise en V doble – pase #2.	48
Figura 47: FCAW junta a tope con bise en V doble – pase #3.	48
Figura 48: FCAW junta a tope con bise en V doble – resanado.	49
Figura 49: FCAW junta a tope con bise en V doble – pase final.	49
Figura 50: Diagrama esfuerzo deformación unitaria FCAW probeta T 1.4 y T 2.4.	51
Figura 51: Diagrama de resultados finales de propiedades mecánicas.	65
Figura 52: Relaciones F_u^*/F_y^*	66
Figura 53: Resumen gráfico de los principales resultados.	73

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a las siguientes personas indispensables en mi vida.

A mi padre Rómulo, quien siempre ha depositado su confianza en mí.

A mi madre Isabel, por su amor, paciencia y apoyo incondicional.

A mi hermana Cristina, por la ayuda brindada a lo largo de toda la maestría.

A mi hermano Rómulo, por las palabras de aliento y apoyo.

A ti Angélica, por cuidar de la familia.

Un agradecimiento a Miguel, Darío, Javier, Lenin y Wilmer por el apoyo brindado.

Al Ing. Henry Vaca. Mg. por los consejos y el apoyo brindado desde el comienzo de la investigación.

Y un profundo agradecimiento a demás familiares, amigos y compañeros que de una u otra forma han contribuido a que esta investigación se lleve a cabo.

Daniel Alberto Armas Real

DEDICATORIA

Este logro va dedicado a mi familia, lo más importante que hay en la vida.

A mi papi, mami, hermanos, Angie y Joaquincito, quienes son la motivación más grande día a día, el logro es suyo.

Una dedicación especial para ti papi, sé que algún día nos volveremos a encontrar.

Eres de acero INOLVIDABLE.

Daniel Alberto Armas Real

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS
METÁLICAS**

**TEMA: ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA SMAW, GMAW
Y FCAW EN VARILLAS DE ACERO ESTRUCTURAL CORRUGADO
ASTM A706, MEDIANTE JUNTAS A TOPE CON BISEL EN V SIMPLE Y
DOBLE, Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA
JUNTA SOLDADA.**

AUTOR: Ing. Daniel Alberto Armas Real

DIRECTOR: Ing. Wilson Henry Vaca Ortega. Mg.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Ingeniería, industria y construcción.

FECHA: 23 de febrero del 2022

RESUMEN EJECUTIVO

Con la finalidad de brindar una alternativa al método tradicional de traslape entre varillas de acero de refuerzo, se pretende analizar algunos procesos de soldadura aplicables para unir varillas de acero de refuerzo en el presente trabajo. El material base corresponde al acero de refuerzo ASTM A706 el mismo que es comercializado a nivel nacional por las principales acerías y cuya principal característica es su buena soldabilidad. Los procesos de soldadura empleados fueron los procesos SMAW, GMAW y FCAW, y las juntas empleadas fueron juntas a tope con bisel simple y doble para un diámetro de varilla de 14 mm. Los cordones de soldadura fueron realizados por un soldador calificado y los procesos de soldadura fueron calificados por un inspector de soldadura. Los ensayos destructivos realizados fueron los ensayos de tensión y macrografía, mientras que el ensayo no destructivo realizado fue el ensayo de tintas penetrantes, mismos que se los hizo en base al código de soldadura para acero estructural y en base al código de soldadura para acero de refuerzo. Una vez tabulados los datos el tipo de junta que presentó las mejores propiedades mecánicas para el proceso FCAW fue la junta a tope con bisel en V doble, mientras que para el proceso

SMAW se obtuvieron buenos resultados para ambos tipos de bisel, sin embargo, después de realizar el análisis de costos de soldadura el tipo de junta a tope con bisel en V doble fue el que alcanzó la mejor relación costo-beneficio, a pesar que comparado con los otros procesos fue el más costoso; un beneficio adicional de este proceso es que no necesita un gas de protección externo. El proceso GMAW a pesar de cumplir con los requerimientos del código no obtuvo buen resultado en el porcentaje de elongación; en cuanto al proceso FCAW se realizaron probetas adicionales para realizar los ensayos macrográficos, debido a que si no se realiza una correcta limpieza entre pases y no se usan los parámetros correctos en la soldadura se obtiene falta de fusión entre el metal base y el metal de aporte.

Descriptor: Acero de refuerzo, acero estructural, ASTM A706, barra de refuerzo, barra soldable, estructura metálica, proceso de soldadura, varilla de acero, varilla de refuerzo, varilla soldable.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS
METÁLICAS**

**THEME: “ANALYSIS OF THE SMAW, GMAW AND FCAW WELDING
PROCESSES IN ASTM A706 CORRUGATED STRUCTURAL STEEL RODS,
BY MEANS OF SINGLE AND DOUBLE V-BEVEL BUTT JOINTS, AND
THEIR INCIDENCE ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE
WELDED JOINT”.**

AUTHOR: Ing. Daniel Alberto Armas Real

DIRECTED BY: Ing. Wilson Henry Vaca Ortega. Mg.

LINE OF RESEARCH: Engineering, industry and construction.

DATE: February 23th, 2022.

EXECUTIVE SUMMARY

In order to provide an alternative to the traditional method of overlapping between reinforcing steel rods, it is intended to analyze some applicable welding processes to join reinforcing steel rods in the present work. The base material corresponds to reinforcing steel ASTM A706, the same one that is marketed nationally by the main steel mills and whose main characteristic is its good weldability. The welding processes used were the SMAW, GMAW and FCAW processes, and the joints used were single and double beveled butt joints for a rod diameter of 14 mm. The weld seams were made by a qualified welder and the welding processes were qualified by a welding inspector. The destructive tests carried out were the tension and macroetch tests, while the non-destructive test carried out was the penetrant dye test, which was carried out based on the structural welding code and based on structural welding code – steel reinforcing bars. Once the data was tabulated, the type of joint that presented the best mechanical properties for the FCAW process was the double V-bevel butt joint, while for the SMAW process good results were obtained for both types of bevel, however, after performing the analysis of welding costs, the type of butt joint with

double V bevel was the one that reached the best cost-benefit ratio, despite the fact that compared to the other processes it was the most expensive; an additional benefit of this process is that it does not require an external shielding gas. The GMAW process, despite complying with the requirements of the code, did not obtain a good result in the percentage of elongation; Regarding the FCAW process, additional specimens were made to carry out the macroetch tests, because if a correct cleaning between passes is not carried out and the correct parameters are not used in the welding, a lack of fusion is obtained between the base metal and the base metal. input.

Keywords: ASTM A706, metallic structure, reinforcing bar, reinforcing rod, reinforcing steel, steel rod, structural steel, weldable bar, weldable rod, welding process.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

Las juntas soldadas cada vez tienen más acogida en el ámbito de la construcción a nivel mundial debido a que presentan mejores propiedades que las juntas de unión convencionales al ser sometidas a cargas de fatiga, impacto y vibración severa, siendo las cargas que generalmente aparecen en catástrofes sísmicas. La presente investigación trata sobre el análisis de los procesos de soldadura aplicables en varillas de acero de refuerzo y como estas inciden en las propiedades mecánicas de la junta soldada. En este caso se empleó la metodología acorde las especificaciones de los procesos de soldadura (WPS) para posteriormente realizar la certificación de los procesos de soldadura (PQR), establecidos en la norma de la Sociedad Americana de Soldadura AWS por sus siglas en inglés, específicamente en el apartado D1.1 [1] y D1.4 [2] referentes al código de soldadura estructural y al código de acero de refuerzo estructural respectivamente. En nuestro caso como material base se seleccionó la varilla de acero de refuerzo ASTM A 706 [3] siendo la más usada en el ámbito estructural en el Ecuador. Se establecieron ensayos destructivos y no destructivos de acuerdo a lo requerido en la norma AWS D1.4.[2]. Sin embargo, esta metodología de juntas soldadas posee ciertas limitaciones como la falta de conocimiento para aplicar el código AWS D1.4, además de la falta de análisis de costo de una junta soldada y la escasez de mano de obra calificada y de inspectores calificados que evitan una aplicación masiva en la construcción.

1.2 Justificación

En el ámbito de la construcción en el Ecuador el uso de varillas corrugadas de acero es constante debido a que junto al concreto mejora las propiedades mecánicas de los elementos estructurales especialmente la tracción y torsión. Las juntas soldadas han demostrado que presentan mejor comportamiento que las juntas convencionales [4]. La AWS D1.1, establece que los aceros usados como refuerzo estructural deben poseer propiedades como buena soldabilidad, adecuada ductilidad y otras como resistencia al impacto o propiedades anticorrosivas, estas dos últimas depende del tipo de aplicación de la varilla de refuerzo [1]. En el país se comercializan varillas lisas y corrugadas,

siendo estas últimas las de uso estructural para edificaciones. Si bien es cierto el costo del proceso es la principal implicación en comparación a la técnica de traslape generalmente usada, ésta representa una opción para proporcionar una conexión estructural fuerte y rígida, ya que mediante ella se asegura que no se aflojen las conexiones, lo cual representa un gran beneficio a la hora de unir los elementos estructurales. Se conoce también que las varillas de refuerzo son ideales debido a sus propiedades sísmoresistentes, ya que el Ecuador se ubica en la zona del cinturón de fuego del pacífico y se ve afectado por movimientos telúricos[5]. Las aplicaciones de las varillas soldadas están relacionadas con la fabricación de jaulas de refuerzo, pilotes, etc.

Este estudio, será de gran ayuda a la hora de elegir que el proceso de soldadura y el tipo de junta a usar con el fin de maximizar sus propiedades mecánicas. Por tal motivo en la presente investigación se desea analizar los procesos de soldadura SMAW, GMAW y FCAW en varillas de acero estructural corrugado ASTM A706, mediante juntas a tope con bisel en V simple y doble, y su incidencia en las propiedades mecánicas de la junta soldada.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Analizar los procesos de soldadura SMAW, GMAW y FCAW en varillas de acero estructural corrugado ASTM A706, mediante juntas a tope con bisel en V simple y doble, y su incidencia en las propiedades mecánicas de la junta soldada.

1.3.2 Específicos

- Determinar las variables influyentes en la calidad de las soldaduras requeridas.
- Establecer los ensayos destructivos y no destructivos necesarios para determinar las propiedades mecánicas de la junta soldada.
- Realizar un estudio de costo – beneficio entre los procesos de soldadura establecidos.
- Establecer un análisis comparativo entre los resultados obtenidos por los procesos de soldadura para las juntas a tope con bisel en V simple y con bisel en V doble.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

El acero es un material usado en la industria por su bajo costo y su gran cantidad de propiedades que posee. Está formado por una aleación de hierro – carbono (Fe-C). Si las aleaciones tienen más del 2,11% de C en peso son fundiciones y si tienen menos, aceros [6].

Las especificaciones de aceros más usados en Estados Unidos son el ASTM A615 [7] y el ASTM A706. El ASTM A615 posee propiedades mecánicas menos controladas o con un menor rango y no es deseado para aplicaciones sísmicas. Sin embargo, el ASTM A 706 posee un límite elástico máximo y mínimo, además de elongaciones más grandes permitidas [8].

El material base considerado en esta investigación es el ASTM A 706, debido a que es el más comercializado en el Ecuador. Las principales propiedades de este tipo de acero están establecidas en la especificación [3].

Esta norma establece los parámetros nominales para cada número o diámetro de barra corrugada como se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1: PARÁMETROS NOMINALES ASTM A706.

Bar Designation No.	Nominal Weight, lb/ft [Nominal Mass, kg/m]	Nominal Dimensions ^A			Deformation Requirements, in. [mm]		
		Diameter, in. [mm]	Cross-Sectional Area, in. ² [mm ²]	Perimeter, in. [mm]	Maximum Average Spacing	Minimum Average Height	Maximum Gap (Chord of 12.5 % of Nominal Perimeter)
3 [10]	0.376 [0.560]	0.375 [9.5]	0.11 [71]	1.178 [29.9]	0.262 [6.7]	0.015 [0.38]	0.143 [3.6]
4 [13]	0.668 [0.994]	0.500 [12.7]	0.20 [129]	1.571 [39.9]	0.350 [8.9]	0.020 [0.51]	0.191 [4.9]
5 [16]	1.043 [1.552]	0.625 [15.9]	0.31 [199]	1.963 [49.9]	0.437 [11.1]	0.028 [0.71]	0.239 [6.1]
6 [19]	1.502 [2.235]	0.750 [19.1]	0.44 [284]	2.356 [59.8]	0.525 [13.3]	0.038 [0.97]	0.286 [7.3]
7 [22]	2.044 [3.042]	0.875 [22.2]	0.60 [387]	2.749 [69.8]	0.612 [15.5]	0.044 [1.12]	0.334 [8.5]
8 [25]	2.670 [3.973]	1.000 [25.4]	0.79 [510]	3.142 [79.8]	0.700 [17.8]	0.050 [1.27]	0.383 [9.7]
9 [29]	3.400 [5.060]	1.128 [28.7]	1.00 [645]	3.544 [90.0]	0.790 [20.1]	0.056 [1.42]	0.431 [10.9]
10 [32]	4.303 [6.404]	1.270 [32.3]	1.27 [819]	3.990 [101.3]	0.889 [22.6]	0.064 [1.63]	0.487 [12.4]
11 [36]	5.313 [7.907]	1.410 [35.8]	1.56 [1006]	4.430 [112.5]	0.987 [25.1]	0.071 [1.80]	0.540 [13.7]
14 [43]	7.65 [11.38]	1.693 [43.0]	2.25 [1452]	5.32 [135.1]	1.185 [30.1]	0.085 [2.16]	0.648 [16.5]
18 [57]	13.60 [20.24]	2.257 [57.3]	4.00 [2581]	7.09 [180.1]	1.58 [40.1]	0.102 [2.59]	0.864 [21.9]

^AThe nominal dimensions of a deformed bar are equivalent to those of a plain round bar having the same weight [mass] per foot [metre] as the deformed bar.

Fuente: ASTM A706 [3].

Además, en esta normativa indica las características de esfuerzos de porcentaje de deformación mínimos de acuerdo a los diámetros de las barras y el grado del acero, así como también el porcentaje de elongación mínimo como se puede ver en la tabla 2.

Tabla 2: ESFUERZOS PRINCIPALES Y PORCENTAJES DE ELONGACIÓN DEL ACERO ASTM A706.

	Grade 60 [420]	Grade 80 [550]
Tensile strength, min, psi [MPa]	80 000 [550] ^A	100 000 [690] ^A
Yield strength, min, psi [MPa]	60 000 [420]	80 000 [550]
Yield strength, max, psi [MPa]	78 000 [540]	98 000 [675]
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %		
Bar Designation Nos.		
3, 4, 5, 6 [10, 13, 16, 19]	14	12
7, 8, 9, 10, 11 [22, 25, 29, 32, 36]	12	12
14, 18 [43, 57]	10	10

^A Tensile strength shall not be less than 1.25 times the actual yield strength.

Fuente: ASTM A706 [3].

En la investigación realizada por Madias et al.[9], donde se hace una comparación de las propiedades mecánicas entre 20 diferentes estándares a nivel mundial. En la figura 1, se puede observar que la resistencia a la fluencia del ASTM A706 fabricada en Ecuador se encuentra entre los valores más altos a nivel mundial.

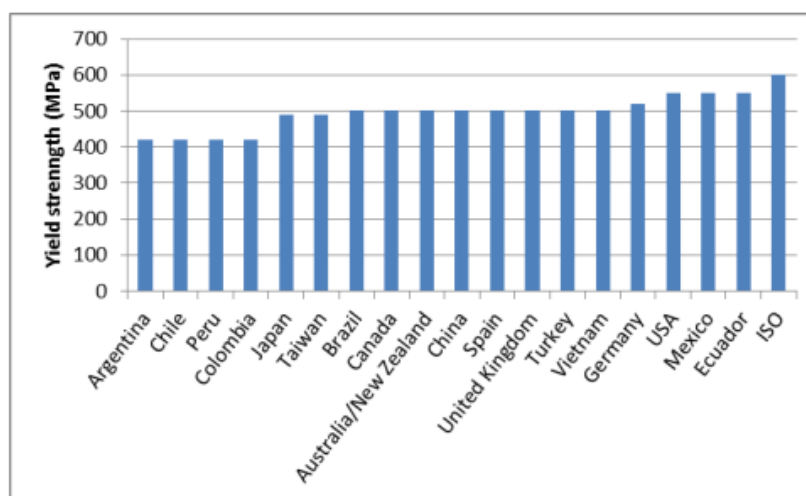


Figura 1: Resistencia mínima a la fluencia, en MPa de los estándares con mayor resistencia [9].

Además, la varilla de acero estructural producida en el Ecuador posee el contenido de azufre más bajo a nivel mundial correspondiente a 0,040% [9].

De acuerdo a la investigación realizada por Abatta y Arroyo [10], se debe mejorar la calidad del acero ecuatoriano ya que según el estudio acerca del comportamiento del acero de refuerzo ASTM A706 bajo cargas cíclicas, se determinó una gran dispersión de resultados en el comportamiento mecánico bajo la acción de fatiga de bajo ciclos,

lo cual para nuestra investigación nos permitirá conocer la calidad del material que se utiliza en el país.

Los métodos empleados para unir varillas o barras de refuerzo son: traslape unido por alambre, traslape soldado por un lado y por ambos lados, y la junta soldada a tope. Siendo esta última un método económico y usado en zonas con armaduras pesadas (puente con cargas elevadas) [11]. Otras ventajas de elegir la unión soldada son: La resistencia al impacto se vuelve más grande, los productos fabricados son menos propensos a deformarse, lo que quiere decir que la forma original se conserva de mejor manera [12].

En la actualidad existe un sinnúmero de procesos de soldadura disponibles para soldar diferentes tipos de materiales, sin embargo, para nuestra investigación se consideran los procesos de soldadura SMAW, GMAW y FCAW, ya que de acuerdo a lo establecido en la norma AWS D1.4 [2] para nuestro material base seleccionado [3], son los procesos aplicables.

El proceso de soldadura de arco manual con electrodo revestido “SMAW” es el proceso de soldadura más usado y de uso general. La intensidad de corriente que se regule es uno de los principales factores de control de las propiedades mecánicas del producto soldado y la dureza depende de gran manera de la composición química del material base [13]. Otro parámetro que afecta directamente a las propiedades mecánicas finales de este proceso de soldadura es la composición química del acero, ya que elementos como el carbono, manganeso, tungsteno incrementan la resistencia [14].

Este proceso se lo realiza con un material de aporte o consumible que está formado por el revestimiento cerámico y el núcleo metálico. Una vez que este último se fusiona este se convierte en el material de aporte y la combustión del revestimiento crea una cámara protectora que protege de la entrada de oxígeno y nitrógeno, además de ayudar como retardador de enfriamiento para obtener mejores propiedades mecánicas [15]. En la figura 2, se puede observar las principales características del proceso SMAW.

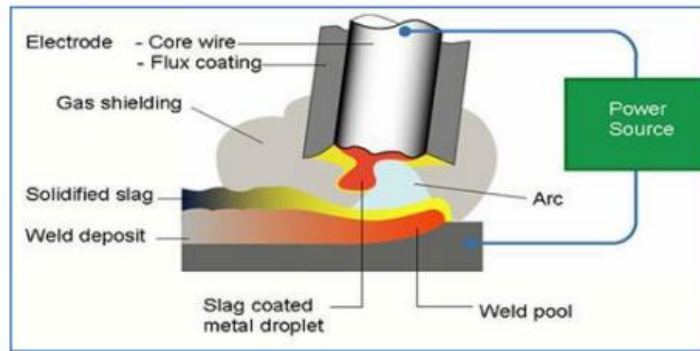


Figura 2: Proceso de soldadura SMAW [15].

En la investigación realizada por Echavarría, el proceso de soldadura para unir varillas de acero de refuerzo fue SMAW, donde se usó varios tipos de juntas, entre ellas el tipo de junta a tope con bisel en V simple y doble, siendo este último también llamado en “X”. El electrodo usado en dicha investigación fue el E9018-G y las barras de acero de refuerzo fueron de número 4,6,8 y 10. Entre sus principales conclusiones se pueden destacar que todas las barras que se soldaron poseen una resistencia a la tracción superior a la mínima permitida por el código AWS D1.4[2]. La temperatura entre pasadas fue de 150°C y el amperaje usado fue de 120 A y el electrodo usado superó ampliamente las propiedades mecánicas del metal base y cuando se sometió a los ensayos de tracción jamás hubieron fracturas en la junta soldada [16].

El proceso de soldadura por arco bajo gas protector metálico “GMAW” es un proceso versátil debido a la variedad de aleaciones soldables, espesores, posición de soldeo, gran productividad, fácil de mecanizar y automatizar. Este proceso se caracteriza por tener modos de transferencia metálica, mismos que dependen principalmente del espesor del material base y de la posición de soldeo que se vaya a utilizar. Los principales modos de transferencia son: cortocircuito, globular y spray. En la figura 3, se puede observar la relación entre intensidad de corriente y voltaje para los modos de transferencia mencionados [17].

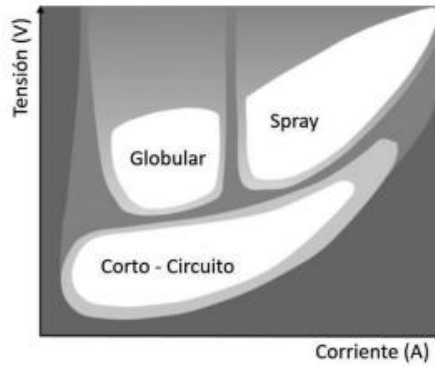


Figura 3: Relación A-V para modos de transferencia [17].

Adicionalmente, en la figura 4, se puede observar el tipo de deposición de los modos de transferencia.

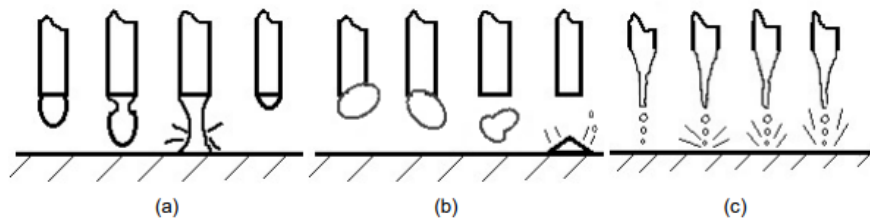


Figura 4: Modos de transferencia: a)cortocircuito, b)globular, c)spray [18].

El modo de transferencia por cortocircuito es usado cuando se manejen corrientes y voltajes bajos, además de espesores delgados ya que este modo debido a su pequeño charco provocaría mordedura para espesores más grandes [19].

Según Almeida et al. [20], recomiendan un porcentaje de 75% Ar y 25% CO₂ para el gas de protección ya que genera menos escoria que las relaciones 95-5 o 90-10, sin embargo estas relaciones dependen del criterio de quien diseñe el WPS y PQR.

Para obtener un proceso de alta eficiencia y gran velocidad de avance, se debe aumentar el amperaje y se cambia el modo de transferencia de globular a spray [21].

El proceso de soldadura por arco con alambre tubular “FCAW”, es un proceso de soldadura donde el electrodo es tubular, además posee una funda metálica y un núcleo fundente, este fundente se usa como protección contra el medio ambiente [22]. Para obtener parámetros máximos de penetración en este proceso de soldadura se deberá usar el valor máximo de corriente, voltaje, así como un ángulo de posicionamiento de electrodo máximo, mientras que la velocidad de avance debe ser la mínima permitida [23]. Este proceso tiene algunas ventajas entre las que se destacan: control precios de

corriente-voltaje, altas tasas de deposición, menos habilidad requerida del soldador, y mejor calidad de soldadura [24].

Existen varios tipos de juntas soldadas, en la figura 5, se detallan los tipos de juntas soldadas más utilizadas, mismas que dependen del campo de aplicación.

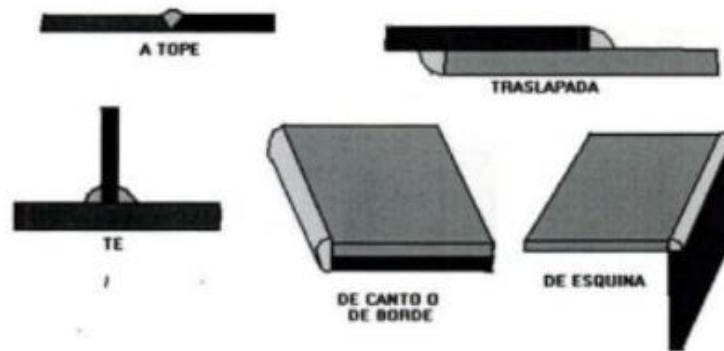


Figura 5: Tipos de juntas soldadas [25].

Un parámetro de mucha importancia es la posición de soldadura, ya que de eso depende el grado de dificultad de la junta a soldar, en la figura 6, se pueden observar las posiciones de soldadura permitidas.

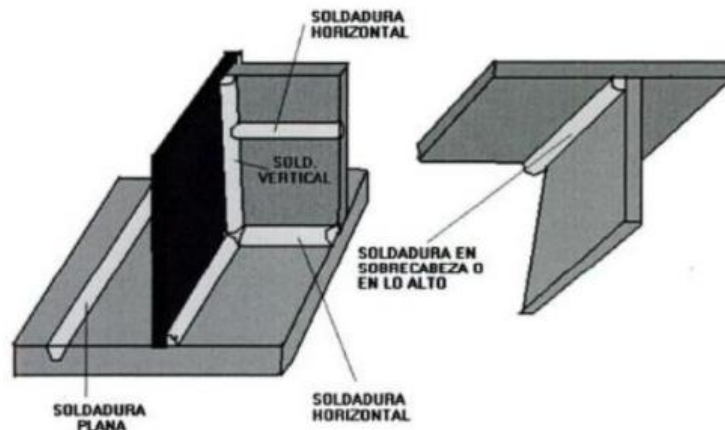


Figura 6: Posiciones de soldadura [25].

Según Dwivedi et al [26], los ensayos no destructivos (END) son métodos para evaluar la condición metalúrgica sin modificar las propiedades del material a ensayar. Este tipo de ensayo pueden hacerse en una parte o en la totalidad del material para comprobar un sistema de control de calidad. Los END más usados en la industria metalúrgica son: inspección visual (VT), ultrasonido (UT), tintas penetrantes (PT), radiografía (RT) [26].

Inspección Visual: Este tipo de ensayo es eficaz para detectar defectos macroscópicos por efecto de soldaduras deficientes que pueden producir socavaciones, inclusiones de escoria, penetración incompleta, entre otras [27].

Radiografía: Es uno de los ensayos no destructivos más importantes [28]. Una vez la fuente emita los rayos “x” y se presenta algún defecto o irregularidad muchos más rayos “x” pasarán en el área debajo de la pieza y a su vez tendrá más exposición a la luz en las áreas no vacías [27].

Ultrasonido: Esta técnica se utiliza para detectar defectos internos, su principio se basa en generar ecos con el sonido; un pulso corto de ultrasonido se genera mediante una carga eléctrica aplicada a un cristal piezoeléctrico, que vibra durante un período corto a una frecuencia relacionada con el espesor del cristal [27]. Esta técnica es muy versátil y junto al RT son los métodos eficientes para detectar un número considerable de defectos en la soldadura. Al contrario de la RT, el ultrasonido no representa un riesgo para la salud [29].

Tintas penetrantes: Es uno de los ensayos más antiguos y es un método de ensayo de bajo costo que se utiliza para localizar defectos en la superficie de la junta soldada. En este proceso una vez limpiada la superficie se coloca un líquido generalmente rojo que penetra en las grietas superficiales. Luego de limpiar y secar se aplica el revelador la cual extrae el líquido penetrante previamente colocado y deja a simple vista los defectos superficiales en la soldadura como grietas [30].

El código AWS D1.4 [2], recomienda una temperatura de precalentamiento en la junta si el carbón equivalente del material base sobrepasa ciertos valores [31]. Para el material base ASTM A706 [3], no debe sobrepasar el 0,55% para obtener una buena soldabilidad.

La ecuación 2.1, sirve para determinar el porcentaje de carbono equivalente según la AWS D1.4 [2]:

$$CE = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cu}{40} + \frac{\%Ni}{20} + \frac{\%Cr}{10} - \frac{\%Mo}{50} - \frac{\%V}{10} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Por otro lado el Instituto Internacional de Soldadura [32], establece la ecuación 2.2, para el cálculo del porcentaje de carbono equivalente:

$$CE = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cr + \%Mo + \%V}{5} + \frac{\%Cu + \%Ni}{15} \quad \text{Ec. 2. 2}$$

De donde:

$\%C =$ *Porcentaje de carbono*

$\%Mn =$ *Porcentaje de manganeso*

$\%Si =$ *Porcentaje de silicio*

$\%Cr =$ *Porcentaje de cromo*

$\%Mo =$ *Porcentaje de molibdeno*

$\%V =$ *Porcentaje de vanadio*

$\%Cu =$ *Porcentaje de cobre*

$\%Ni =$ *Porcentaje de níquel*

El diseño de experimentos es una herramienta para obtener una mayor eficiencia en experimentación de soldadura. El experimento trata una serie de actividades, que se los lleva a cabo mediante ciertos parámetros; en dicho experimento debe constar: la formulación de una hipótesis, el diseño experimental, el desarrollo experimental, el análisis estadístico y las respectivas conclusiones. Además, en este tipo de análisis estadístico se puede estudiar si las variables inmersas influyen o no significativamente sobre el resultado final [33].

El análisis ANOVA es una herramienta de decisión para detectar la variación de parámetros de un proceso, y encontrar los parámetros óptimos a través de los experimentos realizados [34].

Existen varios análisis estadísticos de comparación múltiple como la prueba de Dunnet, Duncan y Tukey. El método Dunnet se usa cuando se compara medias de tratamientos. El método de Duncan se usa cuando los tamaños de muestras son iguales. Y el método de Tukey se usa porque controla los errores α y β de mejor manera además porque que es una de las pruebas con más aplicación y usadas por estadísticos debido a que permite hacer comparaciones de tratamientos de dos en dos y es considerada la más completa de todas [35].

Según Panmongkol [36], el análisis recomendado en juntas soldadas después del análisis ANOVA es el estadístico de Tukey.

Como criterio personal de la literatura científica consultada existen varios tipos de uniones permitidas para varillas de acero de refuerzo como uniones traslapadas amarradas, uniones traslapadas soldadas, uniones soldadas, etc. Para las juntas soldadas existen varios procesos de soldadura permitidos según las AWS dependiendo el material base, en nuestro caso se seleccionaron los 3 procesos de soldadura posibles para el metal base que disponemos en el país, siendo este el ASTM A706. En base a la norma AWS D1.4 que trata del código de soldadura para acero estructural de refuerzo se realizaron las especificaciones de los procesos de soldadura WPS para cada combinación planteada. Los diámetros de las varillas, los 3 procesos de soldadura, los 2 tipos de juntas y las posiciones de soldadura serán variables esenciales de acuerdo a lo establecido por la norma.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación

La presente investigación se llevará a cabo en la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua, sin embargo, los procesos de soldadura y los ensayos respectivos se los hará en SINDESECUADOR S.A, ubicados en la capital del Ecuador, específicamente en la autopista general Rumiñahui y av. Simón Bolívar, conjunto Portón de Cádiz #124.

3.2 Equipos y materiales

3.2.1 Equipos:

- Soldadora multifuncional: XMT® 304 CC/CV
- Cortadora y pulidora
- Máquina de ensayos universales para ensayo de tracción, ENS-23.
- Máquina para ensayo de macrografía.

3.2.2 Materiales:

- Varilla ASTM A706 de 14 mm de diámetro.
- Electrodo AWS A5.5 E8018-C3[37].
- Electrodo AWS A5.28 ER80S-G [38].
- Electrodo AWS A5.29 E81T1-Ni1C [39].
- Kit de tintas penetrantes.

3.3 Tipo de investigación

3.3.1 Exploratorio

El tipo de investigación es exploratoria con el objetivo determinar los parámetros correctos que permitan alcanzar las mejores propiedades mecánicas de la soldadura. Ya que en el país no hay análisis profundos en cuanto a este tema en particular.

3.3.2 Descriptivo

El tipo de investigación también fue descriptiva ya que se busca especificar las propiedades mecánicas de la soldadura, es decir obteniendo la caracterización de las mismas a través de pruebas y ensayos de laboratorio.

3.3.3 Explicativo

El tipo de investigación también fue explicativa ya que se determinaron parámetros que causan unas buena o malas propiedades mecánicas, así como también, la selección de materiales que es de mucha importancia para analizar las causas de los resultados obtenidos.

3.3.4 Relacional

El tipo de investigación también fue relacional ya que se encontrarán factores de riesgo como por ejemplo parámetros en la soldadura que podrían causar dificultades ahora de realizar las soldaduras.

3.4 Prueba de hipótesis – pregunta científica – idea a defender

Los procesos de soldadura SMAW, GMAW y FCAW en varillas de acero estructural corrugado ASTM A706 mediante juntas a tope con bisel en V simple y doble, incidirá en las propiedades mecánicas de la junta soldada.

3.5 Población o muestra

Para la investigación se consideró el material base ASTM A706 [3] de 14 mm de diámetro y se consideró tres tipos de procesos de soldadura: SMAW, GMAW y FCAW, el tipo de junta que se consideró fue una junta a tope con dos tipos de biseles, bisel en V simple y bisel en V doble o también llamado bisel en X, estos biseles son permitidos para este tipo de junta según lo establecido en el código.

Los ensayos necesarios a realizarse según lo establecido en el PQR de la norma son 2 ensayos de tracción, 2 ensayos de macrografía e inspección visual para cada tipo de proceso y cada tipo de junta empleada [2].

Es decir que se prepararon 48 probetas de 200mm, 24 para juntas a tope con bisel en V simple y 24 para juntas a tope con bisel en V doble. Se obtuvieron 12 juntas soldadas para cada tipo de bisel y dentro de las 12 mencionadas, 4 corresponden a cada tipo de proceso. La longitud mínima de la probeta soldada debe cumplir con lo especificado en la norma, pág. 47 [2], que se puede observar en la figura 7.

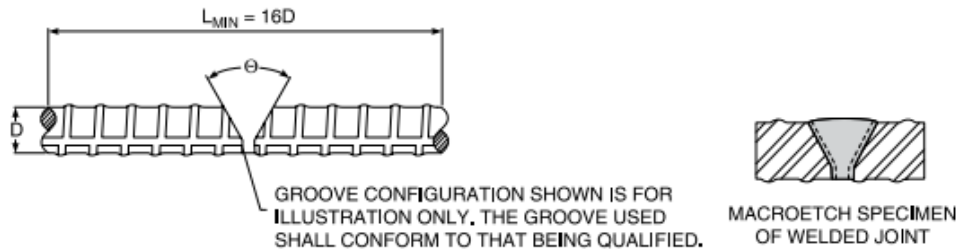


Figura 7: Esquema de la longitud mínima requerida de la probeta para un tipo de junta a tope con bisel en v simple y doble con penetración completa [2].

El diámetro de 16 mm de la varilla también califica dentro de los WPS y PQR realizados para la varilla de 14 mm ya que según la norma se califica hasta 19mm de diámetro, porque forma parte del “Grupo A”. Es decir, el diámetro es una variable esencial siempre y cuando supere el límite de los 19 mm caso contrario se califica para los diámetros que se encuentren por debajo de ese valor, como se detalla en la pág. 40 de la norma [2].

Los 6 casos de estudio fueron sometidos a los siguientes ensayos mecánicos:

Ensayo de tracción: Según ASTM A370 / ASTM E-8 [40].

Ensayo de macrografía: Según AWS D1.1, ASTM E3-11 [41].

Ensayo de tintas penetrantes: Según ASTM E-165 [42].

Cabe mencionar que a las 24 juntas soldadas se les realizó inspección visual y el ensayo no destructivo de tintas penetrantes.

3.6 Recolección de información

La información de los ensayos destructivos y no destructivos fueron recolectados por los diagramas recibidos por la máquina de ensayos universales en el caso del ensayo a tracción, así como los resultados obtenidos del ensayo de la macrografía según lo requerido por la AWS D1.4. No fue necesario realizar ensayos de energía absorbida o ensayo de impacto ya que no eran de carácter obligatorio. Los criterios emitidos para el ensayo de tintas penetrantes se los hizo de acuerdo a lo establecido por la norma [42]. Todos los resultados de los ensayos mencionados se tabularon y entregaron diagramas para una comparativa adecuada entre procesos.

3.6.1 Técnicas

Para preparar las 48 probetas que fueron soldadas se compró una varilla de acero corrugado ASTM A706 gr 60 de 12 m de longitud y con un disco de corte se procedió a cortar pedazos de 200 mm de longitud, obteniendo así 59 pedazos y no 60 debido a la pérdida de material que se producía al momento del corte.

Con cada uno de los pedazos se maquinó para obtener probetas con bisel en V simple y doble de aproximadamente $22,5^\circ$ para que en conjunto con la segunda probeta formen un ángulo de 45° como se aprecia en las figuras 8 y 9, con la ayuda de una galga para medir ángulos como se observa en la figura 10. Se recomienda un ángulo de bisel entre 30° y 60° .



Figura 8: Corte y biselado de las probetas.

Fuente: Autor.



Figura 9: Probetas con bisel en V simple y doble.

Fuente: Autor.



Figura 10: Galga para medir ángulos.

Fuente: Autor.

Las técnicas empleadas para realizar las juntas soldadas y los ensayos destructivos y no destructivos se lo hicieron en base a lo establecido en la norma AWS D1.1 [2], el esquema de los tipos de juntas a tope permitidos se pueden observar en la figura 11.

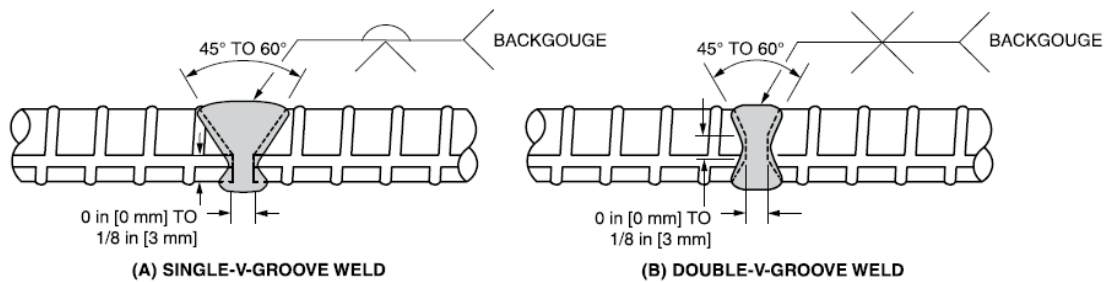


Figura 11: Juntas a tope con bisel en V simple y doble [2].

Se construyó un soporte tipo trípode con canales para colocar las varillas y con la ayuda de mordazas mejorar la sujeción y evitar el movimiento de las mismas en los procesos de soldadura como se aprecia en la figura 12.



Figura 12: Soporte para soldar varillas de acero de refuerzo.

Fuente: Autor.

La posición de soldeo elegida para todos los procesos de soldadura antes mencionados fue la de 1G o plano, debido a que es la posición donde el material de aporte se deposita desde la parte superior generalmente usada en juntas a tope. Las posiciones de soldadura permitidas de acuerdo al tipo de junta se encuentran descritas en la tabla 3.

Tabla 3: POSICIONES DE SOLDADURA SEGÚN EL TIPO DE JUNTA.

Test Position	Production Welding Joint and Position Qualified			
	Direct Butt and T-Joint [Figures 5.1, 5.2, 5.5(D)]	Fillet Joint [Figure 5.5(A), (B), and (C)]	Indirect Butt Joint [Figures 5.3 and 5.5(E)]	Lap Joint (Figure 5.4)
1G	F	F, H	—	—
2G	F, H	F, H	—	—
3G	F, H, V	F, H, O	—	—
4G	F, OH	F, H, V	—	—

Fuente: AWS D1.4 Tabla 8.5 [2].

3.6.2 Proceso de soldadura SMAW

Para este proceso de soldadura se tienen dos tipos de biseles, bisel en V simple y doble. En este proceso de soldadura se recomienda limpieza entre pases con cepillos o pulidoras. El electrodo empleado E8018-C3 de 3,2 mm de diámetro es un electrodo de bajo hidrógeno, sirve para soldar en todas las posiciones, posee buena eficiencia de deposición. En el anexo A.8 se puede observar la ficha técnica del electrodo empleado, además de ciertos parámetros de soldadura recomendados por el fabricante.

3.6.2.1 SMAW con junta a tope con bisel en V simple

Los parámetros establecidos para este proceso de soldadura se encuentran en el anexo A.1, a continuación, en las figuras de la 13 a la 18, se puede observar la junta soldada, así como también el resultado después de cada pase.



Figura 13: SMAW junta a tope con bisel en V simple - pase #1.

Fuente: Autor



Figura 14: SMAW junta a tope con bisel en V simple - pase #2.

Fuente: Autor



Figura 15: SMAW junta a tope con bisel en V simple- pase #3.

Fuente: Autor

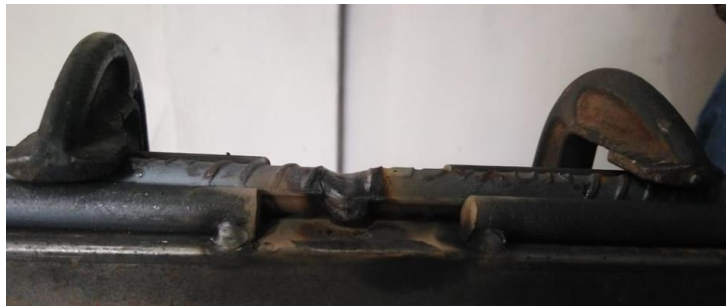


Figura 16: SMAW junta a tope con bisel en V simple- pase #4.

Fuente: Autor



Figura 17: SMAW junta a tope con bisel en V simple - pase #5.

Fuente: Autor





Figura 18: SMAW junta a tope con bisel en V simple – pase 6 y resanado.

Fuente: Autor

3.6.2.2 Resultados ensayos tracción SMAW junta a tope con bisel en V simple

En la tabla 4 y en la figura 19, se observan los resultados del ensayo de tracción.

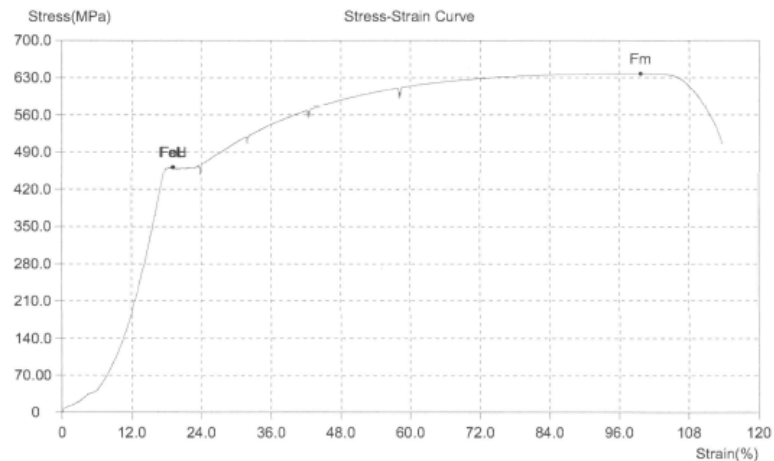
Tabla 4: REPORTE ENSAYO DE TRACCIÓN WPS-21-005

 <small>ID DOCUMENTO</small> <small>ILPM-ET-16-4</small> <small>Revisión No. 05</small>		ILPM ENGINEERING CIA LTDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales		 <small>ACREDITACIÓN N° 846 LEN 19-011</small> <small>LABORATORIO DE ENSAYOS</small>					
REPORTE DE ENSAYO DE TRACCIÓN				Informe No. ILPM 2021 - 618 - T WPS: WPS: DA-PQR-21-005/DA-WPS-21-005					
NORMAS: ASTM A370 / ASTM E8									
Cliente:	ING. DANIEL ARMAS		Fecha de ensayo:	miércoles, 24 de noviembre de 2021					
Solicitado por:	OSCAR YANCHAPAXI		Testificado por:						
Material:	ASTM A706Gr80		Probeta elaborada por:	Cliente					
Equipo:	ENS-23 Máquina de ensayo de Tensión		Calibración:	08/10/2020	Verificación: 08/10/2021				
Temperatura:	20±3°C		Humedad relativa:	60±20%					
Control de Calidad de Material			Control de Soldadura						
			X						
Probeta #	Diámetro Menor	Longitud Inicial	Longitud Final	OBSERVACIONES					
	mm.	mm.	mm.						
W735 T1.5	14.00	200.00	233.00	LUIS SISLEMA / T1-SMAW 1					
W735 T2.5	14.00	200.00	235.00	LUIS SISLEMA / T2-SMAW 1					
Probeta #	Area	Carga de Fluencia	Limite de Fluencia Sy		Resistencia a Tracción SUT		Elongación 50 mm	Localización de Rotura ¹	
	mm ² .	kN	KSI	MPa	kN	KSI	MPa		%
W735 T1.5	153.94	71.05	66.94	462	98.20	92.52	638	16.5	FMB
W735 T2.5	153.94	70.70	66.61	459	98.85	93.13	642	17.5	FMB

Fuente: ILPM.

ILPM CIA LTDA
REGISTRO DE ENSAYO DE TRACCION

Customer/Informe	ILPM 2021-618-T		
Probeta No.	W735 T1.5		
TestDate	2021-11-24	Type	Circle
Size(mm)	14	So(mm ²)	153.94
Lo(mm)	200	Lu(mm)	233
Fm(kN)	98.20	SUT(MPa)	638
FeL(kN)	71.05	SY(MPa)	462



ILPM CIA LTDA
REGISTRO DE ENSAYO DE TRACCION

Customer/Informe	ILPM 2021-618-T		
Probeta No.	W735 T2.5		
TestDate	2021-11-24	Type	Circle
Size(mm)	14	So(mm ²)	153.94
Lo(mm)	200	Lu(mm)	235
Fm(kN)	98.85	SUT(MPa)	642
FeL(kN)	70.70	SY(MPa)	459

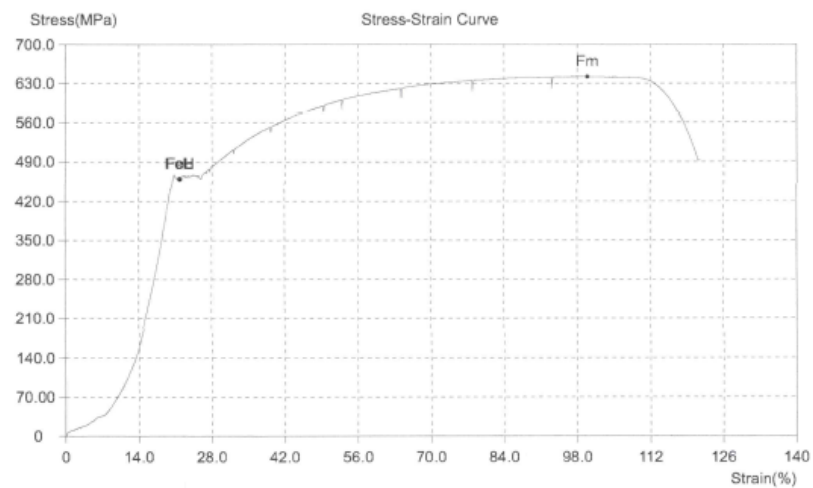




Figura 19: Diagrama esfuerzo deformación unitaria SMAW probeta T1.5 y T2.5.

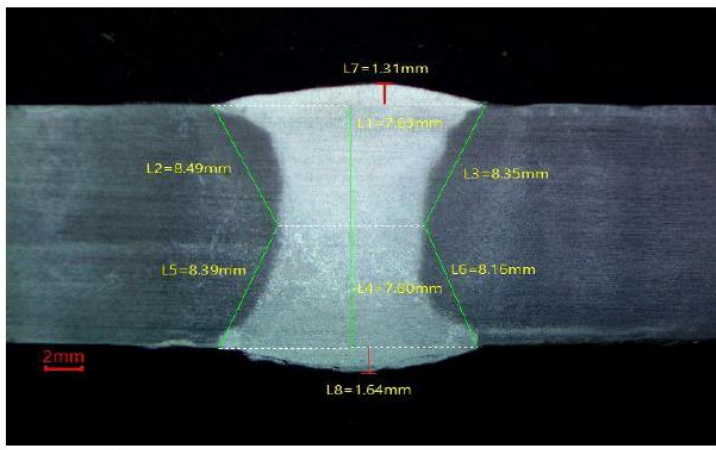
Fuente: ILPM.

3.6.2.3 Resultados ensayos de macrografía SMAW junta a tope con bisel en V simple.

En las tablas 5 y 6, se pueden observar los resultados de los ensayos de macrografía realizado a las probetas en su corte transversal.



Tabla 5: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 1.5.

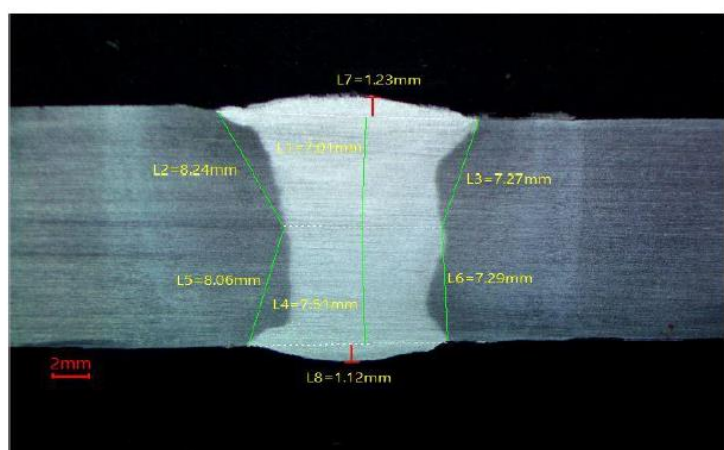
 ILPM ENGINEERING CIA TDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales REGISTRO DE ENSAYO DE MACROGRAFIA DE SOLDADURA		 Informe No. ILPM 2021 - 618 - MCR		
Cliente:	ING. DANIEL ARMAS	Fecha de Ensayo:	26/11/2021	
Solicitante:	OSCAR YANCHAPAXI	Número de macros:	12	
Temperatura:	20±3°C	Humedad:	60±20%	
Fiscalización:		Instrumento de medición:	INST-34 Pie de rey	
Motivo:	Calificación de procedimiento y soldadura			
CONFORME NORMA AWS D1.4 (Structural Welding Code—Reinforcing Steel)				
MACRO N°	ESTAMPA SOLDADOR	ID PROBETA	WPS	
9	W735	M1-SMAW 1	DA-PQR-21-005/DA-WPS-21-005	
RESULTADOS DE EVALUACIÓN (U=±0,1mm)				
DENOMINACIÓN	ESPECIFICADO	ENCONTRADO	A	R
L1 = Espesor de garganta	-----	7.63	X	
L2 y L3 = Longitud de piernas	-----	8.49 y 8.35	X	
L4 = Espesor de garganta	-----	7.80	X	
L5 y L6 = Longitud de piernas	-----	8.39 y 8.16	X	
L7 y L8 = R = Convexidad	≤ 3 mm	1.31 y 1.64	X	
L9 = Porosidad	La suma ≤ 10 mm	No Se Observa	X	
L10 = Mordedura	≤ 1 mm	No Se Observa	X	
Traslape	Debe estar libre de Traslapes	No Se Observa	X	
Fusión	Debe mostrar fusión entre el material de aporte y base, los pases entre capas deben de igual manera mostrar fusión.	Se Observa	X	

	<p>RESULTADO: APROBADO</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>COMENTARIO: El análisis macrográfico es realizado bajo los criterios de aceptación establecidos en la norma AWS D1.4</p> </div>
--	--

Fuente: ILPM.

Tabla 6: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 2.5.

 ILPM ENGINEERING CIA TDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales ID DOCUMENTO: ILPM-01-03 Revisión No.: 00 Fecha de Rev.: 15/04/2021		REGISTRO DE ENSAYO DE MACROGRAFIA DE SOLDADURA		 Informe No. ILPM 2021 - 618 - MCR	
Cliente:	ING. DANIEL ARMAS	Fecha de Ensayo:	26/11/2021		
Solicitante:	OSCAR YANCHAPAXI	Número de macros:	12		
Temperatura:	20±3°C	Humedad:	60±20%	Instrumento de medición:	INST-34 Pie de rey
Fiscalización:				Calibración:	17/08/2021
Motivo:	Calificación de procedimiento y soldadura				
CONFORME NORMA AWS D1.4 (Structural Welding Code—Reinforcing Steel)					
MACRO N°	ESTAMPA SOLDADOR	ID PROBETA	WPS		
10	W735	M2-SMAW 1	DA-PQR-21-005/DA-WPS-21-005		
RESULTADOS DE EVALUACIÓN (U=±0,1mm)					
DENOMINACIÓN		ESPECIFICADO	ENCONTRADO	A	R
L1 = Espesor de garganta		-----	7.01	X	
L2 y L3 = Longitud de piernas		-----	8.24 y 7.27	X	
L4 = Espesor de garganta		-----	7.51	X	
L5 y L6 = Longitud de piernas		-----	8.06 y 7.29	X	
L7 y L8 = R = Convexidad		≤ 3 mm	1.23 y 1.12	X	
L9 = Porosidad		La suma ≤ 10 mm	No Se Observa	X	
L10 = Mordedura		≤ 1 mm	No Se Observa	X	
Traslape		Debe estar libre de Traslapes	No Se Observa	X	
Fusión		Debe mostrar fusión entre el material de aporte y base, los pases entre capas deben de igual manera mostrar fusión.	Se Observa	X	

	RESULTADO: APROBADO
	COMENTARIO: El análisis macrográfico es realizado bajo los criterios de aceptación establecidos en la norma AWS D1.4

Fuente: ILPM.

3.6.2.4 SMAW con junta a tope con bisel en V doble

Los parámetros establecidos para este proceso de soldadura se encuentran en el anexo A.2, a continuación, en las figuras de la 20 a la 24, se puede observar la junta soldada, así como también el resultado después de cada pase.



Figura 20: SMAW junta a tope con bisel en V doble - pase #1.

Fuente: Autor.



Figura 21: SMAW junta a tope con bisel en V doble - pase #2 y #3.

Fuente: Autor.



Figura 22: SMAW junta a tope con bisel en V doble - pase #4 y #5.

Fuente: Autor.



Figura 23: SMAW junta a tope con bisel en V doble – pase #6.

Fuente: Autor.





Figura 24: SMAW junta a tope con bisel en V doble – pase #7 y resanado.

Fuente: Autor.

3.6.2.5 Resultados ensayos de tracción SMAW junta a tope con bisel en V doble.

En la tabla 7 y en la figura 25, se observan los resultados del ensayo de tracción.

Tabla 7: REPORTE ENSAYO DE TRACCIÓN WPS-21-006

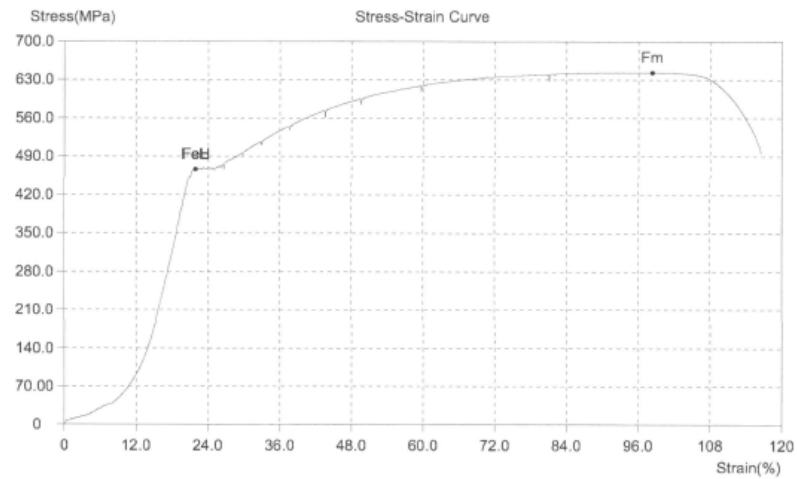
 <small>ID DOCUMENTO ILPM-ET-164 Revisión Nro. 05</small>		ILPM ENGINEERING CIA LTDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales		 <small>SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANA Acreditación N° SAE/EN 18-011 LABORATORIO DE ENSAYOS</small>					
REPORTE DE ENSAYO DE TRACCIÓN				Informe No.					
NORMAS: ASTM A370 / ASTM E8				ILPM 2021 - 618 - T					
				WPS: DA-PQR-21-006/DA-WPS-21-006					
Cliente:	ING. DANIEL ARMAS		Fecha de ensayo:	miércoles, 24 de noviembre de 2021					
Solicitado por:	OSCAR YANCHAPAXI		Testificado por:						
Material:	ASTM A706Gr60		Probeta elaborada por:	Cliente					
Equipo:	ENS-23 Máquina de ensayo de Tensión		Calibración:	08/10/2020	Verificación: 08/10/2021				
Temperatura:	20±3°C		Humedad relativa:	60±20%					
Control de Calidad de Material			Control de Soldadura						
			X						
Probeta #	Diámetro Menor	Longitud Inicial	Longitud Final	OBSERVACIONES					
	mm.	mm.	mm.						
W735 T1.6	14.00	200.00	236.00	LUIS SISLEMA / T1-SMAW 2					
W735 T2.6	14.00	200.00	237.00	LUIS SISLEMA / T2-SMAW 2					
Probeta #	Area	Carga de Fluencia	Limite de Fluencia Sy		Resistencia a Tracción SUT		Elongación 50 mm	Localización de Rotura ¹	
	mm ² .	kN	KSI	MPa	kN	KSI	MPa		%
W735 T1.6	153.94	71.75	67.60	466	99.10	93.37	644	18.0	FMB
W735 T2.6	153.94	71.80	67.65	466	98.65	92.95	641	18.5	FMB

Fuente: ILPM

FMB: Falla en el metal base.

ILPM CIA LTDA
REGISTRO DE ENSAYO DE TRACCION

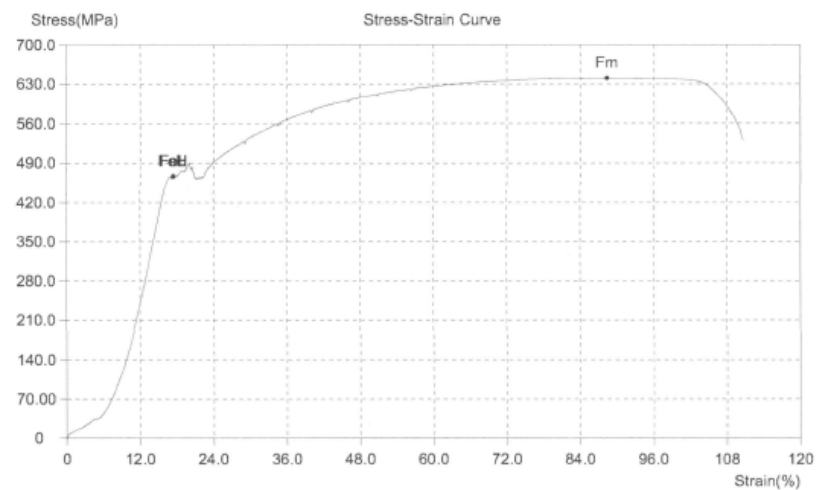
Customer/Informe	ILPM 2021-618-T		
Probeta No.	W735 T1.6		
TestDate	2021-11-25	Type	Circle
Size(mm)	14	So(mm ²)	153.94
Lo(mm)	200	Lu(mm)	236
Fm(kN)	99.10	SUT(MPa)	644
FeL(kN)	71.75	SY(MPa)	466



ILPM CIA LTDA

ILPM CIA LTDA
REGISTRO DE ENSAYO DE TRACCION

Customer/Informe	ILPM 2021-618-T		
Probeta No.	W735 T2.6		
TestDate	2021-11-25	Type	Circle
Size(mm)	14	So(mm ²)	153.94
Lo(mm)	200	Lu(mm)	237
Fm(kN)	98.65	SUT(MPa)	641
FeL(kN)	71.80	SY(MPa)	466



ILPM CIA LTDA



Figura 25: Diagrama esfuerzo deformación unitaria SMAW probeta T1.6 y T2.6.

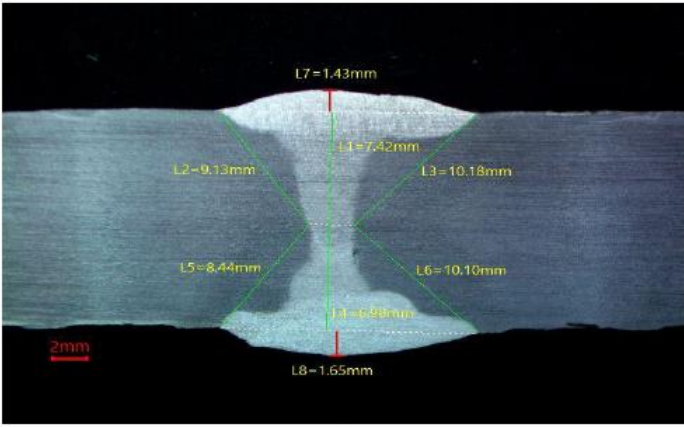
Fuente: ILPM.

3.6.2.6 Resultados ensayos de macrografía SMAW junta a tope con bisel en V doble.

En las tablas 8 y 9, se pueden observar los resultados de los ensayos de macrografía realizado a las probetas en su corte transversal.

Tabla 8: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 1.6.

 ILPM ENGINEERING CIA TDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales REGISTRO DE ENSAYO DE MACROGRAFIA DE SOLDADURA		 Informe No. ILPM 2021 - 618 - MCR		
Cliente:	ING. DANIEL ARMAS	Fecha de Ensayo:	26/11/2021	
Solicitante:	OSCAR YANCHAPAXI	Número de macros:	12	
Temperatura:	20±3°C	Humedad:	60±20%	
Fiscalización:		Instrumento de medición:	INST-34 Pie de rey	
Motivo:	Calificación de procedimiento y soldadura			
CONFORME NORMA AWS D1.4 (Structural Welding Code—Reinforcing Steel)				
MACRO N°	ESTAMPA SOLDADOR	ID PROBETA	WPS	
11	W735	M1-SMAW 2	DA-PQR-21-006/DA-WPS-21-006	
RESULTADOS DE EVALUACIÓN (U=±0,1mm)				
DENOMINACIÓN	ESPECIFICADO	ENCONTRADO	A	R
L1 = Espesor de garganta	-----	7.42	X	
L2 y L3 = Longitud de piernas	-----	9.13 y 10.18	X	
L4 = Espesor de garganta	-----	6.98	X	
L5 y L6 = Longitud de piernas	-----	8.44 y 10.10	X	
L7 y L8 = R = Convexidad	≤ 3 mm	1.43 y 1.65	X	
L9 = Porosidad	La suma ≤ 10 mm	No Se Observa	X	
L10 = Mordedura	≤ 1 mm	No Se Observa	X	
Traslape	Debe estar libre de Traslapes	No Se Observa	X	
Fusión	Debe mostrar fusión entre el material de aporte y base, los pasos entre capas deben de igual manera mostrar fusión.	Se Observa	X	





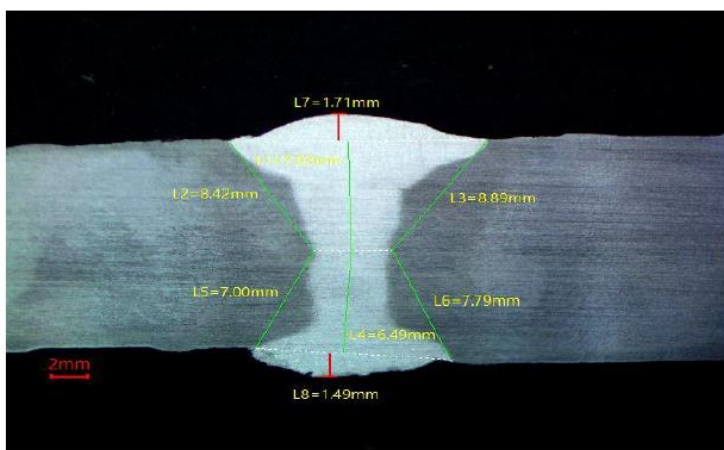
RESULTADO:
APROBADO

COMENTARIO:
El análisis macrográfico es realizado bajo los criterios de aceptación establecidos en la norma AWS D1.4

Fuente: ILPM.

Tabla 9: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 2.6.

 ILPM ENGINEERING CIA TDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales REGISTRO DE ENSAYO DE MACROGRAFIA DE SOLDADURA		 Informe No. ILPM 2021 - 618 - MCR		
Cliete	ING. DANIEL ARMAS	Fecha de Ensayo:	26/11/2021	
Solicitante:	OSCAR YANCHAPAXI	Número de macros:	12	
Temperatura:	20±3°C	Humedad:	60±20%	
Fiscalización:		Instrumento de medición:	INST-34 Pie de rey	
Motivo:	Calificación de procedimiento y soldadura			
CONFORME NORMA AWS D1.4 (Structural Welding Code—Reinforcing Steel)				
MACRO N°	ESTAMPA SOLDADOR	ID PROBETA	WPS	
12	W735	M2-SMAW 2	DA-PQR-21-006/DA-WPS-21-006	
RESULTADOS DE EVALUACIÓN (U=±0,1mm)				
DENOMINACIÓN	ESPECIFICADO	ENCONTRADO	A	R
L1 = Espesor de garganta	-----	7.03	X	
L2 y L3 = Longitud de piernas	-----	8.42 y 8.89	X	
L4 = Espesor de garganta	-----	6.49	X	
L5 y L6 = Longitud de piernas	-----	7.00 y 7.79	X	
L7 y L8 = R = Convexidad	≤ 3 mm	1.71 y 1.49	X	
L9 = Porosidad	La suma ≤ 10 mm	No Se Observa	X	
L10 = Mordedura	≤ 1 mm	No Se Observa	X	
Traslape	Debe estar libre de Traslapes	No Se Observa	X	
Fusión	Debe mostrar fusión entre el material de aporte y base, los pases entre capas deben de igual manera mostrar fusión.	Se Observa	X	

	RESULTADO: APROBADO
COMENTARIO: El análisis macrográfico es realizado bajo los criterios de aceptación establecidos en la norma AWS D1.4	

Fuente: ILPM

3.6.3 Proceso de soldadura GMAW

Para este proceso de soldadura se tienen dos tipos de biseles, bisel en V simple y doble. En este proceso de soldadura se recomienda limpieza entre pases con cepillos o pulidoras.

El electrodo empleado ER80S-G de 1,2 mm de diámetro es un alambre sólido que puede funcionar con 100% de CO₂ o con mezclas. En este caso se trabajó con el gas de protección 100 % CO₂, debido a su buena penetración, bajo costo comparado con otros gases y por ser uno de los más usados. El método de transferencia elegido fue por cortocircuito ya que es un método de corrientes y voltajes bajos. En el anexo A.9 se puede observar la ficha técnica del electrodo empleado, además de ciertos parámetros de soldadura recomendados por el fabricante.

3.6.3.1 GMAW con junta a tope con bisel en V simple

Los parámetros establecidos para este proceso de soldadura se encuentran en el anexo A.3, a continuación, en las figuras de la 26 a la 30, se puede observar la junta soldada, así como también el resultado después de cada pase.



Figura 26: GMAW junta a tope con bisel en V simple – pase #1 y #2.

Fuente: Autor.



Figura 27: GMAW junta a tope con bisel en V simple – pase #3 y #4.

Fuente: Autor.



Figura 28: GMAW junta a tope con bisel en V simple – pase #5.

Fuente: Autor.



Figura 29: GMAW junta a tope con bisel en V simple – pase #6.

Fuente: Autor.





Figura 30: GMAW junta a tope con bisel en V simple – pase #7 y resanado.

Fuente: Autor.

3.6.3.2 Resultados ensayos de tracción GMAW junta a tope con bisel en V simple

En la tabla 10 y en la figura 31, se observan los resultados del ensayo de tracción.

Tabla 10: REPORTE ENSAYO DE TRACCIÓN WPS-21-001.

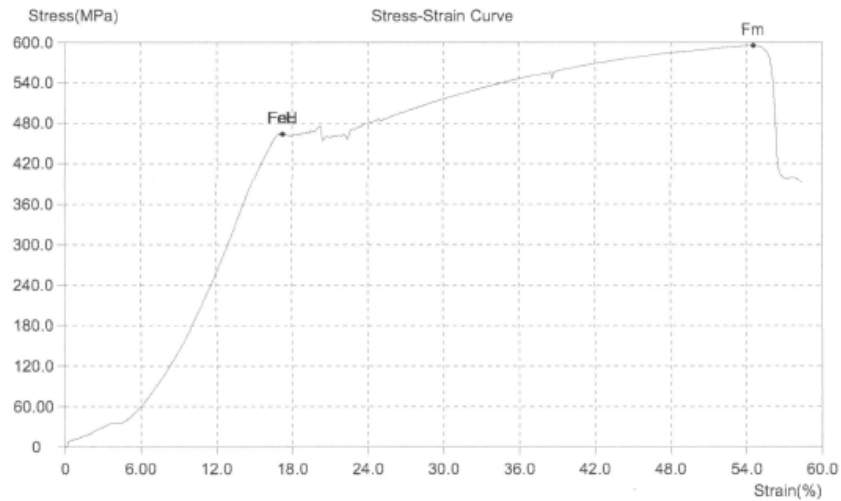
 ILPM ENGINEERING CIA LTDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales <small>ID DOCUMENTO ILPM-01-16-4 Revisión Nro. 05</small>		 SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO Acreditación N° SAE LEN 19-011 LABORATORIO DE ENSAYOS Informe No. ILPM 2021 - 618 - T WPS: WPS: DA-PQR-21-001/DA-WPS-21-001							
REPORTE DE ENSAYO DE TRACCIÓN NORMAS: ASTM A370 / ASTM E8									
Cliente:	ING. DANIEL ARMAS	Fecha de ensayo:	miércoles, 24 de noviembre de 2021						
Solicitado por:	OSCAR YANCHAPAXI	Testificado por:							
Material:	ASTM A708Gr60	Probeta elaborada por:	Cliente						
Equipo:	ENS-23 Máquina de ensayo de Tensión	Calibración:	08/10/2020						
Temperatura:	20±3°C	Humedad relativa:	60±20%						
<input type="checkbox"/> Control de Calidad de Material		<input checked="" type="checkbox"/> Control de Soldadura							
Probeta #	Diámetro Menor	Longitud Inicial	Longitud Final	OBSERVACIONES					
	mm.	mm.	mm.						
W735 T1.1	14.00	200.00	212.00	LUIS SISLEMA / T1-GMAW 1					
W735 T2.1	14.00	200.00	213.00	LUIS SISLEMA / T2-GMAW 1					
Probeta #	Area	Carga de Fluencia	Limite de Fluencia Sy		Carga Máxima	Resistencia a Tracción SUT		Elongación 50 mm	Localización de Rotura ¹
	mm ² .	kN	KSI	MPa	kN	KSI	MPa	%	
W735 T1.1	153.94	71.45	67.32	464	91.70	86.40	596	6.0	FJS
W735 T2.1	153.94	70.75	66.66	460	91.65	86.35	595	6.5	FJS

Fuente: ILPM.

FJS: Falla antes de la junta soldada.

ILPM CIA LTDA
REGISTRO DE ENSAYO DE TRACCION

Customer/Informe	ILPM 2021-618-T		
Probeta No.	W735 T1.1		
TestDate	2021-11-24	Type	Circle
Size(mm)	14	So(mm ²)	153.94
Lo(mm)	200	Lu(mm)	212
Fm(kN)	91.70	SUT(MPa)	596
FeL(kN)	71.45	SY(MPa)	464



ILPM CIA LTDA
REGISTRO DE ENSAYO DE TRACCION

Customer/Informe	ILPM 2021-618-T		
Probeta No.	W735 T2.1		
TestDate	2021-11-24	Type	Circle
Size(mm)	14	So(mm ²)	153.94
Lo(mm)	200	Lu(mm)	213
Fm(kN)	91.65	SUT(MPa)	595
FeL(kN)	70.75	SY(MPa)	460

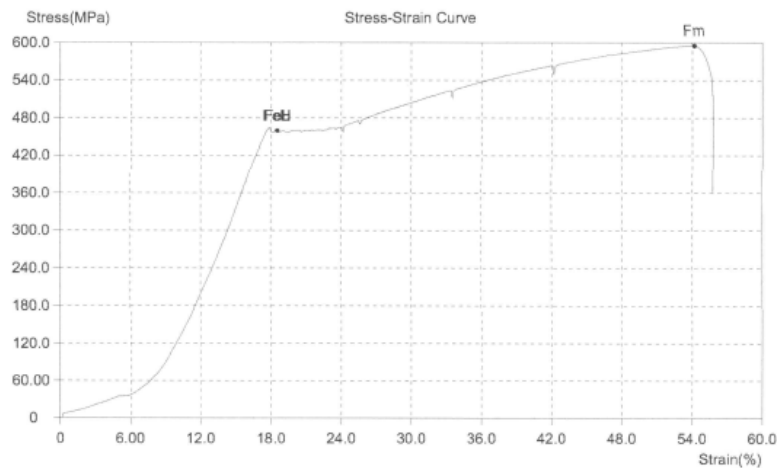




Figura 31: Diagrama esfuerzo deformación unitaria GMAW probeta T 1.1 y T 2.1.

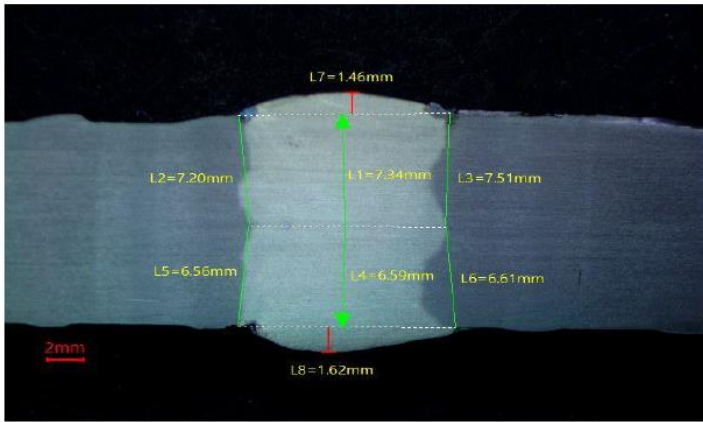
Fuente: ILPM.

3.6.3.3 Resultados ensayos de macrografía GMAW junta a tope con bisel en V simple.

En las tablas 11 y 12, se pueden observar los resultados de los ensayos de macrografía realizado a las probetas en su corte transversal.

Tabla 11: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 1.1.

 ILPM ENGINEERING CIA TDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales ID DOCUMENTO: ILPM-01-03 Revisión Nro. 06 Fecha de Rev.: 15/04/2021		 SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO Acreditación N° SAJ 15117-011 LABORATORIO DE ENSAYOS		
REGISTRO DE ENSAYO DE MACROGRAFIA DE SOLDADURA				
Cliente: ING. DANIEL ARMAS		Fecha de Ensayo: 26/11/2021		
Solicitante: OSCAR YANCHAPAXI		Número de macros: 12		
Temperatura: 20±3°C		Humedad: 60±20%		
Fiscalización:		Instrumento de medición: INST-34 Pie de rey		
Motivo:		Calibración: 17/08/2021		
		Próx. Calibración: 17/02/2023		
Calificación de procedimiento y soldadura				
CONFORME NORMA AWS D1.4 (Structural Welding Code—Reinforcing Steel)				
MACRO N°	ESTAMPA SOLDADOR	ID PROBETA	WPS	
1	W735	M1-GMAW 1	DA-PQR-21-001/DA-WPS-21-001	
RESULTADOS DE EVALUACIÓN (U=±0,1mm)				
DENOMINACIÓN	ESPECIFICADO	ENCONTRADO	A	R
L1 = Espesor de garganta	-----	7.34	X	
L2 y L3 = Longitud de piernas	-----	7.20 y 7.51	X	
L4 = Espesor de garganta	-----	6.59	X	
L5 y L6 = Longitud de piernas	-----	6.56 y 6.61	X	
L7 y L8 = R = Convexidad	≤ 3 mm	1.46 y 1.62	X	
L9 = Porosidad	La suma ≤ 10 mm	No Se Observa	X	
L10 = Mordedura	≤ 1 mm	No Se Observa	X	
Traslape	Debe estar libre de Traslapes	No Se Observa	X	
Fusión	Debe mostrar fusión entre el material de aporte y base, los pases entre capas deben de igual manera mostrar fusión.	Se Observa	X	





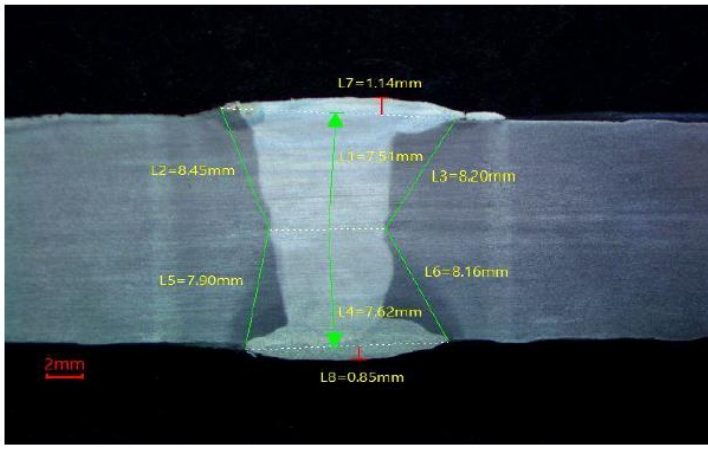
RESULTADO:
APROBADO

COMENTARIO:
El análisis macrográfico es realizado bajo los criterios de aceptación establecidos en la norma AWS D1.4

Fuente: ILPM.

Tabla 12: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 2.1.

 ILPM ENGINEERING CIA TDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales		 SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO Acreditación N° 040 LON 19 011 LABORATORIO DE ENSAYOS		
ID DOCUMENTO ILPM-07-03 Revisión No. 06 Fecha de Rev.: 15/04/2021		REGISTRO DE ENSAYO DE MACROGRAFIA DE SOLDADURA		
Informe No. ILPM 2021 - 618 - MCR				
Cliente:	ING. DANIEL ARMAS	Fecha de Ensayo:	26/11/2021	
Solicitante:	OSCAR YANCHAPAXI	Número de macros:	12	
Temperatura:	20±3°C	Humedad:	60±20%	
Fiscalización:		Instrumento de medición:	INST-34 Pie de rey	
Motivo:	Calificación de procedimiento y soldadura			
Calibración: 17/08/2021 Próx. Calibración: 17/02/2023				
CONFORME NORMA AWS D1.4 (Structural Welding Code—Reinforcing Steel)				
MACRO N°	ESTAMPA SOLDADOR	ID PROBETA	WPS	
2	W735	M2-GMAW 1	DA-PQR-21-001/DA-WPS-21-001	
RESULTADOS DE EVALUACIÓN (U=±0,1mm)				
DENOMINACIÓN	ESPECIFICADO	ENCONTRADO	A	R
L1 = Espesor de garganta	-----	7.51	X	
L2 y L3 = Longitud de piernas	-----	8.45 y 8.20	X	
L4 = Espesor de garganta	-----	7.62	X	
L5 y L6 = Longitud de piernas	-----	7.90 y 8.16	X	
L7 y L8 = R = Convexidad	≤ 3 mm	1.14 y 0.85	X	
L9 = Porosidad	La suma ≤ 10 mm	No Se Observa	X	
L10 = Mordedura	≤ 1 mm	No Se Observa	X	
Traslape	Debe estar libre de Traslapes	No Se Observa	X	
Fusión	Debe mostrar fusión entre el material de aporte y base, los pases entre capas deben de igual manera mostrar fusión.	Se Observa	X	



RESULTADO:
APROBADO

COMENTARIO:
 El análisis macrográfico es realizado bajo los criterios de aceptación establecidos en la norma AWS D1.4

Fuente: ILPM

3.6.3.4 GMAW con junta a tope con bisel en V doble

Los parámetros establecidos para este proceso de soldadura se encuentran en el anexo A.4, a continuación, en las figuras de la 32 a la 37, se puede observar la junta soldada, así como también el resultado después de cada pase.



Figura 32: Preparación de junta con bisel en V doble.

Fuente: Autor.



Figura 33: GMAW junta a tope con bise en V doble – pase #1 y #2.

Fuente: Autor.



Figura 34: GMAW junta a tope con bise en V doble – pase #3.

Fuente: Autor.



Figura 35: GMAW junta a tope con bise en V doble – pase #4.

Fuente: Autor.



Figura 36: GMAW junta a tope con bise en V doble – resanado.

Fuente: Autor.





Figura 37: GMAW junta a tope con bise en V doble – pase #7 y #8.

Fuente: Autor.

3.6.3.5 Resultados ensayos de tracción GMAW junta a tope con bisel en V doble.

En la tabla 13 y en la figura 38, se observan los resultados del ensayo de tracción.

Tabla 13: REPORTE ENSAYO DE TRACCIÓN WPS-21-002.

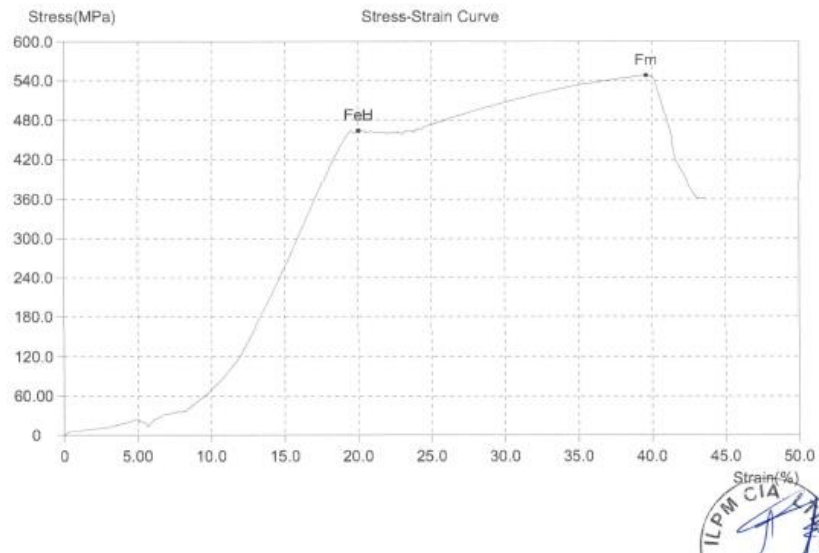
 ILPM ENGINEERING CIA LTDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales <small>ID DOCUMENTO: ILPM-21-164, Revisión Nro. 06</small>										 SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO Acreditación N° 846 LEN 18-011 LABORATORIO DE ENSAYOS	
REPORTE DE ENSAYO DE TRACCIÓN NORMAS: ASTM A370 / ASTM E8										Informe No. ILPM 2021 - 618 - T WPS: WPS: DA-PQR-21-002/DA-WPS-21-002	
Cliente:			ING. DANIEL ARMAS			Fecha de ensayo:		miércoles, 24 de noviembre de 2021			
Solicitado por:			OSCAR YANCHAPAXI			Testificado por:					
Material:			ASTM A708Gr80			Probeta elaborada por:		Cliente			
Equipo:			ENS-23 Máquina de ensayo de Tensión			Calibración:		08/10/2020	Verificación:		08/10/2021
Temperatura:			20±3°C			Humedad relativa:		60±20%			
Control de Calidad de Material					Control de Soldadura					X	
Probeta #	Diámetro Menor		Longitud Inicial	Longitud Final	OBSERVACIONES						
	mm.		mm.	mm.							
W735 T1.2	14.00		200.00	207.00	LUIS SISLEMA / T1-GMAW 2						
W735 T2.2	14.00		200.00	213.00	LUIS SISLEMA / T2-GMAW 2						
Probeta #	Area	Carga de Fluencia	Limite de Fluencia Sy		Carga Máxima	Resistencia a Tracción SUT		Elongación 50mm	Localización de Rotura ^a		
	mm ² .	kN	KSI	MPa	kN	KSI	MPa	%			
W735 T1.2	153.94	71.35	67.22	463	84.40	79.52	578	3.5	FJS		
W735 T2.2	153.94	71.25	67.13	463	91.40	86.12	594	6.5	FJS		

Fuente: ILPM.

FJS: Falla antes de la junta soldada.

ILPM CIA LTDA
REGISTRO DE ENSAYO DE TRACCION

Customer/Informe	ILPM 2021-618-T		
Probeta No.	W735 T1.2		
TestDate	2021-11-24	Type	Circle
Size(mm)	14	So(mm ²)	153.94
Lo(mm)	200	Lu(mm)	207
Fm(kN)	84.40	SUT(MPa)	548
FeL(kN)	71.35	SY(MPa)	463



ILPM CIA LTDA
REGISTRO DE ENSAYO DE TRACCION

Customer/Informe	ILPM 2021-618-T		
Probeta No.	W735 T2.2		
TestDate	2021-11-24	Type	Circle
Size(mm)	14	So(mm ²)	153.94
Lo(mm)	200	Lu(mm)	213
Fm(kN)	91.40	SUT(MPa)	594
FeL(kN)	71.25	SY(MPa)	463

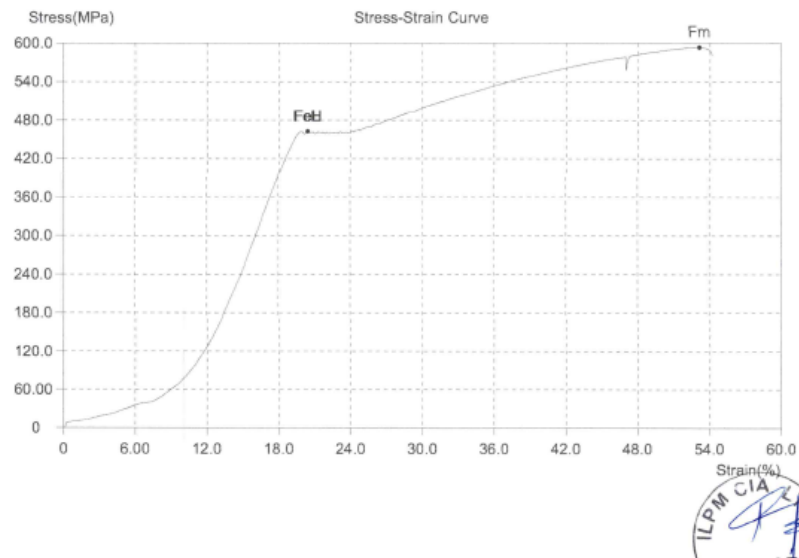




Figura 38: Diagrama esfuerzo deformación unitaria GMAW probeta T 1.2 y T 2.2.

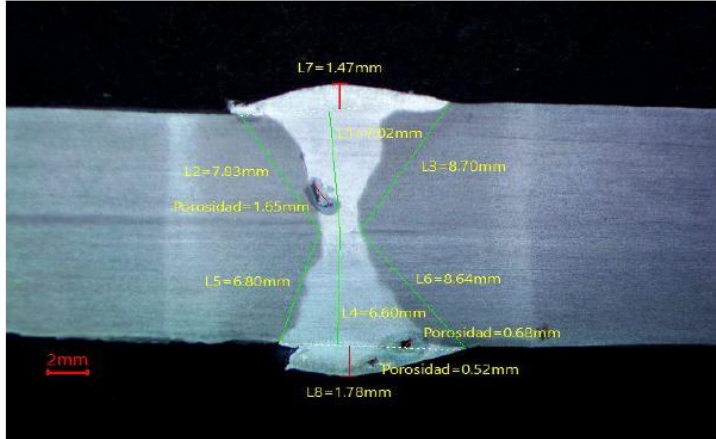
Fuente: ILPM.

3.6.3.6 Resultados ensayos de macrografía GMAW junta a tope con bisel en V doble.

En las tablas 14 y 15, se pueden observar los resultados de los ensayos de macrografía realizado a las probetas en su corte transversal.



Tabla 14: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 1.2.

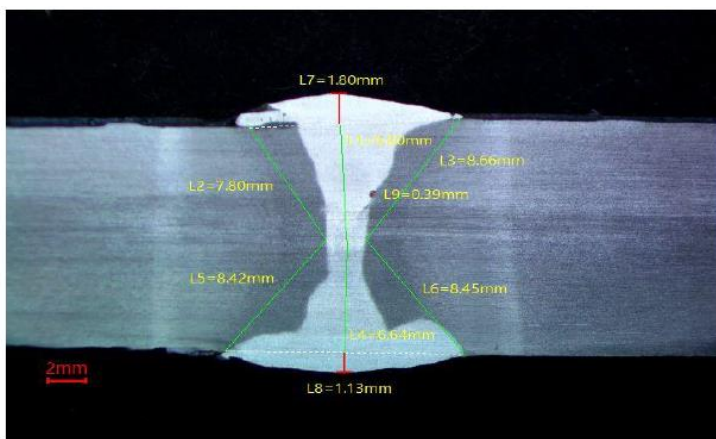
 ILPM ENGINEERING CIA TDA Ingeniería Lider en Proyectos y Materiales ID DOCUMENTO: ILPM-07-03 Revisión Nro. 06 Fecha de Rev.: 15/04/2021		REGISTRO DE ENSAYO DE MACROGRAFIA DE SOLDADURA		 Informe No. ILPM 2021 - 618 - MCR	
Cliente:	ING. DANIEL ARMAS		Fecha de Ensayo:	26/11/2021	
Solicitante:	OSCAR YANCHAPAXI		Número de macros:	12	
Temperatura:	20±3°C	Humedad:	60±20%	Instrumento de medición:	INST-34 Pie de rey
Fiscalización:			Calibración:	17/08/2021	Próx. Calibración: 17/02/2023
Motivo:	Calificación de procedimiento y soldadura				
CONFORME NORMA AWS D1.4 (Structural Welding Code—Reinforcing Steel)					
MACRO N°	ESTAMPA SOLDADOR	ID PROBETA	WPS		
3	W735	M1-GMAW 2	DA-PQR-21-002/DA-WPS-21-002		
RESULTADOS DE EVALUACIÓN (U=±0,1mm)					
DENOMINACIÓN		ESPECIFICADO	ENCONTRADO	A	R
L1 = Espesor de garganta		-----	7.02	X	
L2 y L3 = Longitud de piernas		-----	7.83 y 8.70	X	
L4 = Espesor de garganta		-----	6.60	X	
L5 y L6 = Longitud de piernas		-----	6.80 y 8.64	X	
L7 y L8 = R = Convexidad		≤ 3 mm	1.47 y 1.78	X	
L9 = Porosidad		La suma ≤ 10 mm	2.85	X	
L10 = Mordedura		≤ 1 mm	No Se Observa	X	
Traslape		Debe estar libre de Traslapes	No Se Osberva	X	
Fusión		Debe mostrar fusión entre el material de aporte y base, los pases entre capas deben de igual manera mostrar fusión.	No Se Observa	X	

	RESULTADO: APROBADO
COMENTARIO: El análisis macrográfico es realizado bajo los criterios de aceptación establecidos en la norma AWS D1.4	

Fuente: ILPM.

Tabla 15: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 2.2.

 ILPM ENGINEERING CIA TDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales		 SERVICIO DE Acreditación ECUATORIANO Acreditación N° 045 LEM 19/011 LABORATORIO DE ENSAYOS		
ID DOCUMENTO ILPM-07-03 Revisión No. 06 Fecha de Rev.: 15/04/2021		REGISTRO DE ENSAYO DE MACROGRAFIA DE SOLDADURA		
Informe No. ILPM 2021 - 618 - MCR				
Ciente	ING. DANIEL ARMAS	Fecha de Ensayo:	26/11/2021	
Solicitante:	OSCAR YANCHAPAXI	Número de macros:	12	
Temperatura:	20±3°C	Humedad:	60±20%	
Fiscalización:		Instrumento de medición:	INST-34 Pie de rey	
Motivo:	Calificación de procedimiento y soldadura			
CONFORME NORMA AWS D1.4 (Structural Welding Code—Reinforcing Steel)				
MACRO N°	ESTAMPA SOLDADOR	ID PROBETA	WPS	
4	W735	M2-GMAW 2	DA-PQR-21-002/DA-WPS-21-002	
RESULTADOS DE EVALUACIÓN (U=±0,1mm)				
DENOMINACIÓN	ESPECIFICADO	ENCONTRADO	A	R
L1 = Espesor de garganta	-----	6.80	X	
L2 y L3 = Longitud de piernas	-----	7.80 y 8.66	X	
L4 = Espesor de garganta	-----	6.64	X	
L5 y L6 = Longitud de piernas	-----	8.42 y 8.45	X	
L7 y L8 = R = Convexidad	≤ 3 mm	1.80 y 1.13	X	
L9= Porosidad	La suma ≤ 10 mm	No Se Observa	X	
L10 = Mordedura	≤ 1 mm	0.39	X	
Traslape	Debe estar libre de Traslapes	No Se Observa	X	
Fusión	Debe mostrar fusión entre el material de aporte y base, los pases entre capas deben de igual manera mostrar fusión.	No Se Observa	X	



RESULTADO:
APROBADO

COMENTARIO:
El análisis macrográfico es realizado bajo los criterios de aceptación establecidos en la norma AWS D1.4

Fuente: ILPM.

3.6.4 Proceso de soldadura FCAW

Para este proceso de soldadura se tienen dos tipos de bisel, bisel en V simple y doble. En este proceso de soldadura se requiere mínima limpieza luego de soldar.

El electrodo empleado E81T1-Ni1C de 1,2 mm de diámetro es un alambre tubular recomendado para trabajar con un gas de protección de 100% de CO₂. Buen

rendimiento de arco y buena apariencia del cordón de soldadura, se lo puede utilizar en todas las posiciones de la soldadura. En el anexo A.10, se puede observar la ficha técnica del electrodo empleado, además de ciertos parámetros de soldadura recomendados por el fabricante.

3.6.4.1 FCAW con junta a tope con bisel en V simple

Los parámetros establecidos para este proceso de soldadura se encuentran en el anexo A.5, a continuación, en las figuras de la 39 a la 43, se puede observar la junta soldada, así como también el resultado después de cada pase.



Figura 39: FCAW junta a tope con bise en V simple – pase #1.

Fuente: Autor.



Figura 40: FCAW junta a tope con bise en V simple – pase #2.

Fuente: Autor.



Figura 41: FCAW junta a tope con bise en V simple – pase #3.

Fuente: Autor.



Figura 42: FCAW junta a tope con bise en V simple – pase resanado.

Fuente: Autor.





Figura 43: Figura 39: FCAW junta a tope con bise en V simple – pase final.

Fuente: Autor.

3.6.4.2 Resultados ensayos de tracción FCAW junta a tope con bisel en V simple.

En la tabla 16 y en la figura 44, se observan los resultados del ensayo de tracción.

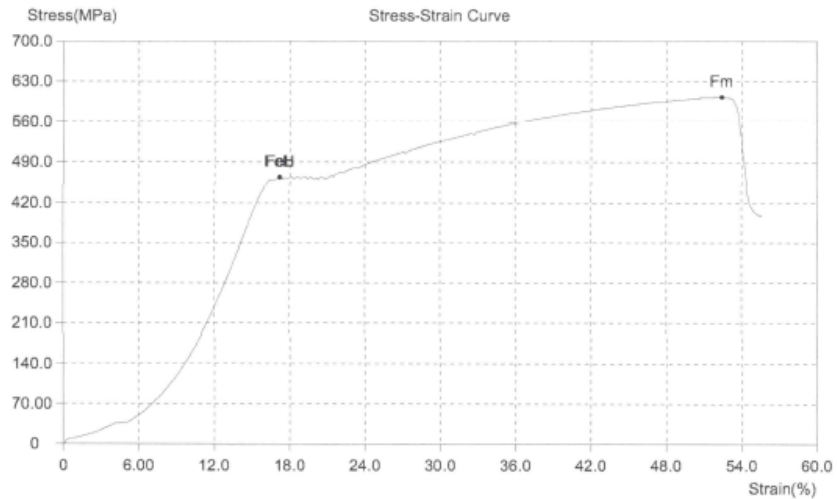
Tabla 16: REPORTE ENSAYO DE TRACCIÓN WPS-21-003.

 ILPM ENGINEERING CIA LTDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales ID DOCUMENTO: ILPM-ET-104, Revisión No. 03										 Informe No. ILPM 2021 - 618 - T WPS: WPS: DA-PQR-21-003/DA-WPS-21-003		
REPORTE DE ENSAYO DE TRACCIÓN NORMAS: ASTM A370 / ASTM E8												
Cliente:		ING. DANIEL ARMAS			Fecha de ensayo:		miércoles, 24 de noviembre de 2021					
Solicitado por:		OSCAR YANCHAPAXI			Testificado por:							
Material:		ASTM A706Gr60			Probeta elaborada por:		Cliente					
Equipo:		ENS-23 Máquina de ensayo de Tensión			Calibración:		08/10/2020	Verificación:		08/10/2021		
Temperatura:		20±3°C			Humedad relativa:		60±20%					
Control de Calidad de Material				Control de Soldadura						X		
Probeta #	Diámetro Menor		Longitud Inicial	Longitud Final	OBSERVACIONES							
	mm.		mm.	mm.								
W735 T1.3	14.00		200.00	212.00	LUIS SISLEMA / T1-FCAW 1							
W735 T2.3	14.00		200.00	212.00	LUIS SISLEMA / T2-FCAW 1							
Probeta #	Area	Carga de Fluencia	Limite de Fluencia Sy U=±16 MPa		Carga Máxima	Resistencia a Tracción SUT U=±12 MPa		Elongación 50 mm U=±0.3%	Localización de Rotura ¹			
	mm ² .	kN	KSI	MPa	kN	KSI	MPa	%				
W735 T1.3	153.94	71.40	67.27	464	92.80	87.43	603	6.0	FJS			
W735 T2.3	153.94	70.90	66.80	461	93.00	87.62	604	6.0	FJS			

Fuente: ILPM

ILPM CIA LTDA
REGISTRO DE ENSAYO DE TRACCION

Customer/Informe	ILPM 2021-618-T		
Probeta No.	W735 T1.3		
TestDate	2021-11-24	Type	Circle
Size(mm)	14	So(mm ²)	153.94
Lo(mm)	200	Lu(mm)	212
Fm(kN)	92.80	SUT(MPa)	603
FeL(kN)	71.40	SY(MPa)	464



ILPM CIA LTDA
REGISTRO DE ENSAYO DE TRACCION

Customer/Informe	ILPM 2021-618-T		
Probeta No.	W735 T2.3		
TestDate	2021-11-24	Type	Circle
Size(mm)	14	So(mm ²)	153.94
Lo(mm)	200	Lu(mm)	212
Fm(kN)	93.00	SUT(MPa)	604
FeL(kN)	70.90	SY(MPa)	461

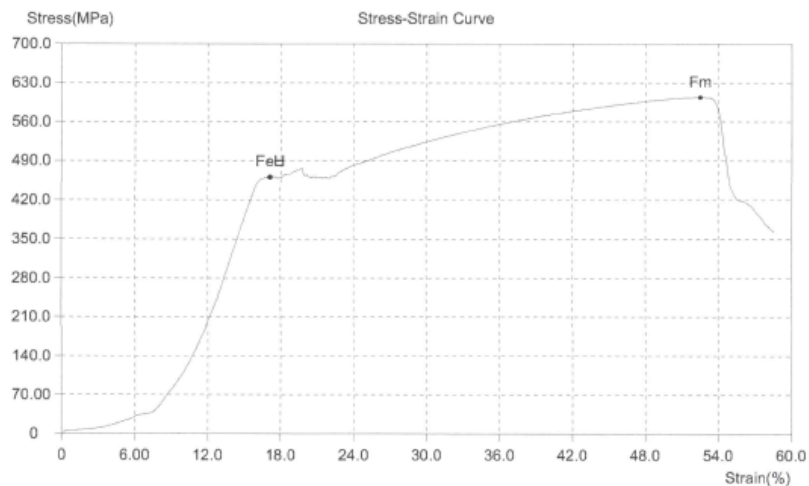




Figura 44: Diagrama esfuerzo deformación unitaria FCAW probeta T 1.3 y T 2.3.

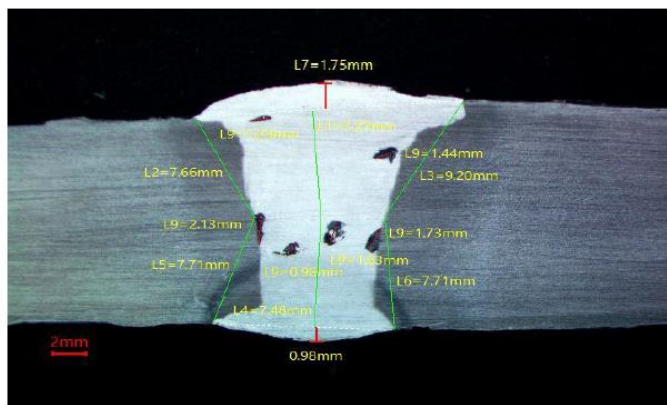
Fuente: ILPM.

3.6.4.3 Resultados ensayos de macrografía FCAW junta a tope con bisel en V simple.

En las tablas 17 y 18, se puede observar resultado de los ensayos de macrografía realizado a las probetas en su corte transversal. Como 1 de las 2 probetas no aprueban el criterio de aceptación, se procedió a realizar 2 juntas soldadas adicionales y de igual forma se sometieron al ensayo macrográfico, donde los resultados se pueden ver en las tablas 19 y 20, mismas que aprueban el criterio de aceptación.

Tabla 17: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 1.3.

 ILPM ENGINEERING CIA TDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales REGISTRO DE ENSAYO DE MACROGRAFIA DE SOLDADURA		 Informe No. ILPM 2021 - 618 - MCR		
Cliete:	ING. DANIEL ARMAS	Fecha de Ensayo:	26/11/2021	
Solicitante:	OSCAR YANCHAPAXI	Número de macros:	12	
Temperatura:	20±3°C	Humedad:	60±20%	
Fiscalización:		Instrumento de medición:	INST-34 Pie de rey	
Motivo:	Calificación de procedimiento y soldadura			
CONFORME NORMA AWS D1.4 (Structural Welding Code—Reinforcing Steel)				
MACRO N°	ESTAMPA SOLDADOR	ID PROBETA	WPS	
5	W735	M1-FCAW 1	DA-PQR-21-003/DA-WPS-21-003	
RESULTADOS DE EVALUACIÓN (U=±0,1mm)				
DENOMINACIÓN	ESPECIFICADO	ENCONTRADO	A	R
L1 = Espesor de garganta	-----	7.27	X	
L2 y L3 = Longitud de piernas	-----	7.66 y 9.20	X	
L4 = Espesor de garganta	-----	7.48	X	
L5 y L6 = Longitud de piernas	-----	7.71 y 7.71	X	
L7 y L8 = R = Convexidad	≤ 3 mm	1.75 y 0.98	X	
L9 = Porosidad	La suma ≤ 10 mm	9.14	X	
L10 = Mordedura	≤ 1 mm	No Se Observa	X	
Traslape	Debe estar libre de Traslapes	No Se Observa	X	
Fusión	Debe mostrar fusión entre el material de aporte y base, los pasos entre capas deben de igual manera mostrar fusión.	No Se Observa		X





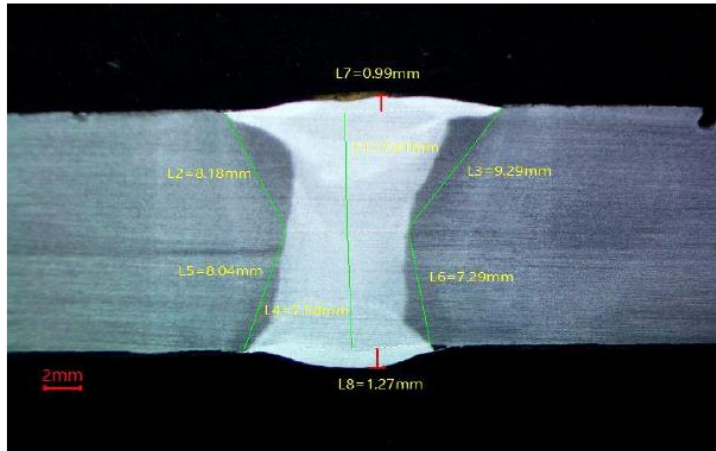
RESULTADO:
REPROBADO

COMENTARIO:
El análisis macrográfico es realizado bajo los criterios de aceptación establecidos en la norma AWS D1.4

Fuente: ILPM.

Tabla 18: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 2.3.

		ILPM ENGINEERING CIA TDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales			
ID DOCUMENTO ILPM-RT-23 Revisión: Rev. 02 Fecha de Rev.: 15/04/2021		REGISTRO DE ENSAYO DE MACROGRAFIA DE SOLDADURA		Informe No. ILPM 2021 - 618 - MCR	
Cliente:	ING. DANIEL ARMAS	Fecha de Ensayo:	26/11/2021		
Solicitante:	OSCAR YANCHAPAXI	Número de macros:	12		
Temperatura:	20±3°C	Humedad:	60±20%	Instrumento de medición:	INST-34 Pie de rey
Fiscalización:			Calibración: 17/08/2021	Próx. Calibración: 17/02/2023	
Motivo:	Calificación de procedimiento y soldadura				
CONFORME NORMA AWS D1.4 (Structural Welding Code—Reinforcing Steel)					
MACRO N°	ESTAMPA SOLDADOR	ID PROBETA	WPS		
6	W735	M2-FCAW 1	DA-PQR-21-003/DA-WPS-21-003		
RESULTADOS DE EVALUACIÓN (U=±0,1mm)					
DENOMINACIÓN		ESPECIFICADO	ENCONTRADO	A	R
L1 = Espesor de garganta		-----	7.41	X	
L2 y L3 = Longitud de piernas		-----	8.18 y 8.29	X	
L4 = Espesor de garganta		-----	7.58	X	
L5 y L6 = Longitud de piernas		-----	8.04 y 7.29	X	
L7 y L8 = R = Convexidad		≤ 3 mm	0.99 y 1.27	X	
L9 = Porosidad		La suma ≤ 10 mm	No Se Observa	X	
L10 = Mordedura		≤ 1 mm	No Se Observa	X	
Traslape		Debe estar libre de Traslapes	No Se Observa	X	
Fusión		Debe mostrar fusión entre el material de aporte y base, los pases entre capas deben de igual manera mostrar fusión.	Se Observa	X	






RESULTADO:
APROBADO

COMENTARIO:
El análisis macrográfico es realizado bajo los criterios de aceptación establecidos en la norma AWS D1.4

Fuente: ILPM.



Tabla 19: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T A1.

 ILPM ENGINEERING CIA TDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales		 SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANA Acreditación N° SAE LON 19-011 LABORATORIO DE ENSAYOS		
ID DOCUMENTO ILPM-RT-33 Revisión Nro. 06 Fecha de Rev.: 15/04/2021		REGISTRO DE ENSAYO DE MACROGRAFIA DE SOLDADURA		
		Informe No. ILPM 2022-106-MCR		
Cliente:	Ing. Daniel Armas	Fecha de Ensayo:	3/3/2022	
Solicitante:	Oscar Yanchapaxi	Número de macros:	4	
Temperatura:	20±3°C	Humedad:	60±20%	
Fiscalización:		Instrumento de medición:	INST-30 Micrómetro	
Motivo:	CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO Y SOLDADOR			
CONFORME NORMA AWS D1.4 (Structural Welding Code—Reinforcing Steel)				
MACRO N°	ESTAMPA SOLDADOR	ID PROBETA	WPS	
3	w 735	M1 FCAW1	DA-WPS-21-003	
RESULTADOS DE EVALUACIÓN (U=±0,1mm)				
DENOMINACIÓN	ESPECIFICADO	ENCONTRADO (U=±0,1mm)	A	R
L1 = Espesor de garganta	-----	10,05	X	
L2 y L3 = Longitud de piernas	-----	15,71 - 11,7	X	
L4 = Espesor de garganta	-----	2,64	X	
L5 y L6 = Longitud de piernas	-----	5,06 - 6,15	X	
L7 y L8 = R = Convexidad	≤ 3 mm	0,83 - 0,99	X	
Porosidad	La suma ≤ 5 mm	NO ENCONTRADO	X	
Mordedura	≤ 1 mm	NO ENCONTRADO	X	
Traslape	Debe estar libre de Traslapes	NO ENCONTRADO	X	
Fusión	Debe mostrar fusión entre el material de aporte y base, los pasos entre capas deben de igual manera mostrar fusión.	EXISTE	X	

	RESULTADO: APROBADO
COMENTARIO: El análisis macrográfico es realizado bajo los criterios de aceptación establecidos en la norma AWS D1.4	

Fuente: ILPM.

Tabla 20: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T A2.

 ILPM ENGINEERING CIA TDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales		 SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO Acreditación N° SAE LEX 19-011 LABORATORIO DE ENSAYOS		
ID DOCUMENTO ILPM-RT-33 Revisión Nro. 06 Fecha de Rev.: 15/04/2021		Informe No. ILPM 2022-106-MCR		
Cliente	Ing. Daniel Armas	Fecha de Ensayo:	3/3/2022	
Solicitante:	Oscar Yanchapaxi	Número de macros:	4	
Temperatura:	20±3°C	Humedad:	60±20%	
Fiscalización:		Instrumento de medición:	INST-30 Micrómetro	
Motivo:	CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO Y SOLDADOR			
CONFORME NORMA AWS D1.4 (Structural Welding Code—Reinforcing Steel)				
MACRO N°	ESTAMPA SOLDADOR	ID PROBETA	WPS	
4	w 735	M2 FCAW1	DA-WPS-21-003	
RESULTADOS DE EVALUACIÓN (U=±0,1mm)				
DENOMINACIÓN	ESPECIFICADO	ENCONTRADO (U=±0,14mm)*	A	R
L1 = Espesor de garganta	-----	3,09	X	
L2 y L3 = Longitud de piernas	-----	5,30 - 3,35	X	
L4 = Espesor de garganta	-----	9,58	X	
L5 y L6 = Longitud de piernas	-----	11,82 - 13,61	X	
L7 y L8 = R = Convexidad	≤ 3 mm	1,52	X	
Porosidad	La suma ≤ 5 mm	NO ENCONTRADO	X	
Mordedura	≤ 1 mm	NO ENCONTRADO	X	
Traslape	Debe estar libre de Traslapes	NO ENCONTRADO	X	
Fusión	Debe mostrar fusión entre el material de aporte y base, los pases entre capas deben de igual manera mostrar fusión.	EXISTE	X	

RESULTADO:
APROBADO

COMENTARIO:
El análisis macrográfico es realizado bajo los criterios de aceptación establecidos en la norma AWS D1.4

Fuente: ILPM.

3.6.4.4 FCAW con junta a tope con bisel en V doble

Los parámetros establecidos para este proceso de soldadura se encuentran en el anexo A.6, a continuación, en las figuras de la 45 a la 49, se puede observar la junta soldada, así como también el resultado después de cada pase.



Figura 45: FCAW junta a tope con bise en V doble – pase #1.

Fuente: Autor.



Figura 46: FCAW junta a tope con bise en V doble – pase #2.

Fuente: Autor.



Figura 47: FCAW junta a tope con bise en V doble – pase #3.

Fuente: Autor.



Figura 48: FCAW junta a tope con bise en V doble – resanado.

Fuente: Autor.





Figura 49: FCAW junta a tope con bise en V doble – pase final.

Fuente: Autor.

3.6.4.5 Resultados ensayos de tracción FCAW junta a tope con bisel en V doble

En la tabla 21 y en la figura 50, se observan los resultados del ensayo de tracción.

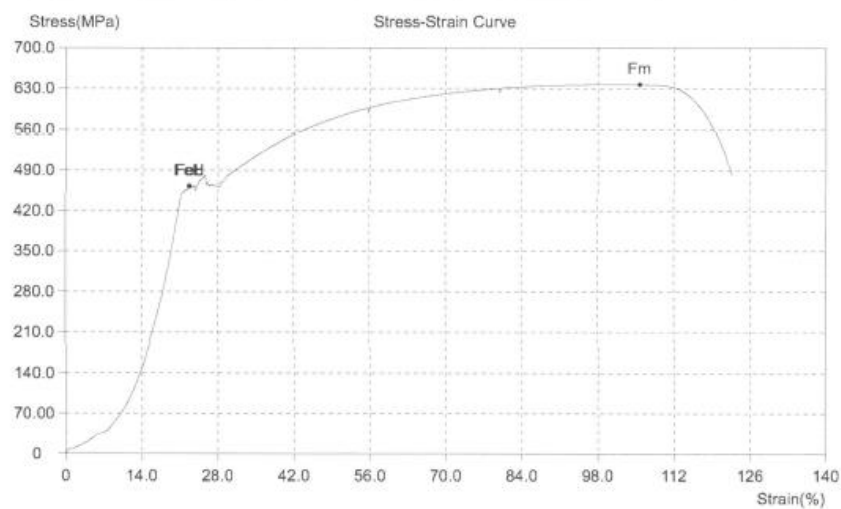
Tabla 21: REPORTE ENSAYO DE TRACCIÓN WPS-21-004.

 ILPM ENGINEERING CIA LTDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales <small>ID DOCUMENTO ILPM-ET-164 Revisión No. 09</small>										 Informe No. ILPM 2021 - 618 - T WPS: WPS: DA-PQR-21-004/DA-WPS-21-004	
REPORTE DE ENSAYO DE TRACCIÓN											
NORMAS: ASTM A370 / ASTM E8											
Cliente:		ING. DANIEL ARMAS			Fecha de ensayo:		miércoles, 24 de noviembre de 2021				
Solicitado por:		OSCAR YANCHAPAXI			Testificado por:						
Material:		ASTM A708Gr80			Probeta elaborada por:		Cliente				
Equipo:		ENS-23 Máquina de ensayo de Tensión			Calibración:		08/10/2020		Verificación:	08/10/2021	
Temperatura:		20±3°C			Humedad relativa:		60±20%				
Control de Calidad de Material				Control de Soldadura						X	
Probeta #	Diámetro Menor	Longitud Inicial	Longitud Final	OBSERVACIONES							
	mm.	mm.	mm.								
W735 T1.4	14.00	200.00	237.00	LUIS SISLEMA / T1-FCAW 2							
W735 T2.4	14.00	200.00	238.00	LUIS SISLEMA / T2-FCAW 2							
Probeta #	Area	Carga de Fluencia	Limite de Fluencia Sy U±16 MPa		Carga Máxima	Resistencia a Tracción SUT U±12 MPa		Elongación 50 mm U±0.3%	Localización de Rotura ¹		
	mm ² .	kN	KSI	MPa	kN	KSI	MPa	%			
W735 T1.4	153.94	71.20	67.08	463	98.05	92.38	637	18.5	FMB		
W735 T2.4	153.94	71.15	67.04	462	98.45	92.76	640	19.0	FMB		

Fuente: ILPM.

ILPM CIA LTDA
REGISTRO DE ENSAYO DE TRACCION

Customer/Informe	ILPM 2021-618-T		
Probeta No.	W735 T1.4		
TestDate	2021-11-24	Type	Circle
Size(mm)	14	So(mm ²)	153.94
Lo(mm)	200	Lu(mm)	237
Fm(kN)	98.05	SUT(MPa)	637
FeL(kN)	71.20	SY(MPa)	463



ILPM CIA LTDA
REGISTRO DE ENSAYO DE TRACCION

Customer/Informe	ILPM 2021-618-T		
Probeta No.	W735 T2.4		
TestDate	2021-11-24	Type	Circle
Size(mm)	14	So(mm ²)	153.94
Lo(mm)	200	Lu(mm)	238
Fm(kN)	98.45	SUT(MPa)	640
FeL(kN)	71.15	SY(MPa)	462

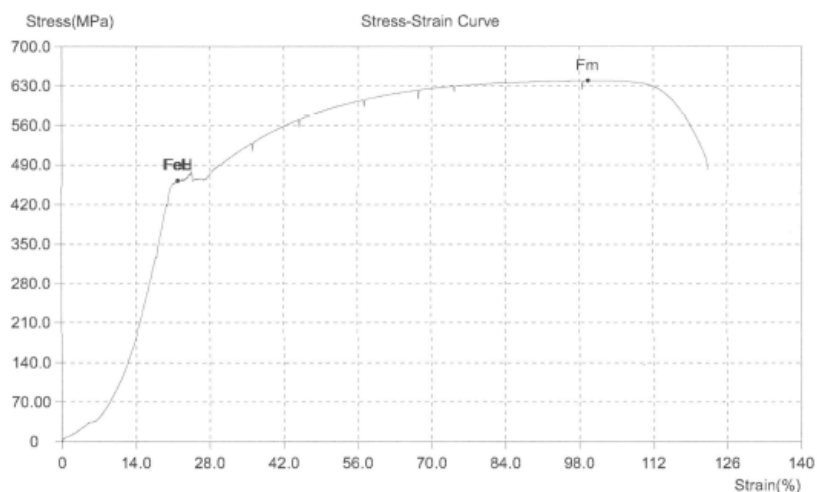




Figura 50: Diagrama esfuerzo deformación unitaria FCAW probeta T 1.4 y T 2.4.

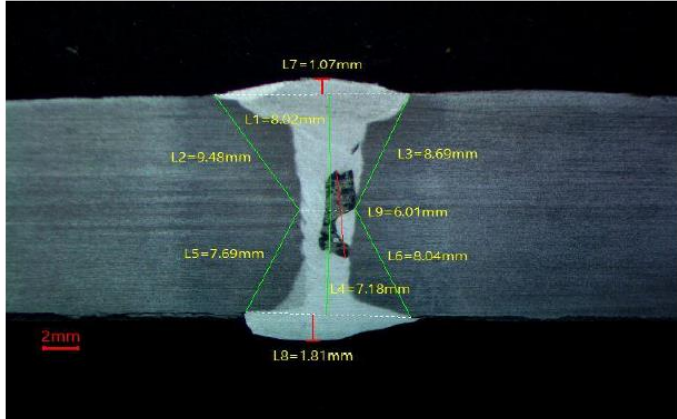
Fuente: ILPM.

3.6.4.6 Resultados ensayos de macrografía FCAW junta a tope con bisel en V doble.

En las tablas 22 y 23, se pueden observar los resultados de los ensayos de macrografía realizado a las probetas en su corte transversal. Como ambas probetas no aprueban el criterio de aceptación, se procedió a realizar 2 juntas soldadas adicionales y de igual forma se sometieron al ensayo macrográfico, donde los resultados se pueden ver en las tablas 24 y 25, mismas que aprueban el criterio de aceptación.



Tabla 22: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 1.4.

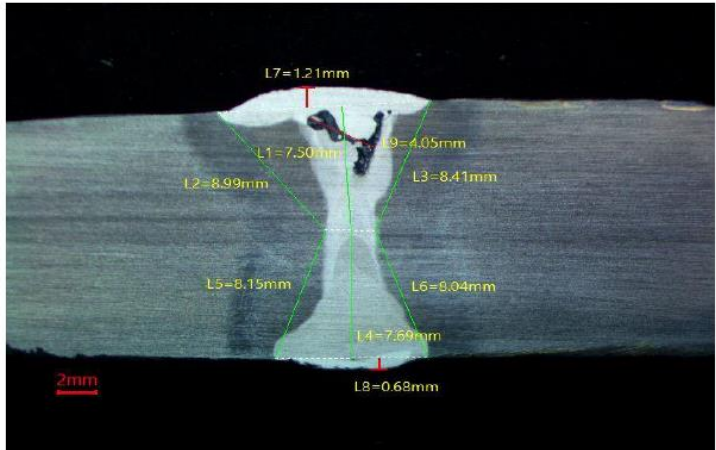
		ILPM ENGINEERING CIA TDA Ingeniería Lider en Proyectos y Materiales			
ID DOCUMENTO ILPM-47-03 Revisión No. 06 Fecha de Rev.: 15/04/2021		REGISTRO DE ENSAYO DE MACROGRAFIA DE SOLDADURA		Informe No. ILPM 2021 - 618 - MCR	
Cliente:	ING. DANIEL ARMAS	Fecha de Ensayo:	26/11/2021		
Solicitante:	OSCAR YANCHAPAXI	Número de macros:	12		
Temperatura:	20±3°C	Humedad:	60±20%	Instrumento de medición:	INST-34 Pie de rey
Fiscalización:		Calibración:	17/08/2021	Próx. Calibración:	17/02/2023
Motivo:	Calificación de procedimiento y soldadura				
CONFORME NORMA AWS D1.4 (Structural Welding Code—Reinforcing Steel)					
MACRO N°	ESTAMPA SOLDADOR	ID PROBETA	WPS		
7	W735	M1-FCAW 2	DA-PQR-21-004/DA-WPS-21-004		
RESULTADOS DE EVALUACIÓN (U=±0,1mm)					
DENOMINACIÓN		ESPECIFICADO	ENCONTRADO	A	R
L1 = Espesor de garganta		-----	8.02	X	
L2 y L3 = Longitud de piernas		-----	9.48 y 8.69	X	
L4 = Espesor de garganta		-----	7.18	X	
L5 y L6 = Longitud de piernas		-----	7.69 y 8.04	X	
L7 y L8 = R = Convexidad		≤ 3 mm	1.07 y 1.81	X	
L9 = Porosidad		La suma ≤ 10 mm	6.01	X	
L10 = Mordedura		≤ 1 mm	No Se Observa	X	
Traslape		Debe estar libre de Traslapes	No Se Observa	X	
Fusión		Debe mostrar fusión entre el material de aporte y base, los pasos entre capas deben de igual manera mostrar fusión.	No Se Observa		X

	RESULTADO: REPROBADO
COMENTARIO: El análisis macrográfico es realizado bajo los criterios de aceptación establecidos en la norma AWS D1.4	

Fuente: ILPM



Tabla 23: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T 2.4.

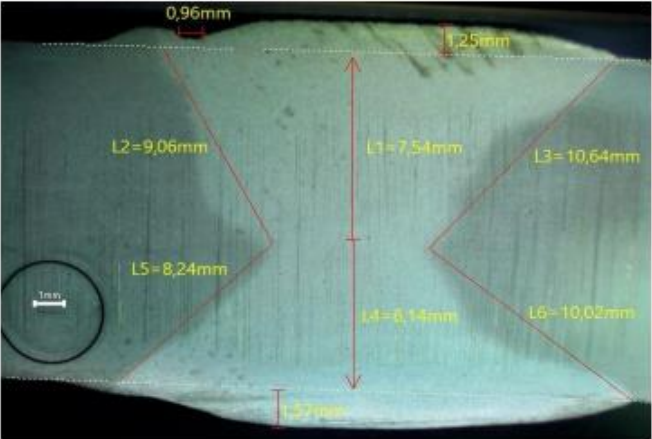
 ILPM ENGINEERING CIA TDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales		 SERVICIO DE Acreditación ECUATORIANO UNIVERSIDAD ST. JUAN LUIS DE OTAVI LABORATORIO DE ENSAYOS		
ID DOCUMENTO ILPM-01-03 Revisión No. 06 Fecha de Rev.: 15/04/2021		REGISTRO DE ENSAYO DE MACROGRAFIA DE SOLDADURA		Informe No. ILPM 2021 - 618 - MCR
Cliente:	ING. DANIEL ARMAS	Fecha de Ensayo:	26/11/2021	
Solicitante:	OSCAR YANCHAPAXI	Número de macros:	12	
Temperatura:	20±3°C	Humedad:	60±20%	Instrumento de medición: INST-34 Pie de rey
Fiscalización:		Calibración:	17/08/2021	Próx. Calibración: 17/02/2023
Motivo:	Calificación de procedimiento y soldadura			
CONFORME NORMA AWS D1.4 (Structural Welding Code—Reinforcing Steel)				
MACRO N°	ESTAMPA SOLDADOR	ID PROBETA	WPS	
8	W735	M2-FCAW 2	DA-PQR-21-004/DA-WPS-21-004	
RESULTADOS DE EVALUACIÓN (U=±0,1mm)				
DENOMINACIÓN	ESPECIFICADO	ENCONTRADO	A	R
L1 = Espesor de garganta	-----	7.50	X	
L2 y L3 = Longitud de piernas	-----	8.99 y 8.41	X	
L4 = Espesor de garganta	-----	7.69	X	
L5 y L6 = Longitud de piernas	-----	8.15 y 8.04	X	
L7 y L8 = R = Convexidad	≤ 3 mm	1.21 y 0.68	X	
L9 = Porosidad	La suma ≤ 10 mm	4.05	X	
L10 = Mordedura	≤ 1 mm	No Se Observa	X	
Traslape	Debe estar libre de Traslapes	No Se Observa	X	
Fusión	Debe mostrar fusión entre el material de aporte y base, los pases entre capas deben de igual manera mostrar fusión.	No Se Observa		X

	RESULTADO: REPROBADO
	COMENTARIO: El análisis macrográfico es realizado bajo los criterios de aceptación establecidos en la norma AWS D1.4

Fuente: ILPM.



Tabla 24: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T A3.

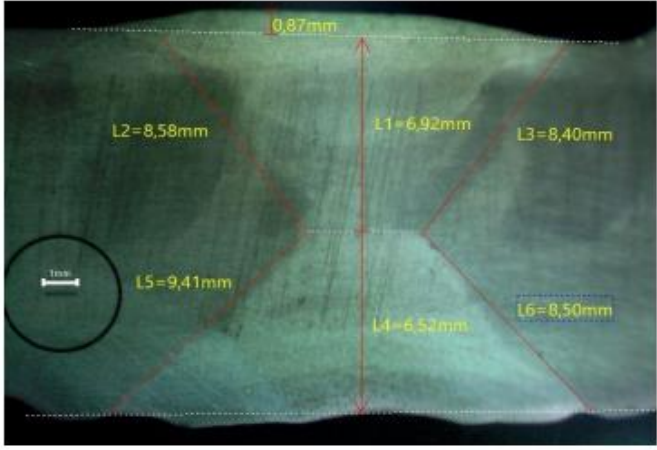
 ILPM ENGINEERING CIA TDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales		 SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANA Acreditación N° SAE LEM 19-011 LABORATORIO DE ENSAYOS		
ID DOCUMENTO ILPM-RT-33 Revisión Nro. 06 Fecha de Rev.: 15/04/2021		REGISTRO DE ENSAYO DE MACROGRAFIA DE SOLDADURA		
		Informe No. ILPM 2022-106-MCR		
Cliente:	Ing. Daniel Armas	Fecha de Ensayo:	3/3/2022	
Solicitante:	Oscar Yanchapaxi	Número de macros:	4	
Temperatura:	20±3°C	Humedad:	60±20%	
Fiscalización:		Instrumento de medición:	INST-30 Micrómetro	
Motivo:	CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO Y SOLDADOR			
CONFORME NORMA AWS D1.4 (Structural Welding Code—Reinforcing Steel)				
MACRO Nº	ESTAMPA SOLDADOR	ID PROBETA	WPS	
2	w 735	M2 FCAW2	DA-WPS-21-004	
RESULTADOS DE EVALUACIÓN (U=±0,1mm)				
DENOMINACIÓN	ESPECÍFICADO	ENCONTRADO (U=±0,114mm)*	A	R
L1 = Espesor de garganta	-----	7,54	X	
L2 y L3 = Longitud de piernas	-----	9,06 - 10,64	X	
L4 = Espesor de garganta	-----	6,14	X	
L5 y L6 = Longitud de piernas	-----	8,24 - 10,02	X	
L7 y L8 = R = Convexidad	≤ 3 mm	1,25 - 1,57	X	
Porosidad	La suma ≤ 5 mm	NO ENCONTRADO	X	
Mordedura	≤ 1 mm	0,96	X	
Traslape	Debe estar libre de Traslapes	NO ENCONTRADO	X	
Fusión	Debe mostrar fusión entre el material de aporte y base, los pases entre capas deben de igual manera mostrar fusión.	EXISTE	X	

	RESULTADO: APROBADO
	COMENTARIO: El análisis macrográfico es realizado bajo los criterios de aceptación establecidos en la norma AWS D1.4.

Fuente: ILPM.

Tabla 25: ENSAYO DE MACROGRAFÍA PROBETA T A4.

 ILPM ENGINEERING CIA TDA Ingeniería Líder en Proyectos y Materiales		 SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANA Acreditación N° SAE LEX 19-011 LABORATORIO DE ENSAYOS			
ID DOCUMENTO ILPM-RT-33 Revisión Nro. 06 Fecha de Rev.: 15/04/2021		REGISTRO DE ENSAYO DE MACROGRAFIA DE SOLDADURA		Informe No. ILPM 2022-106-MCR	
Cliente:	Ing. Daniel Armas	Fecha de Ensayo:	3/3/2022		
Solicitante:	Oscar Yanchapaxi	Número de macros:	4		
Temperatura:	20±3°C	Humedad:	60±20%	Instrumento de medición: INST-30 Micrómetro	
Fiscalización:			Calibración: 17/08/2021	Próx. Calibración: 17/02/2023	
Motivo:	CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO Y SOLDADOR				
CONFORME NORMA AWS D1.4 (Structural Welding Code—Reinforcing Steel)					
MACRO N°	ESTAMPA SOLDADOR	ID PROBETA	WPS		
1	w 735	M1 FCAW2	DA-WPS-21-004		
RESULTADOS DE EVALUACIÓN (U=±0,1mm)					
DENOMINACIÓN		ESPECIFICADO	ENCONTRADO (U=±0,134mm)*	A	R
L1 = Espesor de garganta		-----	6,92	X	
L2 y L3 = Longitud de piernas		-----	8,58 - 8,40	X	
L4 = Espesor de garganta		-----	6,52	X	
L5 y L6 = Longitud de piernas		-----	9,41 - 8,50	X	
L7 y L8 = R = Convexidad		≤ 3 mm	0,87	X	
Porosidad		La suma ≤ 5 mm	NO ENCONTRADO	X	
Mordedura		≤ 1 mm	NO ENCONTRADO	X	
Traslape		Debe estar libre de Traslapes	NO ENCONTRADO	X	
Fusión		Debe mostrar fusión entre el material de aporte y base, los pases entre capas deben de igual manera mostrar fusión.	EXISTE	X	

	RESULTADO: APROBADO
	COMENTARIO: El análisis macrográfico es realizado bajo los criterios de aceptación establecidos en la norma AWS D1.4

Fuente: ILPM.

3.6.4.7 Resultados de ensayos no destructivos – tintas penetrantes.

Los resultados de los ensayos no destructivos por tintas penetrantes no presentaron novedad y aprobaron para todas las juntas soldadas, se observa en anexo A.7.

3.7 Procesamiento de la información y análisis estadístico

El diseño experimental escogido para la presente investigación se basa en un análisis multivariante ya que se tiene el proceso de soldadura y el tipo de bisel para ambas variables se analizará por separado la resistencia a la tracción y el límite de fluencia.

Para realizar una prueba de hipótesis estadística se debe seguir 6 pasos los cuales se componen de:

1. Redacción de hipótesis.
2. Selección del nivel de significancia
3. Identificar el estadístico de prueba
4. Regla de decisión
5. Resultados
6. Toma de decisión

A continuación, se desarrollará los pasos que son mencionados anteriormente para la presente investigación.

ANÁLISIS RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

Paso 1. Redacción de la prueba de hipótesis

Hipótesis Nula: El tipo de proceso de soldadura no influye en la resistencia a la tracción

Hipótesis Alternativa: El tipo de proceso de soldadura influye en la resistencia a la tracción

Paso 2: Selección del nivel de significancia

El Nivel de significancia que se tendrá para la presente investigación es $\alpha=0,05$, este nos servirá como referencia para la toma de decisión (regla de decisión).

Paso 3: Identificación del estadístico de prueba

Debido a que es un análisis multivariante, se utilizará la tabla ANOVA con su estadístico llamado Prueba F de Fisher, aplicando la ecuación 3.1.

$$F = \frac{\frac{SCR}{k}}{\frac{SCE}{n - k - 1}} \quad \text{Ec. 3.1}$$

SCR =Suma de Cuadrados de la regresión.

SCE =Suma de Cuadrados del Error.

n = Número total de observaciones en la muestra.

k = Grados de libertad.

Paso 4: Regla de decisión

Si $\alpha_{calculado} \leq \alpha_{Nivel\ de\ significancia}$ se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa. Si $\alpha_{calculado} > \alpha_{Nivel\ de\ significancia}$ no se tiene evidencia suficiente como para rechazar la hipótesis nula.

Paso 5: Resultados

En la tabla 26, se presenta los resultados de la tabla ANOVA del estadístico F de Fisher.

Tabla 26: TABLA ANOVA - RESISTENCIA A LA TRACCIÓN.

Tabla ANOVA					
Variable dependiente: Resistencia a la tracción					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tip_bisel	261.333	1	261.333	1.733	0.224
Soldadura	5.167.167	2	2.583.583	17.136	0.001
Error	1.206.167	8	150.771		
Total	4.584.780.000	12			

a. R al cuadrado = ,818 (R al cuadrado ajustada = ,750)

Fuente: Autor.

Debido a que existe una variación entre la resistencia a la tracción para cada tipo de proceso, se necesita realizar el análisis estadístico de Tukey que se aprecia en la tabla 27.

Tabla 27: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE TUKEY – RESISTENCIA A LA TRACCIÓN.

Proceso de soldadura	N	Subconjunto	
		1	2
GMAW	4	5.907.500	
FCAW	4		6.210.000
SMAW	4		6.412.500
Sig.		1.000	0.108
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
Se basa en las medias observadas.			
El término de error es la media cuadrática(Error) = 150,771.			
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.			
b. Alfa = 0,05.			

Fuente: Autor.

Paso 6: Toma de decisión

Como $\alpha_{calculado}$ es igual a 0.001 es menor que $\alpha_{Nivel\ de\ significancia}$ de 0.05 se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa que nos dice que el tipo de proceso de soldadura influye en la resistencia a la tracción.

Además, el tipo de proceso de soldadura influye en la resistencia a la tracción, porque se tiene un R cuadrado de 0.818 que nos dice que la relación tipo de bisel y la soldadura tiene una correlación positiva.

Con la prueba de Tukey se tiene que las resistencias del proceso de soldadura GMAW es baja con respecto a las soldaduras SMAW y FCAW, por lo que se recomienda usar las dos antes mencionadas.

ANÁLISIS LÍMITE DE FLUENCIA

Paso 1. Redacción de la prueba de hipótesis

Hipótesis Nula: El tipo de proceso de soldadura no influye en el límite de fluencia.

Hipótesis Alternativa: El tipo de proceso de soldadura si influye en el límite de fluencia.

Paso 2: Selección del nivel de significancia

El nivel de significancia que se tendrá para la presente investigación es $\alpha=0,05$, este nos servirá como referencia para la toma de decisión (regla de decisión).

Paso 3: Identificación del estadístico de prueba

Debido a que es un análisis multivariante se utilizará la tabla ANOVA con su estadístico llamado Prueba F de Fisher, de igual manera aplicando la ecuación 3.1:

$$F = \frac{\frac{SCR}{k}}{\frac{SCE}{n - k - 1}}$$

SCR=Suma de Cuadrados de la regresión.

SCE=Suma de Cuadrados del Error.

n= Número total de observaciones en la muestra.

k= Grados de libertad.

Paso 4: Regla de decisión

Si $\alpha_{calculado} \leq \alpha_{Nivel\ de\ significancia}$ se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa. Si $\alpha_{calculado} > \alpha_{Nivel\ de\ significancia}$ no se tiene evidencia suficiente como para rechazar la hipótesis nula.

Paso 5: Resultados

En la tabla 28, se presenta los resultados de la tabla ANOVA del estadístico F de Fisher.

Tabla 28: TABLA ANOVA - LÍMITE DE FLUENCIA

Tabla ANOVA					
Variable dependiente: Límite de fluencia					
Intersección	2569650750	1	2569650750	592996327	0.000
Tip_bisel	14.083	1	14.083	3.250	0.109
Soldadura	1.500	2	0.750	0.173	0.844
Error	34.667	8	4.333		
Total	2.569.701.000	12			

a. R al cuadrado = ,310 (R al cuadrado ajustada = ,051)

Fuente: Autor

Paso 6: Toma de decisión

Como $\alpha_{calculado}$ es igual a 0.844 es mayor que $\alpha_{Nivel\ de\ significancia}$ de 0.05 se dice que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, El tipo de proceso de soldadura no influye en el límite de fluencia.

Además, el tipo de proceso de soldadura no influye en el límite de fluencia porque se tiene un R cuadrado de 0.310 que nos dice que no hay una relación tipo de bisel y la soldadura.

3.8 Variables respuesta o resultados alcanzados

Los valores de las propiedades mecánicas se las obtuvieron realizando los ensayos destructivos de tracción y macrografía, mismos que son de carácter obligatorio según lo establecido por el código[2]. Para los ensayos no destructivos, los criterios manejados para validar la aceptación se lo hizo en base al código que rige dicho tema[42]. La calificación del proceso de soldadura (PQR) para el diámetro de la varilla de 14 mm también califica a diámetros hasta de 19 mm por lo que los procesos de soldadura, así como los ensayos en mención se hicieron para un diámetro de 14 mm. De los 3 procesos de soldadura empleados, el proceso FCAW no tuvo respuestas favorables en los ensayos de macrografía iniciales por lo que se procedió a soldar 2 probetas adicionales y se sometieron al ensayo de macrografía, obteniendo resultados favorables. Mientras que los procesos SMAW y GMAW calificaron sin problema alguno.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinó la cantidad de ensayos necesarios según lo indicado por la norma, es decir se realizaron 2 ensayos de tensión y 2 ensayos de macrografía para cada caso, de acuerdo a lo indicado en la tabla 8.3 de la norma, misma que es de carácter obligatorio de acuerdo al apartado 8.2.4.2 [2] que se puede apreciar en la tabla 29, que trata de la cantidad y tipos de ensayos para la calificación del procedimiento de soldadura. El ensayo de radiografía no es necesario debido a que no se está calificando al soldador. Una vez realizados todos los ensayos destructivos como dicta la norma, se debe verificar con el PQR si el proceso de soldadura realizado califica o no.

Tabla 29: CANTIDAD DE PROBETAS Y TIPO DE ENSAYOS DESTRUCTIVOS.

Number and Type of Tests for WPS Qualification (see 8.2.4.2)					
Production		Minimum	Tension Tests	Macroetch Tests	Joints Qualified per Figures
Type of Joint	Figure	Number of Test Assemblies	(8.2.4.4)	(8.2.4.5)	
Direct butt	8.5(A)	2	2	2	5.1, 5.2, 5.5(D)
T-Joint	8.5(B)	2	2	2	5.1, 5.5(D)
Indirect butt	8.5(C)	2	2	2	5.3(A), 5.3(B), 5.4(B), 5.5(E)
Indirect butt	8.5(D)	2	2	2	5.3(C), 5.4(A)

Fuente: Tabla 8.3 AWS D1.4 [2].

Una vez realizados los ensayos de laboratorio para los tres procesos de soldadura, se determinaron los valores de algunas propiedades mecánicas, entre ellas la resistencia a la tensión, parámetro de carácter obligatorio según lo detallado en el WPS básico de la norma. En la tabla 30, se observan los valores obtenidos de resistencia a la tracción para cada caso de estudio.

Tabla 30: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN – RESISTENCIA.

Proceso de soldadura	Resistencia a la tracción (MPa)			
	Bisel en V simple		Bisel en V doble	
	Probeta #1	Probeta #2	Probeta #1	Probeta #2
SMAW	638	642	644	641
GMAW	596	595	578	594
FCAW	603	604	637	640

Fuente: Autor.

En estos resultados se pueden observar que los valores obtenidos más altos corresponden al proceso de soldadura SMAW, seguido del proceso de soldadura FCAW y finalmente el proceso GMAW.

Los resultados de los límites de fluencia se observan en la tabla 31, estos valores son de gran importancia debido a que la norma establece que la relación entre la resistencia a la tracción real y el límite de fluencia real registrado en los ensayos de laboratorio debe ser mayor o igual a 1.25 como indica la ecuación 4.1 misma que se encuentra en el apartado 8.3.7.2 de la AWS D1.4 [2].

Tabla 31: RESULTADO DE ENSAYO DE TRACCIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO – LÍMITE DE FLUENCIA.

Proceso de soldadura	Límite de fluencia (MPa)			
	Bisel en V simple		Bisel en V doble	
	Probeta #1	Probeta #2	Probeta #1	Probeta #2
SMAW	462	459	466	466
GMAW	464	460	463	463
FCAW	464	461	463	462

Fuente: Autor.

$$\frac{Fu^*}{Fy^*} \geq 1.25 \quad \text{Ec. 4.1}$$

Los valores obtenidos para las relaciones entre Fu^* y Fy^* se presentan en la tabla 32.

Tabla 32: RELACIÓN ENTRE Fu^* Y Fy^* .

Proceso de soldadura	Relación entre resistencia a la tracción y límite de fluencia			
	Bisel en V simple		Bisel en V doble	
	Probeta #1	Probeta #2	Probeta #1	Probeta #2
SMAW	1,38	1,39	1,38	1,37
GMAW	1,28	1,29	1,25	1,28
FCAW	1,30	1,31	1,37	1,38

Fuente: Autor.

Para todos los ensayos de tracción se cumple con la relación entre resistencia a la tracción y límite de fluencia.

El porcentaje de elongación nos sirve para determinar el comportamiento del material, es decir si el material se comportará de manera dúctil o frágil. Según la norma que rige las propiedades mecánicas mínimas del material base ASTM A706 indica que para diámetros de varilla menores a 20 mm el porcentaje de elongación mínimo debe ser de 14% [3]. En la tabla 33, se observa los porcentajes de elongación obtenidos para cada tipo de proceso.

Tabla 33: PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DE LAS PROBETAS EN EL ENSAYO DE TRACCIÓN.

Proceso de soldadura	Porcentaje de elongación			
	Bisel en V simple		Bisel en V doble	
	Probeta #1	Probeta #2	Probeta #1	Probeta #2
SMAW	16,5	17,5	18,0	18,5
GMAW	6,0	6,5	3,5	6,5
FCAW	6,0	6,0	18,5	19,0

Fuente: Autor.

Estos resultados obtenidos dependen directamente del ensayo de tracción, es decir luego de realizar los ensayos se debe tomar en cuenta la localización de la falla. Según ILPM, la nomenclatura FMB corresponde a falla en el metal base, mientras que las siglas FJS corresponde a falla cerca de la junta soldada, es decir, que mientras la falla ocurra a una distancia más lejana de la junta soldada se obtendrá un porcentaje de elongación más alto, por el contrario, si la falla cada vez ocurre más cerca del cordón de soldadura se obtendrán valores más pequeños. En la investigación realizada por Naranjo et. al. [9], se obtuvieron porcentajes de elongación similares para diámetros de varilla más grandes.

Como se puede observar el 100% de las probetas ensayadas con el proceso de soldadura SMAW cumplen con el criterio de elongación mínima, mientras que en el proceso de soldadura GMAW ninguna probeta cumplió con el 14% mínimo de elongación y el 50% de las probetas ensayadas que fueron soldadas mediante el proceso FCAW no cumplieron con el criterio de elongación (cumplieron las probetas con bisel en V doble).

El otro parámetro de carácter obligatorio que debe cumplir con los rangos establecidos por la norma es el ensayo de macrografía. En la tabla 34, se puede observar un cuadro resumen con los casos de estudio que tuvieron o no aceptación.

Tabla 34: ACEPTACIÓN O RECHAZO - ENSAYOS DE MACROGRAFÍA

Proceso de soldadura	Aceptación o rechazo - Ensayo de macrografía			
	Bisel en V simple		Bisel en V doble	
	Probeta #1	Probeta #2	Probeta #1	Probeta #2
SMAW	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO
GMAW	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO
FCAW	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO

Fuente: Autor

El criterio de aceptación para los ensayos de macrografía se realizó en base al apartado 8.3.7.3 de la AWS D1.4, que indica que una vez realizado los ensayos se debe obtener una fusión completa además de cumplir con los requerimientos del apartado 6.4 y de la tabla 8.4 [2], como se observa en la tabla 35.

Tabla 35: CRITERIO DE ACEPTACIÓN - ENSAYO MACROGRAFÍA.

Bar Size Number	Macroetch Acceptance Criteria (see 8.2.6.2 and 8.3.7.3)			
	Sum of Maximum Dimensions of all Porosity or Fusion-Type Discontinuities		Maximum Dimension of Any Single Porosity or Fusion-Type Discontinuity	
	in	mm	in	mm
8 [25]	3/16	5	1/8	3
9 [29]	3/16	5	1/8	3
10 [32]	1/4	6	1/8	3
11 [36]	1/4	6	3/16	5
14 [43]	5/16	8	3/16	5
18 [57]	7/16	11	1/4	6

Note: Acceptance criteria for bar size numbers less than No. 8 [25] shall be established by the Engineer.

Fuente: Tabla 8.4 AWS D1.4 [2].

Para que el proceso conste como calificado debe cumplir que los 2 ensayos de tracción cumplan con la relación de 1.25 y que los 2 ensayos de macrografía tengan aceptación. En la tabla 36, se puede observar finalmente los procesos de soldadura según el tipo de bisel que se consideran calificados y no calificados.

Tabla 36: CALIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA.

	BISEL EN V SIMPLE	BISEL EN V DOBLE
SMAW	CALIFICA	CALIFICA
GMAW	CALIFICA	CALIFICA
FCAW	CALIFICA	CALIFICA

Fuente: Autor.

De los 12 casos de estudio planteados en un inicio fueron necesario calificar 6, ya que como se mencionó, la calificación de procesos de soldadura PQR califica varillas de hasta 19mm sin que cambie su variable esencial. De los 6 procesos, en un inicio 4 calificaron y 2 no calificaron, esto se debe a que las probetas sometidas al ensayo macrográfico de los procesos FCAW no obtuvieron resultados favorables porque se evidenciaba falta de fusión entre el material de aporte y el material base, por lo que no cumplía con los criterios de aceptación, por lo que se soldaron 2 probetas adicionales para cada tipo de junta y se obtuvieron resultados favorables, esto depende principalmente por que no se realizó una limpieza correcta entre cada pase al momento de soldar.

En el diagrama que se puede observar en la figura 51, se resume los resultados finales obtenidos para las principales propiedades mecánicas:

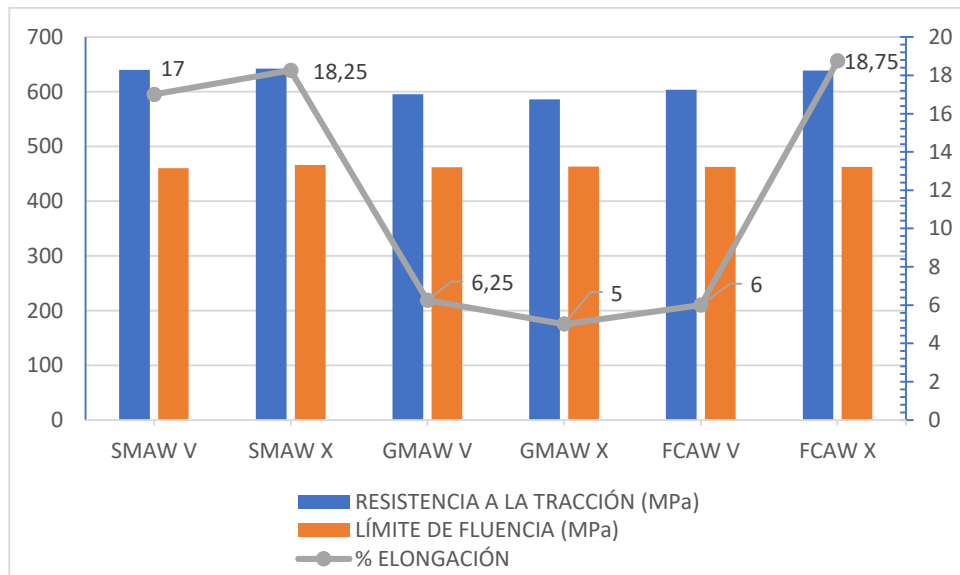


Figura 51: Diagrama de resultados finales de propiedades mecánicas.

Fuente: Autor.

Mientras que en la figura 52, se puede evidenciar las relaciones entre F_u^*/F_y^* , para cada tipo de junta dependiendo el proceso de soldadura.

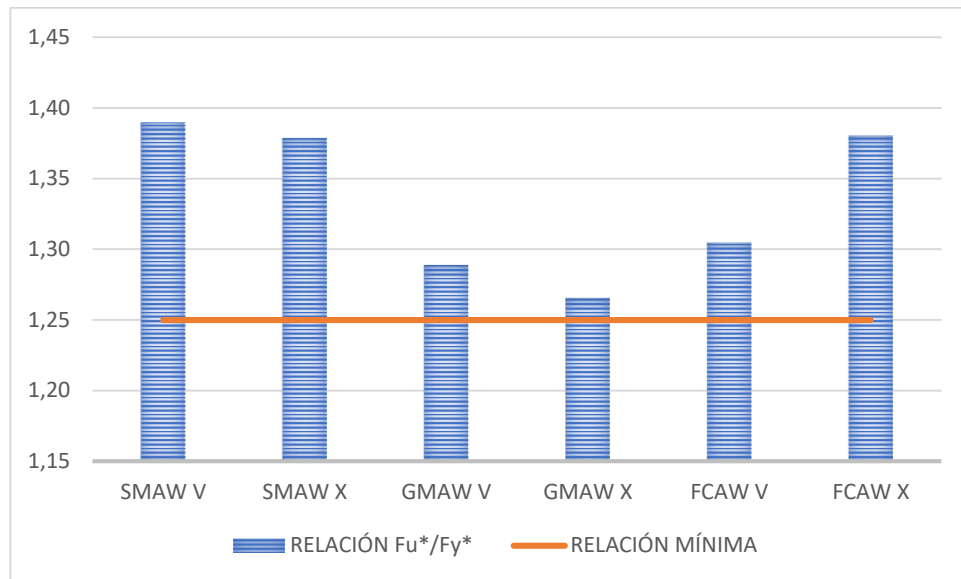


Figura 52: Relaciones F_u^*/F_y^* .

Fuente: Autor.

Aunque no existe un requisito mínimo en el porcentaje de elongación para la calificación de los procesos de soldadura, este es de gran importancia para determinar si el material se considera dúctil o frágil.

Otra variable importante a la hora de elegir el proceso de soldadura correcto para usar es el costo. En la tabla 37, se puede observar las principales ecuaciones para estimar los costos de los diferentes procesos de soldadura, mismas que son recomendados por INDURA [44].

Tabla 37: TIPOS DE COSTOS EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA.

FÓRMULAS Base de Cálculo: metro lineal (ml)	
Costo electrodo	$\frac{(\$)}{\text{m.l.}} = \frac{P_{md} \text{ (kg/ml)} \times \text{Valor electrodo } (\$/\text{kg})}{\text{Eficiencia deposición } (\%)}$
Costo M.O. y G. Grales.	$\frac{(\$)}{\text{m.l.}} = \frac{P_{md} \text{ (kg/ml)} \times \text{Valor M.O. y G.G. } (\$/\text{hr})}{\text{Velocidad deposición (kg/hr)} \times \text{F. operación } (\%)}$
Costo gas	$\frac{(\$)}{\text{m.l.}} = \frac{P_{md} \text{ (kg/ml)} \times \text{Flujo gas } (\text{m}^3/\text{hr}) \times \text{Valor gas } (\$/\text{m}^3)}{\text{Velocidad deposición (kg/hr)}}$
Costo fundente	$\frac{(\$)}{\text{m.l.}} = P_{md} \text{ (kg/ml)} \times \text{F. uso } (\%) \times \text{Valor fundente } (\$/\text{kg})$

Fuente: Manual INDURA [44].

Donde:

P_{md} : Peso del metal depositado para completar la junta soldada, se calcula mediante la ecuación 4.2.

$$P_{md} = AST * D * L \quad \text{Ec. 4.2}$$

Donde:

AST: Área de la sección transversal.

D: Densidad del material de aporte (7850 kg/m³).

L: Longitud de la junta soldada.

Para la presente investigación se tienen 2 tipos de configuraciones para calcular el área de la sección transversal, una para el bisel en V simple y otra para el bisel en V doble. En la tabla 38, se pueden observar los esquemas del AST para cada tipo de junta.

Tabla 38: ESQUEMA DEL ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL PARA CADA TIPO DE JUNTA.

Tipo de junta	Esquema	Geometría de sección transversal
Junta a tope con bisel en V simple		
Junta a tope con bisel en V doble		

Fuente: Autor.

Los valores acotados son una media de los valores obtenidos en las diferentes probetas. A continuación, se presenta el cálculo del área de la sección transversal.

AST junta a tope con bisel en V simple:

$$AST = A1 + A2 + A3$$

El área A1 y A3 se calcularon aproximadamente debido a que no tienen una geometría establecida. Sin embargo, ingresados los datos en el software de modelado se obtuvieron los siguientes resultados:

$$A1 = 12,8 \text{ mm}^2$$

$$A3 = 6,9 \text{ mm}^2$$

El área A2 se forma por la unión de 2 triángulos y 1 rectángulo.

$$A2 = 2 * 14 + \frac{14 * 14 * \sin 22,5}{\sin 67,5}$$

$$A2 = 109,18 \text{ mm}^2$$

Por lo que el área de la sección transversal total aproximado es:

$$AST = 12,8 \text{ mm}^2 + 109,18 \text{ mm}^2 + 6,9 \text{ mm}^2$$

$$AST = 128,88 \text{ mm}^2 = 0.00012888 \text{ m}^2$$

$$Pmd = 1,012 \frac{\text{kg}}{\text{m.l.}}$$

AST junta a tope con bisel en V simple:

$$AST = A1 + A2 + A3$$

El área A1 y A3 son aproximadamente iguales y se en el software de modelado se obtuvieron los siguientes resultados:

$$A1 = A3 = 8,01 \text{ mm}^2$$

El área A2 se forma por la unión de 4 triángulos y 2 rectángulos.

$$A2 = 2 * \left(2 * 7 + \frac{7 * 7 * \sin 22,5}{\sin 67,5} \right)$$

$$A2 = 68,6 \text{ mm}^2$$

Por lo que el área de la sección transversal total aproximada es:

$$AST = 8,01 \text{ mm}^2 + 68,6 \text{ mm}^2 + 8,01 \text{ mm}^2$$

$$AST = 84,62 \text{ mm}^2 = 0,00008462 \text{ m}^2$$

$$Pmd = 0,664 \frac{\text{kg}}{\text{m.l.}}$$

A continuación, se detallan valores de variables inmersas en los costos antes mencionados:

Valor del electrodo (\$/kg):

Los consumibles fueron adquiridos en INABRAS S.A. El costo de cada tipo de consumible se muestra en la tabla 39.

Tabla 39: PROFORMA PARA LOS 3 TIPOS DE CONSUMIBLES

The screenshot shows a software interface for a Proforma. At the top, there are dropdown menus for 'CUSTOMER_JOB' (SINDESECADOR S.A.), 'CLASS', and 'TEMPLATE' (ESTIMADO 2015). Below this, the word 'Proforma' is displayed. There are input fields for 'FECHA' (08/11/2021), 'SEÑOR' (SINDESECADOR S.A.), and 'PROFORMA' (21-4166). Below these are fields for 'REFERENCIA', 'FORMA DE PAGO' (30 dias), 'USUARIO', and 'ATENCION'. The main part of the screenshot is a table with the following data:

ITEM	NUM. PARTE	DESCRIPCION	ENTREGA	SITE	CANT.	UM	P. UNI.	TOTAL	TAX
	A10:MIG:ER80SG-1.2 GB	ALAMBRE MIG ER80SG 1.2 15KG GOLDEN			15	Kg15	3.52	52.80	T
	E10:HD:8018.C3 1/8	S-8018.C3 1/8 HYUNDAI			5	Kg8	5.52	27.60	T
	A10:TUB:SC-81Ni1 1.2	TUBULAR E81T1-Ni 1.2mm (15 kg) HYUNDAI			15	Kg15	4.59	68.85	T

Fuente: INABRAS S.A.

El costo por kilogramo de cada tipo de electrodo usado se obtiene dividiendo el costo total para la cantidad de kilos, como se observa en la tabla 40. El costo mostrado incluye el I.V.A.

Tabla 40: VALOR DE LOS CONSUMIBLES PARA LOS 3 PROCESOS DE SOLDADURA.

Proceso	Consumible	Costo total	Cantidad de kilos	\$/kg
SMAW	E8018-C3	30,91	5,000	6,18
GMAW	ER80S-G	59,14	15,000	3,94
FCAW	E81T1-Ni1C	77,11	15,000	5,14

Fuente: Autor.

Eficiencia de deposición (%):

El fabricante recomienda los valores de eficiencia de deposición de la tabla 41, dependiendo el proceso de soldadura usado, mientras que en la tabla 42, se observa los valores usados en nuestra investigación.

Tabla 41: EFICIENCIA DE DEPOSICIÓN SEGÚN EL PROCESO DE SOLDADURA.

Proceso	Eficiencia deposición (%)
Electrodo manual	60-70
MIG sólido	90
MIG tubular c/protección	83
MIG tubular s/protección	79
TIG	95
Arco sumergido	98

Fuente: Manual INDURA [44].

Tabla 42: VALORES DE EFICIENCIA DE DEPOSICIÓN ESCOGIDOS.

Proceso	Consumible	Eficiencia de dep. electrodo - %
SMAW	E8018-C3	60
GMAW	ER80S-G	90
FCAW	E81T1-Ni1C	85

Fuente: Autor.

Velocidad de deposición (kg/h):

Para calcular la velocidad de deposición del proceso SMAW se usarán los valores recomendados por la ficha técnica del material de aporte.

Para calcular la velocidad de deposición del proceso GMAW y FCAW podemos usar la ecuación 4.3, tomada de la guía para soldadura de Lincoln Electric [45], los resultados de la velocidad de deposición se observan en la tabla 43.

Tabla 43: VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN SEGÚN PROCESO DE SOLDADURA.

Proceso	Consumible	Diámetro mm	Tipo de bisel	Velocidad de avance promedio - pulg/min	Eficiencia de deposición del electrodo - %	Velocidad de deposición - kg/h
SMAW	E8018-C3	3,2	simple	6,2	60	1,310
		3,2	doble	6,7	60	1,416
GMAW	ER80S-G	1,2	simple	7,4	90	1,180
		1,2	doble	9,5	90	1,515
FCAW	E81T1-Ni1C	1,2	simple	7,8	85	1,175
		1,2	doble	8,5	85	1,280

Fuente: Autor

$$Velocidad\ de\ deposición = 1,3 * A\ elec * D * vel\ avance * ef\ dep \quad Ec. 4.3$$

Valor de mano de obra y gastos generales:

El valor de la mano de obra del soldador se lo puede calcular con el salario dividido para el número de horas trabajadas. Aproximadamente el sueldo de un soldador calificado oscila en los \$800, es decir 5 \$/h considerando 20 días laborables y un total de 8 horas diarias de trabajo. Además, el costo de energía eléctrica lo podríamos calcular mediante la ecuación 4.4, de la siguiente manera:

$$C_{energético} = \frac{Costo\ por\ kWh\ en\ el\ Ecuador * I * V * Fp}{1000} \quad Ec. 4.4$$

De donde:

Costo por kWh en el Ecuador: Es de 10,47 centavos de dólar aproximadamente.

I: Intensidad de corriente.

V: Voltaje.

Fp: Factor de potencia, en nuestro caso 0,95 según ficha técnica.

Los costos energéticos calculados se pueden observar en la tabla 44.

Tabla 44: COSTO ENERGÉTICO POR TIPO DE PROCESO.

Proceso	Voltaje promedio (v)	Intensidad de corriente promedio (A)	Costo energético (\$/h)
SMAW	23	115	0,26
GMAW	21	105	0,22
FCAW	21	120	0,25

Fuente: Autor

Otros gastos generales como capacitación de personal, supervisión, mantenimiento, etc., son aconsejables realizarse para proyectos a gran escala y con una alta tasa de producción.

Factor de operación (%):

Es la relación entre el tiempo de arco y el tiempo total apagado. En la tabla 45, se observan los rangos permitidos, mientras que en la tabla 46, se observan los valores escogidos.

Tabla 45: FACTOR DE OPERACIÓN PARA CADA PROCESO DE SOLDADURA.

Proceso	Factor de Operación (%)
Electrodo manual	5- 30
MIG sólido	10- 60
MIG tubular	10- 60
TIG	5- 20
Arco sumergido	50-100

Fuente: Manual INDURA [44].

Tabla 46: FACTOR DE OPERACIÓN ESCOGIDO.

PROCESO	FACTOR DE OPERACIÓN - %
SMAW	20
GMAW	40
FCAW	40

Fuente: Autor

Flujo de gas (m³/h) y Valor de gas (\$/m³):

El flujo de gas se determinó en el WPS y PQR. Tanto para el proceso GMAW como FCAW el valor fue de 16 L/min lo que equivale a 0,96 m³/h. Mientras que el valor del CO₂, gas usado en los procesos mencionados es de \$39,42 para un contenido de 20 kg de acuerdo al comerciante (DISOLOXI). Se calcula el costo por kilogramo que equivale a 1,97 \$/kg. INDURA, mediante la ficha técnica del gas establece que 1 kg de CO₂ a una temperatura de 15°C y 1 atm de presión es equivalente a 0,5348 m³ de gas. Por lo que para hallar el valor por m³ se lo haría utilizando la ecuación 4.5, de la siguiente manera:

$$\text{Valor de gas} = \frac{1,97\$}{kg} \quad \text{Ec. 4.5}$$

$$\text{Valor de gas} = \frac{1,97\$}{0,5348 m^3}$$

$$\text{Valor de gas} = 3,68 \frac{\$}{m^3}$$

Finalmente, en la tabla 47, se detalla los costos totales y costos finales de acuerdo al tipo de proceso y tipo de junta utilizado.

Tabla 47: COSTOS DE SOLDADURA FINALES.

PROCESO	COSTO ELECTRODO (\$/m.l.)	COSTO M.O. Y G.G (\$/m.l.)	COSTO GAS (\$/m.l.)	COSTO TOTAL (\$/m.l.)	COSTO FINAL (\$)
SMAW - simple	10,43	20,32	-----	30,74	1,72
SMAW - doble	6,84	12,39	-----	19,23	1,08
GMAW - simple	4,43	11,19	3,03	18,66	1,04
GMAW - doble	2,91	5,72	1,55	10,18	0,57
FCAW - simple	6,12	11,31	3,04	20,47	1,15
FCAW - doble	4,02	6,81	1,83	12,66	0,71

Fuente: Autor.

El costo final, se calculó multiplicando el costo total de cada proceso por la longitud de soldadura, para cada tipo de proceso – bisel se soldaron 4 probetas, es decir una longitud total de 56mm o su equivalente 0,056 m. El costo del fundente no se consideró por que no se realizó el proceso de soldadura de arco sumergido; del mismo modo el costo de gas no se consideró en el proceso SMAW ya que es un proceso que no necesita gas de protección externo. La diferencia del costo en cada proceso para cada tipo de bisel ocurre principalmente en el peso del material depositado y este depende directamente del área de la sección transversal. En la figura 53, se puede ver un diagrama final con los principales resultados obtenidos.

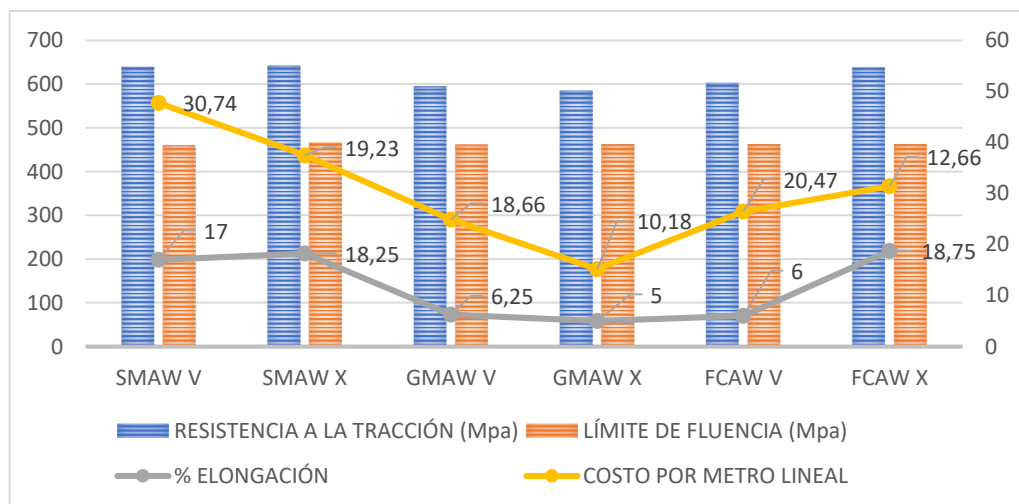


Figura 53: Resumen gráfico de los principales resultados.

Fuente: Autor.

CAPÍTULO V

5.1 Conclusiones

Tras el análisis realizado por los procesos de soldadura SMAW, GMAW y FCAW para los tipos de juntas a tope con bisel en V simple y doble, se determinó que las principales variables que influyen en la calidad de la junta soldada son: tipo de electrodo, juntas limpias, velocidad de avance, voltaje, amperaje además de la habilidad del soldador.

Una vez realizados los ensayos destructivos y no destructivos establecidos por la norma AWS D1.4, se compararon los resultados obtenidos de los ensayos de tracción y los ensayos de macrografía con los criterios de aceptación y rechazo para cada tipo de proceso de soldadura. Los ensayos de tracción para todos los procesos de soldadura establecidos cumplieron con los criterios de aceptación, y aunque en los ensayos de macrografía el proceso de soldadura FCAW fue el único que no calificó, se procedió a realizar 2 ensayos de macrografía adicionales para cada tipo de bisel y se obtuvieron resultados favorables, por lo que el proceso de soldadura FCAW también calificó.

A pesar de que se calificaron todos los procesos de soldadura, los procesos que cumplieron con el porcentaje de elongación sugerido por la norma fueron el proceso de soldadura SMAW para sus dos tipos de biseles y el proceso de soldadura FCAW para el bisel en V doble. El porcentaje de elongación obtenido para estas 3 configuraciones es de gran importancia para el diseño de una estructura sismoresistente ya que se las considera dúctiles. Los demás procesos de soldadura no alcanzaron el mínimo de porcentaje de elongación recomendado ya que se encuentran por debajo del 14% por lo que se los consideraría frágiles.

Los valores más altos en cuanto a resistencia a la tracción y en cuanto su relación con el límite de fluencia fueron para el proceso de soldadura SMAW para sus dos tipos de biseles y para el proceso FCAW con bisel en V doble. Una vez realizado el análisis de costos de soldadura y comparándolo con las principales propiedades mecánicas se determinó que el tipo de junta más adecuado en relación costo-beneficio para el proceso SMAW es el tipo de junta a tope con bisel en V doble, ya que, comparado con el resultado obtenido para el mismo tipo de proceso, pero con la junta a tope con bisel en V simple es 35% más económica, esto se debe principalmente al peso del metal

depositado, mientras que el tipo de bisel más adecuado para el proceso de soldadura FCAW es la junta a tope con bisel en V doble.

Se concluye además, que el proceso de soldadura más recomendado es el proceso de soldadura SMAW ya que a pesar de brindar buenas propiedades mecánicas en la junta soldada, posee un equipamiento más económico y fácil de transportar para trabajo en campo, principalmente debido a que no necesita gas de protección externo para llevarse a cabo, mientras que el proceso FCAW es más recomendable hacerlo en taller.

Finalmente, se determinó que, si es posible generar juntas soldadas con varillas de acero estructural, nada más que hay falta de conocimiento del código de acero estructural y del código de soldadura para acero de refuerzo, siendo estos los que rigen los lineamientos adecuados para cada tipo de proceso.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar el ensayo no destructivo de radiografía (RT), mismo que recomienda la norma en caso de no aplicarse los ensayos destructivos de tracción y macrografía, además que es un requisito si se desea calificar al soldador, debido a que el ensayo de radiografía permite detectar defectos internos no visibles y así, determinar de mejor manera la calidad de la soldadura.

Se sugiere realizar los procesos de soldadura cambiando las variables esenciales como: diámetros del electrodo, diferente grupo de varilla que pertenezcan al grupo B o C dependiendo la aplicación, posición de soldadura, tipo de junta según lo establecido por la norma. Además, se debe considerar que estas variables esenciales están inmersas en el diseño del WPS y el PQR.

A pesar de que en la presente investigación el proceso de soldadura FCAW inicialmente no tuvo buenos resultados en el ensayo de macrografía, se debe tener mucho cuidado en la limpieza entre pases ya que si no se realiza de manera adecuada habrá falta de fusión entre el material base y el material de aporte. Para el proceso GMAW y FCAW es aconsejable realizarlos en taller ya que debido a que ambos procesos usan gas de protección, son más propensos a presentar discontinuidades por la falta de cuidado que se dé.

Además, se sugiere establecer una comparativa de costos de una estructura mediante unión soldada con una estructura con uniones traslapadas con el objetivo de determinar que método de unión sería la más adecuada a la hora de unir varillas de acero de refuerzo.

Adicionalmente, se recomienda revisar las normativas que rigen los procesos de soldadura, ya que erróneamente se piensa que las varillas de acero de refuerzo no se pueden soldar. Sin embargo, las principales acerías del país comercializan varillas de acero soldable de 2 diferentes tipos de materiales, por lo que un análisis de soldadura entre ellos, contribuiría notablemente a la hora de elegir la varilla que mejores propiedades posee.

5.3 Bibliografía

[1] «AWS Bookstore. AWS D1.1 CCRM:2015 - Structural Welding Code Steel - Reference Manual». <https://pubs.aws.org/p/1622/ccrm2015-aws-d11-structural-welding-code-steel-reference-manual> (accedido 19 de junio de 2021).

[2] «AWS Bookstore. D1.4/D1.4M:2018 Structural Welding Code - Reinforcing Steel». <https://pubs.aws.org/p/1852/d14d14m2018-structural-welding-code-steel-reinforcing-bars> (accedido 18 de septiembre de 2021).

[3] A01 Committee, «Specification for Deformed and Plain Low-Alloy Steel Bars for Concrete Reinforcement», ASTM International. doi: 10.1520/A0706_A0706M-16.

[4] Y. A. Camargo García y E. A. Yana Paucar, «Metodología constructiva en base al uso de la soldadura a tope como alternativa al uso de empalmes convencionales en armaduras de losas y muros de grandes luces de concreto armado», Univ. Peru. Cienc. Apl. UPC, dic. 2017, Accedido: 19 de marzo de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/623043>

[5] K. R. D. L. Vera, «URBANISMO Y PROCESOS GEODINÁMICOS EN LA CIUDAD DE ESMERALDAS, ECUADOR», Rev. Cienc. Segur. Def., vol. 2, n.º 3, Art. n.º 3, may 2021, doi: 10.24133/rcsd.v2n3.2017.02.

- [6] G. Riu Perdrix, «Caracterización de acero metaestable con modificación superficial mediante patrones láser», oct. 2020, Accedido: 18 de septiembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/341262>
- [7] E. Rodríguez, «ASTM A615/A615M-09b Especificación Normalizada para Barras de Acero al Carbono Lisas y Corrugadas para Refuerzo de Concreto», Accedido: 19 de marzo de 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/40397816/ASTM_A615_A615M_09b_Especificaci%C3%B3n_Normalizada_para_Barras_de_Acero_al_Carbono_Lisas_y_Corrugadas_para_Refuerzo_de_Concreto
- [8] D. Overby, M. Kowalsky, y R. Seracino, «Stress-strain response of A706 grade 80 reinforcing steel», *Constr. Build. Mater.*, vol. 145, pp. 292-302, ago. 2017, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.03.200.
- [9] J. Madias, M. Wright, G. Behr, y V. Valladares, «ANALYSIS OF INTERNATIONAL STANDARDS ON CONCRETE REINFORCING STEEL BAR», en *Anais do Congresso Anual da ABM*, Rio de Janeiro, oct. 2017, pp. 518-529. doi: 10.5151/1516-392X-30263.
- [10] L. R Abatta y C. R Arroyo, «Analysis of the Fracture of Steel Reinforcing Bars under Low Cycle Fatigue», *Biol. Med.*, vol. 08, n.º 03, 2016, doi: 10.4172/0974-8369.1000285.
- [11] M. Hamid, A. Joudah, y A. Mohammed, «Reinforcement bars tying types in reinforced concrete», *MATEC Web Conf.*, vol. 162, p. 04023, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201816204023.
- [12] A. Yessirkepova, K. Sherov, V. Mikhailov, T. Buzauova, A. Mazdubay, y A. Taskarina, «Research of ways of connecting reinforced bars in the production of reinforced concrete products», *J. Appl. Eng. Sci.*, vol. 18, n.º 3, pp. 372-377, 2020, doi: 10.5937/jaes18-24319.
- [13] R. P. Singh y S. Kumar, «Effect of current and chemical composition on the hardness of weld in shielded metal arc welding», *Mater. Today Proc.*, vol. 26, pp. 1888-1891, ene. 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.413.

- [14] M. A. Bodude y I. Momohjimoh, «Studies on Effects of Welding Parameters on the Mechanical Properties of Welded Low-Carbon Steel», *J. Miner. Mater. Charact. Eng.*, vol. 03, n.º 03, Art. n.º 03, 2015, doi: 10.4236/jmmce.2015.33017.
- [15] Mr. Vinod Kumar Mr. Manish Sharma, Mr. Manish Sharma, Mr. Jai Inder Preet Singh, y Dr. Rajneesh Talwar, «Effect of welding parameters and percentage composition on wear hard face coatings using tungsten carbide paste with smaw process.», *J. Crit. Rev.*, vol. 7, n.º 19, p. 9, mar. 2020.
- [16] A. Echavarría, R. Seguro, F. Pulgarín, C. M. Velásquez, y R. Molina, «Soldabilidad del acero de refuerzo estructural para aplicaciones sismoresistentes fabricado por SIMESA», *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia*, n.º 17, Art. n.º 17, oct. 1998.
- [17] A. M. Moreno-Urbe et al., «Estudio de la corriente de transición en GMAW (MIG/MAG)», *Ingeniare Rev. Chil. Ing.*, vol. 28, n.º 3, pp. 528-539, sep. 2020, doi: 10.4067/S0718-33052020000300528.
- [18] S. Zhao, X. Qiu, I. Burnett, M. Rigby, y A. Lele, GMAW metal transfer mode identification from welding sound. 2019. Accedido: 22 de septiembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://opus.lib.uts.edu.au/handle/10453/129926>
- [19] O. M. Castellanos-González, A. M. Moreno-Urbe, S. A. Ramón-Ramón, y J. L. Jácome, «Evaluación de la transferencia metálica y estabilidad del proceso GMAW», *Rev. UIS Ing.*, vol. 20, n.º 3, Art. n.º 3, may 2021, doi: 10.18273/revuin.v20n3-2021003.
- [20] D. Almeida, A. Piovesan, J. de Souza, y M. Kuntz, «INFLUÊNCIA DO GÁS DE PROTEÇÃO SOBRE A QUANTIDADE DE ESCÓRIA DE SOLDA E PROPRIEDADES MECÂNICAS DE JUNTAS DE AÇO CARBONO SOLDADAS PELO PROCESSO MAG», *Tecnol. Em Metal. Mater. E Min.*, vol. 15, pp. 333-340, ene. 2018, doi: 10.4322/2176-1523.01404.
- [21] L. Xiao, D. Fan, y J. Huang, «Three-dimensional Numerical Study on the Metal Rotating Spray Transfer Process of High-current GMAW». 7 de febrero de 2022. doi: 10.21203/rs.3.rs-51276/v2.


- [22] S. A. Mohamat, I. A. Ibrahim, A. Amir, y A. Ghalib, «The Effect of Flux Core Arc Welding (FCAW) Processes On Different Parameters», *Procedia Eng.*, vol. 41, pp. 1497-1501, ene. 2012, doi: 10.1016/j.proeng.2012.07.341.
- [23] N. Bani Mostafa Arab y M. Khajavi, «Optimization of welding parameters for weld penetration in FCAW», *J. Achiev. Mater. Manuf. Eng.*, vol. 16, abr. 2006.
- [24] M. Kurtulmuş, «Effects of Primary Welding Parameters on FCAW Steel Weld Form», *Avrupa Bilim Ve Teknol. Derg.*, n.º 12, Art. n.º 12, abr. 2018.
- [25] Curso Básico de Estructuras Metalicas | ISBN 978-958-9322-89-5 - Libro. Accedido: 23 de septiembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://isbn.cloud/9789589322895/curso-basico-de-estructuras-metalicas/>
- [26] S. K. Dwivedi, M. Vishwakarma, y Prof. A. Soni, «Advances and Researches on Non Destructive Testing: A Review», *Mater. Today Proc.*, vol. 5, n.º 2, Part 1, pp. 3690-3698, ene. 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2017.11.620.
- [27] S. Kumar y D. Mahto, «Recent Trends In Industrial And Other Engineering Applications Of Non Destructive Testing: A Review», vol. 4, oct. 2013.
- [28] L. Yang y H. Jiang, «Weld defect classification in radiographic images using unified deep neural network with multi-level features», *J. Intell. Manuf.*, vol. 32, n.º 2, pp. 459-469, feb. 2021, doi: 10.1007/s10845-020-01581-2.
- [29] Q. Y. Lu y C. H. Wong, «Applications of non-destructive testing techniques for post-process control of additively manufactured parts», *Virtual Phys. Prototyp.*, vol. 12, n.º 4, pp. 301-321, oct. 2017, doi: 10.1080/17452759.2017.1357319.
- [30] K. R. Manikandan, P. Ashwin Sivagurunathan, S. S. Ananthan, A. Arul Marcel Moshi, y S. R. Sundara Bharathi, «Study on the influence of temperature and vibration on indications of liquid penetrant testing of A516 low carbon steel», *Mater. Today Proc.*, vol. 39, pp. 1559-1564, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.05.572.
- [31] T. Moustafa, W. Khalifa, M. R. El-Koussy, y N. Abd El-Reheem, «Optimizing the Welding Parameters of Reinforcing Steel Bars», *Arab. J. Sci. Eng.*, vol. 41, n.º 5, pp. 1699-1711, may 2016, doi: 10.1007/s13369-015-1929-x.
- [32] «International Institute of Welding». <http://iiwelding.org/> (accedido 25 de septiembre de 2021).

- [33] T. E. S. Valencia, L. E. U. Caballero, A. del C. T. Anguiano, H. J. V. Hernández, y D. R. Robles, «Análisis Estadístico en Aplicación de Soldadura GTAW Usando Diseño de Experimentos Factorial Completo», *Soldag. Insp.*, vol. 25, p. e2516, 2020, doi: 10.1590/0104-9224/si25.16.
- [34] A. Balaram Naik y A. Chennakeshava Reddy, «Optimization of tensile strength in TIG welding using the Taguchi method and analysis of variance (ANOVA)», *Therm. Sci. Eng. Prog.*, vol. 8, pp. 327-339, dic. 2018, doi: 10.1016/j.tsep.2018.08.005.
- [35] E. Wong-González, «¿Después de un análisis de variancia ...qué? Ejemplos en ciencia de alimentos», *Agron. Mesoam.*, vol. 21, n.º 2, pp. 349-356, dic. 2010.
- [36] P. Panmongkol y I. Phung-on, «Effect of backing gas mixtures on corrosion properties of stainless steel grade 304 weld metal by autogenous GTAW», *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 11, pp. 1559-1570, mar. 2021, doi: 10.1016/j.jmrt.2021.01.125.
- [37] «AWS A5.5/A5.5M : Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding».
https://global.ihc.com/doc_detail.cfm?document_name=AWS%20A5%2E5%2FA5%2E5M&item_s_key=00479219 (accedido 19 de diciembre de 2021).
- [38] «AWS A5.28/A5.28M : Specification for Low-Alloy Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding».
https://global.ihc.com/doc_detail.cfm?document_name=AWS%20A5%2E28%2FA5%2E28M&item_s_key=00459674 (accedido 19 de diciembre de 2021).
- [39] «AWS A5.29 : Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding».
https://global.ihc.com/doc_detail.cfm?document_name=AWS%20A5%2E29&item_s_key=00021741 (accedido 19 de diciembre de 2021).
- [40] «Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials».
https://www.astm.org/e0008_e0008m-21.html (accedido 19 de diciembre de 2021).
- [41] «Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens».
<https://www.astm.org/e0003-11.html> (accedido 19 de diciembre de 2021).

- [42] «Standard Practice for Liquid Penetrant Testing for General Industry». https://www.astm.org/e0165_e0165m-18.html (accedido 19 de diciembre de 2021).
- [43] C. Naranjo, H. Ojeda, y D. Saquina, «Evaluación de la condición de sismoresistencia y soldabilidad de varillas de refuerzo de concreto enteras y al ser empalmadas mediante soldadura», Congr. Cienc. Tecnol. ESPE, vol. 10, n.º 1, Art. n.º 1, jun. 2015, doi: 10.24133/cctespe.v10i1.39.
- [44] INDURA S.A., Manual de sistema y materiales de soldadura.
- [45] Gas Metal Arc Welding Product and Procedure Selection. [En línea].
Disponible en:
https://www.lincolnelectric.com/assets/global/Products/Consumable_MIGGMAWWires-SuperArc-SuperArcL-56/c4200.pdf

5.4 ANEXOS

ANEXO A.1

 <p>SERVICIOS DE INSPECCION NO DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA</p>	<p>AWS D1.4</p> <p>PQR (Procedure Qualification Record)</p> <p>CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</p>
<p>CLIENTE:</p> <p>ING. DANIEL ARMAS</p>	
<p>PROYECTO:</p> <p>TESIS AWS D1.4</p>	
<p>Referencia: DA-WPS-21-005</p>	

ING. DANIEL ARMAS	PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR) - AWS D1.4		
	DA-PQR-21-005	Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17
	Califica al WPS N°: DA-WPS-21-005	Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17
Realizado por: SINDES ECUADOR	Servicios de Inspección No Destructiva y de Soldadura		SINDES-FO-IN-039 | REV. 0

SMAW (Soldadura por Arco de Metal Protegido)

Nombre Soldador: SISLEMA MAZA LUIS Cedula N°: 1715767735 Cuña N°: W- 735

PROCESO DE SOLDADURA MANUAL SEMIAUTOMATICO AUTOMATICO

SMAW GMAW SAW FCAW GTAW OTRO: _____

DISEÑO DE JUNTA

A tope-directa A tope-indirecta Junta en T

Probeta de prueba: Figuras 8.5 (AWS D1.4-2018) A B C D

Posición 1G Tipo de ranura en V-groove simple doble

Apertura de Raíz: 2 mm Cara de Raíz (f): 1 mm

Angulo de Ranura: 45°

Respaldo: (Angulo de empalme) Si No Tipo: _____

Resanado: Si No Método: con disco

TRATAMIENTO TERMICOS POST - SOLDADURA

Temperatura: No Aplica

Tiempo: No Aplica

TECNICA

Cordón Recto / con Oscilación: Con oscilación

Multipases / Un solo pase: Multipases

Método de secado: Antorcha GLP o antorcha oxiacetilénica

Stickout (pulg): No aplica

MATERIAL BASE

Especificación: ASTM A 706 Grado: 60

soldado a: ASTM A 706 Grado: 60

Carbono equivalente (varilla) 0,55

Tamaño (diámetro): 14 mm

Varilla revestida: Si No Tipo: No aplica

CARACTERISTICAS ELÉCTRICAS

Modo Trásf.: (Gmaw) Cortocircuito Globular Aspersión

Corriente: AC DC+ DC- Pulsado

Stick out : No aplica

Otras: _____

MATERIAL DE APORTE

AWS Especificación: A 5.5

AWS Clasificación: E8018-C3

Otro (no cubierto por AWS): No aplica

PROTECCIÓN

Composición Gas: No aplica Flujo: -

Tamaño boquilla: N/A

Fundente: N/A

Electrodo - Fundente: N/A

TEMPERATURA PRECALENTAMIENTO E INTERPASES

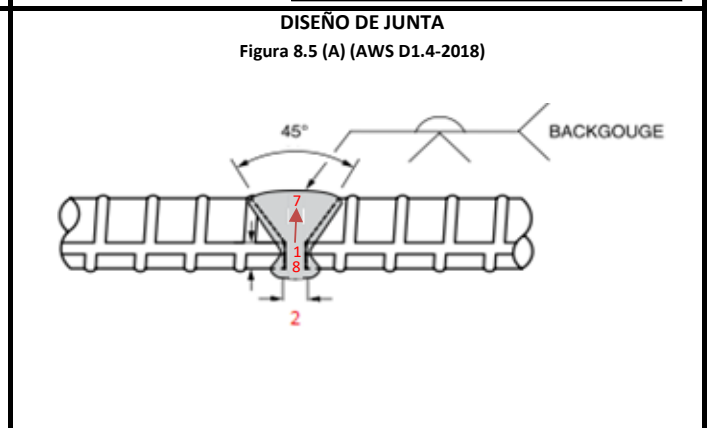
Mín. Ninguna para Tamaño Varilla ≤ 6 (19)

Mín. 10°C para 7 ≤ Tamaño Varilla ≤ 11 (22 a 36)

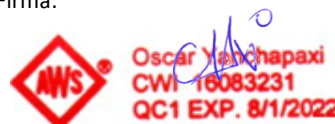
Mín. 90°C para 14 ≤ Tamaño Varilla ≤ 18 (43 a 57)


Max. 205°C

Nota:
a) Donde aplique, precalentar a 90° para secado de biseles.



CARACTERISTICAS ELECTRICAS											
PASE	Nº	AWS DESIGNACION	DIAMETRO (mm)	CORRIENTE (Amperios)	VOLTAJE (Voltios)	CA	DC		DIRECCION		VELOC (pulg/min)
							DIR	INV	ASC	DESC	
Raíz	1er	E8018-C3	3,2	115-117	23-24			+			6,5
Relleno	2do -6to	E8018-C3	3,2	111-118	21-24			+			5,9 -6,2
Capa	7mo	E8018-C3	3,2	104-111	21-22			+			6,4
Respaldo	8vo	E8018-C3	3,2	117-119	22-23			+			6,3

REALIZADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre:	Ing. Oscar Yanchapaxi	Nombre:		Nombre:	
Cargo:	AWS-CWI 16083231	Cargo:		Cargo:	
Fecha:	17-dic.-21	Fecha:		Fecha:	
Firma:		Firma:		Firma:	

ING. DANIEL ARMAS	PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR) - AWS D1.4		
	DA-PQR-21-005	Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17
	Califica al WPS N°: DA-WPS-21-005	Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17
Realizado por: 	Servicios de Inspección No Destructiva y de Soldadura		SINDES-FO-IN-039 | REV. 0

SMAW (Soldadura por Arco de Metal Protegido)

RESULTADOS DE ENSAYOS

1. INSPECCIÓN VISUAL (VT)

Probeta 1	Probeta 2
Inspección visual <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Rechazado (AWS D1.4-2018/ Sec. 6.4)	Inspección visual <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Rechazado (AWS D1.4-2018/ Sec. 6.4)
Observaciones: No se observan indicaciones de rechazo. Soldadura libre de mordeduras y fisuras	Observaciones: No se observan indicaciones de rechazo. Soldadura libre de mordeduras y fisuras

2. ENSAYOS DE TRACCIÓN

Probeta N°	T1-SMAW 1	T2-SMAW 1		
Diámetro (mm)	14,00	14		
Area (mm2)	153,94	153,94		
Límite de fluencia (Mpa)	462	459		
Resistencia a la tracción (Mpa)	638	642		
Lugar de rotura	Material Base	Material Base		

Probeta 1 Informe ILPM 2021-618-T	Probeta 2 Informe ILPM 2021-618-T
Aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.2)	Aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.2)
Observaciones: Probeta 1. Resistencia a la tracción = 1,38 Límite de Fluencia. Probeta 2. Resistencia a la tracción = 1,39 Límite de Fluencia. Probeta 1 y 2 cumplen con el requerimiento de Resistencia a la tracción > 1.25 Límite de Fluencia.	



3. ENSAYOS DE MACROGRAFÍA

Probeta N°	Resultados	Observaciones
M1-SMAW 1	Aprobado	Probeta libre de porosidades, escoria y fisuras
M2-SMAW 1	Aprobado	Probeta libre de porosidades, escoria y fisuras

Probeta 1	Probeta 2
Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.3)	Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.3)

INFORME: ENSAYO DE MACROGRAFÍA ILPM 2021-618-MCR

Sindesecuador S.A y el Cliente certifican que los datos consignados en este documento son verdaderos y que las probetas de soldadura fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo a los requerimientos del código aplicable. Este documento tiene información confidencial propiedad del CLIENTE, queda expresamente prohibida su difusión total o parcial, copia o uso sin autorización. Este documento no es válido sin firmas de responsabilidad.

REALIZADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre:	Ing. Oscar Yanchapaxi	Nombre:		Nombre:	
Cargo:	AWS-CWI 16083231	Cargo:		Cargo:	
Fecha:	17-dic.-21	Fecha:		Fecha:	
Firma:	  Oscar Yanchapaxi CWI 16083231 QC1 EXP. 8/1/2022	Firma:		Firma:	



**SERVICIOS DE INSPECCION NO
DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA**

CLIENTE:

ING. DANIEL ARMAS

PROYECTO:

TESIS AWS D1.4

AWS D1.4

ENSAYOS MECÁNICOS

Referencia: DA-WPS-21-005



**SERVICIOS DE INSPECCION NO
DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA**

CLIENTE:

ING. DANIEL ARMAS

PROYECTO:


TESIS AWS D1.4

AWS D1.4

**WPS
(welding procedure
specification)**

**ESPECIFICACIÓN DEL
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA**

Referencia: DA-WPS-21-005

ING. DANIEL ARMAS	WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) - AWS D1.4		
	DA-WPS-21-005	Rev. Nº: 0	Fecha: 2021-12-17
	Soportado por el PQR Nº: DA-PQR-21-005	Rev. Nº: ...	Fecha: ...
Realizado por:  SINDES	Servicios de Inspección No Destructiva y de Soldadura		SINDES-FO-IN-040 | REV. 0

SMAW (Soldadura por Arco de Metal Protegido)

PROCESO DE SOLDADURA: MANUAL SEMIAUTOMATICO AUTOMATICO
 SMAW GMAW SAW FCAW GTAW OTRO: _____

DISEÑO DE JUNTA

Soldadura tipo: Ranura Filete
Junta Tipo: A tope-directa A tope-indirecta Junta en T
Juntas calificadas: Figuras 5.1, 5.2 y 5.5 (D)
Posición: Plana Progresión: No aplica
Tipo de ranura: Simple en V
Apertura de Raíz: 0 a 3mm Cara de Raíz (f): 0 a 3mm
Angulo de Ranura: 45° a 60°
Respaldo: Sí No Tipo: No aplica
Resanado: Sí No Método: Con disco

PROTECCION

Fundente: No Aplica
Electrodo - Fundente: No Aplica
Gas: No Aplica
Comp.: - Flujo (lt/min): -
Observaciones: Ninguna

MATERIAL BASE

Especificación: ASTM A 706 Grado: 60
soldado a: ASTM A 706 Grado: 60
Carbono equivalente (máx): 0,55% Tamaño varilla: hasta No. 6
Diámetro varilla: hasta 19mm
Espesor de placa: N/A
Varilla revestida: Sí No Tipo: No aplica

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Modo Trasn. GMAW: No aplica
Cortocircuito Globular Aspersión
Corriente: AC DCEP DCEN Pulsada
Fuente de Poder: CC CV
Electrodo de Tungsteno (GTAW): No aplica
Tamaño: No aplica
Tipo: No aplica

MATERIAL DE APORTE

AWS Especificación: A 5.5
AWS Clasificación: E8018-C3
Otro (no cubierto por AWS): No aplica

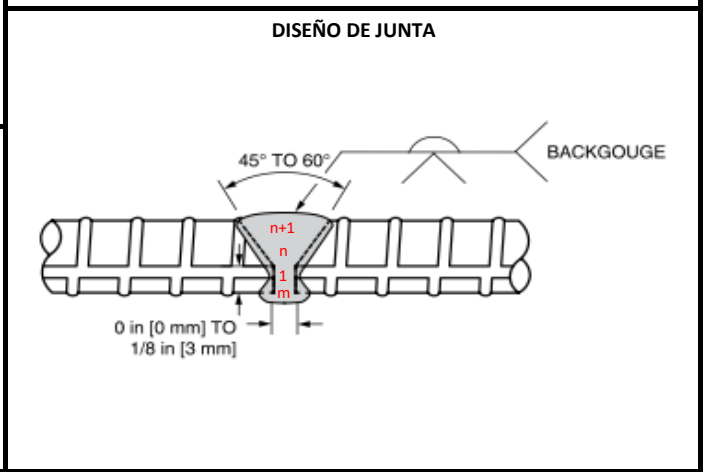
TÉCNICA

Cordón Recto / con Oscilación: Con oscilación
Multipases / Un solo pase: Multipases
Método de secado: Antorcha GLP o antorcha oxiacetilénica
Stickout (pulg): No aplica

TEMPERATURA - PRECALENTAMIENTO /ENTREPASES

Mín.	Ninguna	para	Tamaño Varilla ≤ 6
Mín.	10°C	para	7 ≤ Tamaño Varilla ≤ 11
Mín.	90°C	para	14 ≤ Tamaño Varilla ≤ 18
Máx.	205°C		

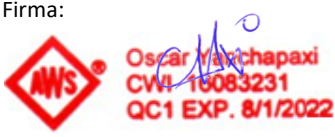
Nota:
a) Donde aplique, precalentar a 90° para secado de biselés.




CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS											
PASE	Nº	AWS DESIGNACION	DIAMETRO (mm)	CORRIENTE (Amperios)	VOLTAJE (Voltios)	CA	DC		DIRECCION		VELOC (pulg/min)
							DIR	INV	ASC	DESC	
TODOS	1, n, n+1, m	E8018-C3	3,2	90-150	20 - 28	...	...	+	...	...	3 - 8

OBSERVACIONES

- Los requerimientos para WPS's mostrados en la Tabla 8.1, AWS D1.4-2018, serán observados para la ejecución de soldaduras de producción utilizando el presente documento.
- Cualquier cambio en las variables esenciales requiere recalificar el procedimiento.
- Se deberá realizar el resanado (pulido de junta) antes de iniciar la soldadura de respaldo (pase m). Se debe verificar que la soldadura esté libre de cualquier tipo de inclusión o porosidades.

REALIZADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre:	Ing. Oscar Yanchapaxi	Nombre:		Nombre:	
Cargo:	AWS-CWI 16083231	Cargo:		Cargo:	
Fecha:	2021-12-17	Fecha:		Fecha:	
Firma:		Firma:		Firma:	

ANEXO A.2

 <p>SERVICIOS DE INSPECCION NO DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA</p>	<p>AWS D1.4</p> <p>PQR (Procedure Qualification Record)</p> <p>CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</p>
<p>CLIENTE:</p> <p>ING. DANIEL ARMAS</p>	
<p>PROYECTO:</p> <p>TESIS AWS D1.4</p>	
<p>Referencia: DA-WPS-21-006</p>	

ING. DANIEL ARMAS	PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR) - AWS D1.4		
	DA-PQR-21-006	Rev. Nº: 0	Fecha: 2021-12-17
	Califica al WPS Nº: DA-WPS-21-006	Rev. Nº: 0	Fecha: 2021-12-17
Realizado por: SINDES <small>Ecuador S.A.</small>	Servicios de Inspección No Destructiva y de Soldadura		SINDES-FO-IN-039 | REV. 0

SMAW (Soldadura por Arco de Metal Protegido)

Nombre Soldador: SISLEMA MAZA LUIS	Cedula Nº: 1715767735	Cuña Nº: W- 735
PROCESO DE SOLDADURA <input checked="" type="checkbox"/> MANUAL <input type="checkbox"/> SEMIAUTOMATICO <input type="checkbox"/> AUTOMATICO <input checked="" type="checkbox"/> SMAW <input type="checkbox"/> GMAW <input type="checkbox"/> SAW <input type="checkbox"/> FCAW <input type="checkbox"/> GTAW <input type="checkbox"/> OTRO: _____		

DISEÑO DE JUNTA

A tope-directa A tope-indirecta Junta en T

Probeta de prueba: Figuras 5.2 (AWS D1.4-2018) A B C D

Posición 1G Tipo de ranura en V-groove simple doble

Apertura de Raíz: 2 mm Cara de Raíz (f): 0 mm

Angulo de Ranura: 45°

Respaldo: (Angulo de empalme) Si No Tipo: _____

Resanado: Si No Método: con disco

TRATAMIENTO TERMICOS POST - SOLDADURA

Temperatura: No Aplica

Tiempo: No Aplica

TECNICA

Cordón Recto / con Oscilación: Con oscilación

Multipases / Un solo pase: Multipases

Método de secado: Antorcha GLP o antorcha oxiacetilénica

Stickout (pulg): No aplica

MATERIAL BASE

Especificación: ASTM A 706 Grado: 60

soldado a: ASTM A 706 Grado: 60

Carbono equivalente (varilla) 0,55

Tamaño (diámetro): 14 mm

Varilla resvestida: Si No Tipo: No aplica

CARACTERISTICAS ELÉCTRICAS

Modo Transf.: (Gmaw) Cortocircuito Globular Aspersión

Corriente: AC DC+ DC- Pulsado

Stick out : No aplica

Otras: _____

MATERIAL DE APORTE

AWS Especificación: A 5.5

AWS Clasificación: E8018-C3

Otro (no cubierto por AWS): No aplica

PROTECCIÓN

Composición Gas: No aplica Flujo: -

Tamaño boquilla: N/A

Fundente: N/A

Electrodo - Fundente: N/A

TEMPERATURA PRECALENTAMIENTO E INTERPASES

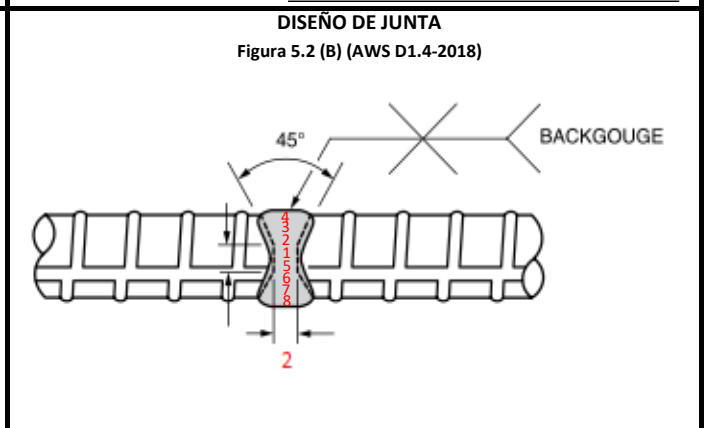
Mín. Ninguna para Tamaño Varilla ≤ 6 (19)

Mín. 10°C para $7 \leq$ Tamaño Varilla ≤ 11 (22 a 36)

Mín. 90°C para $14 \leq$ Tamaño Varilla ≤ 18 (43 a 57)



Max. 205°C

Nota:
a) Donde aplique, precalentar a 90° para secado de bisels.



CARACTERISTICAS ELECTRICAS											
PASE	Nº	AWS DESIGNACION	DIAMETRO (mm)	CORRIENTE (Amperios)	VOLTAJE (Voltios)	CA	DC		DIRECCION		VELOC (pulg/min)
							DIR	INV	ASC	DESC	
Raíz	1er	E8018-C3	3,2	115-117	22-23			+			5,8
Relleno	2do -3ro	E8018-C3	3,2	115-118	22-23			+			7,2
Capa	4to	E8018-C3	3,2	117-118	23-24			+			7,4
Resanado	5to	E8018-C3	3,2	116-118	22-24			+			5,5
Capa	6to-7mo	E8018-C3	3,2	116-118	22-24			+			7,1
Resanado	8vo	E8018-C3	3,2	115-118	22-24			+			7,4

REALIZADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Nombre: Ing. Oscar Yanchapaxi	Nombre:	Nombre:
Cargo: AWS-CWI 16083231	Cargo:	Cargo:
Fecha: 17-dic.-21	Fecha:	Fecha:
Firma: Oscar Yanchapaxi CWI 16083231 QC1 EXP. 8/1/2022	Firma:	Firma:

ING. DANIEL ARMAS		PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR) - AWS D1.4			
		DA-PQR-21-006		Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17
		Califica al WPS N°: DA-WPS-21-006	Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17	
Realizado por: 		Servicios de Inspección No Destructiva y de Soldadura			SINDES-FO-IN-039 | REV. 0
SMAW (Soldadura por Arco de Metal Protegido)					
RESULTADOS DE ENSAYOS					
1. INSPECCIÓN VISUAL (VT)					
Probeta 1 Inspección visual <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Rechazado (AWS D1.4-2018/ Sec. 6.4) Observaciones: No se observan indicaciones de rechazo. Soldadura libre de mordeduras y fisuras		Probeta 2 Inspección visual <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Rechazado (AWS D1.4-2018/ Sec. 6.4) Observaciones: No se observan indicaciones de rechazo. Soldadura libre de mordeduras y fisuras			
2. ENSAYOS DE TRACCIÓN					
Probeta N°	T1-SMAW 2	T2-SMAW 2			
Diámetro (mm)	14,00	14,00			
Area (mm2)	153,94	153,94			
Límite de fluencia (Mpa)	466	466			
Resistencia a la tracción (Mpa)	644	641			
Lugar de rotura	Material Base	Material Base			
Probeta 1 Informe ILPM 2021-618-T Aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.2)		Probeta 2 Informe ILPM 2021-618-T Aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.2)			
Observaciones: Probeta 1. Resistencia a la tracción = 1,38 Límite de Fluencia. Probeta 2. Resistencia a la tracción = 1,37 Límite de Fluencia. Probeta 1 y 2 cumplen con el requerimiento de Resistencia a la tracción > 1.25 Límite de Fluencia.					
3. ENSAYOS DE MACROGRAFÍA					
Probeta N°	Resultados	Observaciones			
M1-SMAW 2	Aprobado	Probeta libre de porosidades, escoria y fisuras			
M2-SMAW 2	Aprobado	Probeta libre de porosidades, escoria y fisuras			
Probeta 1 Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.3)		Probeta 2 Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.3)			
INFORME: ENSAYO DE MACROGRAFÍA ILPM 2021-618-MCR					
Sindesecuador S.A y el Cliente certifican que los datos consignados en este documento son verdaderos y que las probetas de soldadura fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo a los requerimientos del código aplicable. Este documento tiene información confidencial propiedad del CLIENTE, queda expresamente prohibida su difusión total o parcial, copia o uso sin autorización. Este documento no es válido sin firmas de responsabilidad.					
REALIZADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre: Ing. Oscar Yanchapaxi		Nombre:		Nombre:	
Cargo: AWS-CWI 16083231		Cargo:		Cargo:	
Fecha: 17-dic.-21	Firma: 	Fecha:		Fecha:	Firma:



**SERVICIOS DE INSPECCION NO
DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA**

CLIENTE:

ING. DANIEL ARMAS

PROYECTO:

TESIS AWS D1.4

AWS D1.4

ENSAYOS MECÁNICOS

Referencia: DA-WPS-21-006



**SERVICIOS DE INSPECCION NO
DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA**

CLIENTE:

ING. DANIEL ARMAS

PROYECTO:

TESIS AWS D1.4

AWS D1.4

**WPS
(welding procedure
specification)**

**ESPECIFICACIÓN DEL
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA**

Referencia: DA-WPS-21-006

ING. DANIEL ARMAS	WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) - AWS D1.4		
	DA-WPS-21-006	Rev. Nº: 0	Fecha: 2021-12-17
	Soportado por el PQR Nº: DA-PQR-21-006	Rev. Nº: ...	Fecha: ...
Realizado por: SINDES ECUADOR S.A.	Servicios de Inspección No Destructiva y de Soldadura		SINDES-FO-IN-040 | REV. 0

SMAW (Soldadura por Arco de Metal Protegido)

PROCESO DE SOLDADURA: MANUAL SEMIAUTOMATICO AUTOMATICO
 SMAW GMAW SAW FCAW GTAW OTRO: _____

DISEÑO DE JUNTA

Soldadura tipo: Ranura Filete
Junta Tipo: A tope-directa A tope-indirecta Junta en T
Juntas calificadas: Figuras 5.1, 5.2 y 5.5 (D) AWS D1.4-2018
Posición: Plana Progresión: No aplica
Tipo de ranura: Doble en V
Apertura de Raíz: 0 a 3mm Cara de Raíz (f): 0 a 3mm
Angulo de Ranura: 45° a 60°
Respaldo: Sí No Tipo: No aplica
Resanado: Sí No Método: Con disco

PROTECCION

Fundente: No Aplica
Electrodo - Fundente: No Aplica
Gas: CO2
Comp.: No aplica Flujo (lt/min): -
Observaciones: Ninguna

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Modo Trasn. GMAW: No aplica
Cortocircuito Globular Aspersión
Corriente: AC DCEP DCEN Pulsada
Fuente de Poder: CC CV
Electrodo de Tungsteno (GTAW): No aplica
Tamaño: No aplica
Tipo: No aplica

MATERIAL BASE

Especificación: ASTM A 706 Grado: 60
soldado a: ASTM A 706 Grado: 60
Carbono equivalente (máx): 0,55% Tamaño varilla: hasta No. 6
Diámetro varilla: hasta 19mm
Espesor de placa: N/A
Varilla revestida: Sí No Tipo: No aplica

TÉCNICA

Cordón Recto / con Oscilación: Con oscilación
Multipases / Un solo pase: Multipases
Método de secado: Antorcha GLP o antorcha oxiacetilénica
Stickout (pulg): No aplica

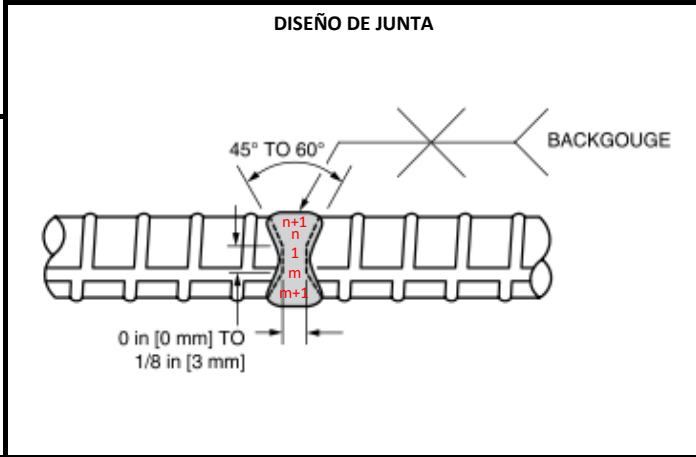
MATERIAL DE APORTE

AWS Especificación: A 5.5
AWS Clasificación: E8018-C3
Otro (no cubierto por AWS): No aplica

TEMPERATURA - PRECALENTAMIENTO /ENTREPASES

Mín. Ninguna para Tamaño Varilla ≤ 6
Mín. 10°C para 7 ≤ Tamaño Varilla ≤ 11
Mín. 90°C para 14 ≤ Tamaño Varilla ≤ 18
Máx. 205°C

Nota:
a) Donde aplique, precalentar a 90° para secado de biselés.




CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS											
PASE	Nº	AWS DESIGNACION	DIAMETRO (mm)	CORRIENTE (Amperios)	VOLTAJE (Voltios)	CA	DC		DIRECCION		VELOC (pulg/min)
							DIR	INV	ASC	DESC	
TODOS	1, n, n+1, m, m+1	E8018-C3	3,2	90-150	20-28	...	...	+	...	...	3 - 8

OBSERVACIONES

- Los requerimientos para WPS´s mostrados en la Tabla 8.1, AWS D1.4-2018, serán observados para la ejecución de soldaduras de producción utilizando el presente documento.
- Cualquier cambio en las variables esenciales requiere recalificar el procedimiento.
- Se deberá realizar el resanado (pulido de junta) antes de iniciar la soldadura por el otro lado de la varilla (pase m). Se debe verificar que la soldadura esté libre de cualquier tipo de inclusión o porosidades.

REALIZADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre:	Ing. Oscar Yanchapaxi	Nombre:		Nombre:	
Cargo:	AWS-CWI 16083231	Cargo:		Cargo:	
Fecha:	2021-12-17	Fecha:		Fecha:	
Firma:		Firma:		Firma:	

ANEXO A.3

 <p>SERVICIOS DE INSPECCION NO DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA</p>	<p>AWS D1.4</p> <p>PQR (Procedure Qualification Record)</p> <p>CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</p>
<p>CLIENTE:</p> <p>ING. DANIEL ARMAS</p>	
<p>PROYECTO:</p> <p>TESIS AWS D1.4</p>	<p>Referencia: DA-WPS-21-001</p>

ING. DANIEL ARMAS	PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR) - AWS D1.4		
	DA-PQR-21-001	Rev. Nº: 0	Fecha: 2021-12-17
	Califica al WPS Nº: DA-WPS-21-001	Rev. Nº: 0	Fecha: 2021-12-17
Realizado por: SINDES <small>ECUADOR</small> SERVICIOS DE INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA			SINDES-FO-IN-039 | REV. 0

GMAW (Soldadura por Arco de Metal y Gas)

Nombre Soldador: SISLEMA MAZA LUIS	Cedula Nº: 1715767735	Cuña Nº: W- 735
PROCESO DE SOLDADURA <input type="checkbox"/> MANUAL <input checked="" type="checkbox"/> SEMIAUTOMÁTICO <input type="checkbox"/> AUTOMÁTICO <input type="checkbox"/> SMAW <input checked="" type="checkbox"/> GMAW <input type="checkbox"/> SAW <input type="checkbox"/> FCAW <input type="checkbox"/> GTAW <input type="checkbox"/> OTRO: _____		

DISEÑO DE JUNTA

A tope-directa A tope-indirecta Junta en T

Probeta de prueba: Figuras 8.5 (AWS D1.4-2018) A B C D

Posición 1G Tipo de ranura en V-groove simple doble

Apertura de Raíz: 2 mm Cara de Raíz (f): 0 mm

Angulo de Ranura: 45°

Respaldo: (Angulo de empalme) Si No Tipo: _____

Resanado: Si No Método: con disco

TRATAMIENTO TERMICOS POST - SOLDADURA

Temperatura: No Aplica

Tiempo: No Aplica

MATERIAL BASE

Especificación: ASTM A 706 Grado: 60

soldado a: ASTM A 706 Grado: 60

Carbono equivalente (varilla) 0,55

Tamaño (diámetro): 14 mm

Varilla revestida: Si No Tipo: No aplica

TECNICA

Cordón Recto / con Oscilación: Con oscilación

Multipases / Un solo pase: Multipases

Método de secado: Antorcha GLP o antorcha oxiacetilénica

Stickout (pulg): 1/2

CARACTERISTICAS ELÉCTRICAS

Modo Trásf.: (Gmaw) Cortocircuito Globular Aspersión

Corriente: AC DC+ DC- Pulsado

Stick out : 12,7mm

Otras: _____

MATERIAL DE APORTE

AWS Especificación: A 5.28

AWS Clasificación: ER80S-G

Otro (no cubierto por AWS): No aplica

PROTECCIÓN

Composición Gas: 100% CO2 Flujo: 16 lt/min

Tamaño boquilla: N/A

Fundente: N/A

Electrodo - Fundente: N/A

TEMPERATURA PRECALENTAMIENTO E INTERPASES

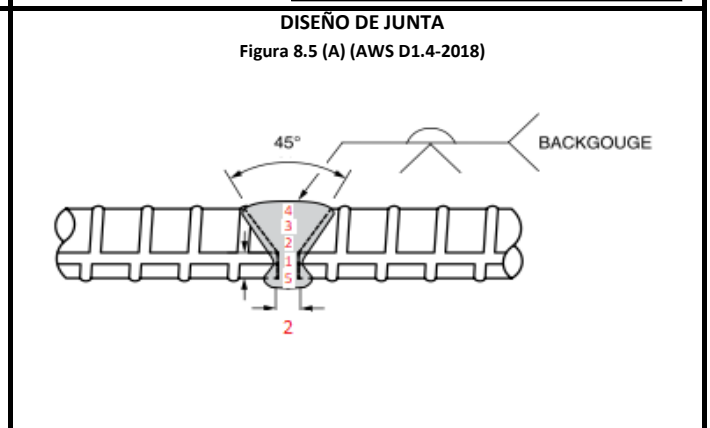
Mín. Ninguna para Tamaño Varilla ≤ 6 (19)

Mín. 10°C para $7 \leq$ Tamaño Varilla ≤ 11 (22 a 36)

Mín. 90°C para $14 \leq$ Tamaño Varilla ≤ 18 (43 a 57)




Max. 205°C

Nota:
a) Donde aplique, precalentar a 90° para secado de biselés.



CARACTERISTICAS ELECTRICAS											
PASE	Nº	AWS DESIGNACION	DIAMETRO (mm)	CORRIENTE (Amperios)	VOLTAJE (Voltios)	CA	DC		DIRECCION		VELOC (pulg/min)
							DIR	INV	ASC	DESC	
Raíz	1er	ER80S-G	1.2	103-108	20 - 21			+			7,8
Relleno	2do -3ro	ER80S-G	1.2	102-107	20 - 21			+			6,3 - 8,2
Capa	4to	ER80S-G	1.2	108-112	20 - 21			+			5,4
Respaldo	5to	ER80S-G	1.2	104-109	20 - 21			+			8,6

REALIZADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre:	Ing. Oscar Yanchapaxi	Nombre:		Nombre:	
Cargo:	AWS-CWI 16083231	Cargo:		Cargo:	
Fecha:	17-dic.-21	Fecha:		Fecha:	
Firma:	Oscar Yanchapaxi CWI 16083231 QC1 EXP. 8/1/2022	Firma:		Firma:	

ING. DANIEL ARMAS		PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR) - AWS D1.4			
		DA-PQR-21-001		Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17
		Califica al WPS N°:	DA-WPS-21-001	Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17
Realizado por: 		Servicios de Inspección No Destructiva y de Soldadura			SINDES-FO-IN-039 | REV. 0
GMAW (Soldadura por Arco de Metal y Gas)					
RESULTADOS DE ENSAYOS					
1. INSPECCIÓN VISUAL (VT)					
Probeta 1 Inspección visual <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Rechazado (AWS D1.4-2018/ Sec. 6.4) Observaciones: No se observan indicaciones de rechazo. Soldadura libre de mordeduras y fisuras		Probeta 2 Inspección visual <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Rechazado (AWS D1.4-2018/ Sec. 6.4) Observaciones: No se observan indicaciones de rechazo. Soldadura libre de mordeduras y fisuras			
2. ENSAYOS DE TRACCIÓN					
Probeta N°	T1-GMAW 1	T2-GMAW 1			
Diámetro (mm)	14,00	14			
Area (mm2)	153,94	153,94			
Límite de fluencia (Mpa)	464	460			
Resistencia a la tracción (Mpa)	596	595			
Lugar de rotura	Junta Soldada	Junta Soldada			
Probeta 1 Informe ILPM 2021-618-T Aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.2)		Probeta 2 Informe ILPM 2021-618-T Aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.2)			
Observaciones: Probeta 1. Resistencia a la tracción = 1,28 Límite de Fluencia. Probeta 2. Resistencia a la tracción = 1,29 Límite de Fluencia. Probeta 1 y 2 cumplen con el requerimiento de Resistencia a la tracción > 1.25 Límite de Fluencia.					
3. ENSAYOS DE MACROGRAFÍA					
Probeta N°	Resultados	Observaciones			
M1-GMAW 1	Aprobado	Probeta libre de porosidades, escoria y fisuras			
M2-GMAW 1	Aprobado	Probeta libre de porosidades, escoria y fisuras			
Probeta 1 Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.3)		Probeta 2 Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.3)			
INFORME: ENSAYO DE MACROGRAFÍA ILPM 2021-618-MCR					
Sindesecuador S.A y el Cliente certifican que los datos consignados en este documento son verdaderos y que las probetas de soldadura fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo a los requerimientos del código aplicable. Este documento tiene información confidencial propiedad del CLIENTE, queda expresamente prohibida su difusión total o parcial, copia o uso sin autorización. Este documento no es válido sin firmas de responsabilidad.					
REALIZADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre: Ing. Oscar Yanchapaxi		Nombre:		Nombre:	
Cargo: AWS-CWI 16083231		Cargo:		Cargo:	
Fecha: 17-dic.-21	Firma: 	Fecha:		Fecha:	Firma:
 Oscar Yanchapaxi CWI 16083231 QC1 EXP. 8/1/2022					



**SERVICIOS DE INSPECCION NO
DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA**

CLIENTE:

ING. DANIEL ARMAS

PROYECTO:

TESIS AWS D1.4

AWS D1.4

ENSAYOS MECÁNICOS

Referencia: DA-WPS-21-001



**SERVICIOS DE INSPECCION NO
DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA**

CLIENTE:

ING. DANIEL ARMAS

PROYECTO:

TESIS AWS D1.4

AWS D1.4

**WPS
(welding procedure
specification)**

**ESPECIFICACIÓN DEL
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA**

Referencia: DA-WPS-21-001

ING. DANIEL ARMAS	WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) - AWS D1.4		
	DA-WPS-21-001	Rev. Nº: 0	Fecha: 2021-12-17
	Soportado por el PQR Nº: DA-PQR-21-001	Rev. Nº: ...	Fecha: ...
Realizado por: SINDES (CWI A POR SWA) Servicios de Inspección No Destructiva y de Soldadura		SINDES-FO-IN-040 | REV. 0	

GMAW (Soldadura por Arco de Metal y Gas)

PROCESO DE SOLDADURA: MANUAL SEMIAUTOMATICO AUTOMATICO
 SMAW GMAW SAW FCAW GTAW OTRO: _____

DISEÑO DE JUNTA

Soldadura tipo: Ranura Filete
Junta Tipo: A tope-directa A tope-indirecta Junta en T
Juntas calificadas: Figuras 5.1, 5.2 y 5.5 (D)
Posición: Plana Progresión: No aplica
Tipo de ranura: Simple en V
Apertura de Raíz: 0 a 3mm Cara de Raíz (f): 0 a 3mm
Angulo de Ranura: 45° a 60°
Respaldo: Si No Tipo: No aplica
Resanado: Si No Método: Con disco

PROTECCION

Fundente: No Aplica
Electrodo - Fundente: No Aplica
Gas: CO2
Comp.: 100% Flujo (lt/min): 14 - 25
Observaciones: Ninguna

MATERIAL BASE

Especificación: ASTM A 706 Grado: 60
soldado a: ASTM A 706 Grado: 60
Carbono equivalente (máx): 0,55% Tamaño varilla: hasta No. 6
Diámetro varilla: hasta 19mm
Espesor de placa: N/A
Varilla revestida: Si No Tipo: No aplica

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Modo Trasn. GMAW: Cortocircuito Globular Aspersión
Corriente: AC DCEP DCEN Pulsada
Fuente de Poder: CC CV
Electrodo de Tungsteno (GTAW): No aplica
Tamaño: No aplica
Tipo: No aplica

MATERIAL DE APORTE

AWS Especificación: A 5.28
AWS Clasificación: ER80S-G
Otro (no cubierto por AWS): No aplica

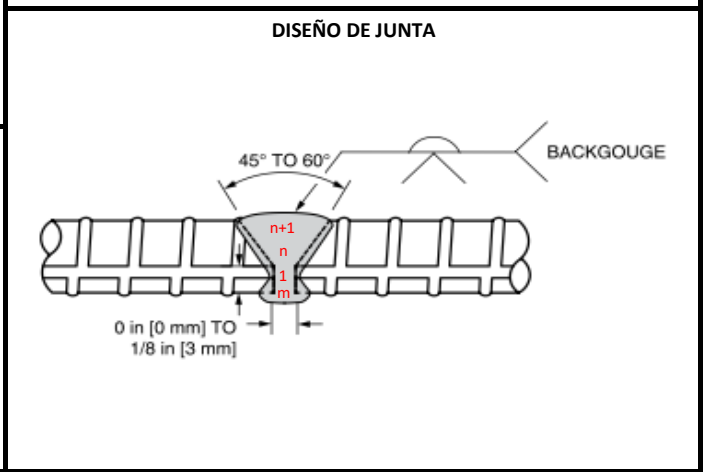
TÉCNICA

Cordón Recto / con Oscilación: Con oscilación
Multipases / Un solo pase: Multipases
Método de secado: Antorcha GLP o antorcha oxiacetilénica
Stickout (pulg): 1/2" - 3/4"

TEMPERATURA - PRECALENTAMIENTO /ENTREPASES

Mín. Ninguna para Tamaño Varilla ≤ 6
Mín. 10°C para 7 ≤ Tamaño Varilla ≤ 11
Mín. 90°C para 14 ≤ Tamaño Varilla ≤ 18
Máx. 205°C

Nota:
a) Donde aplique, precalentar a 90° para secado de biselés.




CARACTERISTICAS ELECTRICAS											
PASE	Nº	AWS DESIGNACION	DIAMETRO (mm)	CORRIENTE (Amperios)	VOLTAJE (Voltios)	CA	DC		DIRECCION		VELOC (pulg/min)
							DIR	INV	ASC	DESC	
TODOS	1, n, n+1, m	ER80S-G	1.2	100-200	19 - 27	...	...	+	...	...	5 - 10

OBSERVACIONES

1. Los requerimientos para WPS's mostrados en la Tabla 8.1, AWS D1.4-2018, serán observados para la ejecución de soldaduras de producción utilizando el presente documento.
2. Cualquier cambio en las variables esenciales requiere recalificar el procedimiento.
3. Se deberá realizar el resanado (pulido de junta) antes de iniciar la soldadura de respaldo (pase m). Se debe verificar que la soldadura esté libre de cualquier tipo de inclusión o porosidades.

REALIZADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre:	Ing. Oscar Yanchapaxi	Nombre:		Nombre:	
Cargo:	AWS-CWI 16083231	Cargo:		Cargo:	
Fecha:	2021-12-17	Fecha:		Fecha:	
Firma:		Firma:		Firma:	

ANEXO A.4

 <p>SERVICIOS DE INSPECCION NO DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA</p>	<p>AWS D1.4</p> <p>PQR (Procedure Qualification Record)</p> <p>CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</p>
<p>CLIENTE:</p> <p>ING. DANIEL ARMAS</p>	
<p>PROYECTO:</p> <p>TESIS AWS D1.4</p>	
<p>Referencia: DA-WPS-21-002</p>	

ING. DANIEL ARMAS	PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR) - AWS D1.4		
	DA-PQR-21-002	Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17
	Califica al WPS N°: DA-WPS-21-002	Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17
Realizado por: SINDES <small>EQUADOR S.A.</small>	Servicios de Inspección No Destructiva y de Soldadura		SINDES-FO-IN-039 | REV. 0

GMAW (Soldadura por Arco de Metal y Gas)

Nombre Soldador: SISLEMA MAZA LUIS	Cedula N°: 1715767735	Cuña N°: W- 735
PROCESO DE SOLDADURA <input type="checkbox"/> MANUAL <input checked="" type="checkbox"/> SEMIAUTOMATICO <input type="checkbox"/> AUTOMATICO <input type="checkbox"/> SMAW <input checked="" type="checkbox"/> GMAW <input type="checkbox"/> SAW <input type="checkbox"/> FCAW <input type="checkbox"/> GTAW <input type="checkbox"/> OTRO: _____		

DISEÑO DE JUNTA

A tope-directa A tope-indirecta Junta en T

Probeta de prueba: Figuras 5.2 (AWS D1.4-2018) A B C D

Posición 1G Tipo de ranura en V-groove simple doble

Apertura de Raíz: 2 mm Cara de Raíz (f): 0 mm

Angulo de Ranura: 45°

Respaldo: (Angulo de empalme) Si No Tipo: _____

Resanado: Si No Método: con disco

TRATAMIENTO TERMICOS POST - SOLDADURA

Temperatura: No Aplica

Tiempo: No Aplica

TECNICA

Cordón Recto / con Oscilación: Con oscilación

Multipases / Un solo pase: Multipases

Método de secado: Antorcha GLP o antorcha oxiacetilénica

Stickout (pulg): 1/2

MATERIAL BASE

Especificación: ASTM A 706 Grado: 60

soldado a: ASTM A 706 Grado: 60

Carbono equivalente (varilla) 0,55

Tamaño (diámetro): 14 mm

Varilla resvestida: Si No Tipo: No aplica

CARACTERISTICAS ELÉCTRICAS

Modo Transf.: (Gmaw) Cortocircuito Globular Aspersión

Corriente: AC DC+ DC- Pulsado

Stick out : 12,7 mm

Otras: _____

MATERIAL DE APORTE

AWS Especificación: A 5.28

AWS Clasificación: ER80S-G

Otro (no cubierto por AWS): No aplica

PROTECCIÓN

Composición Gas: 100% CO2 Flujo: 16 lt/min

Tamaño boquilla: N/A

Fundente: N/A

Electrodo - Fundente: N/A

TEMPERATURA PRECALENTAMIENTO E INTERPASES

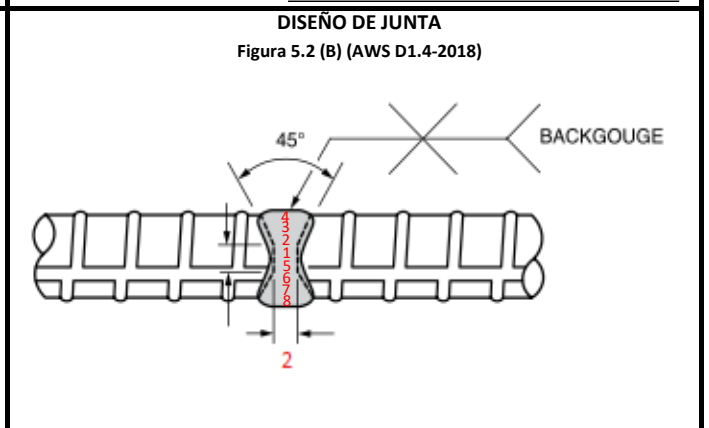
Mín. Ninguna para Tamaño Varilla ≤ 6 (19)

Mín. 10°C para 7 ≤ Tamaño Varilla ≤ 11 (22 a 36)

Mín. 90°C para 14 ≤ Tamaño Varilla ≤ 18 (43 a 57)



Max. 205°C

Nota:
a) Donde aplique, precalentar a 90° para secado de bisels.



CARACTERISTICAS ELECTRICAS											
PASE	N°	AWS DESIGNACION	DIAMETRO (mm)	CORRIENTE (Amperios)	VOLTAJE (Voltios)	CA	DC		DIRECCION		VELOC (pulg/min)
							DIR	INV	ASC	DESC	
Raíz	1er	ER80S-G	1.2	104-108	20 - 21			+			13
Relleno	2do -3ro	ER80S-G	1.2	102-109	20 - 21			+			10,4
Capa	4to	ER80S-G	1.2	105-110	20 - 21			+			8,6
Resanado	5to	ER80S-G	1.2	103-105	20 - 21			+			11
Capa	6to-7mo	ER80S-G	1.2	103-108	20 - 21			+			10,2
Resanado	8vo	ER80S-G	1.2	102-108	20 - 21			+			8,3

REALIZADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre:	Ing. Oscar Yanchapaxi	Nombre:		Nombre:	
Cargo:	AWS-CWI 16083231	Cargo:		Cargo:	
Fecha:	Firma:	Fecha:		Fecha:	Firma:
17-dic.-21					

ING. DANIEL ARMAS		PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR) - AWS D1.4			
		DA-PQR-21-002		Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17
		Califica al WPS N°: DA-WPS-21-002	Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17	
Realizado por: 		Servicios de Inspección No Destructiva y de Soldadura			SINDES-FO-IN-039 | REV. 0
GMAW (Soldadura por Arco de Metal y Gas)					
RESULTADOS DE ENSAYOS					
1. INSPECCIÓN VISUAL (VT)					
Probeta 1 Inspección visual <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Rechazado (AWS D1.4-2018/ Sec. 6.4) Observaciones: No se observan indicaciones de rechazo. Soldadura libre de mordeduras y fisuras		Probeta 2 Inspección visual <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Rechazado (AWS D1.4-2018/ Sec. 6.4) Observaciones: No se observan indicaciones de rechazo. Soldadura libre de mordeduras y fisuras			
2. ENSAYOS DE TRACCIÓN					
Probeta N°	T1-GMAW 2	T2-GMAW 2			
Diámetro (mm)	14,00	14,00			
Area (mm2)	153,94	153,94			
Límite de fluencia (Mpa)	463	463			
Resistencia a la tracción (Mpa)	578	594			
Lugar de rotura	Junta Soldada	Junta Soldada			
Probeta 1 Informe ILPM 2021-618-T Aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.2)		Probeta 2 Informe ILPM 2021-618-T Aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.2)			
Observaciones: <u>Probeta 1. Resistencia a la tracción = 1,25 Límite de Fluencia.</u> <u>Probeta 2. Resistencia a la tracción = 1,28 Límite de Fluencia.</u> <u>Probeta 1 y 2 cumplen con el requerimiento de Resistencia a la tracción > 1.25 Límite de Fluencia.</u>					
3. ENSAYOS DE MACROGRAFÍA					
Probeta N°	Resultados	Observaciones			
M1-GMAW 2	Aprobado	Presencia de poros, dentro de tolerancia de acuerdo a 8.3.7.3			
M2-GMAW 2	Aprobado	Probeta libre de porosidades, escoria y fisuras			
Probeta 1 Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.3)		Probeta 2 Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.3)			
INFORME: ENSAYO DE MACROGRAFÍA ILPM 2021-618-MCR					
Sindesecuador S.A y el Cliente certifican que los datos consignados en este documento son verdaderos y que las probetas de soldadura fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo a los requerimientos del código aplicable. Este documento tiene información confidencial propiedad del CLIENTE, queda expresamente prohibida su difusión total o parcial, copia o uso sin autorización. Este documento no es válido sin firmas de responsabilidad.					
REALIZADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre: Ing. Oscar Yanchapaxi		Nombre:		Nombre:	
Cargo: AWS-CWI 16083231		Cargo:		Cargo:	
Fecha: 17-dic.-21	Firma: 	Fecha:		Fecha:	Firma:



**SERVICIOS DE INSPECCION NO
DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA**

CLIENTE:

ING. DANIEL ARMAS

PROYECTO:

TESIS AWS D1.4

AWS D1.4

ENSAYOS MECÁNICOS

Referencia: DA-WPS-21-002



**SERVICIOS DE INSPECCION NO
DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA**

CLIENTE:

ING. DANIEL ARMAS

PROYECTO:

TESIS AWS D1.4

AWS D1.4


**WPS
(welding procedure
specification)**

**ESPECIFICACIÓN DEL
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA**

Referencia: DA-WPS-21-002

ING. DANIEL ARMAS		WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) - AWS D1.4									
		DA-WPS-21-002		Rev. Nº: 0	Fecha: 2021-12-17						
		Soportado por el PQR Nº: DA-PQR-21-002		Rev. Nº: ...	Fecha: ...						
Realizado por: SINDES ECUADOR S.A.A.		Servicios de Inspección No Destructiva y de Soldadura		SINDES-FO-IN-040 | REV. 0							
GMAW (Soldadura por Arco de Metal y Gas)											
PROCESO DE SOLDADURA <input type="checkbox"/> MANUAL <input checked="" type="checkbox"/> SEMIAUTOMATICO <input type="checkbox"/> AUTOMATICO <input type="checkbox"/> SMAW <input checked="" type="checkbox"/> GMAW <input type="checkbox"/> SAW <input type="checkbox"/> FCAW <input type="checkbox"/> GTAW <input type="checkbox"/> OTRO: _____											
DISEÑO DE JUNTA Soldadura tipo: Ranura <input checked="" type="checkbox"/> Filete <input type="checkbox"/> Junta Tipo: A tope-directa <input checked="" type="checkbox"/> A tope-indirecta <input type="checkbox"/> Junta en T <input type="checkbox"/> Juntas calificadas: Figuras 5.1, 5.2 y 5.5 (D) AWS D1.4-2018 Posición: Plana Progresión: No aplica Tipo de ranura: Doble en V Apertura de Raíz: 0 a 3mm Cara de Raíz (f): 0 a 3mm Angulo de Ranura: 45° a 60° Respaldo: <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No Tipo: No aplica Resanado: <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Método: Con disco			PROTECCION Fundente: No Aplica Electrodo - Fundente: No Aplica Gas: CO2 Comp.: 100% Flujo (lt/min): 14 - 25 Observaciones: Ninguna								
MATERIAL BASE Especificación: ASTM A 706 Grado: 60 soldado a: ASTM A 706 Grado: 60 Carbono equivalente (máx): 0,55% Tamaño varilla: hasta No. 6 Diámetro varilla: hasta 19mm Espesor de placa: N/A Varilla revestida: <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No Tipo: No aplica			CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS Modo Trasn. GMAW: Cortocircuito <input checked="" type="checkbox"/> Globular <input type="checkbox"/> Aspersión <input type="checkbox"/> Corriente: AC <input type="checkbox"/> DCEP <input checked="" type="checkbox"/> DCEN <input type="checkbox"/> Pulsada <input type="checkbox"/> Fuente de Poder: CC <input type="checkbox"/> CV <input checked="" type="checkbox"/> Electrodo de Tungsteno (GTAW): No aplica Tamaño: No aplica Tipo: No aplica								
MATERIAL DE APORTE AWS Especificación: A 5.28 AWS Clasificación: ER80S-G Otro (no cubierto por AWS): No aplica			TÉCNICA Cordón Recto / con Oscilación: Con oscilación Multipases / Un solo pase: Multipases Método de secado: Antorcha GLP o antorcha oxiacetilénica Stickout (pulg): 1/2" - 3/4"								
TEMPERATURA - PRECALENTAMIENTO /ENTREPASES Mín. Ninguna para Tamaño Varilla ≤ 6 Mín. 10°C para 7 ≤ Tamaño Varilla ≤ 11 Mín. 90°C para 14 ≤ Tamaño Varilla ≤ 18 Máx. 205°C Nota: a) Donde aplique, precalentar a 90° para secado de biselés.			DISEÑO DE JUNTA 								
CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS											
PASE	Nº	AWS DESIGNACION	DIAMETRO (mm)	CORRIENTE (Amperios)	VOLTAJE (Voltios)	CA	DC		DIRECCION		VELOC (pulg/min)
							DIR	INV	ASC	DESC	
TODOS	1, n, n+1, m, m+1	ER80S-G	1.2	100-200	19-27	+	6-15
OBSERVACIONES 1. Los requerimientos para WPS's mostrados en la Tabla 8.1, AWS D1.4-2018, serán observados para la ejecución de soldaduras de producción utilizando el presente documento. 2. Cualquier cambio en las variables esenciales requiere recalificar el procedimiento. 3. Se deberá realizar el resanado (pulido de junta) antes de iniciar la soldadura por el otro lado de la varilla (pase m). Se debe verificar que la soldadura esté libre de cualquier tipo de inclusión o porosidades.											
REALIZADO POR: Nombre: Ing. Oscar Yanchapaxi Cargo: AWS-CWI 16083231 Fecha: 2021-12-17 Firma:				REVISADO POR: Nombre: _____ Cargo: _____ Fecha: _____ Firma: _____				APROBADO POR: Nombre: _____ Cargo: _____ Fecha: _____ Firma: _____			

ANEXO A.5

 <p>SERVICIOS DE INSPECCION NO DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA</p>	<p>AWS D1.4</p> <p>PQR (Procedure Qualification Record)</p> <p>CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</p>
<p>CLIENTE:</p> <p>ING. DANIEL ARMAS</p>	
<p>PROYECTO:</p> <p>TESIS AWS D1.4</p>	<p>Referencia: DA-WPS-21-003</p>

ING. DANIEL ARMAS	PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR) - AWS D1.4		
	DA-PQR-21-003	Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17
	Califica al WPS N°: DA-WPS-21-003	Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17
Realizado por: SINDES ECUADOR	Servicios de Inspección No Destructiva y de Soldadura		SINDES-FO-IN-039 | REV. 0

FCAW (Soldadura por Arco con Núcleo de Fundente)

Nombre Soldador: SISLEMA MAZA LUIS Cedula N°: 1715767735 Cuña N°: W- 735

PROCESO DE SOLDADURA: MANUAL SEMIAUTOMATICO AUTOMATICO
 SMAW GMAW SAW FCAW GTAW OTRO: _____

DISEÑO DE JUNTA

A tope-directa A tope-indirecta Junta en T
 Probeta de prueba: Figuras 8.5 (AWS D1.4-2018) A B C D
 Posición: 1G Tipo de ranura: en V-groove simple doble
 Apertura de Raíz: 2 mm Cara de Raíz (f): 0 mm
 Angulo de Ranura: 45°
 Respaldo: (Angulo de empalme) Si No Tipo: _____
 Resanado: Si No Método: con disco

TRATAMIENTO TERMICOS POST - SOLDADURA

Temperatura: No Aplica
 Tiempo: No Aplica

TECNICA

Cordón Recto / con Oscilación: Con oscilación
 Multipases / Un solo pase: Multipases
 Método de secado: Antorcha GLP o antorcha oxiacetilénica
 Stickout (pulg): 3/4

MATERIAL BASE

Especificación: ASTM A 706 Grado: 60
 soldado a: ASTM A 706 Grado: 60
 Carbono equivalente (varilla): 0,55
 Tamaño (diámetro): 14 mm
 Varilla revestida: Si No Tipo: No aplica

CARACTERISTICAS ELÉCTRICAS

Modo Trásf.: (Gmaw) Cortocircuito Globular Aspersión
 Corriente: AC DC+ DC- Pulsado
 Stick out: 20mm
 Otras:

MATERIAL DE APORTE

AWS Especificación: A 5.29
 AWS Clasificación: E81T1-Ni1C
 Otro (no cubierto por AWS): No aplica

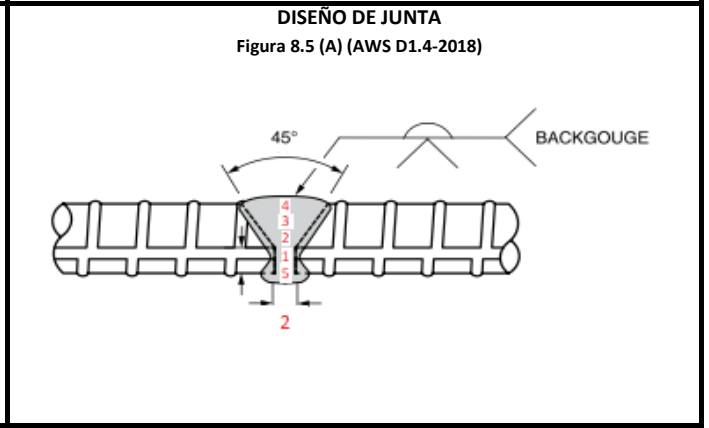
PROTECCIÓN

Composición Gas: 100% CO2 Flujo: 16 lt/min
 Tamaño boquilla: N/A
 Fundente: N/A
 Electrodo - Fundente: N/A


TEMPERATURA PRECALENTAMIENTO E INTERPASES




Mín. Ninguna para Tamaño Varilla ≤ 6 (19)
 Mín. 10°C para 7 ≤ Tamaño Varilla ≤ 11 (22 a 36)
 Mín. 90°C para 14 ≤ Tamaño Varilla ≤ 18 (43 a 57)
 Max. 205°C

Nota:
 a) Donde aplique, precalentar a 90º para secado de biselés.



CARACTERISTICAS ELECTRICAS											
PASE	Nº	AWS DESIGNACION	DIAMETRO (mm)	CORRIENTE (Amperios)	VOLTAJE (Voltios)	CA	DC		DIRECCION		VELOC (pulg/min)
							DIR	INV	ASC	DESC	
Raíz	1er	E81T1-Ni1C	1.2	114 - 118	20 - 21			+			7,4
Relleno	2do-3ro	E81T1-Ni1C	1.2	112 - 124	20 - 21			+			6,5 - 8,6
Capa	4to	E81T1-Ni1C	1.2	116 - 122	20 - 21			+			10,4
Respaldo	5to	E81T1-Ni1C	1.2	112 - 118	20 - 21			+			8,6

REALIZADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre:	Ing. Oscar Yanchapaxi	Nombre:		Nombre:	
Cargo:	AWS-CWI 16083231	Cargo:		Cargo:	
Fecha:	Firma:	Fecha:		Fecha:	Firma:
17-dic.-21					

ING. DANIEL ARMAS		PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR) - AWS D1.4			
		DA-PQR-21-003		Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17
		Califica al WPS N°: DA-WPS-21-003	Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17	
Realizado por: 		Servicios de Inspección No Destructiva y de Soldadura			SINDES-FO-IN-039 | REV. 0
FCAW (Soldadura por Arco con Núcleo de Fundente)					
RESULTADOS DE ENSAYOS					
1. INSPECCIÓN VISUAL (VT)					
Probeta 1 Inspección visual <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Rechazado (AWS D1.4-2018/ Sec. 6.4) Observaciones: No se observan indicaciones de rechazo. Soldadura libre de mordeduras y fisuras		Probeta 2 Inspección visual <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Rechazado (AWS D1.4-2018/ Sec. 6.4) Observaciones: No se observan indicaciones de rechazo. Soldadura libre de mordeduras y fisuras			
2. ENSAYOS DE TRACCIÓN					
Probeta N°	T1-FCAW1	T2-FCAW1			
Diámetro (mm)	14,00	14			
Area (mm2)	153,94	153,94			
Límite de fluencia (Mpa)	464	461			
Resistencia a la tracción (Mpa)	603	604			
Lugar de rotura	Junta Soldada	Junta Soldada			
Probeta 1 Informe ILPM 2021-618-T Aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.2)		Probeta 2 Informe ILPM 2021-618-T Aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.2)			
Observaciones: Probeta 1. Resistencia a la tracción = 1,29 Límite de Fluencia. Probeta 2. Resistencia a la tracción = 1,31 Límite de Fluencia. Probeta 1 y 2 cumplen con el requerimiento de Resistencia a la tracción > 1.25 Límite de Fluencia.					
3. ENSAYOS DE MACROGRAFÍA					
Probeta N°	Resultados	Observaciones			
M1-FCAW 1	Aprobado	Probeta libre de porosidades, escoria y fisuras			
M2-FCAW 1	Aprobado	Probeta libre de porosidades, escoria y fisuras			
Probeta 1 Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.3)		Probeta 2 Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.3)			
INFORME: ENSAYO DE MACROGRAFÍA ILPM 2022-106-MCR					
Sindesecuador S.A y el Cliente certifican que los datos consignados en este documento son verdaderos y que las probetas de soldadura fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo a los requerimientos del código aplicable. Este documento tiene información confidencial propiedad del CLIENTE, queda expresamente prohibida su difusión total o parcial, copia o uso sin autorización. Este documento no es válido sin firmas de responsabilidad.					
REALIZADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre: Ing. Oscar Yanchapaxi		Nombre:		Nombre:	
Cargo: AWS-CWI 16083231		Cargo:		Cargo:	
Fecha: 17-dic.-21	Firma: 	Fecha:		Fecha:	Firma:
 Oscar Yanchapaxi CWI 16083231 QC1 EXP. 8/1/2022					



**SERVICIOS DE INSPECCION NO
DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA**

CLIENTE:

ING. DANIEL ARMAS

PROYECTO:

TESIS AWS D1.4

AWS D1.4

ENSAYOS MECÁNICOS

Referencia: DA-WPS-21-003



**SERVICIOS DE INSPECCION NO
DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA**

CLIENTE:

ING. DANIEL ARMAS

PROYECTO:


TESIS AWS D1.4

AWS D1.4

**WPS
(welding procedure
specification)**

**ESPECIFICACIÓN DEL
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA**

Referencia: DA-WPS-21-003

ING. DANIEL ARMAS	WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) - AWS D1.4		
	DA-WPS-21-003	Rev. Nº: 0	Fecha: 2021-12-17
	Soportado por el PQR Nº: DA-PQR-21-003	Rev. Nº: ...	Fecha: ...
Realizado por:  Servicios de Inspección No Destructiva y de Soldadura			SINDES-FO-IN-040 | REV. 0

FCAW (Soldadura por Arco con Núcleo de Fundente)

PROCESO DE SOLDADURA: MANUAL SEMIAUTOMATICO AUTOMATICO
 SMAW GMAW SAW FCAW GTAW OTRO: _____

DISEÑO DE JUNTA

Soldadura tipo: Ranura Filete
Junta Tipo: A tope-directa A tope-indirecta Junta en T
Juntas calificadas: Figuras 5.1, 5.2 y 5.5 (D)
Posición: Plana Progresión: No aplica
Tipo de ranura: Simple en V
Apertura de Raíz: 0 a 3mm Cara de Raíz (f): 0 a 3mm
Angulo de Ranura: 45° a 60°
Respaldo: Si No Tipo: No aplica
Resanado: Si No Método: Con disco

PROTECCION

Fundente: No Aplica
Electrodo - Fundente: No Aplica
Gas: CO2
Comp.: 100% Flujo (lt/min): 14 - 20
Observaciones: Ninguna

MATERIAL BASE

Especificación: ASTM A 706 Grado: 60
soldado a: ASTM A 706 Grado: 60
Carbono equivalente (máx): 0,55% Tamaño varilla: hasta No. 6
Diámetro varilla: hasta 19mm
Espesor de placa: N/A
Varilla revestida: Si No Tipo: No aplica

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Modo Trasn. GMAW: No aplica
Cortocircuito Globular Aspersión
Corriente: AC DCEP DCEN Pulsada
Fuente de Poder: CC CV
Electrodo de Tungsteno (GTAW): No aplica
Tamaño: No aplica
Tipo: No aplica

MATERIAL DE APORTE

AWS Especificación: A 5.29
AWS Clasificación: E81T1-Ni1C
Otro (no cubierto por AWS): No aplica

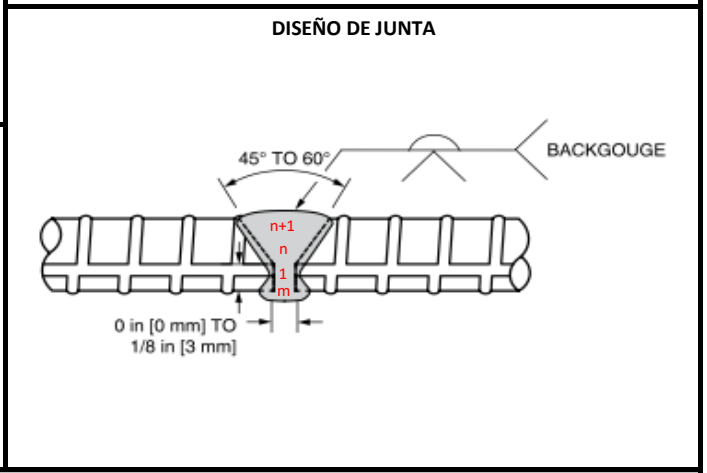
TÉCNICA

Cordón Recto / con Oscilación: Con oscilación
Multipases / Un solo pase: Multipases
Método de secado: Antorcha GLP o antorcha oxiacetilénica
Stickout (pulg): 3/4" - 1" (20 - 25 mm)

TEMPERATURA - PRECALENTAMIENTO /ENTREPASES

Mín. Ninguna para Tamaño Varilla ≤ 6
Mín. 10°C para 7 ≤ Tamaño Varilla ≤ 11
Mín. 90°C para 14 ≤ Tamaño Varilla ≤ 18
Máx. 205°C



Nota:
a) Donde aplique, precalentar a 90° para secado de biselés.




CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS											
PASE	Nº	AWS DESIGNACION	DIAMETRO (mm)	CORRIENTE (Amperios)	VOLTAJE (Voltios)	CA	DC		DIRECCION		VELOC (pulg/min)
							DIR	INV	ASC	DESC	
TODOS	1, n, n+1, m	E81T1-Ni1C	1.2	110-200	19 - 30	...	...	+	...	...	6 - 15

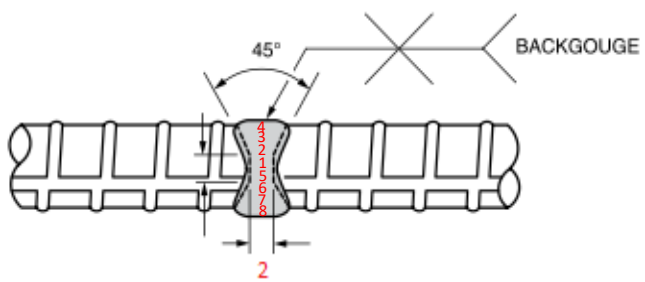

OBSERVACIONES



- Los requerimientos para WPS's mostrados en la Tabla 8.1, AWS D1.4-2018, serán observados para la ejecución de soldaduras de producción utilizando el presente documento.
- Cualquier cambio en las variables esenciales requiere recalificar el procedimiento.
- Se deberá realizar el resanado (pulido de junta) antes de iniciar la soldadura de respaldo (pase m). Se debe verificar que la soldadura esté libre de cualquier tipo de inclusión o porosidades.

REALIZADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre:	Ing. Oscar Yanchapaxi	Nombre:		Nombre:	
Cargo:	AWS-CWI 16083231	Cargo:		Cargo:	
Fecha:	Firma:	Fecha:		Fecha:	Firma:
2021-12-17	  Oscar Yanchapaxi CWI 16083231 QC1 EXP. 8/1/2022				

ANEXO A.6

 <p>SERVICIOS DE INSPECCION NO DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA</p>	<p>AWS D1.4</p> <p>PQR (Procedure Qualification Record)</p> <p>CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</p>
<p>CLIENTE:</p> <p>ING. DANIEL ARMAS</p>	
<p>PROYECTO:</p> <p>TESIS AWS D1.4</p>	
<p>Referencia: DA-WPS-21-004</p>	

ING. DANIEL ARMAS		PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR) - AWS D1.4									
		DA-PQR-21-004		Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17						
		Califica al WPS N°: DA-WPS-21-004	Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17							
Realizado por: SINDES ECUADOR S.A.		Servicios de Inspección No Destructiva y de Soldadura		SINDES-FO-IN-039 | REV. 0							
FCAW (Soldadura por Arco con Núcleo de Fundente)											
Nombre Soldador: SISLEMA MAZA LUIS		Cedula N°: 1715767735		Cuña N°: W- 735							
PROCESO DE SOLDADURA <input type="checkbox"/> MANUAL <input checked="" type="checkbox"/> SEMIAUTOMATICO <input type="checkbox"/> AUTOMATICO <input type="checkbox"/> SMAW <input type="checkbox"/> GMAW <input type="checkbox"/> SAW <input checked="" type="checkbox"/> FCAW <input type="checkbox"/> GTAW <input type="checkbox"/> OTRO: _____											
DISEÑO DE JUNTA A tope-directa <input checked="" type="checkbox"/> A tope-indirecta <input type="checkbox"/> Junta en T <input type="checkbox"/> Probeta de prueba: Figuras 5.2 (AWS D1.4-2018) A <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Posición 1G Tipo de ranura en V-groove simple <input type="checkbox"/> doble <input checked="" type="checkbox"/> Apertura de Raíz: 2 mm Cara de Raíz (f): 0 Angulo de Ranura: 45° Respaldo: (Angulo de empalme) <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No Tipo: _____ Resanado: <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Método: con disco			TRATAMIENTO TERMICOS POST - SOLDADURA Temperatura: No Aplica Tiempo: No Aplica TECNICA Cordón Recto / con Oscilación: Con oscilación Multipases / Un solo pase: Multipases Método de secado: Antorcha GLP o antorcha oxiacetilénica Stickout (pulg): 3/4								
MATERIAL BASE Especificación: ASTM A 706 Grado: 60 soldado a: ASTM A 706 Grado: 60 Carbono equivalente (varilla) 0,55 Tamaño (diámetro): 14 mm Varilla resvestida: <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No Tipo: No aplica			CARACTERISTICAS ELÉCTRICAS Modo Transf.: (Gmaw) Cortocircuito <input type="checkbox"/> Globular <input type="checkbox"/> Aspersión <input type="checkbox"/> Corriente: AC <input type="checkbox"/> DC+ <input checked="" type="checkbox"/> DC- <input type="checkbox"/> Pulsado <input type="checkbox"/> Stick out : 20mm Otras:								
MATERIAL DE APORTE AWS Especificación: A 5.29 AWS Clasificación: E81T1-Ni1C Otro (no cubierto por AWS): No aplica			PROTECCIÓN Composición Gas: 100% CO2 Flujo: 16 lt/min Tamaño boquilla: N/A Fundente: N/A Electrodo - Fundente: N/A								
TEMPERATURA PRECALENTAMIENTO E INTERPASES Mín. Ninguna para Tamaño Varilla ≤ 6 (19) Mín. 10°C para 7 ≤ Tamaño Varilla ≤ 11 (22 a 36) Mín. 90°C para 14 ≤ Tamaño Varilla ≤ 18 (43 a 57) Max. 205°C Nota: a) Donde aplique, precalentar a 90° para secado de bisels.			DISEÑO DE JUNTA Figura 5.2 (B) (AWS D1.4-2018) 								
CARACTERISTICAS ELECTRICAS											
PASE	N°	AWS DESIGNACION	DIAMETRO (mm)	CORRIENTE (Amperios)	VOLTAJE (Voltios)	CA	DC		DIRECCION		VELOC (pulg/min)
							DIR	INV	ASC	DESC	
Raíz	1er	E81T1-Ni1C	1.2	115-128	20 - 21			+			13
Relleno	2do -3ro	E81T1-Ni1C	1.2	118-122	20 - 21			+			7,4 - 8,6
Capa	4to	E81T1-Ni1C	1.2	114-119	20 - 21			+			6,5
Resanado	5to	E81T1-Ni1C	1.2	117-125	20 - 21			+			10,4
Capa	6to-7mo	E81T1-Ni1C	1.2	118-126	20 - 21			+			7,4 - 7,6
Resanado	8vo	E81T1-Ni1C	1.2	116-120	20 - 21			+			6,5
REALIZADO POR:			REVISADO POR:			APROBADO POR:					
Nombre: Ing. Oscar Yanchapaxi			Nombre:			Nombre:					
Cargo: AWS-CWI 16083231			Cargo:			Cargo:					
Fecha:	Firma:		Fecha:	Firma:		Fecha:	Firma:				
17-dic.-21											

ING. DANIEL ARMAS		PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR) - AWS D1.4			
		DA-PQR-21-004		Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17
		Califica al WPS N°: DA-WPS-21-004	Rev. N°: 0	Fecha: 2021-12-17	
Realizado por: 		Servicios de Inspección No Destructiva y de Soldadura			SINDES-FO-IN-039 | REV. 0
FCAW (Soldadura por Arco con Núcleo de Fundente)					
RESULTADOS DE ENSAYOS					
1. INSPECCIÓN VISUAL (VT)					
Probeta 1 Inspección visual <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Rechazado (AWS D1.4-2018/ Sec. 6.4) Observaciones: No se observan indicaciones de rechazo. Soldadura libre de mordeduras y fisuras		Probeta 2 Inspección visual <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Rechazado (AWS D1.4-2018/ Sec. 6.4) Observaciones: No se observan indicaciones de rechazo. Soldadura libre de mordeduras y fisuras			
2. ENSAYOS DE TRACCIÓN					
Probeta N°	T1-FCAW2	T2-FCAW2			
Diámetro (mm)	14,00	14			
Area (mm2)	153,94	153,94			
Límite de fluencia (Mpa)	463	462			
Resistencia a la tracción (Mpa)	637	640			
Lugar de rotura	Material Base	Material Base			
Probeta 1 Informe ILPM 2021-618-T Aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.2)		Probeta 2 Informe ILPM 2021-618-T Aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.2)			
Observaciones: Probeta 1. Resistencia a la tracción = 1,37 Límite de Fluencia. Probeta 2. Resistencia a la tracción = 1,38 Límite de Fluencia. Probeta 1 y 2 cumplen con el requerimiento de Resistencia a la tracción > 1.25 Límite de Fluencia.					
3. ENSAYOS DE MACROGRAFÍA					
Probeta N°	Resultados	Observaciones			
M1-FCAW 2	Aprobado	Probeta libre de porosidades, escoria y fisuras			
M2-FCAW 2	Aprobado	Probeta libre de porosidades, escoria y fisuras			
Probeta 1 Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.3)		Probeta 2 Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/> (AWS D1.4-2018/ Sec. 8.3.7.3)			
INFORME: ENSAYO DE MACROGRAFÍA ILPM 2022-106-MCR					
Sindesecuador S.A y el Cliente certifican que los datos consignados en este documento son verdaderos y que las probetas de soldadura fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo a los requerimientos del código aplicable. Este documento tiene información confidencial propiedad del CLIENTE, queda expresamente prohibida su difusión total o parcial, copia o uso sin autorización. Este documento no es válido sin firmas de responsabilidad.					
REALIZADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre: Ing. Oscar Yanchapaxi		Nombre:		Nombre:	
Cargo: AWS-CWI 16083231		Cargo:		Cargo:	
Fecha: 17-dic.-21	Firma: 	Fecha:		Fecha:	Firma:



**SERVICIOS DE INSPECCION NO
DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA**

CLIENTE:

ING. DANIEL ARMAS

PROYECTO:

TESIS AWS D1.4

AWS D1.4

ENSAYOS MECÁNICOS

Referencia: DA-WPS-21-004



**SERVICIOS DE INSPECCION NO
DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA**

CLIENTE:

ING. DANIEL ARMAS

PROYECTO:

TESIS AWS D1.4

AWS D1.4

**WPS
(welding procedure
specification)**

**ESPECIFICACIÓN DEL
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA**

Referencia: DA-WPS-21-004

ING. DANIEL ARMAS	WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) - AWS D1.4		
	DA-WPS-21-004	Rev. Nº: 0	Fecha: 2021-12-17
	Soportado por el PQR Nº: DA-PQR-21-004	Rev. Nº: ...	Fecha: ...
Realizado por: SINDES ECUADOR S.A.	Servicios de Inspección No Destructiva y de Soldadura		SINDES-FO-IN-040 | REV. 0

FCAW (Soldadura por Arco con Núcleo de Fundente)

PROCESO DE SOLDADURA: MANUAL SEMIAUTOMATICO AUTOMATICO
 SMAW GMAW SAW FCAW GTAW OTRO: _____

DISEÑO DE JUNTA

Soldadura tipo: Ranura Filete
Junta Tipo: A tope-directa A tope-indirecta Junta en T
Juntas calificadas: Figuras 5.1, 5.2 y 5.5 (D) AWS D1.4-2018
Posición: Plana Progresión: No aplica
Tipo de ranura: Doble en V
Apertura de Raíz: 0 a 3mm Cara de Raíz (f): 0 a 3mm
Angulo de Ranura: 45° a 60°
Respaldo: Sí No Tipo: No aplica
Resanado: Sí No Método: Con disco

PROTECCION

Fundente: No Aplica
Electrodo - Fundente: No Aplica
Gas: CO2
Comp.: 100% Flujo (lt/min): 14 - 20
Observaciones: Ninguna

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Modo Trasn. GMAW: No aplica
Cortocircuito Globular Aspersión
Corriente: AC DCEP DCEN Pulsada
Fuente de Poder: CC CV
Electrodo de Tungsteno (GTAW): No aplica
Tamaño: No aplica
Tipo: No aplica

MATERIAL BASE

Especificación: ASTM A 706 Grado: 60
soldado a: ASTM A 706 Grado: 60
Carbono equivalente (máx): 0,55% Tamaño varilla: hasta No. 6
Diámetro varilla: hasta 19mm
Espesor de placa: N/A
Varilla revestida: Sí No Tipo: No aplica

TÉCNICA

Cordón Recto / con Oscilación: Con oscilación
Multipases / Un solo pase: Multipases
Método de secado: Antorcha GLP o antorcha oxiacetilénica
Stickout (pulg): 3/4" - 1" (20 - 25 mm)

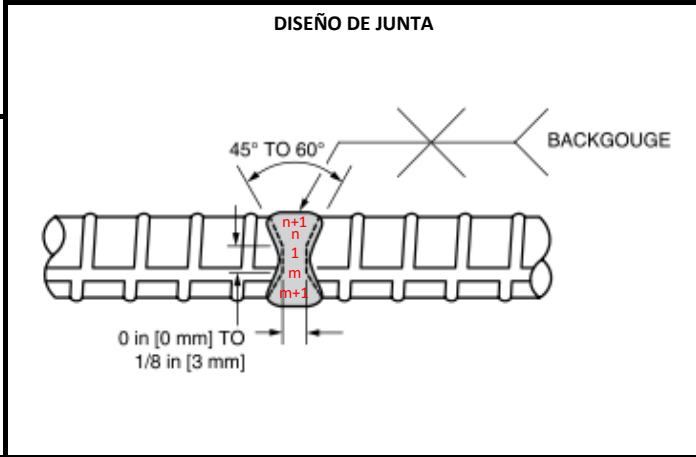
MATERIAL DE APORTE

AWS Especificación: A 5.29
AWS Clasificación: E81T1-Ni1C
Otro (no cubierto por AWS): No aplica

TEMPERATURA - PRECALENTAMIENTO /ENTREPASES

Mín. Ninguna para Tamaño Varilla ≤ 6
Mín. 10°C para 7 ≤ Tamaño Varilla ≤ 11
Mín. 90°C para 14 ≤ Tamaño Varilla ≤ 18
Máx. 205°C

Nota:
a) Donde aplique, precalentar a 90° para secado de biselés.



CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS											
PASE	Nº	AWS DESIGNACION	DIAMETRO (mm)	CORRIENTE (Amperios)	VOLTAJE (Voltios)	CA	DC		DIRECCION		VELOC (pulg/min)
							DIR	INV	ASC	DESC	
TODOS	1, n, n+1, m, m+1	E81T1-Ni1C	1.2	110-200	19 - 30	...	...	+	...	...	6 - 15

OBSERVACIONES

- Los requerimientos para WPS's mostrados en la Tabla 8.1, AWS D1.4-2018, serán observados para la ejecución de soldaduras de producción utilizando el presente documento.
- Cualquier cambio en las variables esenciales requiere recalificar el procedimiento.
- Se deberá realizar el resanado (pulido de junta) antes de iniciar la soldadura por el otro lado de la varilla (pase m). Se debe verificar que la soldadura esté libre de cualquier tipo de inclusión o porosidades.

REALIZADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre:	Ing. Oscar Yanchapaxi	Nombre:		Nombre:	
Cargo:	AWS-CWI 16083231	Cargo:		Cargo:	
Fecha:	2021-12-17	Fecha:		Fecha:	
Firma:		Firma:		Firma:	

SINDESECUADOR S.A. - SERVICIOS DE INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA Y DE SOLDADURA

RUC: 1792147220001

Teléfono: (02)2323774 | Cel.: 0993696196 | 0993696177

Dirección Matriz: Av. General Rumiñahui y Simón Bolívar | Portón de Cádiz, Casa 124 | Quito - Ecuador

Email: info@sindes.com

CLIENTE: ING. DANIEL ARMAS

LOCACIÓN: TALLER QUITO

ORIGEN : TESIS SOLDADURA DE VARILLAS

ORDEN DEL CLIENTE: No Aplica

DESCRIPCIÓN: INSPECCIÓN DE JUNTA SOLDADA :
TESIS SOLDADURA VARILLA DE REFUERZO



TRABAJO REALIZADO:
A. INSPECCION POR TINTAS PENETRANTES

ORDEN DE TRABAJO: SINDES-02-635-1221 **FECHA EMISIÓN:** 2021-12-01

REVISIÓN: 0 **FECHA DE INSPECCIÓN:** 2021-11-22

INSPECTOR: Ing. Oscar Yanchapaxi

PROCEDIMIENTO: SINDES PR-0403-001 / PT

ESPECIFICACIÓN: AWS D1.4-2018 / Structural Welding Code – Reinforcing Steel

La inspección correspondiente a este documento fue realizada dentro del marco de un sistema de gestión de calidad conforme con ISO/IEC 17020.

Datos, resultados y observaciones obtenidos en la inspección así como el detalle de los equipos usados se exponen en las páginas siguientes y son parte de este documento, estos hacen referencia al momento y condiciones en las que se realizó la inspección.

1. DATOS GENERALES

CLIENTE: **ING. DANIEL ARMAS**
LOCACIÓN: **TALLER QUITO**
ORIGEN: **TESIS SOLDADURA DE VARILLAS**

ORDEN DE TRABAJO: **SINDES-02-635-1221**
REPORTE No. **001** PÁG.: **1 DE 4** REV.: **0**
FEHA DE EMISIÓN: **2021-12-01**
FECHA DE INSPECCIÓN: **2021-11-22**

PROCEDIMIENTO (S): **SINDES PR-0403-001 / PT**
CÓDIGO / ESTÁNDAR: **AWS D1.4-2018 / Structural Welding Code – Reinforcing Steel**

2. GENERAL

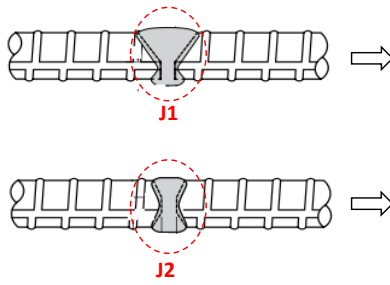
Técnica empleada : TIPO II - Método C [ASTM E165]
Método de remoción: Aplicación de solvente removedor
Observación / Iluminación: Luz Natural (lux): 2450
Limpieza final: Paño / Material Textil

	MARCA / MODELO	BATCH	CAN - PART
Removedor :	SKC-S Spotcheck Magnaflux	20L01K	034398
Penetrante :	SKL-SP Spotcheck Magnaflux	19M21K	03424
Revelador :	SKD-S2 Spotcheck Magnaflux	20A01U	02-1400-44
Emulsificador:	-	-	-

Tiempo de penetración: 10 min
Tiempo de revelado: 10 min
Tiempo de emulsificación: -
Temperatura superficial: 20 °C

3. DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO/PIEZA

3.1 DESCRIPCIÓN: **INSPECCIÓN DE JUNTA SOLDADA : TESIS SOLDADURA VARILLA DE REFUERZO**
3.2 ESQUEMAS: **JUNTAS TIPO**



⇒ GMAW 1 (SIMPLE V-GROOVE)

⇒ GMAW 2 (DOBLE V-GROOVE)

⊗ Soldaduras Inspeccionadas

4. REGISTRO DE INSPECCIÓN

ELEMENTO	IDENTIFICACIÓN		DEFECTO			INSPECCIÓN			REINSPECCIÓN			OBSERVACIONES	
	JUNTA	SOLDADOR	TIPO	LONGITUD (mm)	UBICACIÓN X / Y (mm)	FECHA	RESULTADOS		FECHA	SOLDADOR	RESULTADOS		
							ACEPTADA	RECHAZADA			ACEPTADA		RECHAZADA
PROBETAS GMAW 1	J1 (1)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
	J1 (2)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
	J1 (3)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
	J1 (4)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
PROBETAS GMAW 2	J2 (1)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
	J2 (2)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
	J2 (3)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
	J2 (4)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA

NOMENCLATURA: IL-INDICACIÓN LINEAL / IR-INDICACIÓN REDONDEADA.

5. RESULTADOS

RESULTADOS OBTENIDOS: Las juntas de soldadura inspeccionadas cumplen con los criterios de aceptación estipulados en el AWS D1.4-2018

ESTADO FINAL: **SOLDADURAS INSPECCIONADAS APROBADAS**
OBSERVACIONES: Se aplica ensayo a las juntas soldadas determinadas por el Cliente.

6. EQUIPOS ADICIONALES EMPLEADOS

Descripción	I.D. / Serie	Calibrado el
LUXÓMETRO	C203286535	2021-07-12
TERMÓMETRO	24681835	2021-06-21
FLEXÓMETRO	339TC	2021-08-30

SOLICITADO POR: **Ing. Daniel Armas**

REALIZADO POR:		RECIBIDO POR:		APROBADO POR:	
Nombre:	Ing. Oscar Yanchapaxi	Nombre:	Ing. Robert Toasa	Nombre:	
Cargo:	Nivel II SNT-TC-1A	Cargo:	Nivel III ASNT 218812	Cargo:	
Fecha:	2021-12-01	Fecha:	2021-12-01	Fecha:	
Firma:		Firma:		Firma:	

1. DATOS GENERALES

CLIENTE: **ING. DANIEL ARMAS** ORDEN DE TRABAJO: **SINDES-02-635-1221**
 LOCACIÓN: **TALLER QUITO** REPORTE No. **001** PÁG.: **2 DE 4** REV.: **0**
 ORIGEN: **TESIS SOLDADURA DE VARILLAS** FEHA DE EMISIÓN: **2021-12-01**
 FECHA DE INSPECCIÓN: **2021-11-22**

PROCEDIMIENTO (S): **SINDES PR-0403-001 / PT**
 CÓDIGO / ESTÁNDAR: **AWS D1.4-2018 / Structural Welding Code – Reinforcing Steel**

2. GENERAL

Técnica empleada :	TIPO II - Método C [ASTM E165]	Removedor :	MARCA / MODELO: SKC-S Spotcheck Magnaflux	BATCH: 20L01K	CAN - PART: 034398	Tiempo de penetración:	10 min
Método de remoción:	Aplicación de solvente removedor	Penetrante :	SKL-SP Spotcheck Magnaflux	19M21K	03424	Tiempo de revelado:	10 min
Observación / Iluminación:	Luz Natural (lux): 2450	Revelador :	SKD-S2 Spotcheck Magnaflux	20A01U	02-1400-44	Tiempo de emulsificación:	-
Limpieza final:	Paño / Material Textil	Emulsificador:	-	-	-	Temperatura superficial:	20 °C

3. DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO/PIEZA

3.1 DESCRIPCIÓN: INSPECCIÓN DE JUNTA SOLDADA : TESIS SOLDADURA VARILLA DE REFUERZO
3.2 ESQUEMAS: JUNTAS TIPO



4. REGISTRO DE INSPECCIÓN

ELEMENTO	JUNTA	SOLDADOR	DEFECTO			INSPECCIÓN			REINSPECCIÓN			OBSERVACIONES	
			TIPO	LONGITUD (mm)	UBICACIÓN X / Y (mm)	FECHA	RESULTADOS		FECHA	SOLDADOR	RESULTADOS		
							ACEPTADA	RECHAZADA			ACEPTADA		RECHAZADA
PROBETAS FCAW 1	J1 (1)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
	J1 (2)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
	J1 (3)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
	J1 (4)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
PROBETAS FCAW 2	J2 (1)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
	J2 (2)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
	J2 (3)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
	J2 (4)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA

NOMENCLATURA: IL-INDICACIÓN LINEAL / IR-INDICACIÓN REDONDEADA.

5. RESULTADOS

RESULTADOS OBTENIDOS: Las juntas de soldadura inspeccionadas cumplen con los criterios de aceptación estipulados en el AWS D1.4-2018

ESTADO FINAL: **SOLDADURAS INSPECCIONADAS APROBADAS**

OBSERVACIONES: Se aplica ensayo a las juntas soldadas determinadas por el Cliente.

6. EQUIPOS ADICIONALES EMPLEADOS

Descripción	I.D. / Serie	Calibrado el
LUXÓMETRO	C203286535	2021-07-12
TERMÓMETRO	24681835	2021-06-21
FLEXÓMETRO	339TC	2021-08-30

SOLICITADO POR: **Ing. Daniel Armas**

REALIZADO POR:		RECIBIDO POR:		APROBADO POR:	
Nombre:	Ing. Oscar Yanchapaxi	Nombre:	Ing. Robert Toasa	Nombre:	
Cargo:	Nivel II SNT-TC-1A	Cargo:	Nivel III ASNT 218812	Cargo:	
Fecha:	2021-12-01	Fecha:	2021-12-01	Fecha:	
Firma:		Firma:		Firma:	

1. DATOS GENERALES

CLIENTE: **ING. DANIEL ARMAS** ORDEN DE TRABAJO: **SINDES-02-635-1221**
 LOCACIÓN: **TALLER QUITO** REPORTE No. **001** PÁG.: **3 DE 4** REV.: **0**
 ORIGEN: **TESIS SOLDADURA DE VARILLAS** FEHA DE EMISIÓN: **2021-12-01**
 FECHA DE INSPECCIÓN: **2021-11-22**

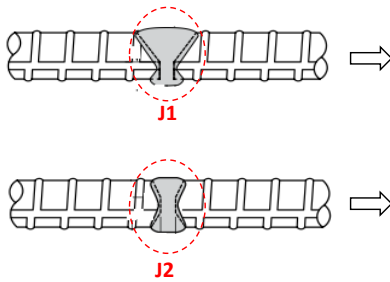
PROCEDIMIENTO (S): **SINDES PR-0403-001 / PT**
 CÓDIGO / ESTÁNDAR: **AWS D1.4-2018 / Structural Welding Code – Reinforcing Steel**

2. GENERAL

Técnica empleada :	TIPO II - Método C [ASTM E165]	Removedor :	SKC-S Spotcheck Magnaflux 20L01K 034398	Tiempo de penetración:	10 min
Método de remoción:	Aplicación de solvente removedor	Penetrante :	SKL-SP Spotcheck Magnaflux 19M21K 03424	Tiempo de revelado:	10 min
Observación / Iluminación:	Luz Natural (lux): 2450	Revelador :	SKD-S2 Spotcheck Magnaflux 20A01U 02-1400-44	Tiempo de emulsificación:	-
Limpieza final:	Paño / Material Textil	Emulsificador:	-	Temperatura superficial:	20 °C

3. DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO/PIEZA

3.1 DESCRIPCIÓN: **INSPECCIÓN DE JUNTA SOLDADA : TESIS SOLDADURA VARILLA DE REFUERZO**
3.2 ESQUEMAS: **JUNTAS TIPO**



⇒ SMAW 1 (SIMPLE V-GROOVE)

⇒ SMAW 2 (DOBLE V-GROOVE)

⊗ Soldaduras Inspeccionadas

4. REGISTRO DE INSPECCIÓN

ELEMENTO	IDENTIFICACIÓN		DEFECTO			INSPECCIÓN			REINSPECCIÓN				OBSERVACIONES
	JUNTA	SOLDADOR	TIPO	LONGITUD (mm)	UBICACIÓN X / Y (mm)	FECHA	RESULTADOS		FECHA	SOLDADOR	RESULTADOS		
							ACEPTADA	RECHAZADA			ACEPTADA	RECHAZADA	
PROBETAS SMAW 1	J1 (1)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
	J1 (2)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
	J1 (3)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
	J1 (4)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
PROBETAS SMAW 2	J2 (1)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
	J2 (2)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
	J2 (3)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA
	J2 (4)	W735	-	-	-	2021-11-22	X	-	-	-	-	-	APROBADA

NOMENCLATURA: IL-INDICACIÓN LINEAL / IR-INDICACIÓN REDONDEADA.

5. RESULTADOS

RESULTADOS OBTENIDOS: Las juntas de soldadura inspeccionadas cumplen con los criterios de aceptación estipulados en el AWS D1.4-2018

ESTADO FINAL: **SOLDADURAS INSPECCIONADAS APROBADAS**

OBSERVACIONES: Se aplica ensayo a las juntas soldadas determinadas por el Cliente.

6. EQUIPOS ADICIONALES EMPLEADOS

Descripción	I.D. / Serie	Calibrado el
LUXÓMETRO	C203286535	2021-07-12
TERMÓMETRO	24681835	2021-06-21
FLEXÓMETRO	339TC	2021-08-30

SOLICITADO POR: **Ing. Daniel Armas**

REALIZADO POR:		RECIBIDO POR:		APROBADO POR:	
Nombre:	Ing. Oscar Yanchapaxi	Nombre:	Ing. Robert Toasa	Nombre:	
Cargo:	Nivel II SNT-TC-1A	Cargo:	Nivel III ASNT-218812	Cargo:	
Fecha:	2021-12-01	Fecha:	2021-12-01	Fecha:	
Firma:		Firma:		Firma:	

1. DATOS GENERALES

CLIENTE: **ING. DANIEL ARMAS**
LOCACIÓN: **TALLER QUITO**
ORIGEN: **TESIS SOLDADURA DE VARILLAS**

ORDEN DE TRABAJO: **SINDES-02-635-1221**
REPORTE No. **001** PÁG.: **4 de 4** REV.: **0**
FEHA DE EMISIÓN: **2021-12-01**
FECHA DE INSPECCIÓN: **2021-11-28**

PROCEDIMIENTO (S): **SINDES PR-0403-001 / PT**
CÓDIGO / ESTÁNDAR: **AWS D1.4-2018 / Structural Welding Code – Reinforcing Steel**

2. REGISTRO

2.1 DESCRIPCIÓN:

INSPECCIÓN DE JUNTA SOLDADA :

TESIS SOLDADURA VARILLA DE REFUERZO

PROCESO GMAW

PROCESO FCAW



PROCESO SMAW



REALIZADO POR:		RECIBIDO POR:		APROBADO POR:	
Nombre:	Ing. Oscar Yanchapaxi	Nombre:	Ing. Robert Toasa	Nombre:	
Cargo:	Nivel II SNT-TC-1A	Cargo:	Nivel III ASNT 218812	Cargo:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	
	Firma:		Firma:		Firma:
2021-12-01		2021-12-01			



Pinnacle Alloys are products of SOWESCO

E8018-C3 DATA SHEET

Pinnacle Alloys E8018-C3

AWS CLASS E8018-C3 H4

CODE AND SPECIFICATION DATA:

AWS A5.5 ASME SFA 5.5, F-4, A-10

DESCRIPTION:

Pinnacle Alloys E8018-C3 is an outstanding electrode designed for applications requiring tensile strength greater than 80,000 psi and also for 1% nickel applications. It provides excellent puddle control with good wetting action and tie-in. It will provide notch toughness of 20 ft•lb_r at -40°F. The coating is specially formulated to resist conditions of high heat and humidity. Pinnacle Alloys E8018-C3 is an excellent choice for shipbuilding, piping, gas storage tanks, commercial, and military applications.

FEATURES:

- Good arc characteristics
- Quick and easy slag removal
- Low moisture reabsorption
- Low smoke level
- Low hydrogen, less than 4 ml/100 g
- Low spatter level

BENEFITS:

- Stable, easy to control arc
- Reduces clean-up time
- Prevents starting porosity
- Welder safety and comfort
- Resistant to hydrogen-induced cracking
- Improves weld bead appearance, higher deposition

TYPE OF CURRENT: Direct Current Electrode Positive (DCEP) or AC

DIAMETERS: 3/32", 1/8", 5/32", 3/16", 1/4"

RECONDITIONING & STORAGE: If electrode has been exposed to the atmosphere for an extended period of time, recondition for one hour at 600°F. After opening, store in holding oven (220°F to 350°F) until used to ensure low hydrogen weld deposit.

RECOMMENDED WELDING TECHNIQUES:

General	- Electrode positive, work negative (DCEP) or AC
Arc Length	- Very short arc
Flat	- Angle electrode 10°-15° from 90°
Vertical Up	- Use weaving techniques
Vertical Down	- Not recommended
Overhead	- Use slight weaving motion within the puddle

TYPICAL DIFFUSIBLE HYDROGEN BY GAS CHROMATOGRAPHY: 2.8 ml/100g



Pinnacle Alloys are products of SOWESCO

TYPICAL DEPOSIT COMPOSITION:

	Weld Metal Analysis (%)	AWS Spec
Carbon (C)	0.04	0.12 max
Chromium (Cr)	0.07	0.15 max
Manganese (Mn)	0.98	0.40-1.25
Molybdenum (Mo)	0.09	0.35 max
Nickel (Ni)	0.89	0.80-1.10
Phosphorous (P)	0.01	0.03 max
Silicon (Si)	0.26	0.80 max
Sulfur (S)	0.01	0.03 max
Vanadium (V)	0.01	0.05 max

TYPICAL MECHANICAL PROPERTIES:

	As Welded	AWS Spec (min)
Ultimate Tensile Strength	84,000 psi (576 MPa)	80,000 psi
Yield Strength	73,000 psi (503 MPa)	68,000-80,000 psi
Percent Elongation in 2"	30%	24%
CVN @ -40°F	98 ft•lb _f (133 Joules)	20 ft•lb _f (27 Joules)

TYPICAL WELDING PARAMETERS:

Diameter	Type of Power	Amperage	Deposition Rate (lbs/hr)	Amperage Range
3/32"	DCEP or AC	100	2.0	70-110
1/8"	DCEP or AC	135	2.9	90-160
5/32"	DCEP or AC	170	3.8	130-220
3/16"	DCEP or AC	250	5.9	200-300
1/4"	DCEP or AC	350	8.1	300-400

NOTE: Optimum conditions are in boldface type. For out of position welding, decrease amperage by 15%. Maintaining a proper welding procedure, including pre-heat and interpass temperatures, may be critical depending on the type and thickness of steel being welded.

NOTICE: The results reported are based upon testing of the product under controlled laboratory conditions in accordance with American Welding Society Standards. Actual use of the product may produce different results due to varying conditions. An example of such conditions would be electrode size, plate chemistry, environment, weldment design, fabrication methods, welding procedure and service requirements. Thus the results are not guarantees for the use in the field. The manufacturer disclaims any warranty of merchantability of fitness for any particular purpose with respect to its products.

CAUTION: Consumers should be thoroughly familiar with the safety precautions on the warning label posted in each shipment and in the American National Standards A49.1, "Safety in Welding and Cutting," published by the American Welding Society, 550 NW LeJune Road, Miami, FL 33126: OSHA Safety and Health Standards 29 CFR 1910 is available from the U.S. Department of Labor, Washington, D.C. 20210.

Pinnacle Alloys MSDS sheet may be obtained at www.pinnaclealloys.com.



Product Data Sheet

G 'Gas-shielded metal-arc welding'

OK AristoRod 13.26

Signed by Mats Linde	Approved by Per Sundberg/Barbro Karlström	Reg no EN002720	Cancelling EN002213	Reg date 2005-02-22	Page 1 (2)
-------------------------	--	--------------------	------------------------	------------------------	---------------

REASON FOR ISSUE

A new specification

GENERAL

The non copper coated OK AristoRod 13.26 is a low-alloyed, nickel-copper (0,8% Ni, 0,3% Cu), solid wire for GMAW of weathering steels, such as COR-TEN, Patinax, Dillicor etc. The weld metal composition and mechanical properties also make this product suitable for welding high strength steels with a minimum yield strength less than 470 Mpa.

The AristoRod wires are suitable for operating at high currents with maintained disturbance free wire feeding giving a stable arc with a low amount of spatter.

OK AristoRod 13.26 delivered in the unique Esab Octagonal Marathon Pac is excellent in mechanised welding applications.

Shielding Gas: M21, C1 (EN 439)

Alloy Type: Low alloyed (0.8 % Ni, 0.4 % Cu)

CLASSIFICATIONS Wire Electrode

SFA/AWS A5.28 ER80S-G

APPROVALS

DB	42.039.32
DNV	III YMS (M21)
DNV	II YMS (C1)
DS	EN 440
Ü	42.039/1

CHEMICAL COMPOSITION

	All Weld Metal (%)		Wire/Strip (%)	
	80Ar/20CO2 (M21) Nom	CO2 (C1) Nom	Min	Max
C	0.1	0.1	0.08	0.11
Si	0.8	0.7	0.70	0.90
Mn	1.4	1.3	1.25	1.55
P	0.010	0.010		0.025
S	0.015	0.015		0.025
Ni	0.8	0.8	0.70	0.90
Cu	0.3	0.3	0.25	0.60



Product Data Sheet

G 'Gas-shielded metal-arc welding'

OK AristoRod 13.26

Signed by Mats Linde	Approved by Per Sundberg/Barbro Karlström	Reg no EN002720	Cancelling EN002213	Reg date 2005-02-22	Page 2 (2)
-------------------------	--	--------------------	------------------------	------------------------	---------------

MECHANICAL PROPERTIES OF WELD METAL

Properties	All Weld Metal		98Ar/2O ₂ (M13)
	Min	Typ	
	80Ar/20CO ₂ (M21)		As welded
Rp0.2 (MPa)		540	580
Rm (MPa)	550	625	650
A4-A5 (%)		26	22
Z (%)		70	60
Charpy V at 20°C (J)		140	140
Charpy V at 0°C (J)		142	
Charpy V at -20°C (J)		110	100
Charpy V at -40°C (J)		83	70
Charpy V at -60°C (J)		50	30
	Comments: Interpass temp 170-200°C		Comments: Interpass temp 170-200°C

ECONOMICS & CURRENT DATA

Dimension (mm)	Current (A)		W	η	H		Feed		U	
	Min	Max			Min	Max	Min	Max	Min	Max
\emptyset			Nom	Nom						
0.8	80	280	15		1	5,4	2,7	14,7	18	28
1.0	80	280	15		1	5,4	2,7	14,7	18	28
1.2	120	350	18		1,5	6,6	2,7	12,4	20	33

W = Gas consumption (l / min)

η = Recovery, g weld metal / 100g wire (%)

H = Deposit rate (kg weld metal / hour arc time)

Feed = Feeding rate (m/min)

U = Arc voltage (V)



Pinnacle Alloys are products of SOWESCO

ISO 9001:2008 REGISTERED
Certificate No.: 50040 & 50415

E81T1-Ni1C/Ni1M DATA SHEET

Pinnacle Alloys E81T1-Ni1C/Ni1M

AWS CLASS E81T1-Ni1C, E81T1-Ni1M

CODE AND SPECIFICATION DATA:

AWS A5.29 ASME SFA 5.29; UNS W21031

DESCRIPTION:

Pinnacle Alloys E81T1-Ni1C/Ni1M has a nominal composition (wt-%) of 1 Ni. Filler metals of this classification are used to weld low-alloy, high-strength steels requiring good toughness at temperatures as low as -20°F, such as ASTM A 588, A 572, A 302, and API 5L X52. Preheat and interpass temperatures are typically kept between 275-325°F. PWHT is not required.

DIAMETERS: .045", .052", 1/16"

WELDING POSITIONS: All positions



TYPICAL DEPOSIT COMPOSITION:

	AWS Spec	Weld Metal Analysis (%)	
		100% CO ₂	75% Ar/ 25% CO ₂
Carbon (C)	0.12	0.04	0.04
Chromium (Cr)	0.15	0.03	0.03
Manganese (Mn)	1.50	1.04	1.50
Molybdenum (Mo)	0.35	0.01	0.01
Nickel (Ni)	0.80-1.10*	1.00	0.98
Phosphorus (P)	0.03	0.01	0.01
Silicon (Si)	0.80	0.44	0.47
Sulfur (S)	0.03	0.01	0.01
Vanadium (V)	0.05	0.02	0.02

NOTE: Single values are maximums.

*Pinnacle Alloys restricts Ni to 0.9999 max.



Pinnacle Alloys are products of SOWESCO

ISO 9001:2008 REGISTERED
Certificate No.: 50040 & 50415

TYPICAL MECHANICAL PROPERTIES:

100% CO ₂ Shielding Gas	AWS Spec (min)	As Welded
Ultimate Tensile Strength	80,000-100,000 psi (550-690 MPa)	83,500 psi (675 MPa)
Yield Strength	68,000 psi (470 MPa)	76,900 psi (530 MPa)
Percent Elongation in 2"	19%	24%
CVN @ -20°F (-30°C)	20 ft•lb _f (27 Joules)	30 ft•lb _f (40 Joules)

75% Ar/ 25% CO ₂ Shielding Gas	AWS Spec (min)	As Welded
Ultimate Tensile Strength	80,000-100,000 psi (550-690 MPa)	90,600 psi (620 MPa)
Yield Strength	68,000 psi (470 MPa)	76,100 psi (525 MPa)
Percent Elongation in 2"	19%	23%
CVN @ -20°F (-30°C)	20 ft•lb _f (27 Joules)	53 ft•lb _f (72 Joules)

TYPICAL WELDING PARAMETERS:

Diameter	Position	Optimum			Amperage Range	Voltage Range
		Amperage	Voltage	WFS (ipm)		
.045"	Flat	250	28	282	100-300	21-32
	Overhead	200	26	265	150-280	21-29
	Vertical Up	200	25	265	100-230	21-28
.052"	Flat	300	28	360	100-330	19-32
	Overhead	225	26	245	150-310	21-28
	Vertical Up	225	25	245	150-280	21-27
1/16"	Flat	350	29	300	150-400	22-34
	Overhead	225	26	160	150-310	22-28
	Vertical Up	225	25	160	150-280	22-26

NOTE: Parameters reflect CO₂ shielding gas - reduce by 1-1½ volts when using 75-80% Ar/ balance CO₂. Maintaining a proper welding procedure, including pre-heat and interpass temperatures, may be critical depending on the type and thickness of steel being welded.

NOTICE: The results reported are based upon testing of the product under controlled laboratory conditions in accordance with American Welding Society Standards. Actual use of the product may produce different results due to varying conditions. An example of such conditions would be electrode size, plate chemistry, environment, weldment design, fabrication methods, welding procedure and service requirements. Thus the results are not guarantees for the use in the field. The manufacturer disclaims any warranty of merchantability of fitness for any particular purpose with respect to its products.

CAUTION: Consumers should be thoroughly familiar with the safety precautions on the warning label posted in each shipment and in the American National Standards A49.1, "Safety in Welding and Cutting," published by the American Welding Society, 8669 NW 36 Street, #130, Miami, FL 33126; OSHA Safety and Health Standards 29 CFR 1910 is available from the U.S. Department of Labor, Washington, D.C. 20210.

Pinnacle Alloys SDS sheets may be obtained on the website below.

SOWESCO, LLC www.pinnaclealloys.com
9384 Wallisville Road • Houston, Texas 77013 • 1-800-856-9353 • (713) 688-9353 • Fax (713) 688-6985
2602 S. 50th Avenue • Phoenix, Arizona 85043 • 1-866-442-9353 • (602) 442-9353 • Fax (602) 442-9354