

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



TESIS

**EVALUACION DE DISCONTINUIDADES EN UNIONES SOLDADAS DE TANQUES
CISTERNAS MEDIANTE LA APLICACION DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN
LA EMPRESA INDUSTRIA METAL PEÑA E.I.R.L.-CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. NOEMI QUISPE VILLACORTA

Br. MARIA ELIZABET SULLCA PERALTA

PARA OPTAR A TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO METALÚRGICO

ASESOR:

Mgt. ELÍAS TEODORO PEÑA PEÑA

CUSCO-PERU

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: EVALUACION DE DISCONTINUIDADES EN ANCHOS, SOLDADOS DE TORQUES, SISTEMAS MEDIANTE LA APLICACION DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA EMPRESA INDUSTRIA METAL PENA E.I.R.L.: CUSCO presentado por: NOEMI GUISPE YILACORTA con DNI Nro.: 48282156 presentado por: MARIA ELIZABET SUILCA PERALTA con DNI Nro.: 72822242 para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO METALURGICO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del *Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 11 de Mayo de 2021



Firma

Post firma ELIAS TEODORO PEÑA PEÑA

Nro. de DNI 73965618

ORCID del Asesor 0000-0003-4529-0665

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: 27259: 354103665

NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN DE DISCONTINUIDADES EN UNIONES SOLDADAS DE TANQUES CISTERNAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE EN

AUTOR

NOEMI QUISPE VILLACORTA MARIA ELIZABET SULLCA PERALTA

RECuento de palabras

27698 Words

RECuento de caracteres

162018 Characters

RECuento de páginas

192 Pages

Tamaño del archivo

10.0MB

Fecha de entrega

May 11, 2024 11:28 AM GMT-5

Fecha del informe

May 11, 2024 11:30 AM GMT-5

● 8% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

PRESENTACIÓN

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica

Señores Docentes, miembros del Jurado:

De acuerdo con la normativa vigente de grados y títulos profesionales de la Facultad de Ingeniería Metalúrgica, para la elección del título profesional de ingeniero metalúrgico, ponemos a su disposición un trabajo colectivo intitulado: **“EVALUACIÓN DE DISCONTINUIDADES EN UNIONES SOLDADAS DE TANQUES CISTERNAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA EMPRESA INDUSTRIA METAL PEÑA E.I.R.L.” (Investigación Tecnológica).**

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar y evaluar el efecto sobre la calidad del cordón de soldadura de la presencia de discontinuidades en uniones soldadas de acero ASTM A36 en tanques cisternas en la empresa Industria Metal PEÑA E.I.R.L.

DEDICATORIA

A mi padre Aurelio Quispe Quispe quien siempre me demostró que con esfuerzo y dedicación todo se puede lograr, quien alguna vez desde muy pequeña me decía no existe la frase no se puede, que mientras tengas fuerza y voluntad no hay barrera que te pueda detener y eso me ha servido para levantarme cada vez que he sentido que podía caer el abismo de la derrota y el fracaso.

A mi madre Lucia Villacorta Gutiérrez que con su bondad y buenas enseñanzas me han servido para desenvolverme en cualquier ámbito de mi vida y me enseñó que la esencia que construye uno mismo nos hace distinto a los demás.

A mi compañero de vida Amílcar Cari Tinta que en el momento que decidimos juntar nuestros caminos para tener un mismo horizonte me enseñó a trabajar de manera conjunta en equipo y de esta manera afrontar cualquier dificultad que se atreviese en nuestro camino, me demostró con su ejemplo que los sueños nadie te los regala sino se construyen con mucho trabajo, que con mucha fe y confianza en uno mismo podemos lograr todo lo que nos proponemos.

A mis hermanos Samuel, Olga, David y Oscar quienes son ejemplo de trabajo y dedicación, que me demostraron que la felicidad está en los momentos familiares, que los llevamos siempre en el corazón y que, a pesar de todas las dificultades, sé que siempre estarán ahí para mí.

Y finalmente al pequeño Liam Amílcar Cari Quispe, mi compañero en este camino de ser madre, en el que cada día hay algo nuevo que aprender, mi motor para lograr más para un futuro mejor, sé que a pesar de mis errores y aciertos él siempre me responde con su amor y cariño.

Quispe Villacorta Noemi

*A mi padre, **Guillermo Sullca Quispe**, por enseñarme que en la vida debo ser siempre una mujer a todo terreno, que puedo levantar más peso del que mi cuerpo puede llevar sobre mis hombros y seguir de pie, que el tener las manos llenas de grasa y pintura valen más que tener unas manos de piel lozana, por impartir en mí, valores en base a honor y responsabilidad, por ser más que mi padre mi mejor amigo y compañero de trabajos en metal mecánica que no existe trabajo que sea solo para varón o mujer.*

*A mi madre, **Natividad Peralta Roa**, cuyas enseñanzas y valores me convirtieron en una guerrera, llena de fortalezas capaz de afrontar los mayores obstáculos siempre que me lo proponga, que la felicidad se logra en base a esfuerzo, trabajo y noches de desvelo, que siempre se debe dar amor hasta tu peor enemigo a cambio de nada, por siempre demostrarme que seré la tercera pieza infaltable de su rompecabezas de cinco hijos por más lejos que me toque estar.*

*A mis hermanos mayores, **Winder y Cinthia** quienes son mis modelos de superación y esmero, a quienes siempre he visto trabajar incansablemente demostrando ser mi mayor respaldo para no caer sin negarme su apoyo incondicional*

*A mis hermanas menores **Melanie y Nayeli** quienes serán siempre mi motivo de lucha constante y mejora continua, para quienes espero ser más de lo que son mis hermanos mayores para mí; a mi sobrino **Estefano**, por enseñarme que es amar de manera incondicional, por quien siempre he de pelear y velar esperando ser guía en los caminos de su vida.*

*A mis tíos **Beatriz, Nancy, Mario, Daniel y Edy** por su apoyo, consejo, palabras de aliento y motivación en las decisiones de mi vida hasta el día de hoy.*

Sullca Peralta, María Elizabet

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestro Dios Creador por brindarnos salud y bienestar que nos permiten alcanzar ciertas metas a lo largo de nuestra vida.

A nuestra alma mater la Tricentenario Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, nuestra casa de educación superior, que nos ha acogido durante muchos años brindándonos los conocimientos necesarios para desempeñarnos en la profesión.

A la Facultad de Ingeniería Geología, Minas y Metalúrgica, en especial a la Escuela profesional de Ingeniería Metalúrgica y al personal docente que la integra, gracias por su dedicación y paciencia al guiarnos y formarnos no sólo como futuros profesionales, sino también como buenas personas.

A nuestras familias por su apoyo pleno e incondicional en todas las etapas de nuestra educación y desarrollo personal a través de sus sabios consejos y palabras de aliento, importante impulso que nos llevó a la satisfactoria conclusión de este proyecto de investigación tecnológica.

Al Señor Fredy Peña Villacorta, gerente general de la empresa Industria Metal Peña E.I.R.L., por su disposición a facilitarnos toda la información necesaria, equipamiento, libre acceso a sus instalaciones y todos los recursos necesarios para el desarrollo de nuestro trabajo de tesis.

Al Señor Richard Carrasco Aller por su apoyo durante el desarrollo experimental de la inspección mediante ensayos no destructivos.

Br. NOEMI QUISPE VILLACORTA

Br. MARIA ELIZABET SULLCA PERALTA

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio es determinar y evaluar el efecto de las discontinuidades en uniones soldadas de acero ASTM A36 sobre la calidad del cordón de soldadura de tanques cisternas en la empresa Industria Metal Peña E.I.R.L.

La parte experimental de este trabajo se realizó utilizando seis probetas de acero ASTM A36, tomando en cuenta el espesor, tipo de junta y posición de soldadura de acuerdo con los requisitos para la fabricación de tanques cisternas elípticos.

Se realizaron pruebas no destructivas: Estas pruebas se evaluaron e interpretaron utilizando las especificaciones ASTM E165 como referencia de aplicación y los estándares AWS D1.1 para localizar e identificar discontinuidades en la superficie de soldadura mediante inspección visual y penetrante visible. Se realizan pruebas macroscópicas para identificar y localizar discontinuidades internas en la sección transversal del cordón de soldadura y evaluar su impacto en el área efectiva de la soldadura.

Los resultados obtenidos muestran que las discontinuidades pueden tener un impacto negativo en la resistencia del cordón de soldadura dependiendo de su tamaño, ubicación y grado de influencia en el área activa de la soldadura; las discontinuidades que exceden los criterios de aceptación se clasifican como defectos

El control adecuado de los parámetros y técnicas operativas de soldadura es esencial para lograr el perfil deseado, reducir las discontinuidades y mantener la calidad de la soldadura.

Palabras claves: Uniones soldadas, acero ASTM A36, discontinuidades, ensayos no destructivos, geometría de la soldadura.

ABSTRACT

The main objective of this study is to determine and evaluate the effect of discontinuities in welded joints of ASTM A36 steel on the quality of the weld seam of cistern tanks in the company Industria Metal Peña E.I.R.L.

The experimental part of this work was carried out using six ASTM A36 steel specimens, taking into account the thickness, type of joint and welding position in accordance with the requirements for the manufacture of elliptical cistern tanks.

Non-destructive testing was performed: These tests were evaluated and interpreted using ASTM E165 specifications as an application reference and AWS D1.1 standards to locate and identify weld surface discontinuities by visual and visible penetrant inspection. Macroscopic tests are performed to identify and locate internal discontinuities in the cross section of the weld bead and evaluate their impact on the effective weld area.

The results obtained show that discontinuities can have a negative impact on the resistance of the weld bead depending on their size, location and degree of influence on the active area of the weld; Discontinuities that exceed acceptance criteria are classified as defects

Proper control of welding operating parameters and techniques is essential to achieve the desired profile, reduce discontinuities, and maintain weld quality.

Keywords: Welded joints, ASTM A36 steel, discontinuities, non-destructive testing, weld geometry.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el concepto de calidad se ha convertido en un factor importante para que las empresas del campo industrial midan la calidad del producto. Las empresas utilizan el control de calidad como herramienta para verificar y garantizar los estándares y requisitos en todas las etapas de fabricación.

Este estudio se basa en el control de calidad de uniones soldadas de tanques cisternas elípticas de la empresa Industria Metal Peña E.I.R.L, y tiene como objetivo evaluar la ocurrencia de discontinuidades en uniones soldadas de acero ASTM A36 y su impacto en la calidad de la soldadura.

El Capítulo I presenta el planteamiento del problema, su justificación y sus objetivos.

En el capítulo II, se trata sobre el marco teórico basado en la investigación bibliográfica y la lectura de artículos científicos para identificar los antecedentes más influyentes del trabajo.

En el Capítulo III, se desarrollaron la hipótesis general y específica, junto con la operacionalización de variables.

La metodología de investigación se desarrolló en el Capítulo IV teniendo en cuenta la población y la muestra para determinar si el método de investigación está alineado con las técnicas e instrumentos de investigación.

El Capítulo V ofrece una descripción del proceso de experimentación, así como de los equipos y herramientas, los materiales de ensayo, la preparación de las probetas, los registros WPS-PQR y los cálculos realizados.

Se llevó a cabo un análisis preliminar y una discusión de los resultados de las pruebas experimentales realizadas en el taller de soldadura de Industria Metal Peña E.I.R.L. en el capítulo VI. Finalmente, conclusiones y sugerencias.

SIMBOLOGIA

ANSI: American National Standards Institute (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares)

ASME: American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos).

ASTM: American Society for Testing Materials (Sociedad americana para la prueba de materiales)

AWS: American Welding Society (Sociedad americana de soldadura).

END: Ensayos no destructivos.

IMCA: Instituto Mexicano de la construcción del acero.

NTC-RDF: Normas Técnicas Complementarias del reglamento de construcciones para el distrito federal.

SMAW: Shielded Metal Arc Welding (Soldadura de arco eléctrico con electrodo revestido)

WPS: Welding Procedure Specification (especificación de procedimiento de soldadura)

PQR: Procedure Qualification Record (Registro de Calificación de Procedimiento)

UNE: Una Norma Española.

V_w : velocidad de avance

L_p : longitud de la placa

t_w : tiempo de soldeo

H_n : Calor neto aportado

v : Tensión eléctrica

I : Intensidad de corriente eléctrica

f : Eficiencia térmica

A_w: área efectiva de soldadura

L_e: longitud de soldadura efectiva (ancho de la parte unida)

t_e: espesor efectivo de la garganta (tamaño de cordón de soldadura o altura de chaflán)

e_g: espesor efectivo de garganta

l_e: longitud total del eje del filete de dimensiones uniformes incluidos los retornos.

L: longitud de pierna.

S: espesor nominal de soldadura.

V: convexidad

C: concavidad

t: espesor de la plancha

S_n: cateto nominal

INDICE GENERAL

PRESENTACIÓN.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT.....	vii
INTRODUCCIÓN	viii
SIMBOLOGIA	viii
INDICE GENERAL	xi
INDICE DE TABLAS	xvii
INDICE DE FIGURAS.....	xviii
CAPITULO I	1
Fundamentos de la investigación	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Formulación de problema.....	1
1.2.1 Problema general	1
1.2.2 Problemas específicos.....	1
1.3 Justificación.....	2
1.3.1 Justificación tecnológica.....	2
1.3.2 Justificación social.....	2
1.3.3 Justificación económica	3
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos	3
1.4.3 Delimitación Espacial	3
1.4.4 Delimitación Temporal	3
CAPITULO II.....	4
Marco Teórico.....	4
2.1 Antecedentes de la investigación	4
2.1.1 Antecedentes Nacionales	4
2.1.2 Antecedentes Internacionales.....	5

2.2	Bases teóricas	6
2.2.1	Tanque cisterna	6
2.2.1.1	Principales componentes de tanque cisterna	6
2.2.2	Clasificación de cisternas.....	7
2.2.2.1	Tipos de cisternas según su uso.....	7
2.2.2.2	Tipos de cisterna según su estructura	7
2.2.2.3	Tipos de cisterna según sus formas de secciones y tapas	8
2.2.3	Materiales de fabricación.....	10
2.2.3.1	Aceros estructurales.....	10
2.2.4	Acero ASTM A36.....	11
2.2.4.1	Designación ASTM A 36	12
2.2.4.2	Composición química, propiedad física y mecánica del acero A36.....	12
2.2.4.3	Soldabilidad del acero	13
2.2.5	Fabricación de tanque cisterna.....	13
2.2.5.1	Recepción de materiales	14
2.2.5.2	Diseño y trazo.....	14
2.2.5.3	Corte por oxicorte.....	14
2.2.5.4	Rolado.....	15
2.2.5.5	Montaje y soldadura del cuerpo de la cisterna	16
2.2.5.6	Pintado y acabado.....	17
2.2.6	Soldadura	17
2.2.6.1	El cordón de soldadura	18
2.2.6.2	Posiciones de soldadura.....	19
2.2.6.3	Tipos de soldadura.....	20
2.2.6.4	Tipos de junta de soldadura	24
2.2.6.5	Clasificación de procesos de soldadura	26
2.2.7	Proceso de soldadura SMAW	26
2.2.7.1	Ventajas y desventajas del proceso SMAW	27
2.2.7.2	Parámetros de soldeo	28
2.2.7.3	Geometría de la soldadura	33
2.2.7.4	Área efectiva de la soldadura.....	34

2.2.7.5	Perfil del cordón de soldadura	40
2.2.7.6	Equipo de soldadura SMAW	42
2.2.7.7	Técnicas operativas.....	48
2.2.8	Calidad de la soldadura.....	50
2.2.9	Discontinuidades y defectos de soldadura	50
2.2.9.1	Tipo de discontinuidad de acuerdo a su origen	51
2.2.10	Discontinuidades internas de la soldadura.....	51
2.2.10.1	Grietas o fracturas.....	52
2.2.10.2	Falta de penetración.....	53
2.2.10.3	Inclusiones de escoria.....	54
2.2.10.4	Falta de fusión	56
2.2.11	Discontinuidades en la estructura y propiedades de juntas soldadas.....	57
2.2.11.1	Golpes de arco	57
2.2.11.2	Salpicaduras o chisporroteo.....	57
2.2.12	Discontinuidades superficiales.....	58
2.2.12.1	Mordedura	58
2.2.12.2	Socavado.....	59
2.2.12.3	Solapamiento	60
2.2.12.4	Exceso de penetración	60
2.2.12.5	Porosidad	61
2.2.12.6	Cráteres.....	62
2.2.12.7	Sobre espesor.....	63
2.2.13	Ensayos no destructivos.....	64
2.2.13.1	Ventajas y limitaciones.....	64
2.2.13.2	Técnicas de inspección de la integridad o de la hermeticidad.....	65
2.2.13.3	Técnicas de inspección superficial.....	65
2.2.14	Inspección visual.....	66
2.2.15	Ensayo por líquidos penetrantes	66
2.2.15.1	Principio del método.....	67
2.2.15.2	Secuencia de aplicación del procedimiento.....	67
2.2.15.3	Preparación superficial de la pieza	67

2.2.15.4	Tipos de contaminantes	68
2.2.15.5	Condiciones de la superficie.....	68
2.2.16	Líquidos penetrantes	69
2.2.16.1	Principales características:.....	69
2.2.16.2	Principales propiedades físicas:.....	69
2.2.16.3	Variables a tomar en cuenta para selección del penetrante:	70
2.2.16.4	Clasificación de tipos de penetrantes.....	72
2.2.16.5	Líquidos penetrantes visibles.....	72
2.2.17	Reveladores.....	74
2.2.17.1	Clasificación de reveladores.....	75
2.2.17.2	Selección del revelador.....	76
2.2.17.3	Tiempo de revelado	77
2.2.18	Ensayo estructural macroscópico.....	77
2.2.19	Interpretación y evaluación de las indicaciones.....	77
2.2.19.1	Interpretación de indicaciones.....	77
2.2.19.2	Evaluación de indicaciones	79
2.2.20	Códigos, Normas, Especificaciones.....	79
2.2.20.1	Norma	80
2.2.20.2	Código	82
2.2.20.3	Código ANSI/AWS D1.1:2010 -Soldadura de Acero Estructural	82
2.2.20.4	Especificación.....	84
CAPITULO III.....		86
Hipótesis y Variables		86
3.1	Hipótesis General	86
3.2	Hipótesis Específicas.....	86
3.3	Variable Dependiente.....	86
3.4	Variable independiente.....	86
CAPITULO IV.....		88
Metodología de la Investigación.....		88
4.1	Localización geográfica	88
4.2	Política de la empresa.....	88

4.2.1	Misión	88
4.2.2	Visión.....	89
4.3	Tipo de investigación	89
4.4	Nivel de investigación.....	89
4.5	Enfoque de investigación	89
4.6	Población y Muestra.....	90
4.6.1	Población.....	90
4.6.1.1	Flujograma de fabricación de tanque cisterna elíptica	91
4.6.1.2	Diseño de tanques cisterna elíptica.....	92
4.6.1.3	Especificaciones del tanque cisterna	92
4.6.1.4	Etapa de montaje del cuerpo de la cisterna elíptica.....	93
4.6.2	Muestra	94
4.6.3	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	95
4.6.3.1	Técnica.....	95
4.6.3.2	Instrumentos	95
CAPITULO V.....		97
Método experimental		97
5.1	Equipos y herramientas	97
5.1.1	Equipos	97
5.1.2	Herramientas.....	100
5.2	Materiales de ensayo y aporte	100
5.3	Preparación de probetas	102
5.3.1	Especificación del Procedimiento de Soldadura (WPS) para las probetas de experimentación.....	103
5.3.1.1	Registro WPS para probeta X1-C.....	104
5.3.1.2	Registro WPS para probeta X2-C.....	105
5.3.1.3	Registro WPS para probeta X3-C.....	106
5.3.1.4	Registro WPS para probeta X4-C.....	107
5.3.1.5	Registro WPS para probeta X5-C.....	108
5.3.1.6	Registro WPS para probeta X6-C.....	109
5.4	Cálculo de calor Neto Aportado.....	110

5.4.1	Cálculo de calor neto aportado para cada pase de la probeta X1-C.....	111
5.4.2	Cálculo de calor neto aportado para cada pase de la probeta X2-C.....	112
5.4.3	Cálculo de calor neto aportado para cada pase de la probeta X3-C.....	113
5.4.4	Cálculo de calor neto aportado para cada pase de la probeta X4-C.....	113
5.4.5	Cálculo de calor neto aportado para cada pase de la probeta X5-C.....	114
5.4.6	Cálculo de calor neto aportado para cada pase de la probeta X6-C.....	115
5.5	Control de calidad de probetas.....	115
5.5.1	Inspección visual.....	115
5.5.2	Ensayo por líquidos penetrantes visibles	116
5.5.2.1	Aplicación del END por líquidos penetrantes visibles	117
5.5.2.2	Registro de calificación de procedimiento (PQR).....	118
5.5.3	Exámen macroscopico de las discontinuidades en relación al área efectiva de la garganta.....	131
5.6	Cálculos de cordón soldadura	133
5.6.1	Cálculo de área efectiva nominal de soldaduras a tope	133
5.6.2	Cálculo de área efectiva experimental de soldaduras a tope.....	134
5.6.3	Cálculo de área efectiva nominal de soldaduras a filete	134
5.6.4	Cálculo de área efectiva experimental de soldaduras a filete	136
5.7	Resultados	137
CAPITULO VI.....		147
Análisis y discusión de resultados		147
6.1	Análisis de la velocidad de avance en relación al aporte de calor neto	147
6.2	Análisis de inspección visual	148
6.3	Inspección por líquidos penetrantes	148
6.4	Análisis macroscópico.....	148
6.5	Cálculo de área efectiva de soldadura	149
CONCLUSIONES		150
RECOMENDACIONES.....		152
BIBLIOGRAFIA		153
ANEXOS		155

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de soldaduras de ranura junta a tope	22
Tabla 2 Tipos de junta de soldadura	25
Tabla 3 Amperaje de operación según el diámetro del electrodo	30
Tabla 4 Eficiencia térmica de los diferentes procesos	33
Tabla 5 Espesor de la garganta efectiva según el proceso de soldadura.....	36
Tabla 6 Espesor de la garganta en función del espesor más grueso	37
Tabla 7 Tamaño nominal de la soldadura	40
Tabla 8 Descripción de perfiles aceptables y no aceptables	41
Tabla 9 Principales tipos de revestimiento de los electrodos.....	44
Tabla 10 Propiedades mecánicas de los electrodos de serie E60 y E70	47
Tabla 11 Clasificación de técnicas de inspección superficial	65
Tabla 12 Tiempo de penetración y revelado según el material.....	71
Tabla 13 Clasificación de tipos de penetrantes	72
Tabla 14 Principales entidades en la industria de soldadura.....	80
Tabla 15 Operacionalización de variables	87
Tabla 16 Descripción de elaboración de muestras.....	95
Tabla 17 Características de la máquina de soldar	97
Tabla 18 Descripción del material de aporte	101
Tabla 19 Valores numéricos para cálculo de calor neto	110
Tabla 20 Tiempo de acción por etapa de ensayo por líquidos visibles.....	118
Tabla 21 Muestras de las probetas de ensayo	132
Tabla 22 Valores numéricos para cálculo de área efectiva de soldaduras a tope	133
Tabla 23 Valores numéricos para cálculo de área efectiva de soldaduras a filete	134
Tabla 24 Resultados del cálculo de velocidad de avance	137
Tabla 25 Resultados del cálculo de aporte de calor neto	138
Tabla 26 Medidas de refuerzo y socavadura de la soldadura	138
Tabla 27 Resultados de inspección visual de probetas	139
Tabla 28 Resultados obtenidos de inspección por líquidos penetrantes	139
Tabla 29 Resumen comparativo por número de pases de soldadura	147
Tabla 30 Resultados del área efectiva de la soldadura nominal y experimental.....	149

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Clasificación de cisternas según su uso</i>	7
Figura 2 <i>Tipos de cisternas según su estructura</i>	8
Figura 3 <i>Tanque cisterna elíptico cóncavo</i>	9
Figura 4 <i>Tanque cisterna elíptico con tapa plana</i>	10
Figura 5 <i>Composición química del acero A36</i>	12
Figura 6 <i>Propiedades mecánicas del acero A36</i>	12
Figura 7 <i>Flujograma de etapas de fabricación de tanque cisterna</i>	14
Figura 8 <i>Corte por oxicorte</i>	15
Figura 9 <i>Imagen de la operación de rolado en frío</i>	16
Figura 10 <i>Imagen de cisterna elíptica pintada</i>	17
Figura 11 <i>Componentes básicos de una unión soldada</i>	18
Figura 12 <i>Cordón de la soldadura</i>	19
Figura 13 <i>Posiciones de soldadura en uniones</i>	20
Figura 14 <i>Soldadura de ranura</i>	21
Figura 15 <i>Soldaduras de filetes</i>	23
Figura 16 <i>Secciones de la soldadura de filete</i>	23
Figura 17 <i>Soldadura de tapón y de agujero alargado</i>	24
Figura 18 <i>Clasificación de procesos de soldadura</i>	26
Figura 19 <i>Proceso de soldadura por arco eléctrico revestido</i>	27
Figura 20 <i>Tamaño de la cavidad (ojo de cerradura)</i>	29
Figura 21 <i>Geometría de una junta de soldadura de ranura</i>	33
Figura 22 <i>Soldadura de ranura a tope con bisel en V</i>	35
Figura 23 <i>Tipos de penetración de soldadura</i>	35
Figura 24 <i>El tamaño del cordón de soldadura según al espesor efectivo de garganta</i>	38
Figura 25 <i>Área efectiva de la soldadura según la forma de cara del cordón de soldadura</i>	39
Figura 27 <i>Elementos básicos para soldadura de arco revestido</i>	43
Figura 28 <i>Nomenclatura de electrodos</i>	45
Figura 29 <i>Clasificación de electrodos según la AWS</i>	46
Figura 30 <i>Presencia de grietas en la soldadura</i>	52
Figura 31 <i>Falta de penetración en soldaduras</i>	54

Figura 32	<i>Defectos internos de una soldadura</i>	55
Figura 33	<i>Falta de fusión</i>	56
Figura 34	<i>Imagen de Socavado entre metal de base y el cordón de soldadura</i>	59
Figura 35	<i>Mordedura y solapamiento</i>	60
Figura 36	<i>Exceso de penetración</i>	61
Figura 37	<i>Presencia de poros de soldadura</i>	61
Figura 38	<i>Imagen de presencia de cráter en la soldadura</i>	63
Figura 39	<i>Sobre espesor de soldadura en la sección</i>	63
Figura 40	<i>Imagen de Localización geográfica</i>	88
Figura 41	<i>Imagen del Tanque cisterna elíptico</i>	90
Figura 42	<i>Flujograma de fabricación de tanque cisterna elíptica</i>	91
Figura 43	<i>Diseño estructural del tanque cisterna</i>	93
Figura 44	<i>Imagen de rompeolas al interior del cuerpo de la cisterna elíptica</i>	94
Figura 45	<i>Kit de líquidos penetrantes</i>	96
Figura 46	<i>Imagen de máquina de soldar</i>	98
Figura 47	<i>Especificaciones Técnicas LINCOLN ELECTRIC V405 S</i>	98
Figura 48	<i>Imagen de cizalla de guillotina YSD serie HGN</i>	99
Figura 49	<i>Imagen de pulidora mecánica de un solo disco</i>	99
Figura 50	<i>Imagen de planchas de acero ASTM A36</i>	100
Figura 51	<i>Composición química del electrodo Nazca PLUS 6011</i>	101
Figura 52	<i>Composición química del electrodo NAZCA PRO E7018</i>	102
Figura 53	<i>Imagen de probetas de junta a tope, traslape y en T</i>	103
Figura 54	<i>Imagen de medición de refuerzo de cordón de soldadura con calibrador</i>	116
Figura 55	<i>Imagen de kit de líquidos penetrantes visibles Cantesco</i>	116
Figura 56	<i>Imagen de Desbaste y pulido de muestras</i>	131
Figura 57	<i>Imagen de enfoque transversal de muestra X1-C</i>	140
Figura 59	<i>Imagen de la sección transversal de la muestra X2-C</i>	141
Figura 60	<i>Imagen de la localización del área efectiva de la soldadura de la muestra X2-C..</i>	141
Figura 61	<i>Imagen de la sección transversal de la muestra X3-C</i>	142
Figura 62	<i>Imagen de la localización del área efectiva de la soldadura de la muestra X3-C..</i>	142
Figura 63	<i>Imagen de la sección transversal de la muestra X4-C</i>	143

Figura 64	<i>Imagen de la localización del área efectiva de la soldadura de la muestra X4-C...</i>	143
Figura 65	<i>Imagen de la sección transversal de la muestra X5-C.....</i>	144
Figura 66	<i>Imagen de la localización del área efectiva de la soldadura de la muestra X5-C...</i>	145
Figura 67	<i>Imagen de la sección transversal de la muestra X6-C.....</i>	145
Figura 68	<i>Imagen de la localización del área efectiva de la soldadura de la muestra X6-C...</i>	146

CAPITULO I

Fundamentos de la investigación

1.1 Planteamiento del problema

El estudio y análisis de los defectos de soldadura se ha vuelto fundamental para quienes trabajan en el campo de la soldadura industrial ya que el defecto puede alterar el buen funcionamiento de las máquinas, tuberías y estructuras en las que se emplea.

La empresa Industria Metal Peña E.I.R.L encuentra discontinuidades superficiales en las uniones soldadas durante el proceso de montaje de tanques cisternas. Estas discontinuidades no se evalúan a tiempo y causan problemas en el proceso productivo, lo que resulta en costos adicionales por reparaciones y retrasos en la entrega del producto final.

El objetivo del presente proyecto de investigación tecnológica es evaluar e identificar discontinuidades en las juntas de soldadura de tanques cisternas mediante ensayos no destructivos en la empresa Industria Metal Peña E.I.R.L, lo que permite identificar defectos y optimizar su proceso de soldadura, reduciendo la ocurrencia de discontinuidades. o defectos superficiales en la fase de producción, asegurando la calidad de sus productos.

1.2 Formulación de problema

1.2.1 *Problema general*

¿En qué medida la presencia de discontinuidades en uniones soldadas de aceros ASTM A36 influirá en la calidad del cordón de soldadura?

1.2.2 *Problemas específicos*

¿Cómo afectará la velocidad de avance a la existencia de discontinuidades en relación a la calidad de la soldadura?

¿Cómo afectará el aporte de calor neto a la existencia de discontinuidades en relación a la geometría de la soldadura?

¿Cómo afectará la presencia de discontinuidades en la sección del área efectiva de la soldadura al control de calidad de la unión soldada?

¿De qué manera la pericia del soldador influirá en la aplicación de las técnicas operativas de soldadura?

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación tecnológica

El objetivo del presente estudio es investigar cómo la presencia de discontinuidades afecta la calidad de una unión soldada al utilizar END (ensayos no destructivos). La ventaja de estos ensayos es que permiten realizar pruebas sin dañar la pieza, lo que permite identificar discontinuidades y defectos en el cordón de soldadura.

1.3.2 Justificación social

Las compañías que fabrican tanques cisternas elípticas en la ciudad de Cusco, debido a la demanda del producto, carecen de control de calidad en el proceso de soldadura, que es el método fundamental de unión en la fabricación de sus productos. Esto se debe a que estos tanques están destinados al transporte de materiales peligrosos, por lo que cualquier falla en las uniones podría causar derrames de estos materiales.

1.3.3 Justificación económica

Al identificar defectos y discontinuidades en las primeras etapas de fabricación, se pueden reducir los costos de fabricación y aumentar la productividad, lo que reduce el porcentaje de productos rechazados en la inspección final.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Determinar y evaluar la influencia de discontinuidades en uniones soldadas de aceros ASTM A 36 en la calidad del cordón de soldadura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la velocidad de avance en uniones soldadas de juntas a tope, en T y traslape.
- Determinar el aporte de calor en uniones soldadas de juntas a tope, en T y traslape.
- Determinar el área efectiva de la soldadura en uniones soldadas de juntas a tope, en T y traslape.
- Evaluar las características de las técnicas operativas que se debe aplicar en las juntas a tope, en T y traslape.

1.4.3 Delimitación Espacial

El presente trabajo de investigación se realizó en la empresa Industria Metal Peña E.I.R.L., ubicado en predio rustico denominado Mz. s/n, distrito de Oropesa, provincia Quispicanchis, región Cusco.

1.4.4 Delimitación Temporal

El desarrollo del proyecto de investigación se hará en un tiempo aproximado de 10 meses.

CAPITULO II

Marco Teórico

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes Nacionales

(Peralta, 2018), en la tesis *Aplicación y evaluación de las principales discontinuidades en las uniones soldadas con END (líquidos penetrantes) en los tanques de envejecimiento en el proyecto de Reforzamiento de los anillos superiores en la planta concentradora Cuajone-SPCC* de la Universidad Nacional de San Agustín. El objetivo del estudio fue demostrar la aplicación adecuada de los ensayos no destructivos (END) del uso de tintes penetrantes en los tanques de envejecimiento para la planta concentradora Cuajone, ya que esta es la mejor opción para detectar defectos. Su método de estudio fue experimental, por lo que se realizó una cantidad específica de ensayos en campo para luego analizar las imperfecciones en cada tanque de envejecimiento, las cuales fueron medidas y comparadas con el uso de tintes.

(Baldarrago, 2015), titulada *Inspección visual y líquidos penetrantes en uniones soldadas*, de la Universidad Nacional San Agustín El objetivo es inspeccionar los cordones de soldadura mediante ensayos de inspección visual y líquidos penetrantes no destructivos. El presente trabajo justifica el desarrollo, la especificación y el procedimiento de inspección de las uniones soldadas, la inspección visual y la corroboración posterior con líquidos penetrantes para determinar o establecer los criterios de aceptación de acuerdo con la norma ASME sección quinta en las estructuras soldadas que soportarán un esfuerzo. En este estudio, se emplearon líquidos penetrantes del tipo visibles de remoción con solvente.

Este método resultó ser muy práctico y de gran confiabilidad porque se pudo aplicar con un bajo grado de dificultad en el campo, el cual permitió obtener resultados de gran calidad acerca de la integridad de las uniones soldadas.

2.1.2 Antecedentes Internacionales

(Niño, 2020), cuyo tema es *Determinación, interpretación y evaluación de discontinuidades en juntas soldadas de estructuras metálicas por ensayos no destructivos basado en el código AWS D1.1* de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito objetivo principal se centra en el método basado en el código AWS D1.1 para detectar, interpretar y evaluar discontinuidades en juntas soldadas de estructuras metálicas mediante ensayos no destructivos como inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas y ultrasonido. La metodología de estudio fue descriptiva porque estos métodos son aplicables para detectar discontinuidades superficiales e internas en las juntas soldadas. Además, la investigación fue explicativa para realizar y comprender los fenómenos y estudiar sus relaciones, conocer su estructura y los elementos que intervienen en la dinámica de los ensayos no destructivos. Se utilizó la metodología experimental para estudiar las relaciones de causalidad con la confiabilidad de las variables independientes. La realización de los ensayos no destructivos, aseguro la aceptabilidad del producto terminado donde se verifico que las uniones soldadas han sido realizadas de forma correcta y adecuada reduciendo la posibilidad de presencia de fisuras o grietas.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *Tanque cisterna*

El tanque cisterna es un depósito especial dedicado al transporte, normalmente de sección cilíndrica o elipsoidal de eje horizontal con casquetes o fondos abombados en sus extremos y provisto de válvulas, conducciones, dispositivos de carga y descarga. (Cabezón, 2014)

Para la fabricación de los tanques, se aplican normas y control de calidad de acuerdo a los requerimientos que demanda el transporte de líquidos, aumentando su capacidad de carga y garantizando el transporte del producto a contener.

Entre estos se destacan por su mayor uso los de agua para riego y trasvase, los de transportes de combustibles líquidos como gasolina, gas licuado de petróleo y otros.

2.2.1.1 Principales componentes de tanque cisterna

- Chasis fabricado
- Escalera posterior o frontal para ingreso de bocas de carguío
- Tapas externas de carguío de aluminio anti chispas
- Parrilla de protección superior anti vuelque
- Caja de herramientas
- Soporte de llanta de auxilio
- Caja de extintor
- Luces traseras y laterales led, de acuerdo a normas internacionales.

2.2.2 Clasificación de cisternas

2.2.2.1 Tipos de cisternas según su uso

En la figura 1, se observa la clasificación de cisternas según su uso.

Figura 1

Clasificación de cisternas según su uso



Nota: Adaptado de Cámara de transporte automotor de mercancías y residuos peligrosos

2.2.2.2 Tipos de cisterna según su estructura

- Camión cisterna
- Remolque cisterna
- Semirremolque cisterna
- Contenedor cisterna (Macheño, 2012)

En la figura 2 se representa gráficamente las cisternas clasificadas según su estructura.

Figura 2*Tipos de cisternas según su estructura*

Nota: Adaptado de Cámara de transporte automotor de mercancías y residuos peligrosos

2.2.2.3 Tipos de cisterna según sus formas de secciones y tapas

a) Cilindro elíptico con tapas elípticas cóncavas (ver figura 3)

Ventajas

- Permite almacenar de 3 a 5 diferentes sustancias líquidas.
- La geometría elíptica del tanque disminuye el momento de vuelco.
- Posee alta estabilidad en curvas y caminos irregulares. (Macheño, 2012)

Desventajas

- Tapas de diseño y fabricación complejas.
- Presenta capacidad volumétrica media.
- Soportan presiones medias.

Figura 3

Tanque cisterna elíptico cóncavo



Nota: Adaptado de Cámara de transporte automotor de mercancías y residuos peligrosos.

b) Cilindro elíptico con tapa plana (ver figura 4)

Ventajas

- La geometría del tanque disminuye el momento de vuelco.
- Facilidad de diseño y construcción de las tapas.
- Bajo costo de fabricación.
- Excelente estabilidad para el transporte de sustancias líquidas. (Macheño, 2012)

Desventajas

- La geometría de las tapas genera concentración de esfuerzos en las soldaduras con la envoltura.
- La capacidad volumétrica de las tapas es nula.
- El diseño no es muy atractivo.

Figura 4

Tanque cisterna elíptico con tapa plana



Nota: Adaptado de Cámara de transporte automotor de mercancías y residuos peligrosos.

2.2.3 Materiales de fabricación

2.2.3.1 Aceros estructurales

El término “acero estructural” se refiere a los elementos de acero que componen la estructura, indispensable para soportar las cargas de diseño, perfiles de diversas formas. (Arguelles, 2005)

Las normas aprobadas por la ASTM para planchas y perfiles laminados en caliente son A36, A529, A572, A242, A588, A709, A514, A852, A913 y A992. (Oxgasa, 2001)

a) Ventajas:

- Ductilidad y Homogeneidad
- Soldabilidad
- Relación resistencia / precio
- Apto para ser cortado por llama, sin endurecimiento
- Valor elevado de la relación. (Oxgasa, 2001)

b) Aplicaciones:

Estos aceros estructurales se emplean en todo tipo de estructuras metálicas como entresijos, naves industriales y puentes ya que su firmeza consigue una gran eficiencia estructural.

2.2.4 Acero ASTM A36

El acero ASTM A36 es conocido como acero estructural de carbono más utilizado, por su contenido de carbono, el acero estructural A36 se considera acero suave (contenido de carbono \leq 0.25%). (Arguelles, 2005)

La producción del acero se realiza de acuerdo a la especificación ASTM donde el acero A36 es una aleación de hierro (mínimo 98 %), con contenidos de carbono de máximo 0.29 % y otras pequeñas cantidades de minerales como manganeso y silicio, para mejorar su resistencia a la tracción y buena influencia en la soldadura. (Arguelles, 2005)

Es el acero más comúnmente utilizado para la construcción de estructuras como construcciones de puentes, edificios y estructuras atornilladas y/o soldadas por su fácil soldabilidad. (Arguelles, 2005)

Para la conexión de aceros estructurales ASTM A36 se utilizan sistemas de empernado o procedimientos de soldadura, este material tiene diversas formas de presentación como: perfiles, tubos y planchas estructurales.

Ventajas:

- Ductilidad y Homogeneidad
- Soldabilidad
- Relación resistencia a la tracción / precio
- Apto para ser cortado por llama, sin endurecimiento (Arguelles, 2005)

2.2.4.1 Designación ASTM A 36

Donde ASTM son las siglas en inglés para American Society of Testing Materials cuyo significado es Asociación Americana de ensayo de materiales que clasifica con prefijo de la letra A para materiales ferrosos seguido por un número arbitrario asignado de forma secuencial 36 que indica el grado del acero (límite de fluencia mínimo 36ksi). (A.W.S., 1948)

2.2.4.2 Composición química, propiedad física y mecánica del acero A36

- a) Composición química: se detalla la composición química del acero A36 en la figura 5.

Figura 5

Composición química del acero A36

	Hasta 3/4 in.	Sobre 3/4 in. hasta 1-1/2 in.	Sobre 1-1/2 in. hasta 2-1/2 in.	Sobre 2-1/2 hasta 4 in.	Sobre 4 in.
Carbono	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29
Manganeso	--	.80/1.20	.85/1.20	.85/1.20	.85/1.20
Fósforo	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Azufre	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicio	.40 máx.	.40 máx.	.15/.40	.15/.40	.15/.40
Cobre min % cuando se especifica de acero de cobre	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
* Nota: Por cada reducción de 0,01% por debajo del máximo especificado de carbono, un aumento del 0,06% de manganeso por encima de la cantidad máxima prevista será permitido, hasta el máximo de 1,35%.					

Nota: Adaptado de norma ASTM A36

- b) Propiedades físicas
- Densidad 7.85 g/cm³ (0.284 lb/in³)
- c) Propiedades mecánicas: detalladas en la figura 6 de acuerdo a la norma ASTM.

Figura 6

Propiedades mecánicas del acero A36

Resistencia a la tracción:	58,000 - 80,000 psi [400-550 MPa]
Min. Punto de fluencia:	36,000 psi [250 MPa]
Elongación en 8":	20% min
Elongación en 2":	23% min

Nota: Adaptado de norma ASTM A36

2.2.4.3 Soldabilidad del acero

La soldabilidad es la facilidad de soldadura de un material, se dice que un material tiene buena soldabilidad si se logra una unión de soldadura con suficiente resistencia, con un cierto proceso de soldadura

La soldabilidad de los aceros depende en alto grado del porcentaje de carbono que contengan, a mayor cantidad de carbono presente en la aleación se dificulta la soldadura y a menor carbono aumenta la soldabilidad del material. (Fosca, 2007)

La soldabilidad desde el punto de vista Metalúrgico busca alcanzar la continuidad metálica de la unión garantizando (Fosca, 2007) determinadas propiedades como:

- Resistencia estática
- Resistencia a la fatiga
- Resistencia a la corrosión
- Ductilidad
- Tenacidad

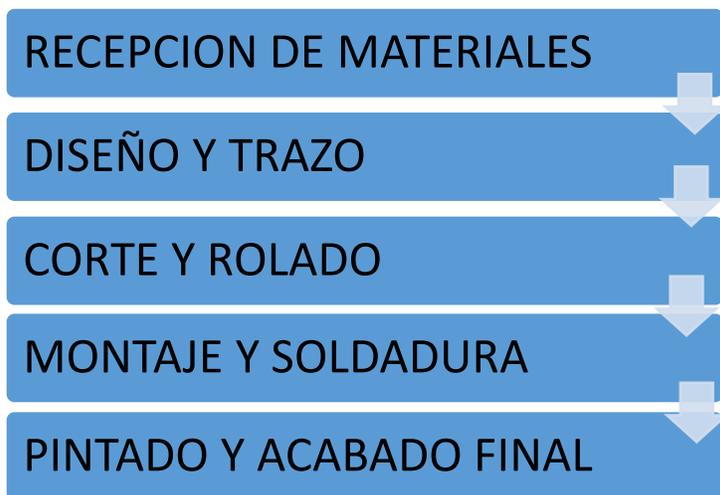
El código estructural AWS D1 .1 2000 acerca de la soldabilidad de los aceros recomienda que, bajo ciertas condiciones de espesor, éstos deberán requerir precalentamientos a fin de evitar la formación de estructuras frágiles. Esto significa que la buena soldabilidad de estos aceros no sólo dependerá de su composición química sino también del espesor a soldar. (A.W.S, 1981)

2.2.5 *Fabricación de tanque cisterna*

Para la fabricación de un tanque cisterna se realizan varias etapas secuenciales como se representa en la figura 7.

Figura 7

Flujograma de etapas de fabricación de tanque cisterna



Nota: Elaboración propia

2.2.5.1 Recepción de materiales

Todo el material recepcionado ha de contar con certificados de calidad, estos también son inspeccionados de manera visual en cuanto al estado de la superficie, dando la conformidad para la recepción de planchas de acero de certificación ASTM A36 de 1/4pulg, 3/8 pulg y 3/16 pulg. de espesor.

2.2.5.2 Diseño y trazo

Es importante este proceso para definir la forma del objeto con mayor precisión verificando los controles dimensionales y tolerancias en contraste con los planos de fabricación.

Se procede a la unión de 2 planchas de 2.40cm x 1.20 cm para la obtención de las medidas requeridas en la cual se realiza el trazo de piezas de forma elíptica para las tapas del tanque cisterna.

2.2.5.3 Corte por oxicorte

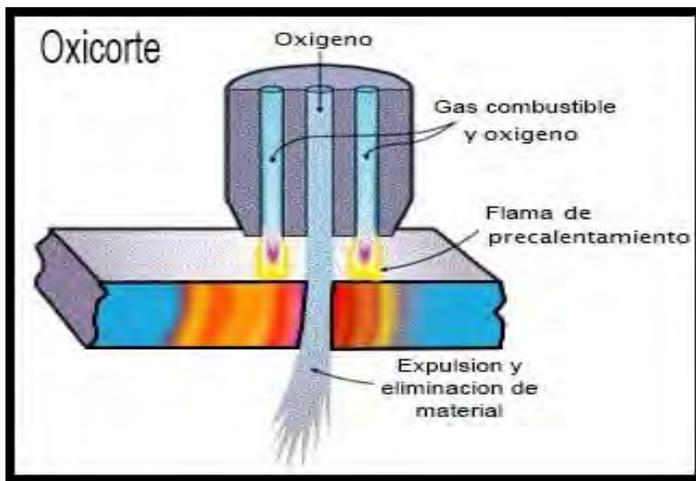
Este proceso de corte utiliza una llama de gas oxígeno para calentar el metal a una temperatura en la que se oxida o se quema rápidamente. (Benhayon, 1989) La temperatura

necesaria es conocida como la temperatura de ignición y para los aceros esta alrededor de 925°C. Una vez que se alcanzó la temperatura, se dirige un chorro de oxígeno de corte de alta presión a la superficie calentada para producir una reacción de oxidación. Este chorro de oxígeno también tiende a remover la escoria y el residuo de óxido que se produce por esta reacción de oxidación como se ilustra en la figura 8. (Benhayon, 1989)

Este proceso se aplica para el corte de tapas y rompeolas en base a las dimensiones del plano.

Figura 8

Corte por oxicorte



Nota: Adaptado de (Bueno, 2001)

2.2.5.4 Rolado

Es una técnica habitual en la producción de acero, donde una lámina, tubo, perfil o ángulo, se moldea mediante rodillos para adquirir una forma determinada. (Benhayon, 1989)

Principales tipos de rolado son:

- El rolado en caliente es un método donde el material es calentado a altas temperaturas y pasa entre rodillos para obtener placas, láminas y barras.

- Rolado en frío se realiza a temperatura ambiente, pasando el material a través de rodillos para obtener láminas, barras y alambres. (Benhayon, 1989)

Este proceso se aplica para moldear las planchas para la conformación de las paredes elípticas en la conformación de las virolas como se representa en la figura 9.

Figura 9

Imagen de la operación de rolado en frío



Nota: Adaptado de operación de rolado en frío [fotografía], por Industria Metal Peña 2023.

2.2.5.5 Montaje y soldadura del cuerpo de la cisterna

Primero viene el montaje de las puntas, luego la preparación conjunta de cada placa indicada en el plano. Todas las puntas compuestas tendrán soportes de bloqueo para evitar la distorsión de la redondez de cada punta reforzada.

Posteriormente se realiza la fijación de todos los elementos que conforman la cisterna mediante el proceso de soldadura por arco de electrodo revestido (SMAW).

2.2.5.6 Pintado y acabado

Luego pasamos a la fase de pintado de pintura epoxi y pintura de poliuretano. La pintura de poliuretano evita que los rayos UV penetren en la pintura epoxi, por lo que luce brillante y nueva. En la figura 10 se muestra el cuerpo de la cisterna pintada.

Se debe tener cuidado al aplicar pintura ya que es muy sensible al agrietamiento, por lo que se deben considerar las condiciones ambientales adecuadas para la aplicación de la pintura.

Figura 10

Imagen de cisterna elíptica pintada



Nota: Adaptado de cisterna elíptica pintada [fotografía], por Industria Metal Peña,2023

2.2.6 Soldadura

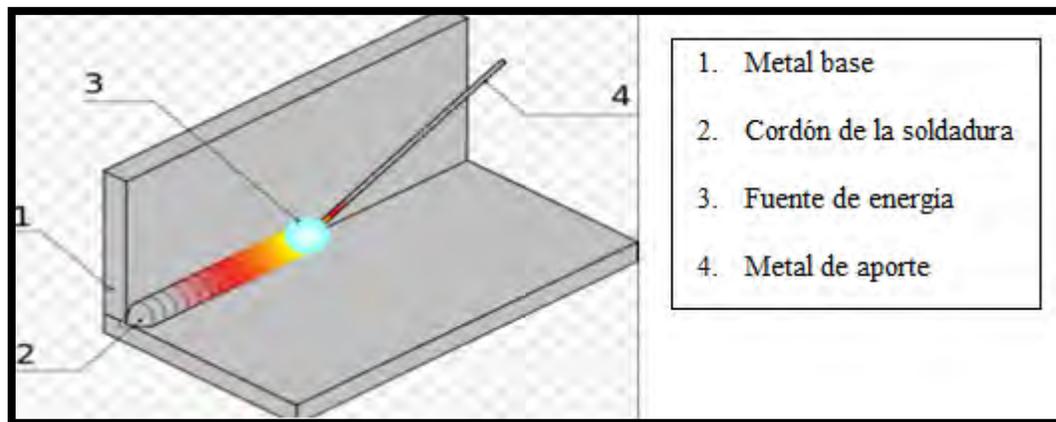
La soldadura es un proceso de fijación en donde se realiza la unión de dos o más piezas de un material (generalmente metales o termoplásticos), usualmente logrado a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas, se puede agregar un material de aporte (metal o plástico) que al fundirse forma un charco de material fundido entre las piezas a soldar (el baño de soldadura) y al enfriarse se convierte en una unión fija a la que se le denomina cordón (Horwitz, 1997).

La soldadura es la forma más común de conexión del acero estructural y consiste en unir dos piezas de acero mediante la fusión superficial de las caras a unir en presencia de calor y con o sin aporte de material agregado. (Patton, 1982) Cuando se trabaja a bajas temperaturas y con aporte de un material distinto al de las partes que se están uniendo. Las ventajas de las conexiones soldadas son lograr una mayor rigidez en las conexiones, menor costos por reducción de perforaciones, una mayor limpieza y acabado en las estructuras (Patton, 1982).

En la figura 11 se representa los componentes básicos de una unión soldada.

Figura 11

Componentes básicos de una unión soldada



Nota: Adaptado de (Patton, 1982)

2.2.6.1 El cordón de soldadura

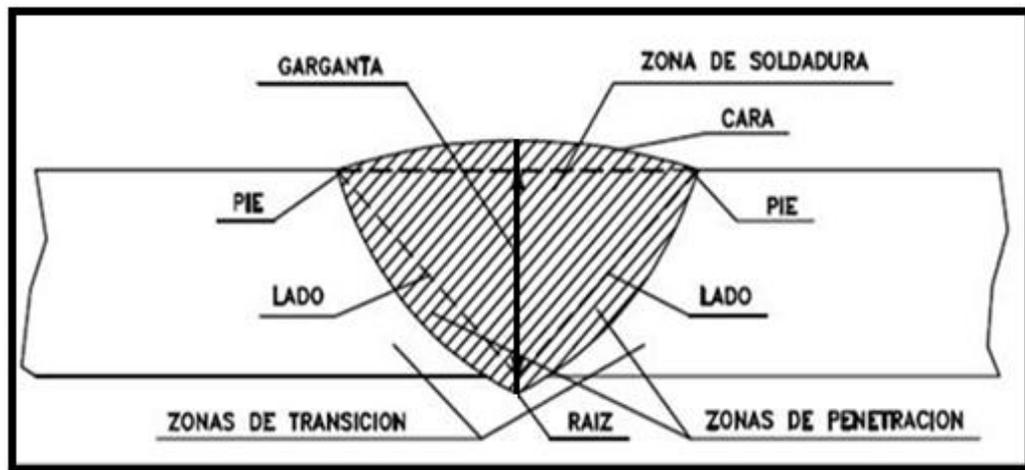
El cordón de soldadura tiene tres zonas bien diferenciadas las cuales se pueden apreciar en la figura 12 estas son:

- Zona de soldadura: Es la zona central, que está formada fundamentalmente por el metal de aportación.

- Zona de penetración: Es la parte de la pieza que se funde con el electrodo. La mayor o menor profundidad de esta zona determina la penetración de la soldadura. Las soldaduras con baja penetración suelen ser soldaduras defectuosas.
- Zona de transición: Es la más próxima a la zona de penetración. Esta zona, aunque no ha sufrido la fusión, sí ha soportado altas temperaturas, que la han proporcionado un tratamiento térmico con posibles consecuencias desfavorables, provocando tensiones internas. (Patton, 1982)

Figura 12

Cordón de la soldadura



Nota: Adaptado de (Patton, 1982)

2.2.6.2 Posiciones de soldadura

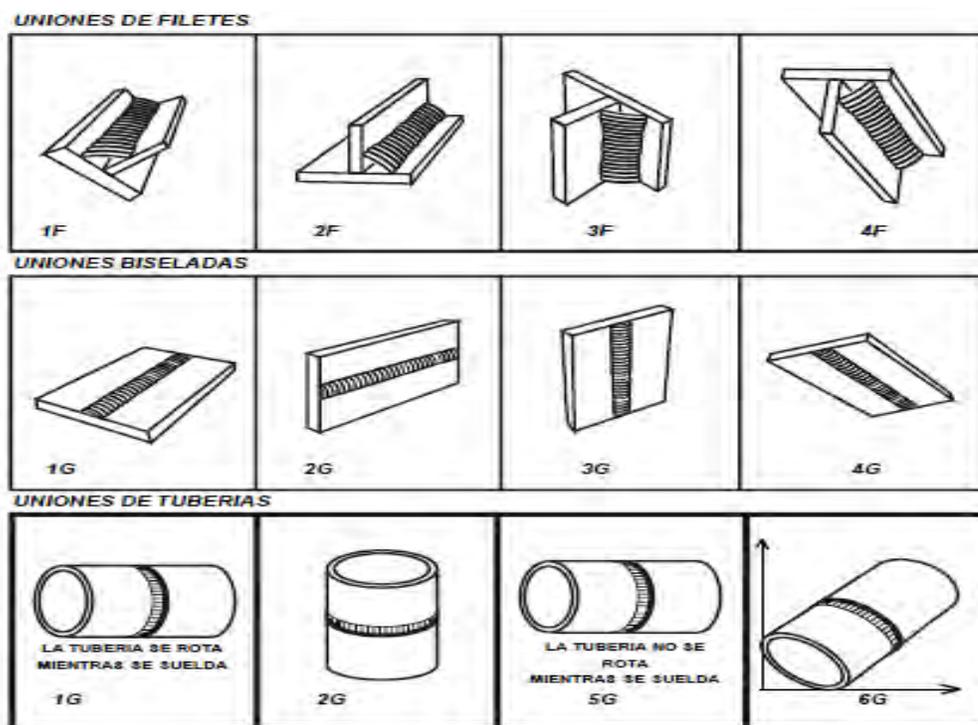
Las posiciones de soldadura típicas de acuerdo a ANSI/AWS A.3 (figura 13) son:

- Posición plana: es decir, sobre un plano horizontal. La ejecución de cordones en esta posición es más fácil y económica. (Patton, 1982)
- Posición vertical: las planchas a soldar se encuentran en posición vertical y los cordones también se ejecutan siguiendo la dirección de un eje vertical. La soldadura puede hacerse en forma ascendente y también en sentido descendente.

- Posición horizontal: las planchas están colocadas verticalmente y el cordón se ejecuta horizontalmente.
- Posición sobre cabeza: es decir, las planchas están colocadas horizontalmente y la soldadura se ejecuta por debajo. Es una posición inversa de la posición plana.

Figura 13

Posiciones de soldadura en uniones

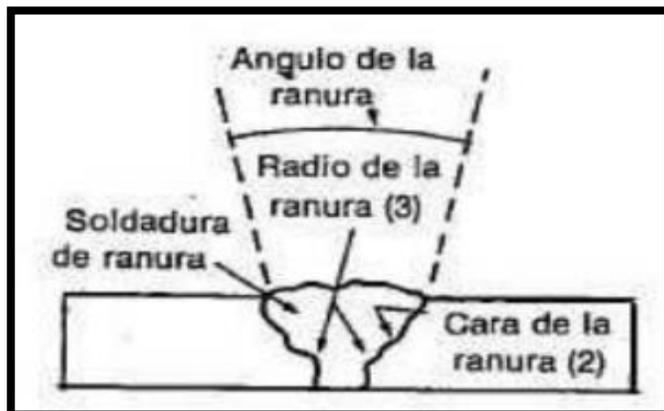


Nota: Adaptado de (Horwitz, 1997)

2.2.6.3 Tipos de soldadura

2.2.6.3.1 Soldadura de ranura

Se hacen en la ranura que queda entre dos piezas de metal como se ilustra en la figura 14. Estas soldaduras se pueden utilizar en varias combinaciones según la disponibilidad, el costo, la construcción y el tipo de proceso de soldadura utilizado.

Figura 14*Soldadura de ranura*

Nota: Adaptado de (Horwitz, 1997)

Este tipo de soldadura principalmente es empleada para uniones de ranura a tope siendo esta la más empleada en la construcción de estructuras de acero.

Los tipos de soldaduras de ranura de junta a tope se clasifican e ilustran en la tabla 1.

2.2.6.3.2 *Soldaduras de filete*

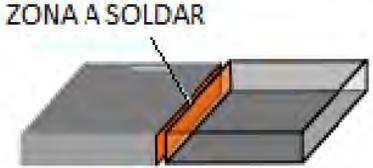
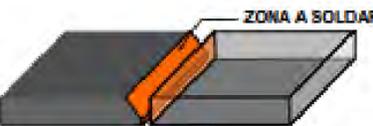
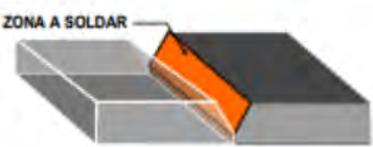
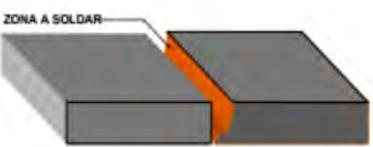
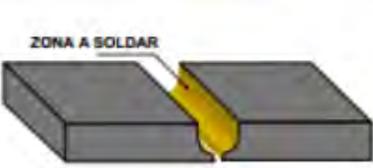
Son similares a las máquinas tragamonedas, pero son más rápidas de fabricar que las máquinas tragamonedas y, a menudo, se prefieren por razones económicas en circunstancias similares.

Aunque las costuras de doble soldadura son más fuertes que las costuras ranuradas, las costuras de una pieza a veces no son tan fuertes como las costuras ranuradas. como se muestra en la figura 15, usualmente requieren de más soldadura que las de ranura.

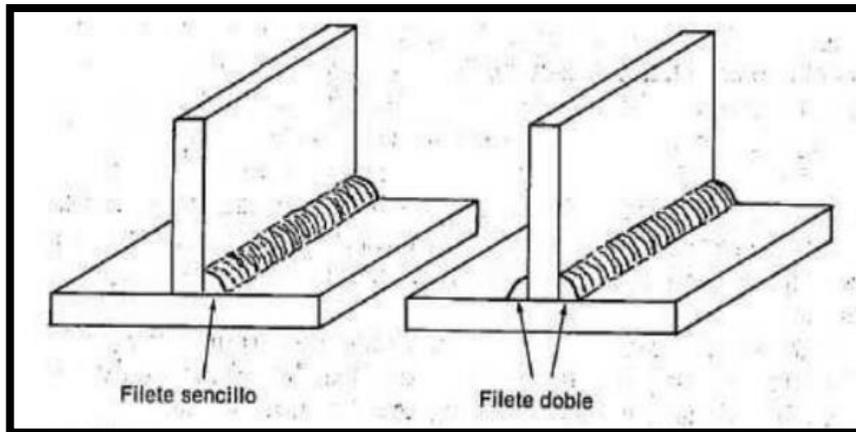
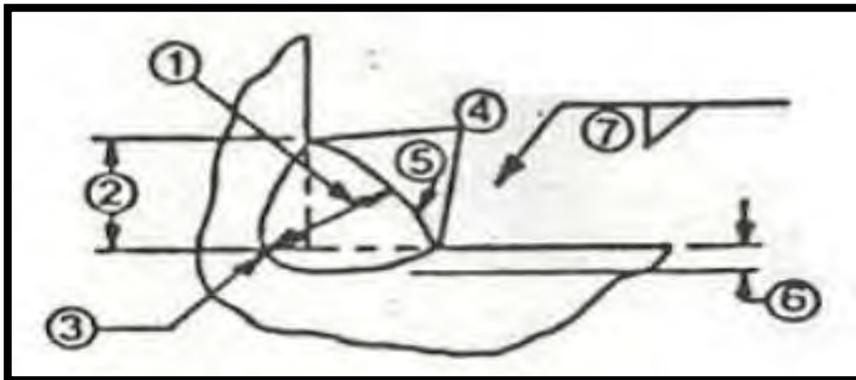
Las soldaduras de filete son más resistentes a la tracción y a la compresión que al corte, de manera que los esfuerzos determinantes son los de corte (Horwitz, 1997)

En la figura 16 se observa e identifica las secciones de una soldadura de filete.

Tabla 1*Tipos de soldaduras de ranura junta a tope*

Denominación	Modelo	Descripción
Ranura a escuadra		Para unir metales base planos. Es la aplicación más sencilla porque no requiere preparación adicional de montaje.
Ranura en bisel sencillo		Se utiliza para ahorrar soldadura. Para la unión es necesario pulir una de las superficies metálicas base a unir.
Ranura en "V"		Este es el tipo de tragamonedas más utilizado. El ángulo formado por las superficies metálicas a unir puede variar de 15 a 60°. Prepararse para esta reunión es fácil.
Ranura en "J"		Realizado según los requerimientos del proyecto de soldadura. Es muy similar a un borde simple.
Ranura en "U"		Cuando se utiliza para soldaduras especiales o cuando el metal base a unir es grueso. Reducir la cantidad de soldadura depositada.

Nota: Adaptado de (Oxgasa, 2001)

Figura 15*Soldaduras de filetes**Nota:* Adaptado de (Oxgasa, 2001)**Figura 16***Secciones de la soldadura de filete**Nota:* Adaptado de (Oxgasa, 2001)

Donde:

1. Garganta: distancia más corta de la raíz a la cara del cordón
2. Lado de filete: distancia que existe entre la raíz hacia el borde de la soldadura de filete.

3. Raíz: punto donde se interceptan los lados del metal base, en este punto inicia el depósito del cordón de soldadura
4. Pie: unión de la cara de la soldadura de filete y el metal base.
5. Cara: superficie expuesta del cordón de soldadura.
6. Altura de fusión: distancia en la que se fusiona el metal de aporte con el metal base.
7. Tamaño de soldadura: nomenclatura empleada para identificar el tamaño del lado del filete. (Oxgasa, 2001)

2.2.6.3.3 Soldadura de tapón y de agujero alargado

Se utilizan principalmente como remaches. Se utilizan para fusionar dos piezas de metal cuyos bordes no se pueden fundir por algún motivo. esta se ilustra en la figura 17.

Figura 17

Soldadura de tapón y de agujero alargado



Nota: Adaptado de (Oxgasa, 2001)

2.2.6.4 Tipos de junta de soldadura

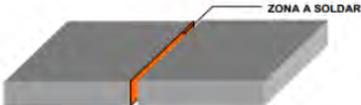
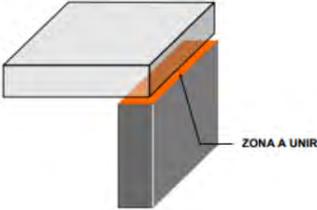
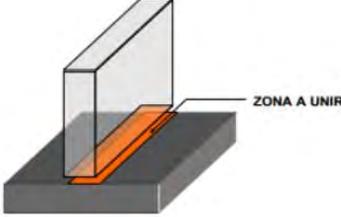
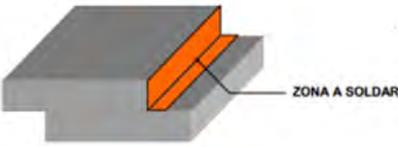
Los tipos de conexiones de perfiles y planchas por soldadura dependen de factores como el tamaño y forma de los miembros que forman la junta, el tipo de carga, la cantidad de área en la junta disponible para soldar y el costo relativo de varios tipos de soldaduras. Existen 5 tipos básicos

de juntas soldadas, aunque en la práctica se consiguen muchas variaciones y combinaciones.
(Oxgasa, 2001)

En la tabla 2 se describe e ilustran los tipos de juntas más usadas.

Tabla 2

Tipos de junta de soldadura

Denominación	Modelo	Descripción
Junta a tope		Los materiales se unen de acuerdo a su espesor. Es mínima la preparación de la junta.
Junta en esquina		Se le aplica la soldadura a la esquina formada por el metal base.
Junta en "T"		La zona a soldar es una de las caras de las piezas con el borde de la otra.
Junta a traslape		Los elementos se encuentran sobre montados, prácticamente.

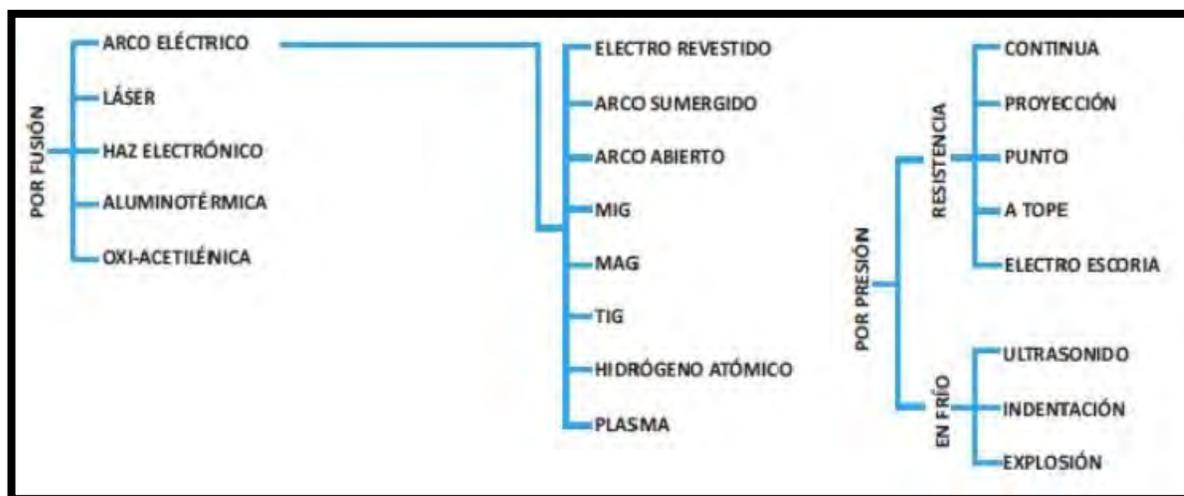
Nota: Elaboración propia adaptado de (Oxgasa, 2001)

2.2.6.5 Clasificación de procesos de soldadura

En la figura 18 se ilustra el diagrama de clasificación general de los procesos de soldadura.

Figura 18

Clasificación de procesos de soldadura



Nota: Adaptado de (Soldexa, 2012)

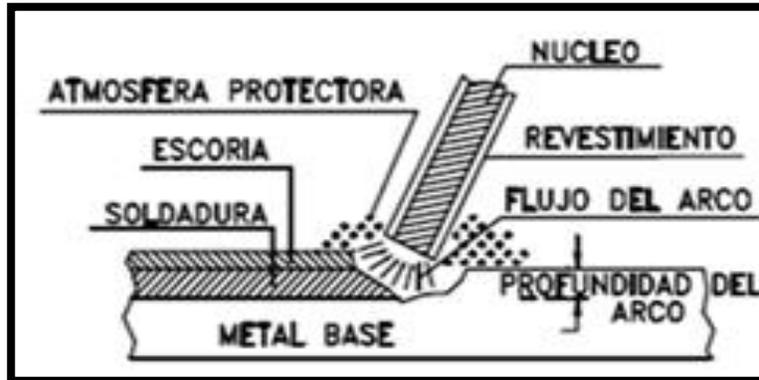
2.2.7 Proceso de soldadura SMAW

Es el proceso eléctrico de utilización más amplia. Cuando el fundente se calienta, se vaporiza y forma una barrera protectora alrededor del arco y la soldadura. El gas protector impide que el oxígeno y el nitrógeno del aire formen con el metal soldado óxidos y nitruros debilitadores. (Horwitz, 1997)

El revestimiento del electrodo suele estar compuesto por óxidos minerales, carbonatos, silicatos o diversos compuestos orgánicos. La función del recubrimiento es proteger el gas del metal fundido, mediante la formación de escoria, producir antioxidantes, proporcionar agentes aleantes, facilita el inicio del arco y su estabilidad, determina la forma del cordón y su penetración, establece la posición de soldadura, transmite mayor o menor calor y determina la viscosidad y fusión de la escoria, como se representa en la figura 19. (Patton, 1982)

Figura 19

Proceso de soldadura por arco eléctrico revestido



Nota: Adaptado de (Patton, 1982)

2.2.7.1 Ventajas y desventajas del proceso SMAW

a) Ventajas

- Equipos sencillos y de bajo costo.
- Se aplica en cualquier posición de soldeo
- La variación de posiciones, tipos de metales y espesores de metales son altos.
- Buena penetración.
- Aplicable en espesores de 3 a 38 mm. (Patton, 1982)

b) Desventajas

- Es un proceso discontinuo debido a la corta longitud del material de aporte.
- Se necesita de gran habilidad del soldador para un cordón de soldadura aceptable.
- El cordón puede tener inclusiones de escoria.
- Gran aporte de calor.
- Por cada electrodo, se debe desperdiciar una longitud mínima de 5 cm.
- Es un proceso lento. (Patton, 1982)

2.2.7.2 Parámetros de soldeo

2.2.7.2.1 *Diámetro del electrodo*

En general, se tenderá a seleccionar el mayor diámetro posible en función del espesor del material a soldar, la posición y el tipo de unión, que son los parámetros de los que depende la selección del diámetro del electrodo.

Para soldar materiales gruesos y soldar en posiciones planas, elija un electrodo con un diámetro mayor.

Cuando se suelda en posiciones de soldadura horizontal, vertical y aérea, el baño fundido tiende a caer bajo la influencia de la gravedad, por lo que cuanto más difícil es mantener el baño fundido en su lugar, mayor es su volumen, es decir, mayor es su diámetro. Electrodo de menor diámetro.

Al soldar con soldaduras múltiples, el cordón de la raíz debe realizarse con un electrodo de pequeño diámetro para acercar el arco lo más posible al fondo de la unión y asegurar una buena penetración.

La producción de calor depende directamente de la intensidad, el voltaje del arco y la velocidad de movimiento, los parámetros dependen del diámetro del electrodo, que es mayor cuanto mayor es el diámetro del electrodo. Por lo tanto, si se requiere una pequeña capacidad calorífica, se utilizan electrodos de pequeño diámetro.

En general, se deberán emplear:

- Electrodo de poco diámetro (2,2.5,3.25,4 mm) en: punteado, uniones de piezas de poco espesor, primeras pasadas, soldaduras en posición cornisa, vertical y bajo techo y cuando se requiera que el aporte térmico sea bajo.

- Electrodo de mayor diámetro: para unión de piezas de medio y grueso espesor, soldadura plana y solape.

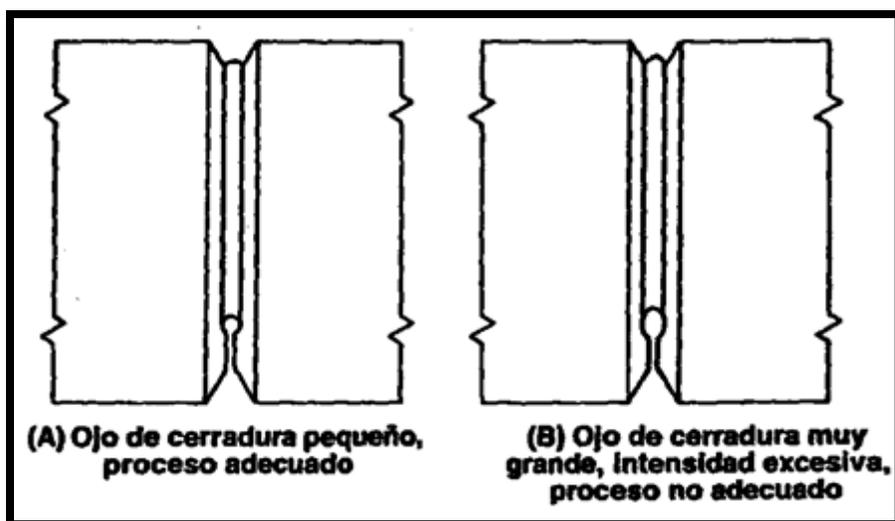
- La utilización de grandes diámetros puede dar lugar a un cordón de soldadura excesivo, innecesario y costoso económicamente, pudiendo también actuar como concentrador de tensiones debido a un perfil inadecuado (Riesco, 1994)

2.2.7.2.2 *Intensidad de soldeo*

La intensidad a utilizar depende de la posición de soldeo y del tipo de unión. Como regla práctica y general. La intensidad debe ajustarse a un nivel donde la "cavidad" del baño fundido sea visible (ver figura 20). Cuando esta cavidad, conocida como ojo de cerradura, se cierra significa que la intensidad de soldadura es demasiado baja, y cuando se vuelve demasiado grande, significa que la intensidad es demasiado alta.

Figura 20

Tamaño de la cavidad (ojo de cerradura)



Nota: Adaptado de (Riesco, 1994)

Todas las máquinas de soldar cuentan con reguladores, que permite variar el amperaje o intensidad de corriente eléctrica necesaria para soldar.

Los amperios son proporcionales al diámetro del electrodo, por lo que el fabricante especifica el rango para cada electrodo como se establece en la tabla 3.

Cada electrodo tiene una intensidad diferente dependiendo de su diámetro al que se puede utilizar. El uso de intensidades superiores a este rango provocaría mordeduras, protuberancias, mayores efectos de choque magnético e incluso grietas.

Tabla 3

Amperaje de operación según el diámetro del electrodo

Diámetro (pulg)	Diámetro en milésimas (mil)	Amperaje promedio (A)	Valor mínimo recomendado(A)	Valor máximo recomendado(A)
1/8	125	125	100	150
5/32	156	160	130	190
3/16	187	150	190	225
1/4	250	250	200	300

Nota: Elaboración propia adaptado de (Riesco, 1994)

2.2.7.2.3 Velocidad de avance

La velocidad de avance durante el soldeo debe ajustarse de tal forma que el arco adelante ligeramente el baño de fusión. A mayor velocidad, menor ancho de borde y menor penetración, menor producción de calor y más rápido se enfría la soldadura, lo que afecta a su estructura metalúrgica final y, en consecuencia, a las propiedades mecánicas finales (carga, fractura, impacto y dureza); Si se reduce la velocidad de conducción, aumenta la capacidad calorífica.

Si la velocidad es demasiado alta, se produce mordida, se dificulta la eliminación de la escoria y se favorece el atrapamiento de gas (se crean poros). Con una baja velocidad el cordón será ancho y convexo y poca penetración, debido a que el arco reside demasiado tiempo sobre el metal depositado, (efecto “colchón”), en vez de concentrarse sobre el metal base. (Riesco, 1994)

La velocidad de avance es otra variable clave que se utiliza en el cálculo del calor neto. (Ruiz, 1982)

La velocidad de avance se halla mediante la ecuación 1.

$$V_w = \frac{L_p}{t_w} \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

- V_w : velocidad de avance (mm/s)
- L_p : longitud de la placa (mm)
- t_w : tiempo de soldeo (s)

2.2.7.2.4 Longitud de arco

La longitud del arco es la distancia entre la punta del electrodo y el metal que se está soldando. La longitud del arco utilizado depende del tipo de electrodo, su diámetro, posición de soldadura e intensidad. En general debe ser igual al diámetro del electrodo, a menos que se utilice un electrodo de tipo básico, que debe ser la mitad de su diámetro.

La tarjeta debe mantenerse siempre igual para evitar fluctuaciones en el voltaje y la intensidad de la corriente y, por tanto, una penetración desigual. Un arco demasiado corto puede ser errático y producir cortocircuitos durante la transferencia de metal, un arco demasiado largo perderá direccionalidad e intensidad, además el gas y el fundente generados por el revestimiento no son tan eficaces para la protección del arco y del metal de soldadura, por lo que se puede

producir porosidad y contaminación del metal de soldadura con oxígeno e hidrógeno. (Riesco, 1994)

2.2.7.2.5 *Aporte de calor neto*

El aporte de calor neto durante un proceso de soldeo es el calor aportado para realizar la soldadura; el aporte de calor neto es una variable muy importante a efectos de la calidad de la unión y podrá estar limitado cuando se realizan las soldaduras en determinados materiales (Fosca, 2007).

El aporte de calor neto depende de:

- La tensión y la intensidad de soldadura aumentan con el aporte térmico.
- La energía aportada depende de la velocidad.
- El rendimiento térmico: Cuanto mayor es el rendimiento térmico menores son las pérdidas de calor y cuanto mayor sea el rendimiento del proceso mayor será la energía neta aportada a la unión a soldar (Fosca, 2007).

El aporte de calor neto se calcula mediante la ecuación 2.

$$H_n = \frac{v \times I}{V_w} \times f \quad (\text{Ec.2})$$

Donde:

- H_n : Calor neto aportado(J/mm)
- v : Tensión eléctrica(v)
- I : Intensidad de corriente eléctrica (A)
- V_w : velocidad de avance (mm/s)
- f : Eficiencia térmica

De acuerdo a la tabla 4 se considera la eficiencia térmica para los diferentes procesos.

Tabla 4*Eficiencia térmica de los diferentes procesos*

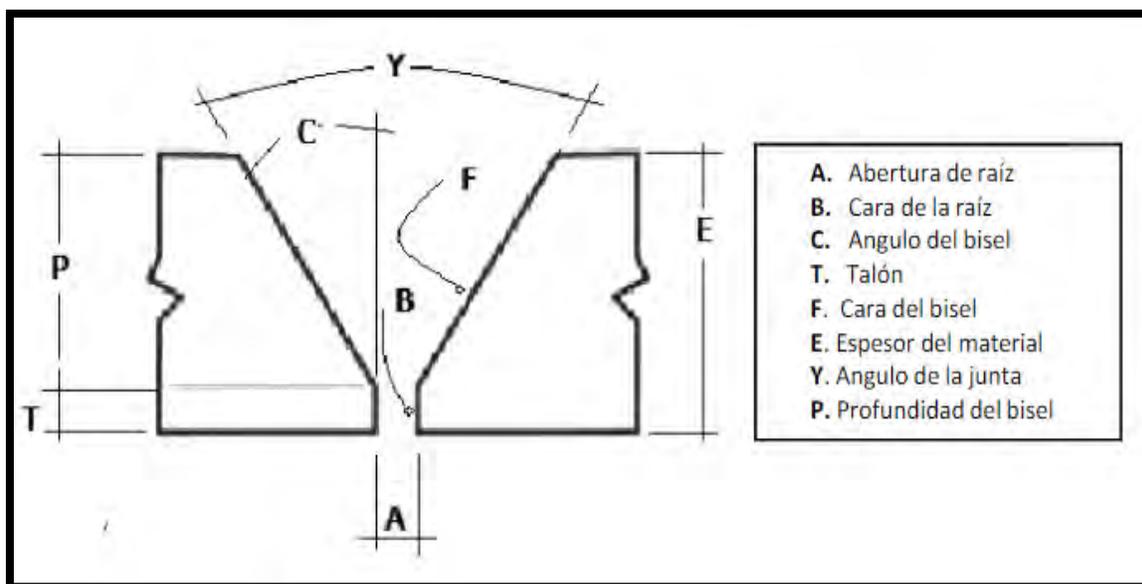
Proceso de soldadura	Rendimiento
SAW	0.9-1
SMAW	0.75-0.8
FCAW	0.70-0.8
GMAW	0.7-0.8
GTAW	0.65

Nota: Adaptado de (Fosca, 2007)**2.2.7.3 Geometría de la soldadura**

La geometría de la soldadura se refiere al espesor de la pieza, la forma, las dimensiones y el ángulo que se forma entre las piezas que se unen como se muestra gráficamente en la figura 21.

La geometría incorrecta de la soldadura se debe a las dimensiones incorrectas dadas en el cordón de soldadura como: una forma geométrica no adecuada de su perfil, espesor de garganta insuficiente debido al avance lento de la ejecución del cordón, uso de electrodo demasiado grueso y manejo inadecuado de la pinza porta electrodo. (Macheño, 2012)

Figura 21*Geometría de una junta de soldadura de ranura*



Nota: Adaptado de (Macheño, 2012)

2.2.7.4 Área efectiva de la soldadura

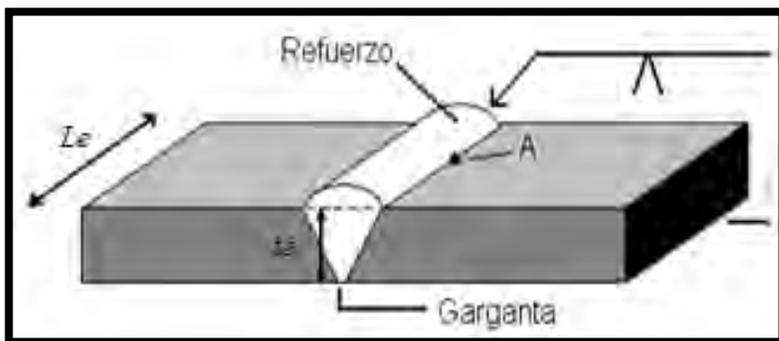
La resistencia de un cordón de soldadura se basa en el diseño del área efectiva de la soldadura, siendo el producto de la longitud de soldadura efectiva por la garganta teórica (espesor efectivo de garganta). Los tamaños del cordón de soldadura se miden por la longitud de las piernas del triángulo rectángulo más largo que puede ser inscrito dentro de la sección transversal del cordón de soldadura. (Macheño, 2012)

En la figura 22 se representa la soldadura de ranura de tipo de junta a tope biselada en la cual se identifica la dimensión del espesor efectivo de la garganta.

En la figura 23 se representa la dimensión del espesor efectivo de la garganta en relación al tipo de penetración de la soldadura.

Figura 22

Soldadura de ranura a tope con bisel en V



Nota: Adaptado de (Macheño, 2012)

a) Cálculo de área efectiva de soldaduras a tope mediante la ecuación 3

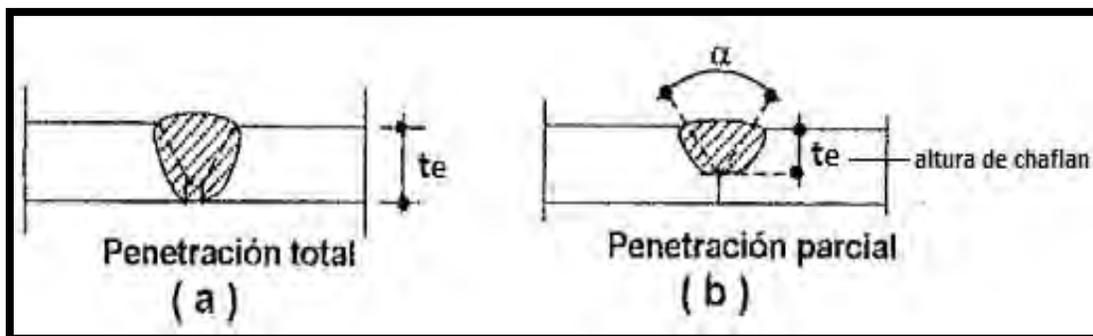
$$A_w = L_e \times t_e \quad (\text{Ec.3})$$

Donde:

- A_w : área efectiva de soldadura (mm^2)
- L_e : longitud de soldadura efectiva (ancho de la parte unida)
- t_e : espesor efectivo de la garganta (tamaño de cordón de soldadura o altura de chaflán)

Figura 23

Tipos de penetración de soldadura



Nota: Adaptado de (Fosca, 2007)

Para la determinación del espesor efectivo de garganta según el tipo de penetración se debe considerar que:

- En una penetración completa o total para determinar el espesor efectivo de la garganta t_e , se toma el espesor de la parte unida más delgada. (ver figura 23)
- En una penetración parcial para determinar el espesor efectivo de la garganta t_e , se considera según la tabla 5. (ver figura 23)

Según las especificaciones de la AWS el espesor mínimo en juntas a tope, debe cumplir:

- $t_e \leq$ al espesor de la parte unida más delgada
- En función del espesor más grueso de la parte unida se considera $t_e \geq$ valores indicados en la tabla 6.

Tabla 5

Espesor de la garganta efectiva según el proceso de soldadura

Proceso de Soldadura	Posición de Soldado	Preparación de la Junta	Espesor de Garganta Efectivo
Arco con electrodo Metálico Protegido (SMAW) o Arco Sumergido (SAW).		Juntas en V o J	Altura de chaflán
Arco con electrodo Metálico bajo protección Gaseosa (GMAW).	Todas	Bisel o junta en $V \geq 60^\circ$	
Arco con núcleo fundente (FCAW).		Bisel o en junta en $V < 60^\circ$ pero ≥ 45	Altura de chaflán menos 3mm

Nota: Elaboración propia adaptado de (A.W.S., 1948)

Tabla 6

Espesor de la garganta en función del espesor más grueso

Espesor del material Unido más Grueso (mm)	Espesor de Garganta Efectivo Mínima(mm)
Hasta 6	3
Más de 6 hasta 13	5
Más de 13 hasta 19	6
Más de 19 hasta 38	8
Más de 38 hasta 57	10
Más de 57 hasta 150	13
Más de 150	16

Nota: Elaboración propia adaptado de (A.W.S., 1948)

b) Cálculo del área efectiva de soldaduras a filete mediante la ecuación 4.

$$A_w = e_g \times l_e \quad (\text{Ec.4})$$

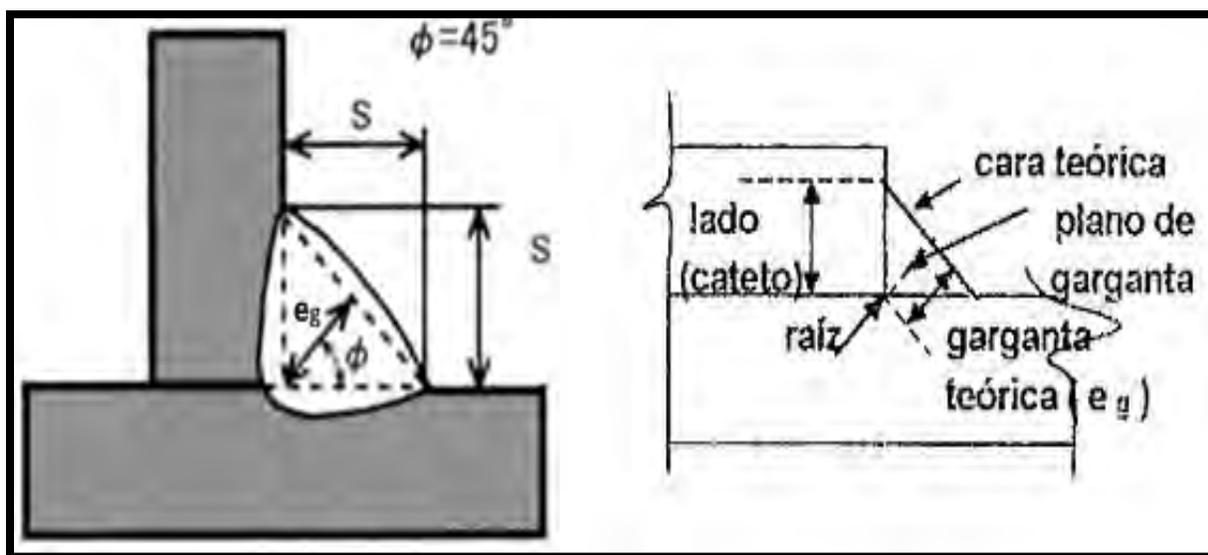
Donde:

- A_w : área efectiva de soldadura (mm^2)
- l_e : La longitud efectiva es la longitud total del eje del filete de dimensiones uniformes, incluidos los retornos.
- e_g : La distancia más corta entre la raíz y la cara teórica del filete en una sección transversal de soldadura es el espesor efectivo de la garganta.

El tamaño del cordón de soldadura determina al espesor efectivo de garganta (e_g) que es igual al producto de la longitud del lado del cateto y el $\cos 45^\circ$, en el caso donde un triángulo rectángulo isósceles sea inscrito dentro de la sección transversal del cordón de soldadura para una soldadura en ángulo convexo como se representa en la figura 24. (Macheño, 2012)

Figura 24

El tamaño del cordón de soldadura según al espesor efectivo de garganta



Nota: Adaptado de (Bueno, 2001)

-Cálculo de espesor efectivo de garganta mediante la ecuación 5 o 6.

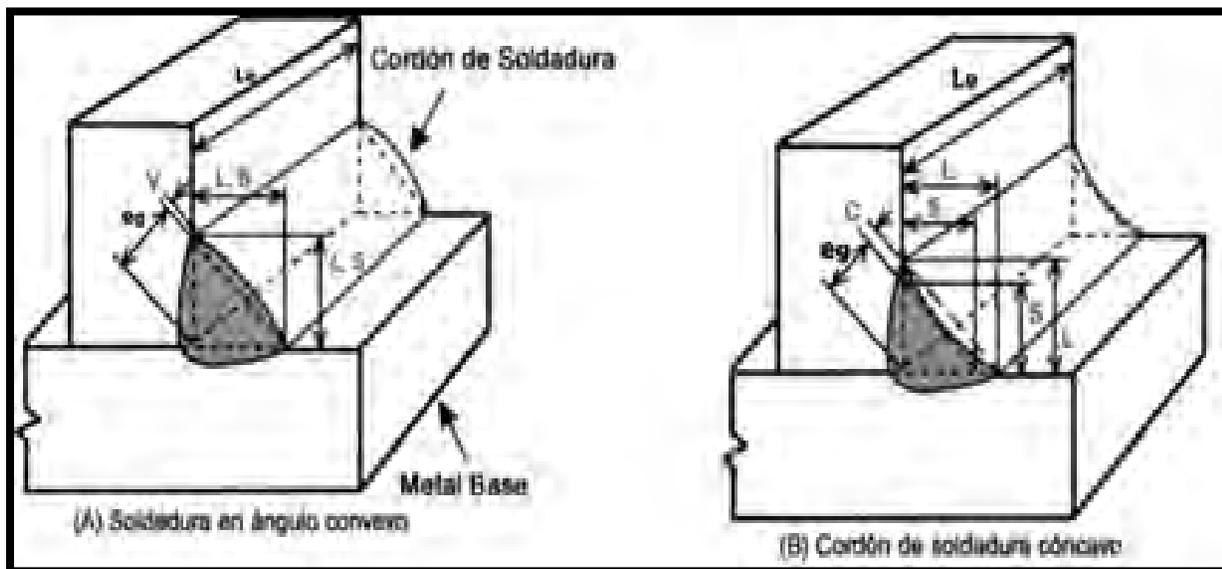
$$e_g = s \times \cos 45^\circ = 0.7s \text{ (Ec.5)}$$

$$e_g = 0.7s \text{ (Ec.6)}$$

En la figura 25 se observa gráficamente el triángulo isósceles inscrito en la sección transversal (zona gris) del cordón de soldadura que representa el área efectiva de la soldadura según la forma de cara del cordón de soldadura.

Figura 25

Área efectiva de la soldadura según la forma de cara del cordón de soldadura



Nota: Adaptado de (Bueno, 2001)

Donde:

- e_g : espesor efectivo de garganta
- L: longitud de pierna
- S: espesor nominal de soldadura
- V: convexidad
- C: concavidad
- t: espesor de la plancha

Según las especificaciones de la AWS, el tamaño máximo de las soldaduras de filete es:

- Si $t < 6 \text{ mm}$, $S_{\text{máx.}} = t$
- Si $t \geq 6 \text{ mm}$, $S_{\text{máx.}} = t - 2\text{mm}$

La tabla 7 indica los parámetros para el espesor efectivo de garganta.

Tabla 7

Tamaño nominal de la soldadura

S (mm)	e_g (mm)
4	2.83
5	3.54
6	4.24
7	4.95
8	5.66
9	6.36
10	7.07
11	7.78
12	8.48
13	9.20
14	9.90
15	10.60

Nota: Elaboración propia adaptado de (A.W.S., 1948)

2.2.7.5 Perfil del cordón de soldadura

La forma del perfil del cordón que se consigue en soldadura manual depende mucho de la pericia del soldador. Los soldadores más experimentados crean cordones más atractivos con el perfil correcto; la forma de la soldadura resultante no sólo depende de la experiencia del soldador. Por tanto, si los parámetros de soldadura no son suficientes, también pueden provocar un perfil incorrecto. (A.W.S., 1948)

El comportamiento mecánico del cordón de soldadura se ve afectado por un perfil inadecuado. En realidad, geometrías incorrectas en la creación del perfil del cordón pueden causar

concentración de tensiones, lo que reduce la capacidad resistente del cordón y lo hace agotar rápidamente por fatiga ante cargas dinámicas.

La tabla 8 indica la denominación y descripción de los perfiles aceptables y no aceptables en relación a la figura 26.

Tabla 8

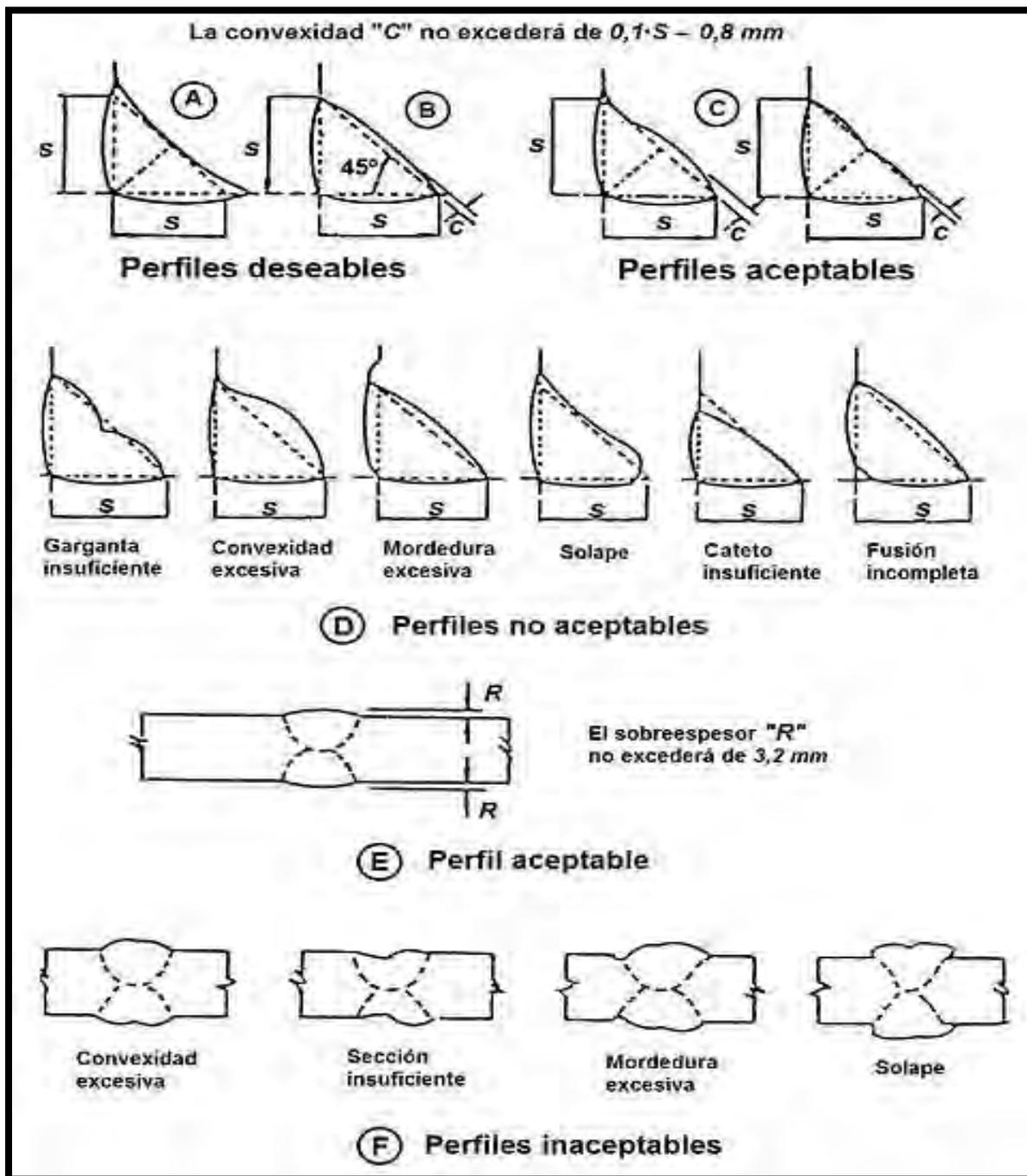
Descripción de perfiles aceptables y no aceptables

Denominación	Tipo de soldadura	Descripción
A	Filete	Perfil de cordón correctamente construido.
B	Filete	Perfil de cordón correctamente construido.
C	Filete	Perfil de cordón que no cumple con los requerimientos en su totalidad, pero son aceptables.
D	Filete	Distintos perfiles de cordón que forman parte de un defecto o discontinuidad, no son aceptables.
E	Ranura	Perfil correctamente construido que cumple con los ciertos requerimientos por lo tanto es aceptable.
F	Ranura	Distinto perfiles de cordones que forman parte de un defecto o discontinuidad, por lo tanto, no son aceptables.

Nota: Elaboración propia adaptado de (Cabezon, 2014)

Figura 26

Tipos de perfiles de los cordones de soldadura



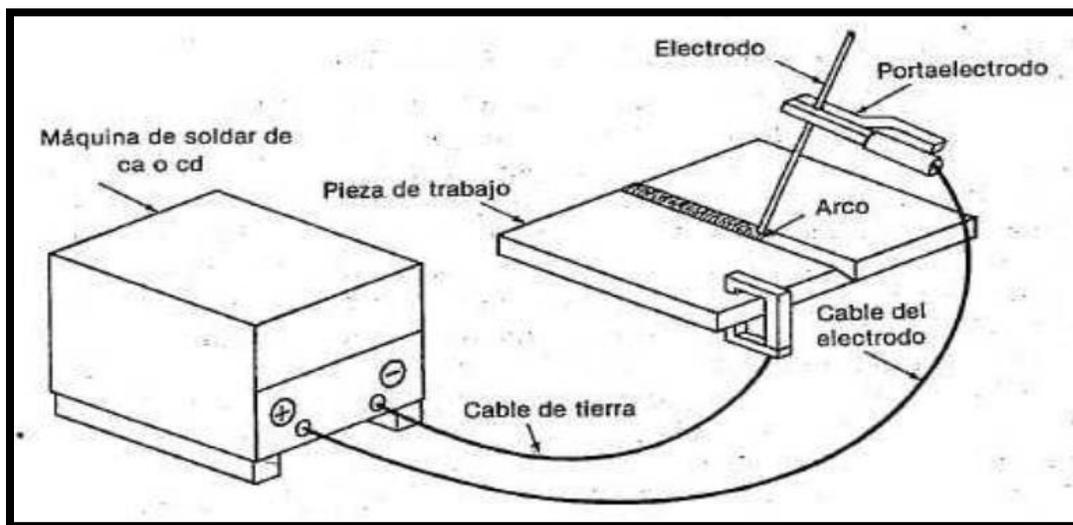
Nota: Adaptado de (Cabezon, 2014)

2.2.7.6 Equipo de soldadura SMAW

La figura 27 ilustra los elementos básicos que requiere un equipo de soldadura de arco revestido.

Figura 27

Elementos básicos para soldadura de arco revestido



Nota: Adaptado de (Horwitz, 1997)

2.2.7.6.1 Máquina de soldar

Son máquinas eléctricas, de las cuales se exige además de la suficiente potencia las características favorables y necesarias para el fácil encendido y mantenimiento del arco eléctrico; características que son indispensables para una buena soldadura. Una vez iniciado el arco debe permitir una conversión automática e instantánea del voltaje en vacío a un voltaje de trabajo que permita mantener el arco también debe permitir la regulación de la intensidad de corriente necesario para soldar ese amperaje varía según el diámetro, espesor de la pieza, posición de soldeo, diámetro de electrodo y condiciones de trabajo. (Bueno, 2001)

2.2.7.6.2 Electrodo

Los electrodos están compuestos por varias funciones que ayudan a desarrollar el proceso de soldadura de acuerdo al tipo de electrodo ayudando a:

- Proveer un gas de protección del metal de aporte y evitar la contaminación atmosférica.

- Sirven como una forma de agregar elementos de aleación que mejoran las propiedades mecánicas del metal de aporte.
- Se produce un manto de escoria durante el proceso que protege al material de aporte depositado del aire.

La Tabla 9 muestra los principales tipos de revestimiento de electrodos, con el porcentaje aproximado de nitrógeno absorbido por soldadura y el volumen de hidrógeno absorbido por 100 gramos de metal depositado.

Los diámetros en milímetros más comunes de los electrodos son 2, 2,5, 3,25,4, 5, 6,3, 8, 10 y 12.

La elección del diámetro del electrodo depende del espesor del cordón de soldadura que requiere depositar, siendo la intensidad de corriente necesaria función de este diámetro (Bueno, 2001).

Tabla 9

Principales tipos de revestimiento de los electrodos

Tipo de revestimiento	Porcentaje de nitrógeno	Volumen de H por 10 g/cm³
Acido	0.034	9.0
Básico	0.15	2.5
Celulósico	0.028	15.0
Oxidante	0.035	1.5
Rutilo	0.025	12.0

Nota: Elaboración propia adaptado de (Bueno, 2001)

La siguiente designación para electrodos revestidos se utiliza en la especificación AWS A5.1 para los electrodos para soldadura de aceros al carbono como se representa en la figura 28.

Figura 28

Nomenclatura de electrodos



Nota: Adaptado de (Bueno, 2001)

Donde:

- La letra E se refiere a electrodo.
- Los dos (2) primeros dígitos se refieren a la resistencia a la tracción del metal depositado en miles de libras por pulgada cuadrada, o sea: E 60 XX, quiere decir que es un electrodo revestido que produce un metal depositado del cual cada pulgada de sección soporta por lo menos 60.000 Lb., de tensión. (Bueno, 2001)
- El tercer dígito puede ser un uno (1) o un dos (2) o un cuatro (4). Este número se refiere a las posiciones en que se puede aplicar el electrodo. Cuando es uno (1) quiere decir que el electrodo opera en todas las posiciones, cuando es dos (2) puede trabajar en posición plana y filetes horizontales, cuando es (4) puede trabajar en ranuras y filetes solo posición plana. (Bueno, 2001)

- Los últimos dos dígitos tomados juntos, indican el tipo de corriente con el cuál puede ser utilizado y el tipo de revestimiento como se muestra en la siguiente figura (Bueno, 2001).

La A W.S. y la A.S.M.E. son las máximas autoridades en el mundo de la soldadura que dictan las normas de clasificación de los electrodos para soldadura eléctrica que son más reconocidas internacionalmente. (Bueno, 2001)

A continuación, se adjunta una tabla interpretativa como se representa en la figura 29 para la clasificación de electrodos, según la norma AWS.

Figura 29

Clasificación de electrodos según la AWS

Clasificación AWS	Tipo de Revestimiento	Posiciones de Trabajo	Tipo de Corriente
ELECTRODOS SERIE E 60			
E 6010	Alta celulosa y sodio	P-V-SC-H	CD-EP
E 6011	Alta celulosa y potasio	P-V-SC-H	CA-CD: EP
E 6012	Alto óxido de titanio y sodio	P-V-SC-H	CA-CD: EN
E 6013	Alto óxido de titanio y potasio	P-V-SC-H	CA-CD: Cualquier polaridad
E 6020	Alto óxido de hierro	FH	CA-CD: EN
E 6022	Alto óxido de hierro	P	CA-CD: Cualquier polaridad
E 6027	Alto óxido de hierro y polvo de hierro	FH-P	CA-CD: EN
ELECTRODOS SERIE E 70			
E 7014	Polvo de hierro, titanio	P-V-SC-H	CA-CD: Cualquier polaridad
E 7015	Bajo hidrógeno sódico	P-V-SC-H	CD: EP
E 7016	Bajo hidrógeno potásico	P-V-SC-H	CA-CD: EP
E 7018	Bajo hidrógeno potásico, polvo de hierro	P-V-SC-H	CA-CD: EP
E 7024	Polvo de hierro, titanio	FH - P	CA-CD: Cualquier polaridad
E 7027	Alto óxido de hierro, polvo de hierro	FH - P	CA-CD: EN
E 7028	Bajo hidrógeno potásico, polvo de hierro	FH - P	CA-CD: EP
E 7048	Bajo hidrógeno potásico, polvo de hierro	P-SC-H-VB	CA-CD: EP
P: Plana	H: Horizontal	FH: Filete horizontal V: Vertical	VB: Vertical bajando SC: Sobrecabeza
		CD: Corriente directa EP: Electrodo positivo	CA: Corriente alterna EN: Electrodo Negativo

Nota: Adaptado de (A.W.S, 1981)

En la tabla 10 se muestra las propiedades mecánicas de los electrodos de serie E60 y E70.

Tabla 10

Propiedades mecánicas de los electrodos de serie E60 y E70

Número de Electrodo	Resistencia mínima (kpsi)Mpa	Resistencia de fluencia (kpsi)Mpa	Elongación(%)
E60XX	60(427)	50(345)	17-25
E70XX	70(482)	57(393)	22

Nota: Elaboración propia adaptado de (Ingemecanica, 2019)

2.2.7.6.3 Tipos de corriente

Es posible utilizar una corriente continua o alterna. El espesor del metal que se vaya a soldar y el diámetro del electrodo determinan la cantidad de corriente requerida en la salida para completar un trabajo.

- a) La corriente continua o directa: es la corriente eléctrica que fluye en una dirección constante, lo que da estabilidad a la soldadura y reduce o elimina la probabilidad de defectos.

Se tiene mayor control del calor generado sobre la pieza, que puede incluso ser regulado, debido al mayor control en la corriente, por ser directa.

- b) La corriente alterna es la variación de las cargas eléctricas en dirección y tiempo, con cambios de voltaje y corriente ocasionales. Debido a que los electrones cambian de dirección, el electrodo y el trabajo cambian de ánodo a cátodo.

La rápida inversión del flujo de corriente hace que el calor de soldadura se distribuya uniformemente tanto en la pieza de trabajo como en el electrodo, es decir la mitad en la pieza y la mitad en el electrodo. (Oerlikon, 1999)

2.2.7.7 Técnicas operativas

2.2.7.7.1 *Punteado*

El punteado que vaya a ser incorporado a la soldadura se realizará con el mismo tipo de electrodo que se vaya a utilizar en el soldeo. Una vez realizado el punteado y eliminada la capa de escoria, debe inspeccionarse cuidadosamente cada punto buscando posibles grietas o cráteres. En caso de que se detectara alguno de los defectos citados, éste se eliminará completamente.

El punto de soldadura debe tener siempre una forma cóncava (nunca convexa). En caso de que se produjese abombamiento se repasará el punto hasta dejarlo con forma cóncava, de lo contrario podrían formarse grietas. (Riesco, 1994)

Si la longitud de la pieza a soldar es larga, el punteado comienza en el centro de la pieza. En las cruces y esquinas, los últimos puntos deben darse como mínimo a 200mm. (Riesco, 1994)

2.2.7.7.2 *Ejecución de soldeo*

Durante el soldeo el soldador deberá mantener la longitud del arco lo más constante posible, moviendo uniformemente el electrodo hacia la pieza según se vaya fundiendo. Al mismo tiempo, el electrodo se mueve uniformemente en la dirección del soldeo a lo largo de la unión.

Las especificaciones del procedimiento y el tipo de cordón determinarán si se utilizan cordones rectos o con balanceo. En general las primeras pasadas se hacen con cordones rectos (menos cuando la separación en la raíz es muy grande). (Riesco, 1994)

2.2.7.7.3 *Interrupción del arco*

Nunca se debe interrumpir el arco de forma brusca, ya que pueden producirse grietas y poros en el cráter del cordón.

El arco puede interrumpirse por medio de cualquiera de las diferentes técnicas posibles:

- Acortar el arco de forma rápida, y a continuación mover el electrodo lateralmente fuera del cráter. Esta técnica se emplea cuando se va a reemplazar el electrodo ya consumido, continuando el soldeo a partir del cráter. (Riesco, 1994)
- Detener el movimiento de avance del electrodo y permitir el llenado del cráter, retirándose a continuación el electrodo. (Riesco, 1994)
- Dar al electrodo una inclinación contraria a la que llevaba y se retrocede, sobre el mismo el cordón, unos 10 ó 12 mm, antes de interrumpir el arco: de esta forma se rellena el cráter. (Riesco, 1994)

2.2.7.7.4 *Empalmes de los cordones de soldadura*

Deben realizarse de forma cuidadosa, para evitar fisuras e inclusiones de escoria., se rellena el cráter y se evita la porosidad y las inclusiones de escoria.

Secuencia de realización correcta de empalmes:

1. Se debe picar y limpiar la escoria del cráter final del cordón debiendo eliminarse el cráter o, en su caso, prepararse mediante esmerilado.
2. El nuevo electrodo debe colocarse unos 10 mm por encima del cráter del cordón anterior.
3. Después de comenzar el arco, retroceder hacia el cráter del cordón anterior y refundir el mismo.
4. Rellene el cráter y continúe soldando como de costumbre.

Para que los metales se unan correctamente y sin defectos, es necesario limpiar los cordones de soldadura. Antes de realizar la siguiente pasada de soldadura, se realiza el retiro de escoria.

Se debe eliminar la escoria, especialmente en las áreas cercanas a las caras del chaflán, donde puede quedar ocluida, usando una esmeriladora si fuera necesario. Antes de colocar el siguiente cordón, se debe quitar cualquier exceso de espesor del cordón. Al finalizar la unión deben quitarse, además de la escoria, las proyecciones más pronunciadas y cepillar totalmente la unión soldada. (Riesco, 1994)

2.2.8 *Calidad de la soldadura*

La calidad de soldadura es una expresión cuyo significado depende del uso final que se dé a la soldadura. Las buenas soldaduras son las que cumplen con los requisitos de aspecto y que a la vez se comportan de acuerdo con lo previsto hasta que son retiradas del servicio por decisión del usuario. (Cabezón, 2014)

La elección del nivel de calidad para cualquier aplicación debe tener en cuenta las consideraciones de diseño, estados tensionales, condiciones de servicio, consecuencias del fallo, así como también influyen los factores económicos. (Cabezón, 2014)

2.2.9 *Discontinuidades y defectos de soldadura*

Los metales base y las juntas soldadas suelen tener imperfecciones que pueden comprometer la integridad y seguridad del dispositivo o la estructura metálica. Estas imperfecciones se denominan discontinuidades que pueden presentarse en las uniones soldadas, son evaluadas de acuerdo a normas que establecen los criterios de aceptación.

La discontinuidad es una falta de homogeneidad o interrupción en la estructura física normal de un material, también puede ser una deficiencia en la configuración física de una pieza, parte o componente. (Cabezón, 2014)

Defecto: Una discontinuidad cuya dimensión, forma, orientación o localización excede los criterios de aceptación establecidos o que podría causar que el material o equipo falle cuando sea

puesto en servicio o durante su funcionamiento. No todas las discontinuidades son necesariamente defectos porque pueden no afectar el funcionamiento de la pieza en la cual se encuentran (Cabezón, 2014).

Según (Cabezón, 2014) Las causas de estos defectos pueden ser la falta de:

- La preparación, disposición o limpieza de las piezas que se van a unir
- Ejecución de la soldadura.
- Soldabilidad del metal base.
- Elección de los consumibles (gases, metal de aporte).

2.2.9.1 Tipo de discontinuidad de acuerdo a su origen

- Discontinuidades inherentes: son aquellas que se forman durante la solidificación del metal fundido. Estas discontinuidades están directamente relacionadas con la calidad, tipo de aleación del metal, forma del vaciado y la solidificación del metal.
- Discontinuidades de servicio: son las discontinuidades que se generan por las diferentes condiciones del servicio al que se sujeta la pieza, pudiendo tratarse de esfuerzos de tensión o compresión, corrosión, fatiga o fricción. (Cabezón, 2014)
- Discontinuidades de proceso: Las discontinuidades de proceso incluyen procesos como la máquina, el tratamiento térmico y el recubrimiento metálico, conformado en caliente (forja, extrusión, rolado), conformado en frío (doblado, prensado, extruido) y soldadura.

2.2.10 Discontinuidades internas de la soldadura

Este tipo de discontinuidades están presentes dentro del cordón de soldadura y no se pueden detectar visualmente.

2.2.10.1 Grietas o fracturas

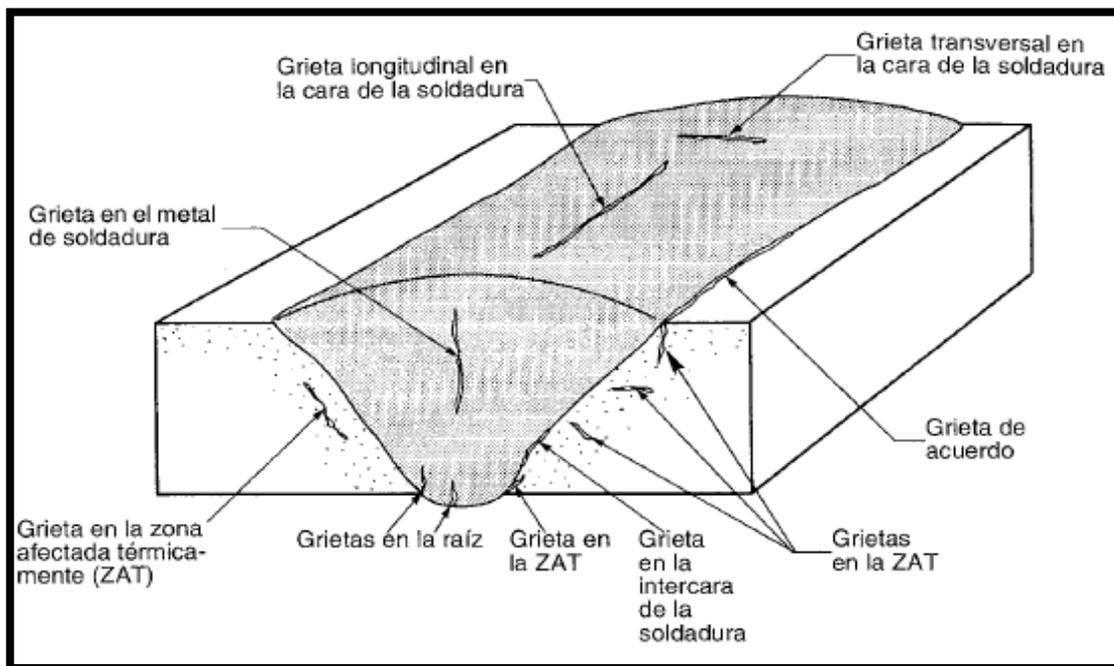
Una vez que la construcción soldada se somete a la carga para la que fue diseñada, la grieta se expande y provoca una rotura catastrófica. como se representa en la figura 30.

Según (Cabezón, 2014) las fracturas o grietas pueden estar localizadas en:

- El metal base.
- La zona afectada térmicamente.
- La zona de unión entre zona afectada térmicamente y cordón de soldadura, es decir en el acuerdo de la soldadura.
- El cordón de soldadura.
- El cráter de soldadura

Figura 30

Presencia de grietas en la soldadura



Nota: Adaptado de (Cabezón, 2014)

Según (Cabezón, 2014) estas pueden ser causadas por:

- Soldar con excesiva intensidad.
- La soldadura se enfría rápidamente.
- La presencia de tensiones residuales en el metal base como resultado de procesos de fabricación anteriores.
- Mala secuencia de soldeo que provoque excesivas tensiones y deformaciones.
- El inadecuado e insuficiente material de aportación (electrodos, varillas, alambres o gases de protección).
- Metal base de mala soldabilidad.
- Finalizar el cordón de soldadura retirando el electrodo de forma rápida y brusca.

Existen varias formas de evitar las grietas o fracturas. La primera y más económica es la de precalentar adecuadamente el material para evitar los cambios bruscos de temperatura; ajustar las características eléctricas o corregir las técnicas de operación para mejorar las propiedades de la unión soldada; Usar electrodos de bajo hidrogeno (Cabezón, 2014).

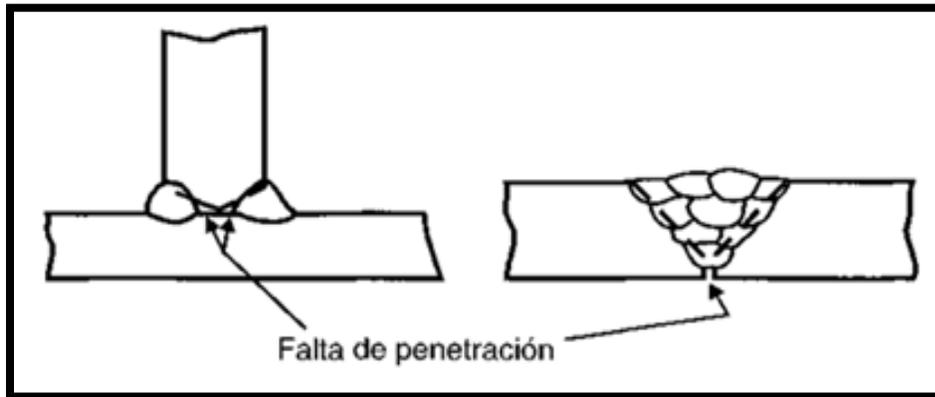
2.2.10.2 Falta de penetración

Se produce cuando el arco eléctrico no logra fundir uno o los dos lados de la cara de la raíz. cómo se representa en la figura 31.

La penetración incompleta puede presentarse en ranuras soldadas por uno o por ambos lados e indeseable cuando la raíz de la soldadura va a estar sujeta a esfuerzos de tensión o dobléz, ya que las áreas no fundidas permiten la concentración de esfuerzos que podrían causar una fractura sin deformación apreciable (Cabezón, 2014).

Figura 31

Falta de penetración en soldaduras



CC Nota: Adaptado de (Cabezón, 2014)

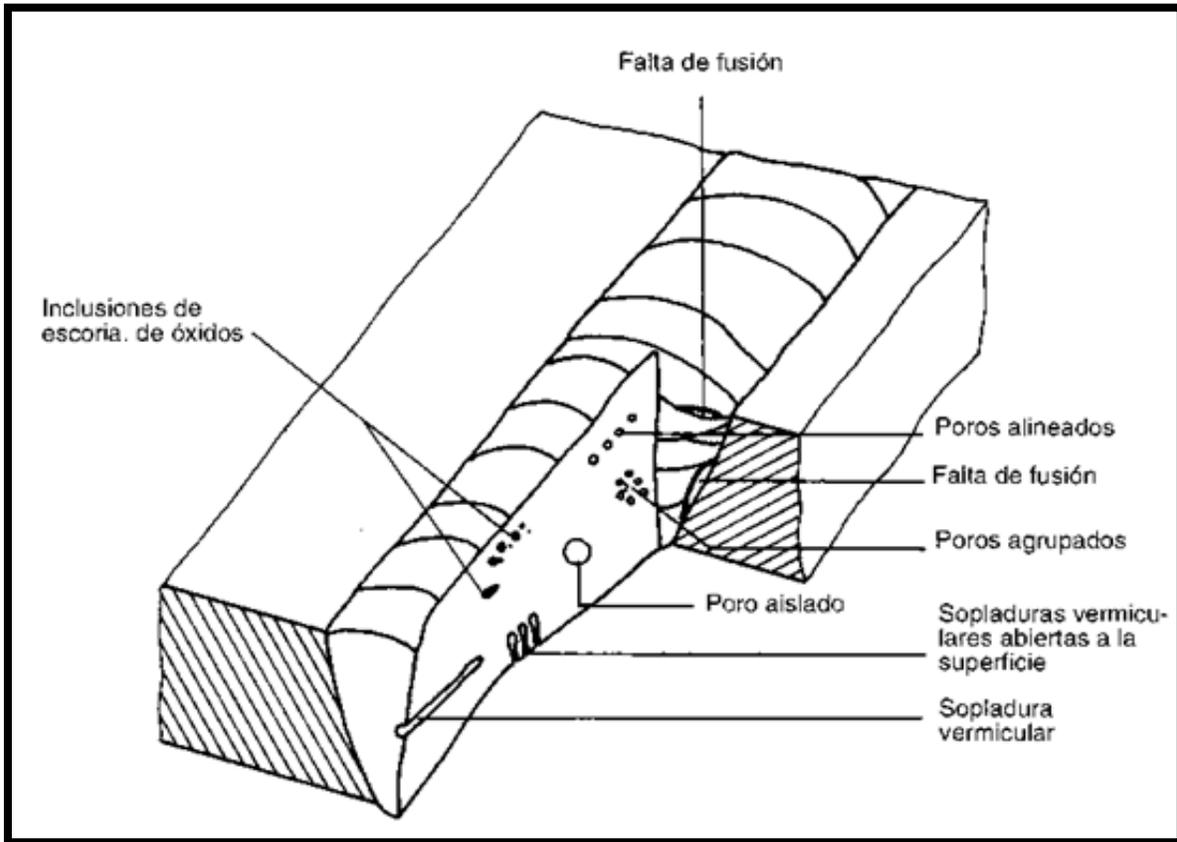
Según (Cabezón, 2014) las causas más probables son:

- Baja intensidad de soldeo.
- Excesiva velocidad de soldeo.
- Separación en la raíz muy pequeña, ángulo del bisel demasiado pequeño o talón de la raíz muy grande.
- Electrodo de diámetro demasiado grande.
- Desalineamiento entre las piezas.

2.2.10.3 Inclusiones de escoria

Es material sólido no metálico que queda atrapado en el metal de soldadura o entre el metal de soldadura y el metal base. (Cabezón, 2014)

En la figura 32 se muestra las inclusiones de escoria de óxidos en la zona interna del cordón de soldadura así mismo los diferentes defectos internos que se presenta en una unión soldada.

Figura 32*Defectos internos de una soldadura*

Nota: Adaptado de (Cabezon, 2014)

Según (Cabezon, 2014) estas inclusiones pueden ser causadas por:

- Mala preparación de la unión: poca separación entre las chapas o bisel con ángulo pequeño.
- Falta de limpieza de la escoria, sobre todo al realizar soldaduras de varias pasadas.
- Inclinación incorrecta del electrodo o inadecuado balanceo de éste.
- Arco demasiado largo.
- Protección deficiente del baño de soldadura, que favorece la aparición de óxidos.

Para evitar la presencia de inclusiones de escoria se debe preparar adecuadamente la junta, corregir los contornos que pudieran dificultar el acceso completo del arco, evitar ángulos de ranura muy cerrados y asegurar la remoción completa de escoria antes de depositar el siguiente cordón (Cabezón, 2014).

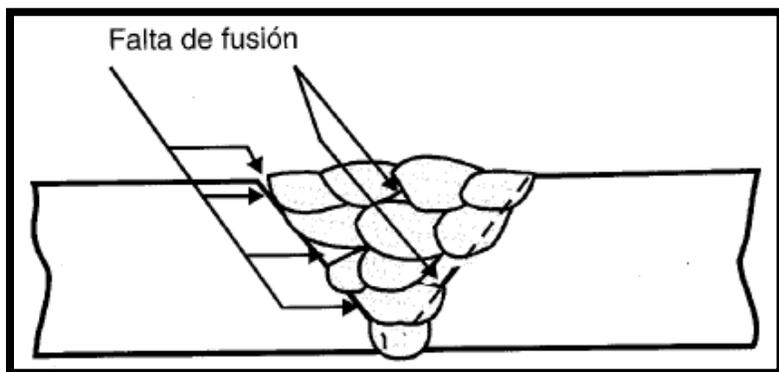
2.2.10.4 Falta de fusión

Es la ausencia de una unión entre el metal base y el metal depositado, o entre dos cordones de metal depositado. Por lo tanto, se produce una adhesión en lugar de una verdadera unión.

Este es un defecto muy peligroso y por tanto normalmente no es aceptado, cuando se acepta sus dimensiones serán muy pequeñas como se muestra en la figura 33. (Cabezón, 2014).

Figura 33

Falta de fusión



Nota: Adaptado de (Riesco, 1994)

Según (Riesco, 1994) las causas más probables son:

- Arco demasiado largo.
- Intensidad baja.
- Excesiva velocidad de desplazamiento.

- Defectuosa preparación de bordes, por ejemplo, bisel con ángulo muy pequeño, una separación muy pequeña entre las chapas a unir o existencias de una desalineación entre las piezas.
- Posición del electrodo incorrecta, no centrada con respecto a los bordes de la unión.

2.2.11 Discontinuidades en la estructura y propiedades de juntas soldadas.

Otras condiciones y discontinuidades relacionadas con las propiedades, la estructura y el aspecto tienen un impacto negativo en las juntas soldadas. A continuación, se describe brevemente las imperfecciones de este tipo (Cabezón, 2014).

2.2.11.1 Golpes de arco

Son discontinuidades que se producen intencional o accidentalmente, cuando se establece el arco eléctrico entre la pieza de trabajo y el electrodo fuera del área de metal de soldadura permanente. (Cabezón, 2014) Consiste en pequeñas áreas localizadas del metal fundido y térmicamente afectado o en cambios del contorno superficial de cualquier objeto mecánico sobre el que se inició o desplazó el arco fuera de las áreas a fundir durante la soldadura. (Cabezón, 2014)

Los golpes de arco son indeseables y con frecuencia no son aceptables, ya que pueden originar fracturas de las partes que los contienen particularmente si son de aceros de media o alta aleación. (Cabezón, 2014) La mayoría de las normas requiere que las áreas con golpe de arcos sean removidas y que su eliminación efectiva sea verificada (Cabezón, 2014).

2.2.11.2 Salpicaduras o chisporroteo

Son partículas metálicas expulsadas durante la soldadura y que no forma parte de junta. Por definición, las salpicaduras son partículas lanzadas lejos de los metales base y de soldadura, pero algunas de estas se adhieren al metal base contiguo. (Cabezón, 2014) Por lo general las

salpicaduras no se consideran un problema serio a menos de que su presencia interfiera con las operaciones posteriores, particularmente con la ejecución de exámenes no destructivos, o afecte la utilidad o la apariencia de la parte o componente (Cabezón, 2014).

Se produce por:

- Excesiva intensidad de soldeo
- Material de aporte en malas condiciones (húmedo, sucio, dañado)
- Destreza del soldador y posición de la soldadura

2.2.12 Discontinuidades superficiales

Son aquéllas que afectan a la forma final del cordón de soldadura, bien en su superficie o en su sección transversal. Se debe tener en cuenta que una soldadura no es mejor cuanto mayor sea, sino cuanto más se parezca a la especificada y cuanto más suavemente realice la transición entre las dos piezas a unir. (Cabezón, 2014)

2.2.12.1 Mordedura

Es una falta de metal en forma de surco de longitud variable, en cualquiera de los bordes de un cordón de soldadura, pudiendo aparecer entre la soldadura y el metal base o entre dos cordones. (Cabezón, 2014) como se representa en la figura 34.

Este defecto es tanto más grave cuanto mayor es su profundidad, se admiten las mordeduras poco profundas normalmente inferiores a 0,5 mm (Cabezón, 2014).

Según (Cabezón, 2014) las causas más probables:

- Electrodo con diámetro excesivo, mayor requerido al diseño
- Excesiva intensidad de soldeo.
- Posición incorrecta del electrodo.
- Velocidad de avance del electrodo incorrecta.

Según (Cabezón, 2014) las recomendaciones para evitar este defecto son :

- Trabajar con personal calificado para efectuar la soldadura.
- Cumplir con los parámetros de soldadura.

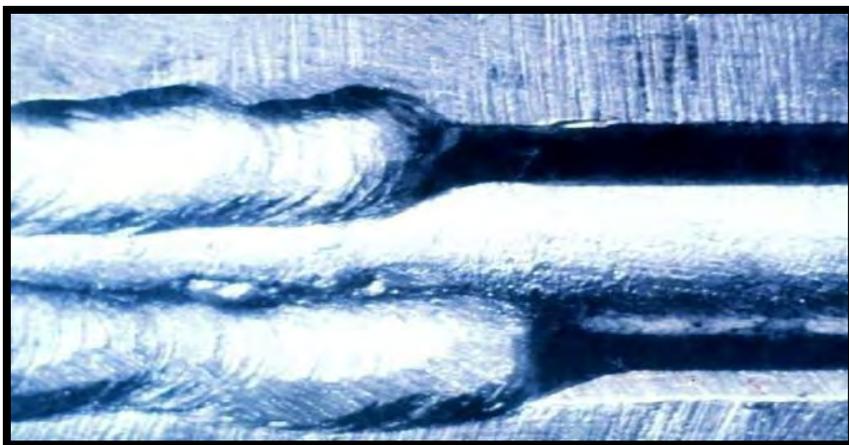
2.2.12.2 Socavado

Es la erosión provocada por el arco eléctrico y puede presentarse en la interface entre el metal de aporte y el metal de base o entre dos cordones de soldadura. (Cabezón, 2014) como se muestra gráficamente en la figura 34.

Es una discontinuidad lineal y su aceptación o rechazo dependerá de su profundidad y longitud porque crea una muesca que actúa como un concentrador de esfuerzos y reduce la sección efectiva, afectando la resistencia de la junta. Normalmente es provocado por el empleo de amperajes o voltajes altos, longitud de arco largo, también es provocado por una técnica incorrecta de soldador y la manipulación inadecuada del electrodo (Cabezón, 2014).

Figura 34

Imagen de Socavado entre metal de base y el cordón de soldadura



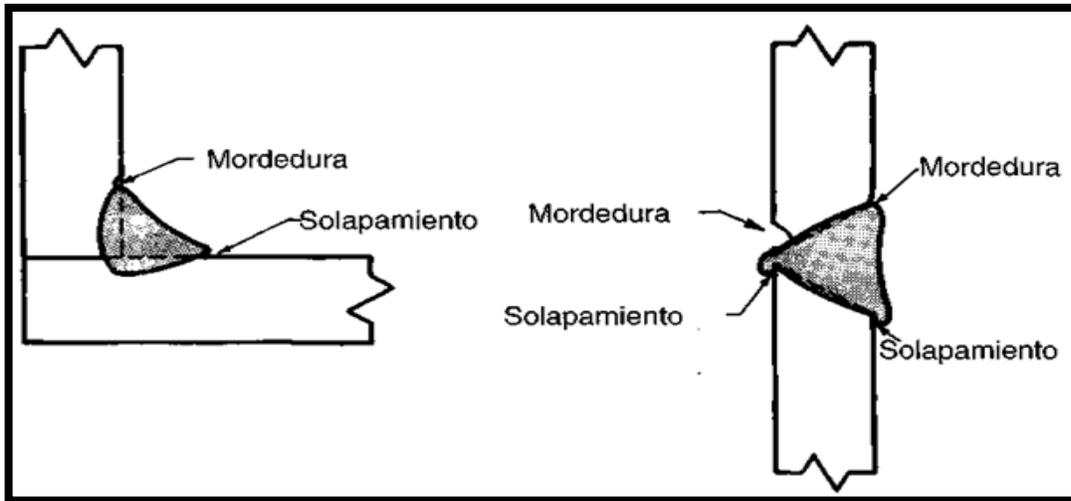
Nota: Adaptado de socavado entre metal base y cordón de soldadura [fotografía], por (Cabezón, 2014)

2.2.12.3 Solapamiento

Es el exceso de metal depositado que rebosa sobre la superficie del metal base sin fundirse con él como se representa en la figura 35. No se permite en los dos niveles más altos de calidad.

Figura 35

Mordedura y solapamiento



Nota: Adaptado de (Cabezón, 2014)

2.2.12.4 Exceso de penetración

Es un exceso de metal depositado en la raíz de una soldadura, normalmente ocurre cuando se suelda por un solo lado. El exceso de penetración en el interior de una tubería puede ser extremadamente dañino. El exceso de penetración debe ser generalmente de 1 a 2 mm no debiendo superar nunca los 3 mm (Cabezón, 2014).

Según (Cabezón, 2014) se produce por:

- Separación de los bordes excesiva.
- Intensidad demasiado elevada al depositar el cordón de raíz.
- Velocidad muy baja de soldeo.
- Diseño de unión defectuoso con preparación incorrecta del talón.

La figura 36 representa el exceso de penetración producido en una soldadura de ranura de tipo de junta a tope.

Figura 36

Exceso de penetración



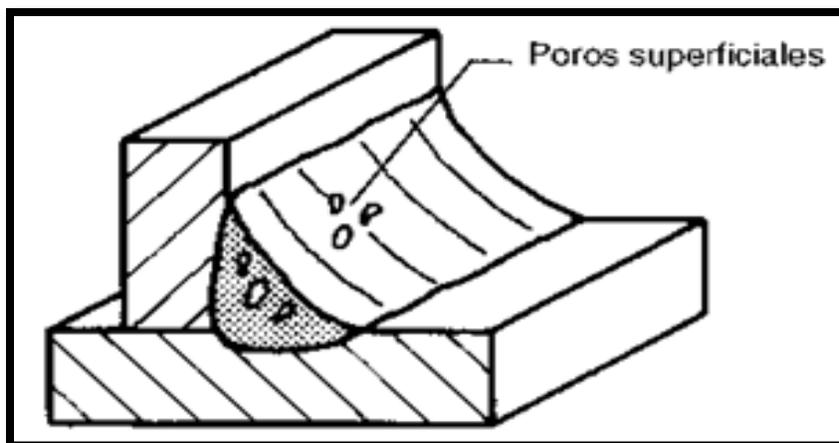
Nota: Adaptado de (Riesco, 1994)

2.2.12.5 Porosidad

Son cavidades formadas por gas atrapado durante la solidificación del metal. Los poros generalmente tienen forma más o menos esférica pero también pueden ser alargados. Debido a que no tienen bordes agudos que puedan causar concentraciones de esfuerzo, su presencia no es crítica cuando la porosidad no es excesiva o el tamaño de los poros es pequeño sin embargo si se presentan en la zona interna tienden a ser críticos como se muestra en la figura 37.

Figura 37

Presencia de poros de soldadura



Nota: Adaptado de (Riesco, 1994)

Según (Riesco, 1994) la existencia de los poros puede ser causadas por:

- Falta de limpieza en los bordes de la unión, presencia de óxidos, pintura o grasa.
- Intensidad excesiva.
- Revestimiento húmedo; emplear electrodos mal conservados, húmedos u oxidados.
- Empleo de electrodos con el extremo desprovisto de recubrimiento.
- Condiciones atmosféricas desfavorables: excesivo viento.
- Mala técnica operatoria: soldar con el arco demasiado largo o con un ángulo de desplazamiento muy grande.
- Equipo de soldeo en mal estado: fugas en el sistema de refrigeración, gases de protección con humedad, etc.

Las sopladuras y poros pueden estar agrupados, alineados o aislados; los agrupados o alineados son siempre más dañinos. También pueden ser superficiales (ver figura 37), es decir abiertos a la superficie y por tanto visibles (Cabezón, 2014).

Recomendaciones para evitar este defecto:

- La intensidad de corriente de los equipos de soldadura debe calibrarse.
- Secar los electrodos antes de utilizar si se trabaja en zonas húmedas.

2.2.12.6 Cráteres

Este tipo de defecto ocurre cuando el metal base experimenta una interrupción brusca del arco entre el electrodo y el metal base, lo que crea una especie de hondonada en el metal base como se muestra en la figura 38. Es una zona propensa a concentrar tensiones, punto en el que se pueden originar grietas.

Figura 38

Imagen de presencia de cráter en la soldadura



Nota: Adaptado de cráter en soldadura [fotografía], por (Cabezón, 2014)

2.2.12.7 Sobre espesor

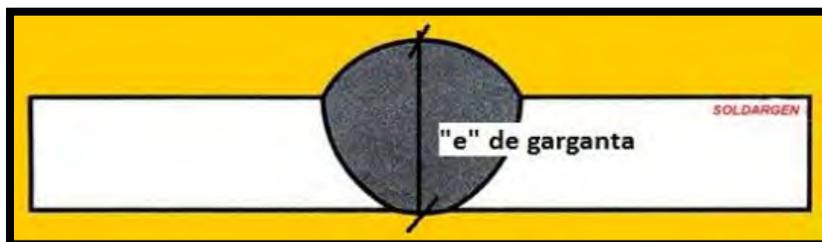
Se refiere a las dimensiones incorrectas del espesor de garganta y al sobredimensionamiento del perfil del cordón de soldadura como se representa en la figura 39.

Según (Cabezón, 2014) las causas para que exista sobredimensionamiento del cordón de soldadura:

- Realizar un número innecesario de pasadas sobre un cordón ya construido.
- Uso de electrodos con diámetros gruesos.
- Un avance en la construcción del cordón demasiado lento.

Figura 39

Sobre espesor de soldadura en la sección



Nota: Adaptado de (Cabezón, 2014)

2.2.13 Ensayos no destructivos

Conocidos por las siglas END, las pruebas no destructivas son la aplicación de métodos físicos indirectos, como es la transmisión del sonido, la opacidad al paso de la radiación, etc., cuya finalidad es verificar la sanidad o la homogeneidad de las piezas examinadas.

Estas pruebas no tienen como objetivo determinar las propiedades físicas intrínsecas de las partes (resistencia a la tensión, dureza o maleabilidad) o su composición química; además de verificar su unidad y coherencia.

Como su nombre lo indica, las pruebas no destructivas no alteran permanentemente las propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales de un materia. Por ello no inutilizan las piezas que son sometidas a los ensayos y tampoco afectan de forma permanente las propiedades de los materiales que las componen. (Ruiz, 1982)

Según (Ruiz, 1982) de acuerdo con su aplicación, se dividen en:

- Técnicas de Inspección Superficial.
- Técnicas de Inspección Volumétrica.
- Técnicas de Inspección de la Integridad o hermeticidad.

2.2.13.1 Ventajas y limitaciones

Ventajas

- Las discontinuidades en la soldadura de la estructura se pueden encontrar y corregir.
- Ayuda a mantener una soldadura de alta calidad durante el proceso de construcción.

Limitaciones

- Al evaluar los ensayos, dos o más inspectores pueden interpretarlos de forma diferente.

2.2.13.2 Técnicas de inspección de la integridad o de la hermeticidad.

Son aquéllas en la que se comprueba la capacidad de un componente o de un recipiente para contener un fluido (líquido o gaseoso) a una presión superior, igual o inferior a la atmosférica, sin que existan pérdidas apreciables de presión o de volumen del fluido de prueba en un periodo previamente establecido. (Ruiz, 1982) Se realiza empleando cualquiera de los siguientes ensayos:

- Pruebas por cambio de presión: Hidrostática o neumática
- Pruebas de fuga
- Pruebas de burbuja
- Pruebas de Espectrómetro de masas

2.2.13.3 Técnicas de inspección superficial.

Estas solo permiten evaluar la integridad superficial de un material. Por tal razón su aplicación es conveniente cuando es necesario detectar discontinuidades que están en la superficie, pudiendo estar abiertas a esta o a una profundidad no mayor de 3 mm. (Ruiz, 1982)

Las técnicas de inspección superficial se clasifican la tabla 11.

Tabla 11

Clasificación de técnicas de inspección superficial

Técnica	Siglas en inglés
Inspección Visual	VT
Líquidos Penetrantes	PT
Partículas Magnéticas	MT
Electromagnetismo	ET
Estructural (macroscópico y microscópico)	ST

Nota: elaboración propia

2.2.14 Inspección visual

Es una técnica con la que se inicia un proceso de control de calidad de soldadura, un 80% de las discontinuidades y defectos localizados son detectados con este método, simplemente con la observación se puede conocer a detalle las características de una soldadura, calificarlas y dar con las discontinuidades superficiales, con o sin el uso de herramientas que complementan esta técnica dependiendo el caso. (Ruiz, 1982)

Se emplea en cualquier etapa de un proceso productivo o durante las operaciones de mantenimiento preventivo o correctivo. (Riesco, 1994)

Para una interpretación precisa de las posibles indicaciones, se requiere una gran cantidad de información sobre las características de la pieza a examinar. Cuando se utiliza correctamente como inspección preventiva, se ha demostrado que puede identificar problemas más graves durante los pasos posteriores de producción o durante el servicio de la pieza.

Muestra las discontinuidades más grandes y generalmente señala otras que pueden detectarse de forma más precisa por otros métodos, como son líquidos penetrantes, partículas magnéticas o electromagnetismo. (Ilogsa, 2019)

2.2.15 Ensayo por líquidos penetrantes

Es empleado para detectar e indicar discontinuidades y defectos que afloran a la superficie del material examinado; solo es aplicable a defectos superficiales y materiales no porosos. Aplicar un líquido coloreado o fluorescente a la superficie a examinar hace que el líquido penetre en las discontinuidades del material debido al fenómeno de capilaridad en esta prueba. Después de cierto tiempo, se remueve el exceso de penetrante y se aplica un revelador, el cual generalmente es un polvo blanco, que absorbe el líquido que ha penetrado en las discontinuidades y sobre la capa de revelador se delinea el contorno de ésta. (Ilogsa, 2019)

2.2.15.1 Principio del método

Los líquidos penetrantes poseen la propiedad de filtrarse a través de las discontinuidades que presentan los materiales basándose en la acción capilar, siendo esta la capacidad que poseen los líquidos de ascender y descender por dos paredes cercanas entre sí. (Ilogsa, 2019)

2.2.15.2 Secuencia de aplicación del procedimiento

- Preparación, limpieza y secado de las superficies del objeto que será inspeccionado
- Aplicación del líquido penetrante a la superficie que está siendo inspeccionada, permitiendo que se introduzca en las discontinuidades superficiales. Se puede seleccionar el empleo de rociado, inmersión, brocha, etc.; debe asegurarse que el penetrante cubra totalmente la superficie. (Ilogsa, 2019)
- Remoción del exceso del líquido penetrante de la superficie inspeccionada.
- Aplicación del revelador para producir indicaciones con el penetrante atrapado en las discontinuidades.
- Inspección de la superficie para detectar indicaciones producidas.
- Limpieza posterior para remover los residuos del proceso. (Ilogsa, 2019)

2.2.15.3 Preparación superficial de la pieza

Es la parte imprescindible en el ensayo por líquidos penetrantes que la superficie de la pieza esté exenta de todo aquello que interfiera a la entrada del líquido penetrante en la discontinuidad. (Ilogsa, 2019)

Los elementos que interfieren e impiden la penetración según (Ilogsa, 2019) podemos clasificarlos en:

- Contaminantes: productos “extraños” que estén sobre la superficie a inspeccionar y sobre las grietas y dentro de las grietas.

- Irregularidades superficiales: que se forman en las operaciones de conformada abrasión, apareciendo como variaciones de relieve y textura.

2.2.15.4 Tipos de contaminantes

Los productos que están sobre la superficie a inspeccionar, sobre las grietas y dentro de las grietas se denominan. Podemos encontrarnos distintos tipos de contaminantes que se explica a continuación. (Ilogsa, 2019)

- Protectores, aceites y suciedad: interfieren en la inspección porque muchos aceites son fluorescentes, oscurecen el penetrante, dan falsas indicaciones y se introducen en las grietas impidiendo la entrada del penetrante.
- Carbonillas, barnices, manchas, óxidos, cascarillas y corrosión: interfieren en la inspección porque absorben el penetrante, dando fondos confusos, obstruyen la entrada del penetrante en la grieta, apareciendo las grietas continuas como discontinuas y alteran la mojabilidad del penetrante por lo que también alteran el tiempo de penetración.

2.2.15.5 Condiciones de la superficie

Se forman durante las operaciones de conformado o abrasión y presentan variaciones en el relieve y la textura. Podemos encontrar dos tipos de irregularidades: (Ilogsa, 2019)

- Rugosidad: cuando la superficie es rugosa, es difícil eliminar el penetrante de la superficie y el lavado no es fácil, por lo que aparecen fondos confusos sobre todo con algunos tipos de penetrantes.
- Rayado y abrasión: producen desigualdades en la superficie que interfieren en la inspección, pero el mayor inconveniente es que pueden tapan la abertura de la grieta por soplado. (Ilogsa, 2019)

2.2.16 Líquidos penetrantes

Los penetrantes son líquidos con propiedades que le permiten introducirse en pequeñas aberturas. (Ilogsa, 2019)

La aplicación de un penetrante depende prácticamente de los siguientes factores:

- La condición superficial del objeto inspeccionado
- Las características de las discontinuidades del material
- Tiempo y lugar de la inspección
- Tamaño de las piezas inspeccionadas (Ilogsa, 2019)

2.2.16.1 Principales características:

- Alta penetración en discontinuidades muy finas
- Relativamente fácil de remover de la superficie, pero no de la grieta.
- Permanecer en estado líquido y tener alta afinidad por el revelador.
- De color y/o fluorescencia muy estable y muy visible aún en pequeñas concentraciones. (Ilogsa, 2019)
- Inodoro, atóxico y con alto grado de inflamación.
- Estable ante condiciones de almacenamiento.
- Son Higroscópicos (los pigmentos que lo constituyen poseen afinidad con el agua).

2.2.16.2 Principales propiedades físicas:

- Viscosidad: es la propiedad que presentan los líquidos de oponerse al flujo, función de la temperatura y de la composición de los constituyentes del líquido. Esta propiedad no afecta a la habilidad que posee el líquido de introducirse en las discontinuidades, pero si afecta a la velocidad de penetración. (Ilogsa, 2019)

- Humectabilidad: es una propiedad física que afecta las características de penetración y de la mojabilidad de los líquidos penetrantes, controlada por el ángulo de contacto y la tensión superficial. (Ilogsa, 2019)
- Tensión Superficial: La fuerza de cohesión entre las moléculas de un líquido es la causa de la tensión superficial, propiedad que permite que un líquido humedezca la superficie de un sólido.
- Capilaridad: junto con la humectabilidad, determina el poder de penetración de un líquido a través de las discontinuidades. (Ilogsa, 2019)

2.2.16.3 Variables a tomar en cuenta para selección del penetrante:

- Sensibilidad: ya que si hace falta una alta sensibilidad (detección de fracturas muy pequeñas o cerradas), debe aplicarse un penetrante fluorescente de alta luminosidad o si se desea una sensibilidad normal, debe emplearse un penetrante contrastante visible (Ilogsa, 2019)
- Tiempo de penetración: es una variable crítica en este tipo de inspecciones.
Un tiempo muy breve no permite que la concentración del penetrante en las discontinuidades sea la óptima; por este motivo el tiempo que debe permanecer el penetrante en la superficie sujeta a inspección debe determinarse experimentalmente, aun cuando en las normas existen tiempos mínimos recomendados (Ilogsa, 2019)

El tiempo de penetración depende:

- Del tipo de penetrante
- Características del material
- Proceso de fabricación

-Tipo de discontinuidades a detectar.

Según (Ilogsa, 2019) la norma ASME Sección V Artículo 24 y ASTM 165 proporcionan una guía para la selección del tiempo de penetración en referencia a la tabla 12.

Tabla 12

Tiempo de penetración y revelado según el material

Material	Método de fabricación	Tipo de discontinuidad	Tiempo de permanencia (min)	
			Penetrante	Revelador
Aluminio.	Fundición y	Traslapes,	5	10
Magnesio, Acero, Latón y Bronce, Aleaciones de titanio y resistentes a altas temperaturas	Soldaduras Materiales conformados por Extrusión, Forjado o Laminado	Porosidad, Faltas de Fusión y Grietas Grietas	10	10
Herramientas con puntas de carburo	Todos los métodos	Grietas	5	10
Plástico	Todos los métodos	Grietas	5	10
Vidrio	Todos los métodos	Grietas	5	10
Cerámica	Todos los métodos	Grietas, Porosidad	5	10

Nota: Elaboración propia adaptado de (Ilogsa, 2019)

2.2.16.4 Clasificación de tipos de penetrantes

La tabla 13 describe la clasificación de los tipos de penetrantes según la norma ASTM E-165.

Tabla 13

Clasificación de tipos de penetrantes

Norma	Clasificación de tipos y métodos
ASTM E-165	Tipo I – Inspección con penetrante fluorescente
	Método A – Lavable con agua
	Método B – Postemulsificable lipofílico
	Método C – Removible con solvente
	Método D – Postemulsificable hidrofílico
	Tipo II – Inspección con penetrante visible
	Método A – Lavable con agua
	Método C – Removible con solvente

Nota: Elaboración propia adaptado de (Ilogsa, 2019)

2.2.16.5 Líquidos penetrantes visibles

Son tintas típicamente rojizas que presentan la sensibilidad más baja. Es un tipo de prueba no destructiva que se utiliza para encontrar e identificar discontinuidades en la superficie de los materiales examinados que pueden provocar fallas en el futuro.

El objetivo es que el líquido penetrante cubra completamente la pieza para crear una película uniforme y fina en toda la superficie. El líquido entrará en las discontinuidades durante un período de tiempo conocido como "tiempo de penetración" después de obtener esta película.

Los líquidos penetrantes visibles son visibles a la luz natural. Son tintas típicamente rojizas que presentan la sensibilidad más baja (Ilogsa, 2019).

2.2.16.5.1 *Tipos de penetrantes según el Método de remoción*

- a) Penetrante lavable con agua o auto emulsificación: el penetrante es soluble en agua, por lo que el exceso es eliminado con agua (Ilogsa, 2019).

Ventajas

- Son los más rápidos y simples de todos los procesos de inspección por penetrantes
- Son económicos.
- Son útiles para la inspección de piezas grandes.
- Permiten la inspección de superficies muy rugosas.
- No requieren el uso de luz negra. (Ilogsa, 2019)

Limitaciones

- Son los menos sensibles de todos los procesos de inspección por líquidos penetrantes
 - Se requiere de una fuente de agua
 - Las indicaciones son menos visibles que las indicaciones de penetrantes fluorescentes. (Ilogsa, 2019)
- b) Penetrante removible con solvente: este penetrante tiene una base aceitosa, por lo que no es soluble en agua. Normalmente se usa el mismo solvente en la limpieza previa y en la remoción del exceso de penetrante. Es el más indicado para inspeccionar áreas específicas de una pieza o cuando la inspección debe ser realizada en campo.

Ventajas

- Son los más portátiles
- Pueden usarse en campo y en sitio
- Son simples para usar (Ilogsa, 2019)

- Proporcionan buen contraste y sensibilidad
- No requieren el uso de luz negra
- No requieren el uso de agua. (Ilogsa, 2019)

Limitaciones

- Los materiales son muy inflamables
- Es un proceso costoso
- Son difíciles de usar en superficies rugosas
- Son usados para inspecciones de áreas limitadas
- No son buenos para la detección de discontinuidades poco profundas y anchas.
- Las indicaciones son menos visibles que las indicaciones de penetrantes fluorescentes (Ilogsa, 2019)

2.2.17 Reveladores

El propósito principal de un revelador es formar una indicación que pueda ser detectada a simple vista, para lo cual realiza cuatro funciones básicas:

- Extraer una cantidad suficiente de penetrante de la discontinuidad para formar una indicación.
- Expanda el ancho de la indicación hasta que sea visible.
- Incrementar la brillantez del tinte fluorescente.
- Incrementar el espesor de la indicación.

El primer requisito del revelador para que cumpla con las cuatro funciones es su habilidad para adherirse a la superficie, y la rugosidad de la pieza influye en la adhesión del revelador. (Ilogsa, 2019)

Características principales

- Debe ser absorbente.
- Debe ser de grano fino y la forma de su partícula deberá producir indicaciones bien definidas.
- Debe producir un buen contraste.
- Debe ser fácil de aplicar.
- Debe ser fácil de remover.
- No debe contener elementos que afecten las características de las piezas inspeccionadas.
- No debe contener elementos que afecten al operador. (Ilogsa, 2019)

2.2.17.1 Clasificación de reveladores

- Reveladores secos: Sólo se recomiendan para los líquidos fluorescentes y tienen la ventaja de dejar una capa muy fina y en algunas ocasiones, invisible; este tipo de revelador tiene la más alta resolución al formar las indicaciones. Su empleo se recomienda cuando no deben quedar residuos después de terminar la inspección.
- Reveladores en suspensión: Pueden ser del tipo acuoso o no acuoso. Están compuestos de un material sólido con un tamaño controlado de partículas, las cuales se mantienen en suspensión mediante una agitación vigorosa. (Ilogsa, 2019)
- Revelador en suspensión acuosa: Se recomienda cuando la inspección se realiza empleando penetrantes removibles con agua, pero tienen el inconveniente de que son los reveladores con la más baja resolución. Estos reveladores se pueden aplicar por inmersión, seguidos de un secado; o por rociado y secado al aire. (Ilogsa, 2019)
- Reveladores en suspensión no acuosa: Son los más empleados y tienen la ventaja de una evaporación muy rápida, lo que permite la formación de indicaciones

bastante claras y definidas. Conforme a las normas, es el revelador recomendado para los penetrantes removibles con solvente. Estos reveladores generalmente se aplican por aspersión, con lo que se obtiene una capa uniforme. (Ilogsa, 2019)

- Reveladores en solución: Generalmente son soluciones acuosas y tienen la ventaja con respecto a los reveladores en suspensión de no necesitar de una agitación continua para mantener la solución homogénea. Se aplican por inmersión o por rociado, seguido de un secado al aire o en estufas. (Ilogsa, 2019)

2.2.17.2 Selección del revelador

Las siguientes son reglas generales con respecto al uso de los reveladores según :

- Es preferible usar reveladores húmedos a usar revelador seco en superficies tersas o pulidas.
- Es preferible usar revelador seco a usar reveladores húmedos en superficies muy rugosas.
- Los reveladores húmedos son más adecuados para la inspección de altas cantidades de piezas pequeñas en serie, por la facilidad y velocidad de aplicación.
- Los reveladores húmedos no pueden usarse con confianza donde pueda acumularse, como por ejemplo en filetes agudos, porque puede enmascarar indicaciones de discontinuidades.
- Los reveladores húmedos no acuosos son los más efectivos para revelar grietas finas y profundas, pero no son adecuados para revelar discontinuidades anchas y poco profundas. (Ilogsa, 2019)

2.2.17.3 Tiempo de revelado

Es conveniente aclarar que las discontinuidades grandes formarán indicaciones casi inmediatamente, pero las discontinuidades muy finas, pequeñas o cerradas, tardarán en hacerlo; por lo cual este tiempo de revelado no debe ser menor de la mitad del tiempo de penetración. (Ilogsa, 2019)

El documento ASTM E-165 establece que los reveladores acuosos pueden durar hasta dos horas y los reveladores no acuosos hasta una hora, y recomienda que el tiempo de revelado no sea menor de diez minutos.

2.2.18 Ensayo estructural macroscópico

Este ensayo permite conocer la localización de grietas, fisuras, porosidades o rechupes y otros defectos a simple vista o con una ampliación de hasta 15 aumentos ya que los defectos son superficiales.

El ensayo macroscópico puede emplearse:

- Sobre una fractura de la pieza provocada de manera intencional en la zona de objeto de estudio.
- Sobre una sección transversal o longitudinal convenientemente pulida y atacada con reactivos según lo amerita.

La práctica de este ensayo sigue las operaciones de toma de muestras (corte), preparación mecánica (desbaste y pulido) y observación en estereoscopio.

2.2.19 Interpretación y evaluación de las indicaciones

2.2.19.1 Interpretación de indicaciones

Es el hecho de determinar qué condición está causando las indicaciones obtenidas; en otras palabras, es la acción de decidir si las indicaciones obtenidas son falsas, no relevantes o relevantes

(verdaderas de discontinuidad). En ocasiones, además, es necesario determinar qué tipo de discontinuidad ha generado la indicación. (Ilogsa, 2019)

Indicación: Es la respuesta que se obtiene al aplicar alguna prueba no destructiva, que requiere ser interpretada para determinar su significado. (Ilogsa, 2019)

Las discontinuidades en la superficie son indicadas por el sangrado del penetrante, el cual normalmente es de un rojo intenso sobre el fondo blanco del revelador. Una coloración ligeramente rosa de las indicaciones puede indicar un limpiado en exceso. Una limpieza inadecuada puede dejar un fondo excesivo que haga difícil la interpretación, una adecuada iluminación es requerida para asegurar la sensibilidad durante la inspección y evaluación de las indicaciones. (Ilogsa, 2019)

Tipos de indicaciones:

- a) Indicaciones falsas: Se presentan debido a una aplicación incorrecta de la prueba. La causa más común por la que se producen estas indicaciones es por una remoción deficiente del penetrante como (Ilogsa, 2019):
 - Penetrante en las manos del técnico
 - Contaminación del revelador
 - Pelusa con penetrante
 - Puntos de penetrante sobre la mesa de inspección
- b) Indicaciones no relevantes: Son producidas por la construcción o configuración del material y por el acabado superficial. Causan una reacción del material de la misma manera que lo haría una discontinuidad verdadera. (Ilogsa, 2019)
- c) Indicaciones relevantes (verdaderas): Son aquellas que se producen por una discontinuidad. Para determinar si una indicación es verdadera se requiere de un

conocimiento previo del proceso empleado para la fabricación del artículo o el conocimiento de su funcionamiento y las condiciones a las que ha estado sometido.

2.2.19.2 Evaluación de indicaciones

Es la acción de determinar o decidir si una indicación verdadera se acepta o se rechaza.

La evaluación se realiza basándose en un criterio de aceptación y rechazo, el cual, normalmente forma parte de los documentos que rigen y son aplicables al componente que está siendo inspeccionado. (Ilogsa, 2019)

El criterio de aceptación y rechazo considera el efecto que la discontinuidad tendrá en el servicio o funcionamiento del componente. (Ilogsa, 2019)

Si una indicación relevante es evaluada como rechazada, entonces pasa a ser considerada como defecto (Ilogsa, 2019).

2.2.20 Códigos, Normas, Especificaciones

Los códigos, normas y especificaciones son documentos que rigen y regulan actividades industriales. Los documentos que establecen lineamientos para las actividades relacionadas con la industria de la soldadura tienen el propósito de asegurar que solo se producirán bienes soldados seguros y confiables, y que las personas relacionadas con las operaciones de soldadura no estarán expuestas a peligros indebidos ni a condiciones que pudieran resultar dañinas a su salud. Todo el personal que participa en la producción de bienes soldados, ya sean diseñadores, fabricantes, proveedores de productos y servicios, personal de montaje, soldadores o inspectores, tienen la necesidad de conocer, por lo menos, las secciones particulares de las normas que aplican a sus actividades (A.W.S., 1948)

Las principales entidades que generan las normas relacionadas con la industria de la soldadura se detallan en la tabla 14.

Tabla 14*Principales entidades en la industria de soldadura*

Sociedad	Siglas	Nombre en español
American Institute of Steel Construction	AISC	Instituto Americano de Construcción de Acero
American National Standards Institute	ANSI	Instituto Nacional Americano de Normas
American Petroleum Institute	API	Instituto Americano del Petróleo
American Society of Mechanical Engineers	ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
American Welding Society	A WS	Sociedad Americana de Soldadura
The American Society for Testing and Materials	ASTM	Sociedad Americana de Pruebas y Materiales
International Organization for Standardization	ISO	Organización Internacional para la Normalización
The Society of Automotive Engineers	SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices

Nota: Elaboración propia adaptado de (Ilogsa, 2019)

2.2.20.1 Norma

El diccionario describe a la norma como algo establecido para el uso como regla o base de comparación para medir, juzgar capacidad, cantidad, contenido, alcance, calidad, etc.

Muchos tipos de documentos, como códigos y especificaciones, también se consideran normas. Algunas normas se consideran mandatorias. Una norma mandataria es precisa,

definida claramente y adecuada para su adopción como parte de una ley o regulación.
(A.W.S., 1948)

Por esto el inspector de soldadura debe hacer los juicios basados en el contenido de dichas normas. Estas normas mandatorias usan palabras como “debe” o “deberá” porque sus requerimientos no son asunto de elección. Los códigos son ejemplos de normas porque tienen estatus legal. (A.W.S., 1948)

Ejemplos:

- Normas ASTM (Sociedad Americana para Pruebas en Materiales)
- Normas Americanas ANSI (Instituto Americano de Estándares Nacionales)
- Norma AWS (Sociedad Americana de Soldadura)
- Norma UNE (Una Norma Española)

Las normas ASTM sobre ensayos no destructivos enfatizan cómo deben llevarse a cabo los procedimientos de inspección, pero dejan que el criterio de aceptación y rechazo sea decidido entre el comprador y el vendedor del servicio, de acuerdo con el componente.

La norma UNE se aplicará para vehículos cisternas para el transporte de líquidos inflamables las cuales comprende por códigos de diseño y construcción.

2.2.20.1.1 *Extracto de documento UNE-EN 13094 para fabricación de cisternas*

Los documentos indicados a continuación, en su totalidad o en parte, son normas para consulta indispensables para la aplicación de este documento. (A.W.S, 1981)

- EN 10204, Productos metálicos. Tipos de documentos de inspección.
- EN 12972, Cisternas para el transporte de mercancías peligrosas. Prueba, control y marcado de las cisternas metálicas.
- EN 14564, Cisternas para el transporte de mercancías peligrosas. Terminología.

- EN ISO 3834-1, Requisitos de calidad para el soldeo por fusión de materiales metálicos. Parte 1: Criterios para la selección del nivel apropiado de los requisitos de calidad (ISO 3834-1). (A.W.S., 1948)
- EN ISO 3834-2, Requisitos de calidad para el soldeo por fusión de materiales metálicos. Parte 2: Requisitos de calidad completos (ISO 3834-2).
- EN ISO 9606-1, Cualificación de soldadores. Soldero por fusión. Parte 1: Aceros (ISO 9606-1). (A.W.S., 1948)

2.2.20.2 Código

Es un conjunto de requisitos y condiciones, generalmente aplicables a uno o más procesos que regulan de manera integral el diseño, materiales, fabricación, construcción, montaje, instalación, inspección, pruebas, reparación, operación y mantenimiento de instalaciones, equipos, estructuras y componentes específicos (A.W.S., 1948).

Para el caso de esta investigación, su desarrollo se basará en los códigos, ANSI/AWS D1.1:2010. (A.W.S., 1948)

2.2.20.3 Código ANSI/AWS D1.1:2010 -Soldadura de Acero Estructural

Este código contiene especificaciones (requisitos) para estructuras hechas de acero al carbono y de baja aleación. Está destinado a ser utilizado en conjunto con cualquier código o especificación que ayude a diseñar y construir estructuras de acero. Quedan fuera de su alcance los recipientes y tuberías a presión, metales base de espesores menores a 1/8 Pulg (3.2 mm), metales base diferentes a los aceros al carbono y de baja aleación y los aceros con un límite de fluencia mínimo mayor a 100,000 lb/pulg² (690 MPa). (Ilogsa, 2019)

A continuación, se indican las secciones que lo componen y un resumen de los requisitos que cubren:

- Requisitos Generales: contiene la información básica sobre el alcance y limitaciones del código.
- Diseño de Conexiones Soldadas: contiene requisitos para el diseño de conexiones soldadas compuestas por perfiles tubulares y no tubulares.
- Precalificación: cubre los requisitos para poder excluir a las especificaciones de procedimiento de soldadura de las exigencias de calificación propias del código.
- Calificación: contiene los requisitos de calificación para especificaciones de procedimientos y personal (soldadores, operadores de equipo para soldar y "punteadores") de soldadura necesarios para realizar trabajos de código.
- Fabricación: cubre los requisitos para la preparación, ensamble y mano de obra de las estructuras de acero soldadas. (Ilogsa, 2019)
- Inspección: contiene los criterios para la calificación y las responsabilidades de inspectores, los criterios de aceptación para soldaduras de producción y los procedimientos estándar para realizar la inspección visual y las pruebas no destructivas. (Ilogsa, 2019)
- Reforzamiento y Reparación de Estructuras Existentes: contiene la información básica relacionada con la modificación o reparación de estructuras de acero ya existentes. (A.W.S., 1948)
- Anexos - Información Obligatoria Anexos no Obligatorios Comentarios sobre el Código de Soldadura Estructural –Acero.

El Código AWS D1.1 hace la distinción muy clara entre inspección y pruebas durante la fabricación de acuerdo a parámetros para criterios de aceptación y rechazo e inspección de verificación, siendo ésta última una prerrogativa del propietario (A.W.S., 1948)

2.2.20.4 Especificación.

Una especificación, es la descripción clara y concisa de los requisitos técnicos que conforman un procedimiento de fabricación, clasificación de los componentes de un sistema, características de un material o producto, o prestación de un servicio; Con el fin de determinar si cumple con unos requerimientos mínimos de calidad. (Ilogsa, 2019)

2.2.20.4.1 Especificaciones ASTM

Las especificaciones ASTM para materiales, ya sea que se trate de una en particular, o que ésta haga referencia a otra especificación de requisitos generales para un tipo de material o aplicación, son similares entre ellas y también a especificaciones de materiales emitidos por otras asociaciones. (A.W.S., 1948)

Los prefijos (letras) que forman parte de la designación alfanumérica de cada especificación indican de manera general el contenido de éstas: Para metales ferrosos se emplea el prefijo "A" (Especificación ASTM A36 para Acero Estructural), para metales no ferrosos se usa "B", y para materias diversas, entre las que se incluyen exámenes, pruebas y métodos analíticos, el prefijo empleado es "E". (A.W.S., 1948)

Cuando ASME adopta una especificación ASTM para cualquiera de sus aplicaciones, ya sea de manera completa y fiel o en forma revisada, le antepone una letra "S" al prefijo ASTM correspondiente. Así, la Especificación ASME SA-36 es muy parecida o idéntica a la Especificación ASTM A36 de la edición correspondiente. (Ilogsa, 2019)

Muchas de las especificaciones ASTM incluyen requisitos suplementarios que deben ser especificados por el comprador si éste requiere que tales requisitos sean aplicados. Entre estos se pueden citar los relacionados con el tratamiento al vacío del acero, pruebas de tensión adicionales, pruebas de doblado, ensayos de impacto e inspección ultrasónica. (A.W.S., 1948)

Cuando se requiere un material o ensayo específico, es más fácil comunicar la información necesaria si la especificación existe y se puede obtener sin demora. (A.W.S., 1948)

CAPITULO III

Hipótesis y Variables

3.1 Hipótesis General

La presencia de las discontinuidades influye significativamente en la calidad en uniones soldadas de aceros ASTM A36 de tanques cisternas.

3.2 Hipótesis Específicas

- La velocidad de avance tiene un efecto significativo en la aparición de discontinuidades en relación a la calidad del cordón de soldadura.
- El aporte de calor tiene un efecto significativo en la aparición de discontinuidades en relación a la geometría de la soldadura.
- La presencia de discontinuidades en la sección del área efectiva de la soldadura tiene un efecto significativo en el control de calidad de la unión soldada.
- La pericia del soldador proporciona características significativas para la correcta aplicación de las técnicas operativas, reduciendo la aparición de discontinuidades que permite la obtención del perfil deseado.

3.3 Variable Dependiente

Calidad en uniones soldadas

3.4 Variable independiente

Discontinuidades

Tabla 15*Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTO
Variable dependiente: Calidad de uniones soldadas	Propiedad que posee la unión soldada para satisfacer plenamente los requerimientos de trabajo al que será sometido.	La calidad de la soldadura determina la resistencia y eficiencia de la unión soldada.	<ul style="list-style-type: none"> • Perfil del cordón • Área efectiva de soldadura 	<ul style="list-style-type: none"> • Geometría de soldadura • Pericia del soldador • Espesor efectivo de la garganta 	<ul style="list-style-type: none"> • Calibrador de soldadura • Habilidad y destreza del operador • Plantilla para filete y ranura
Variable independiente: Discontinuidades	Es una anomalía en la estructura física normal de un material.	Una evaluación del efecto potencial de las discontinuidades en la soldadura determinará la calidad de la misma.	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros de soldeo • Técnicas operativas 	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de avance • Intensidad de soldeo • Aporte de calor • Punteado • Interrupción del arco • Empalmes de cordones 	<ul style="list-style-type: none"> • Cronometro • Amperímetro • Calorímetro • Inspección de soldeo

Nota: Elaboración propia

CAPITULO IV

Metodología de la Investigación

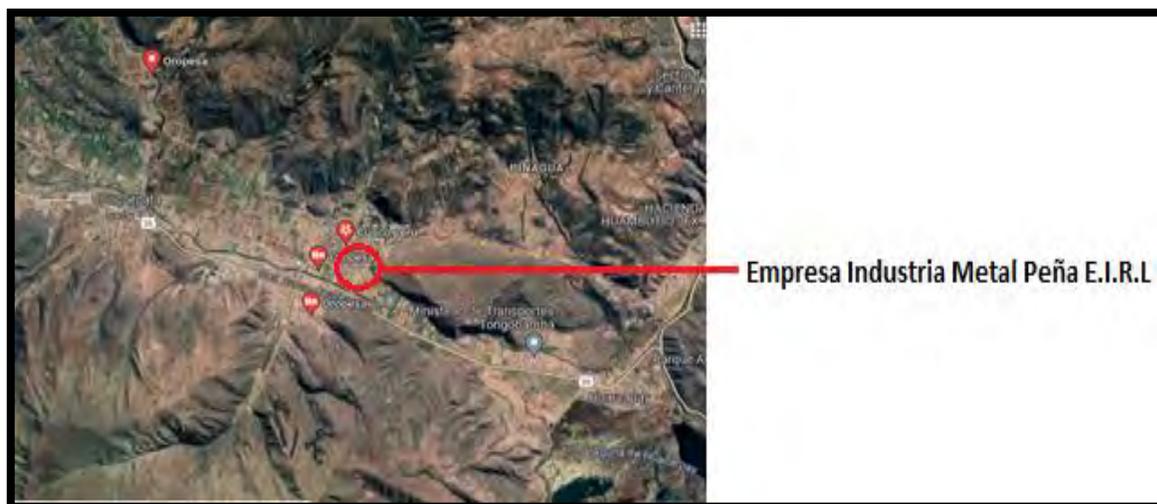
4.1 Localización geográfica

La empresa Industria Metal PEÑA E.I.R.L. se encuentra ubicado en la región de Cusco, distrito de Oropesa, provincia Quispicanchis (ver figura 40).

- Altitud: de 3110 m s. n. m.
- Longitud: $071^{\circ}46'18.98''$
- Latitud: $S13^{\circ}35'34.01''$

Figura 40

Imagen de Localización geográfica



Nota: Adaptado de localización geográfica [fotografía], por Google Maps 2023

4.2 Política de la empresa

4.2.1 Misión

Nuestra misión es ser competitivos en la fabricación y montaje de tanques cisternas, carrocerías para vehículos automotores, remolques y semirremolques, desarrollando un sistema de fabricación eficaz que nos diferencian del resto de empresas competidoras del mercado.

4.2.2 Visión

Nuestra visión es llegar a ser líderes de fabricación y montaje en el sector industrial satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes, y cumpliendo con lo que valoran y demandan nuestros grupos de interés, persiguiendo la sostenibilidad, seguridad laboral y la mejora continua de la calidad de los productos que ofrecemos.

4.3 Tipo de investigación

Tecnológico: es necesario el uso de las habilidades técnicas, recursos materiales y el conocimiento científico con el fin de darle una solución innovadora con la tecnología emergente.

4.4 Nivel de investigación

- Descriptivo: describir y definir el comportamiento del fenómeno estudiado, así como permitir la asociación de ideas y variables para hacer predicciones.
- Explicativo: establecen las relaciones de causalidad entre ideas, variables, hechos o fenómenos en un contexto específico.

4.5 Enfoque de investigación

- Experimental: Se realizaron pruebas experimentales con variables manipuladas: Independientes (discontinuidades), donde tuvo consecuencia en la variable dependiente (calidad en uniones soldadas), (causa - efecto). Se manejan prototipos que asemejan una situación real e intentan con varias alternativas para encontrar la solución.
- Cuantitativo: permite la captación y medición de datos cuantitativos para la interpretación, observación y análisis críticos

4.6 Población y Muestra

4.6.1 Población

La empresa Industria Metal Peña fabrica tanques cisternas elípticas, remolque de camiones, tanques estacionarios de almacenamiento. La población de la investigación está compuesta por planchas de acero estructural ASTM A36 a las cuales se realizaron ensayos no destructivos.

La figura 41 representa gráficamente el tanque cisterna elíptico de diferentes ángulos de vista fabricado por la empresa Industria Metal Peña E.I.R.L.

Figura 41

Imagen del Tanque cisterna elíptico



Nota: a) vista lateral de la cisterna, b) vista frontal de la cisterna. Adaptado del tanque cisterna elíptico [fotografía], por Industria Metal Peña 2023.

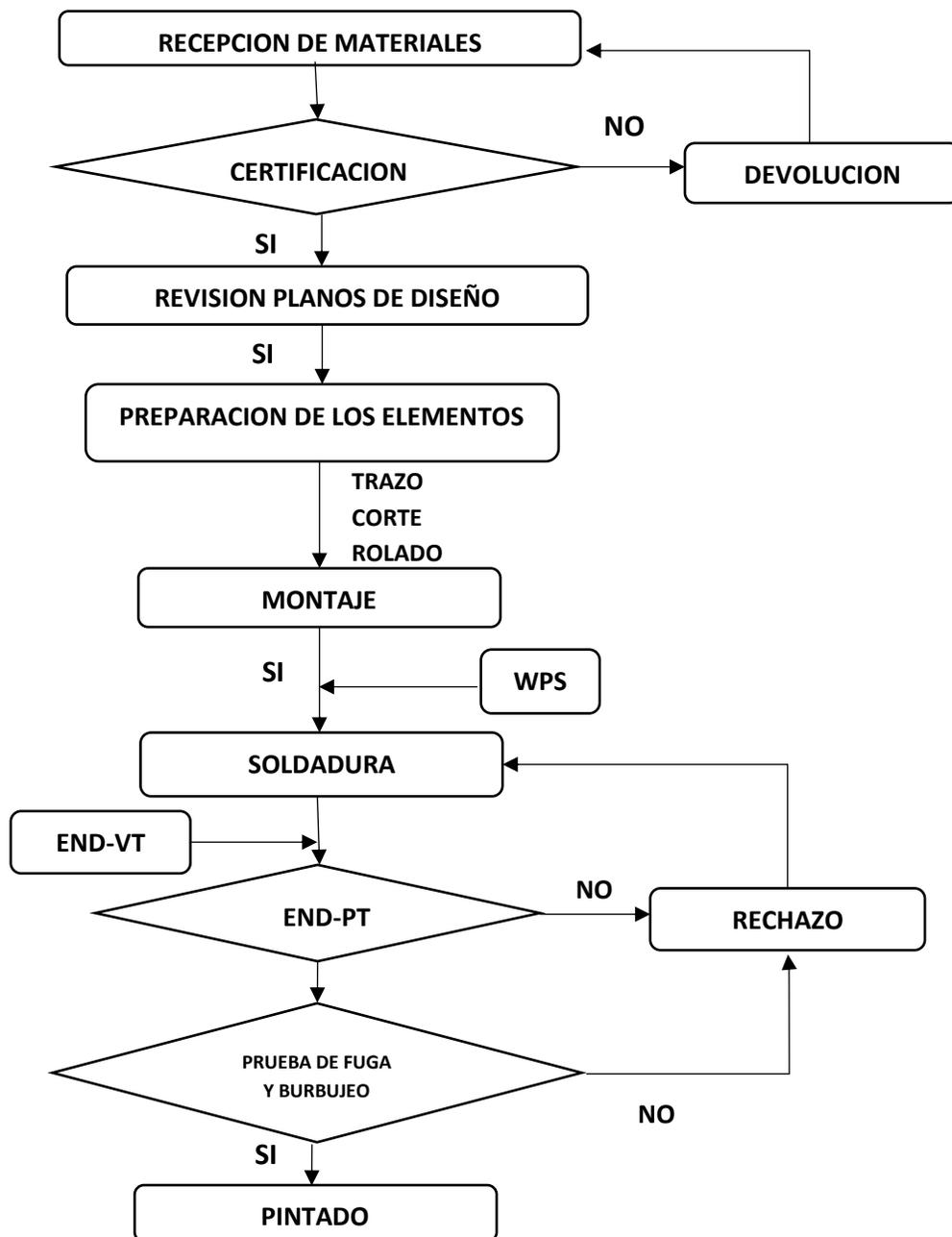
La figura 42 detalla mediante un diagrama de flujo las etapas de fabricación de inicio a fin de los tanques cisternas elípticos.

4.6.1.1 Flujograma de fabricación de tanque cisterna elíptica

Figura 42

Flujograma de fabricación de tanque cisterna elíptica

Nota: Elaboración propia



4.6.1.2 Diseño de tanques cisterna elíptica

En la fabricación del tanque elíptico las características, parámetros y aspectos técnicos utilizados en su diseño son suministrados por Industrias Metal Peña E.I.R.L. de acuerdo a las especificaciones y condiciones técnicas del cliente.

El tanque cisterna se fabricará bajo la norma UNE EN 13094 (cisternas para el transporte de mercancías peligrosas, cisternas metálicas con descarga por gravedad, diseño y construcción.), en la cual se indican las presiones, tensiones e indicaciones respecto a la fabricación de cisternas. (Peralta, 2018)

4.6.1.3 Especificaciones del tanque cisterna

a) Características generales de fabricación

- Longitud : 10.30 metros
- Altura : 3.30 metros
- Ancho : 2.60 metros
- Volumen útil : 10200.00 GL

b) Distribución del tanque cisterna

El cuerpo del tanque está formado por nueve anillos.

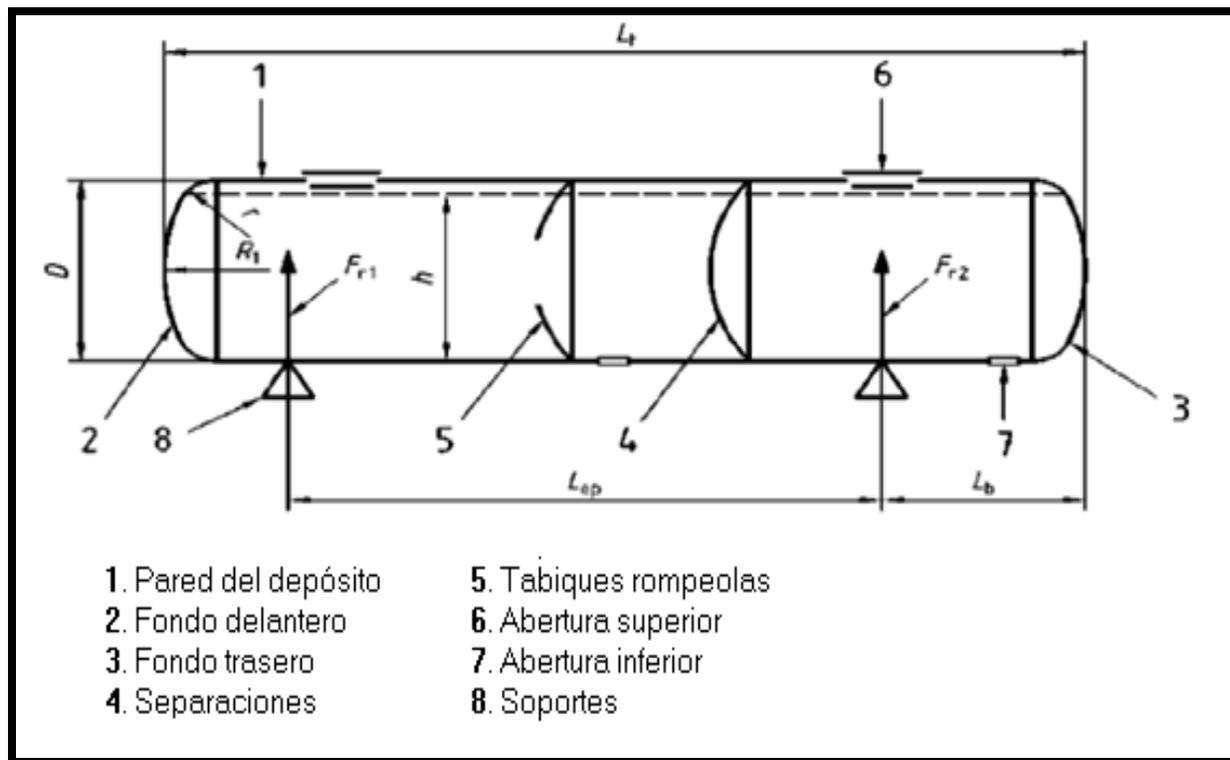
de 3/8" (10mm) de espesor soldadas entre sí de manera vertical conocidas como virolas y una compuerta de acceso en la parte superior de planchas de 3/16" (5mm) de espesor.

Consta también de tapas de forma elíptica delantera y posterior de 3/8" (10mm) de espesor y tabiques rompeolas situados en el interior del cuerpo de planchas de 1/4" (6mm) de espesor.

En la figura 43 se muestra gráficamente el diseño estructural del tanque cisterna.

Figura 43

Diseño estructural del tanque cisterna



Nota: Adaptado de (Villaseñor, 1990)

4.6.1.4 Etapa de montaje del cuerpo de la cisterna elíptica

Se realiza el armado correspondiente de las piezas que conforman el cuerpo de la cisterna, estas a su vez con su respectiva preparación de junta.

Para el armado de las virolas se utiliza planchas de acero de dimensiones de 2.40 x 1.20 cm sometidas al proceso de rolado de 3/8" (10mm) de espesor unidas a las planchas de 3/8" (10mm) pulg. de espesor que conforman la base, estas se colocan a ambos lados formando así las virolas considerando la fabricación de 9 virolas posteriormente estas son unidas entre sí.

Una vez formado el cuerpo se procede a colocar los rompeolas estas son soldadas al interior de las virolas como se muestra en la figura 44 y se soldaran a una distancia de:

- La 1º rompeolas se coloca a una distancia de 3775 mm desde la tapa delantera.

- La 2° rompeolas se coloca a una distancia de 2105mm desde el rompeolas anterior.
- La 3° rompeolas se coloca a una distancia de 3370mm desde el rompeolas anterior.
- La tapa posterior se coloca a una distancia de 2205 mm desde el rompeolas anterior.

Luego continuamos con la instalación de la tapa delantera y trasera del cuerpo del tanque y preparación superficial para la aplicación de pintura base anticorrosión, colocación de accesorios, emblemas y la colocación de señales de seguridad.

Figura 44

Imagen de rompeolas al interior del cuerpo de la cisterna elíptica



Nota: Adaptado de rompeolas del cuerpo de la cisterna elíptica [fotografía], por Industria Metal Peña 2023.

4.6.2 Muestra

Se realizó la preparación de seis muestras de prueba, basadas en los tipos de junta utilizadas en el proceso de producción como se describe en la tabla 16.

Tabla 16*Descripción de elaboración de muestras*

Denominación de probeta	Metal base (espesor de plancha)	Tipo de soldadura	Tipo de junta	Posición de soldeo
X1-C	10mm	Ranura biselada	A tope en V	1G
X2-C	10mm	Ranura biselada	A tope en V	3G
X3-C	5mm	Filete	Traslape	2F
X4-C	6mm	Filete	Traslape	2F
X5-C	6mm	Filete	En T	3F
X6-C	6mm	Filete	En T	2F

Nota: Elaboración propia

4.6.3 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

4.6.3.1 Técnica

El siguiente trabajo de investigación es un método analítico mediante inspección visual, inspección por líquidos penetrantes visibles y ensayo macroscópico.

4.6.3.2 Instrumentos

Durante el desarrollo experimental se utilizó los siguientes instrumentos:

- a) Kit de líquidos penetrantes K801S visibles

En la figura 45 se describe el contenido del kit de líquidos penetrantes visibles de acuerdo a su codificación.

Figura 45*Kit de líquidos penetrantes*

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD POR KIT
P101S-A	Tintura penetrante de color rojo lavable con solvente	2 tarros por kit
D101-A	Polvillo de revelado húmedo, no acuoso	2 tarros por kit
C101-A	Limpiador mezcla de solventes no clorinados	4 tarros por kit

Nota: Adaptado de ficha técnica Cantesco

b) Documentos de referencia:

- UNE-EN 13094
- AWS D1.1 Structural Welding Code (Anexo A5)
- ASTM E-165

CAPITULO V

Método experimental

5.1 Equipos y herramientas

5.1.1 Equipos

a) Una máquina para soldar

Este proceso de soldadura se lleva a cabo con la ayuda de una máquina de soldar tipo inversora cuyas características se detallan en la tabla 17.

Tabla 17

Características de la máquina de soldar

Equipo	Máquina de soldar
Marca	LINCONLN ELECTRIC
Modelo	V405S
Características	<ul style="list-style-type: none"> - La potencia máxima de 400 amperios permite el uso de electrodos de hasta 6,3 mm. - Capacidades de soldadura de los electrodos Rutilo, Básico y Celulosa. - Funciones «Arc Force» y «Hot Start» infinitamente variables. - Características «Lift TIG» sin contaminación con tungsteno. - Panel de control completo y fácil de usar. - La pantalla digital permite un ajuste preciso de la corriente de soldadura - Protección termostática de sobrecarga. - El ventilador bajo demanda incorporado reduce la potencia y la entrada de polvo y humos. - Diseño robusto de la caja para la portabilidad y la resistencia de impacto - Controles y conexiones empotrables diseñados para eliminar daños.

Nota: Elaboración propia adaptado de manual operador LINCONLN ELECTRIC

La figura 46 muestra las máquinas de soldar pertenecientes al taller de soldadura de la empresa Industria Metal Peña E.I.R.L.

Figura 46

Imagen de máquina de soldar



Nota: Adaptado de máquina de soldar [fotografía], por Industria Metal Peña 2023.

La figura 47 detalla las especificaciones técnicas de la máquina de soldar LINCOLN ELECTRICV405S.

Figura 47

Especificaciones Técnicas LINCOLN ELECTRIC V405 S

ENTRADA			
Tensión de alimentación 400V ± 15% Trifásico	Potencia de Entrada a Salida Nominal 11.3kW @ 100% Factor Marcha 17.2kW @ 35% Factor Marcha	Frecuencia 50/60 Hz	
SALIDA NOMINAL A 40°C			
Factor Marcha (Basado en un periodo de 10 min.) 100% 35%	Corriente de Salida 300A 400A	Tensión de Soldadura 32.0 Vdc 36.0 Vdc	
CORRIENTE DE SALIDA			
Rango de Corriente de Salida 5 - 400 A		Tensión en Vacío Máxima 48 Vdc	
SECCIÓN DE CABLES Y TAMAÑO DE FUSIBLE RECOMENDADO			
Fusible o Disyuntor 30A retardado		Cable de red 4 Conductores, 4mm ²	
DIMENSIONES			
Alto 500 mm	Ancho 275 mm	Fondo 610 mm	Peso 31 - 33 kg
Temperatura de Trabajo -10°C a +40°C		Temperatura de Almacenamiento -25°C a +55°C	

Nota: Adaptado del manual operador LINCOLN ELECTRIC

a) Máquina de corte Cizalla de guillotina hidráulica serie HGN

La figura 48 muestra la máquina de corte de guillotina hidráulica perteneciente al taller de soldadura de la empresa Industria Metal Peña E.I.R.L.

Figura 48

Imagen de cizalla de guillotina YSD serie



Nota: Adaptado de cizalla de guillotina [fotografía], por Industria Metal Peña 2023.

b) Lijadora y pulidora de muestras metalográficas doble disco

La figura 49 muestra la pulidora mecánica del laboratorio Metalográfico de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica.

Figura 49

Imagen de pulidora mecánica de un solo disco



Nota: Adaptado de pulidora mecánica [fotografía], por Escuela profesional de Ingeniería Metalúrgica UNSAAC 2023.

5.1.2 Herramientas

- Flexómetro
- Amoladora
- Calibrador de soldadura
- Vernier
- Secadora eléctrica
- Monocular de mano

5.2 Materiales de ensayo y aporte

a) Material de ensayo

Planchas de acero de certificación ASTM A36 de 3/8pulg (10mm), 1/4pulg. (6mm), 3/16 pulg. (5mm). Los 3 espesores son requeridos de acuerdo a la conformación de la estructura.

La figura 50 muestra el abastecimiento de material en el taller de soldadura.

Figura 50

Imagen de planchas de acero ASTM A36



Nota: Adaptado de planchas de acero ASTM A36 [fotografía], por Industria Metal Peña 2023.

b) Material de aporte

En este caso se emplea electrodos E6011 con revestimiento celulósico y E7018 con revestimiento básico, estos se detallan en la tabla 18. Para la elección de electrodos se consideró las propiedades mecánicas y composición química del metal base

Tabla 18*Descripción del material de aporte*

Nombre comercial	Electrodo según norma AWS	Descripción	Diámetro
Nazca PLUS 6011	E 6011	Pase de raíz	1/8 in
Nazca PRO 7018	E 7018	Pase de relleno y acabado	1/8 in

Nota: Elaboración propia adaptado de (Soldexa, 2012)

En la figura 51 se detalla la composición química del electrodo E6011 y en la figura 52 la composición química del electrodo E7018.

Figura 51*Composición química del electrodo Nazca PLUS 6011*

Nombre del componente	Valor(s)	N° CAS / N° EC / N° índice	Símbolo(s)	Frase(s) R
<u>Hierro</u>	: 51 - 55 %	7439-89-6 / 231-096-4 / ---		
<u>Cellulose</u>	: 14 - 17 %	9004-34-6 / 232-674-9 / ---		
<u>Sodium silicate</u>	: 11.5 - 13.5 %	1344-09-8 / 215-687-4 / ---	Xi	R36/37/38
<u>Dióxido de Titanio</u>	: 7 - 8 %	13463-67-7 / 236-675-5 / ---		
<u>Carbonato de manganeso</u>	: 6 - 7 %	598-62-9 / --- / ---		
<u>Oxido de Hierro(III)</u>	: 3 - 4 %	1309-37-1 / 215-168-2 / ---		
<u>Manganeso</u>	: 1.5 - 2.5 %	7439-96-5 / 231-105-1 / ---		
<u>Silice (Cuarzo)</u>	: 0.2 - 0.8 %	14808-60-7 / 238-878-4 / ---		

Nota: Adaptado de (Soldexa, 2012)

Figura 52*Composición química del electrodo NAZCA PRO E7018*

Nombre del componente	Valor(s)	N° CAS / N° EC / N° indice	Simbolo(s)	Frase(s) R
<u>Hierro</u>	: 56 - 67 %	7439-89-6 / 231-096-4 / ---		
<u>Dióxido de Titanio</u>	: 2 - 3.5 %	13463-67-7 / 236-675-5 / ----		
<u>Manganeso</u>	: 1 - 2 %	7439-96-5 / 231-105-1 / ---		
<u>Calcium carbonate</u>	: 9.5 - 16 %	471-34-1 / 207-439-9 / ----	Xi	36
<u>Silice (Cuarzo)</u>	: 2.5 - 5.5 %	14808-60-7 / 238-878-4 / ----		
<u>Oxido de aluminio</u>	: 0.05 - 1 %	1344-28-1 / 215-691-6 / ---		
<u>Potassium oxyde</u>	: 0.1 - 0.5 %	12136-45-7 / --- / ---		
<u>Cellulose</u>	: 0.5 - 1.5 %	9004-34-6 / 232-674-9 / ---		
<u>Iron powder</u>	: 8 - 11 %	7439-89-6 / 231-096-4 / ---		
<u>Flúor</u>	: 4 - 9 %	7782-41-4 / 231-954-8 / 009-001-00-0	T+ C	07-26-35
<u>Silicio</u>	: 0.5 - 1.5 %	7440-21-3 / 231-130-8 / ---		

Nota: Adaptado de (Soldexa, 2012)

5.3 Preparación de probetas

- Se realizó el trazo en planchas acero de 18 cm de largo por 10 cm de ancho en planchas de 10mm, 6mm y 5mm de espesor.
- Se realizó el corte por cizalla hidráulica de acuerdo a las medidas trazadas.
- Se realizó la preparación de junta biselada de 60° en forma de V.
 - Diseño de la junta para unión de las virolas
 - Tipo de soldadura: ranura
 - Tipo de junta: a tope bisel en V
 - Angulo Bisel: 60°
 - Separación en la raíz: 3mm
 - Talón de raíz: 3mm

- Diseño de la junta para unión de las tapas y compuertas.
 - Tipo de soldadura: filete
 - Tipo de junta: a tope en T y traslape
 - Angulo: 90°
- d) Se realizó la unión con soldadura con electrodos E 6011 y E7018 de 1/8" de diámetro.
- e) Se realiza el maquinado, remoción de escoria y codificación de las 6 probetas de al tipo de junta a tope biselada, a tope en T y de traslape. como se muestra en la figura 53.

Figura 53

Imagen de probetas de junta a tope, traslape y en T



Nota: Adaptado de probetas de juntas a tope, traslape y en T [fotografía]. Elaboración propia.

5.3.1 Especificación del Procedimiento de Soldadura (WPS) para las probetas de experimentación

De acuerdo al código ANSI/AWS D1.1 el WPS es el documento preparado y calificado que proporciona las especificaciones del procedimiento de soldadura, se realizaron para cada una de las probetas de ensayo como se describe en cada uno de los siguientes registros. (Ceron, 2019)

5.3.1.1 Registro WPS para probeta X1-C

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO										
Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica. Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica										
ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)										
Nombre de la empresa: Industria Metal Peña E.I.R.L.	Identificación N°: X1-C									
Proceso de soldadura: SMAW	soporte del PQR: PQR-1									
TIPO: MANUAL <input checked="" type="checkbox"/> SEMIAUTOMATICO AUTOMATICO	Revision: Ing Elias Peña Peña									
	Fecha :15/10/2023									
DISEÑO DE UNION										
Tipo de junta : A tope	RANURA: ----									
Tipo de soldadura: Ranura en "V" simple: <input checked="" type="checkbox"/> doble:	FILETE: -----									
Abertura de raíz: 3mm longitud de raíz: 3mm	PLANCHA: 1G									
Angulo de ranura: 60°	TUBERIA: -----									
Soporte: SI NO : <input checked="" type="checkbox"/> Material de soporte: NO	CARACTERISTICAS ELECTRICAS									
Limpieza de raíz: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO METODO: Esmeril										
METALES BASE		Modo de transferencia(GMAW)								
MB1 MB2	corto circuito: ----	CORRIENTE								
Grupo: 1	globular: ----	AC								
Especificaciones del acero: ASTM A-36	spray: ----	DCEP <input checked="" type="checkbox"/>								
Espesor de la plancha: 10 mm		DCEN								
METAL DE APORTE		TECNICA								
Especificacion AWS: D1.1	Aportacion: Recta	oscilante: <input checked="" type="checkbox"/>								
Clasificacion AWS: E-6011 Y E-7018	Pase: simple	multiple:								
Marca: NAZCA	Limpieza entre pases: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	Metodo: Esmeril								
Tamaño de electrodo: 1/8	PRECALENTAMIENTO									
	Temperatura de precalentamiento:									
PROTECCION		Temperatura de interfase: -----								
Fundente: Revestimiento	Gas: ----	POSTCALENTAMIENTO								
Composicion: ----	Temperatura: -----									
velocidad de flujo: -----	Tiempo: -----									
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA										
		Metales de aporte		Corriente		Velocidad de avance(mm/s)		Detalles de la union y secuencia de la soldadura		
pase	proceso	clase	diametro(mm)	Tipo de polaridad	Amperaje	voltaje				
1	SMAW	E-6011	3 mm	DCEP	100	23	3.75			
2	SMAW	E-7018	3 mm	DCEP	130	23	2.25			
3	SMAW	E-7018	3 mm	DCEP	120	23	2.76			
Fecha:15/10/23	Elaborado por : Elizabet Sulca Peralta y Noemi Quispe Villacorta				Aprobado por : Ing. Elias Peña Peña					

Nota: Elaborado por Noemi Quispe Villacorta y Elizabet Sulca Peralta

5.3.1.2 Registro WPS para probeta X2-C

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO								
Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica. Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica								
ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)								
Nombre de la empresa: Industria Metal Peña E.I.R.L.	Identificación N°: X2-C							
Proceso de soldadura: SMAW	soporte del PQR: PQR-2							
TIPO: MANUAL <input checked="" type="checkbox"/> SEMIAUTOMATICO AUTOMATICO	Revisión: Ing. Elías Peña Peña							
	Fecha :15/10/2023							
DISEÑO DE UNION								
Tipo de junta: A tope	RANURA: -----							
Tipo de soldadura: Ranura en "V" simple: <input checked="" type="checkbox"/> doble:	FILETE: -----							
Abertura de raíz: 3mm longitud de raíz: 3mm	PLANCHA: 3G							
Angulo de ranura: 60°	TUBERIA: -----							
Soporte: SI NO : <input checked="" type="checkbox"/> Material de soporte: NO	CARACTERISTICAS ELECTRICAS							
Limpieza de raíz: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO METODO: Esmeril								
METALES BASE		Modo de transferencia(GMAW)						
MB1 MB2	corto circuito: -----	CORRIENTE						
Grupo: 1	globular: -----	AC						
Especificaciones del acero: ASTM A-36	spray: ----	DCEP <input checked="" type="checkbox"/>						
Espesor de la plancha: 10 mm		DCEN						
METAL DE APORTE		TECNICA						
Especificación AWS: D1.1	Aportación: Recta	oscilante: <input checked="" type="checkbox"/>						
Clasificación AWS: E-6011 Y E-7018	Pase: simple	múltiple:						
Marca: NAZCA	Limpieza entre pases: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	Metodo: Esmeril						
Tamaño de electrodo: 1/8	PRECALENTAMIENTO							
	Temperatura de precalentamiento:							
PROTECCION		Temperatura de interfase: -----						
Fundente: Revestimiento	Gas: ----	POSTCALENTAMIENTO						
Composición: ----	Temperatura: -----							
velocidad de flujo: ----	Tiempo: -----							
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA								
		Metales de aporte	Corriente	Detalles de la union y secuencia de la soldadura 				
pase	proceso	clase	diametro(mm)		Tipo de polaridad	Amperaje	voltaje	Velocidad de avance(mm/s)
1	SMAW	E-6011	3 mm		DCEP	100	23	3.6
2	SMAW	E-7018	3 mm		DCEP	130	23	2.12
3	SMAW	E-7018	3 mm	DCEP	120	23	2.25	
Fecha:15/10/23	Elaborado por : Elizabet Sulca Peralta y Noemi Quispe Villacorta		Aprobado por : Ing. Elías Peña Peña					

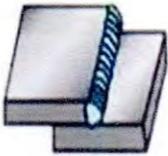
Nota: Elaborado por Noemi Quispe Villacorta y Elizabet Sulca Peralta

5.3.1.3 Registro WPS para probeta X3-C

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO							
Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica. Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica							
ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)							
Nombre de la empresa: Industria Metal Peña E.I.R.L	Identificación N°: X3-C						
Proceso de soldadura: SMAW	soporte del PQR: PQR-3						
TIPO: MANUAL <input checked="" type="checkbox"/> SEMIAUTOMATICO <input type="checkbox"/> AUTOMATICO <input type="checkbox"/>	Revision: Ing Elias Peña Peña						
	Fecha :15/10/2023						
DISEÑO DE UNION							
Tipo de junta: Traslape	RANURA: -----						
Tipo de soldadura: filete simple: <input checked="" type="checkbox"/> doble: <input type="checkbox"/>	FILETE: -----						
Abertura de raíz: ----- longitud de raíz: -----	PLANCHA: 2F						
Angulo de ranura: ----	TUBERIA: -----						
Soporte: SI <input type="checkbox"/> NO : <input checked="" type="checkbox"/> Material de soporte: NO	CARACTERISTICAS ELECTRICAS						
Limpieza de raíz: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> METODO:Esmeril							
METALES BASE							
Modo de transferencia(GMAW)	CORRIENTE						
MB1 MB2	corto circuito: -----	AC					
Grupo: 1	globular: -----	DCEP <input checked="" type="checkbox"/>					
Especificaciones del acero: ASTM A-36	spray: ----	DCEN					
Espesor de la placa: 5mm	TECNICA						
METAL DE APORTE							
Aportacion: Recta	oscilante: <input checked="" type="checkbox"/>						
Especificacion AWS: D1.1	Pase: simple	multiple:					
Clasificacion AWS: E-6011	Limpieza entre pases: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Metodo: Esmeril					
Marca: NAZCA	PRECALENTAMIENTO						
Tamaño de electrodo: 1/8	Temperatura de precalentamiento:						
PROTECCION		Temperatura de interpase: -----					
Fundente: Revestimiento	Gas: ----	POSTCALENTAMIENTO					
Composicion: ----	Temperatura: -----						
velocidad de flujo: -----	Tiempo:-----						
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA							
		Metales de aporte	Corriente	Velocidad de avance(mm/s)	 2F		
pase	proceso	clase	diametro(m m)	Tipo de polaridad		Amperaje	voltaje
1	SMAW	E-7018	3 mm	DCEP		120	23
Fecha:15/10/23	Elaborado por : Elizabet Sulca Peralta y Noemi Quispe Villacorta			Aprobado por : Ing. Elias Peña Peña			

Nota: Elaborado por Noemi Quispe Villacorta y Elizabet Sulca Peralta

5.3.1.4 Registro WPS para probeta X4-C

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica. Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica						
ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)								
Nombre de la empresa: Industria Metal Peña E.I.R.L		Identificación N°: X4-C						
Proceso de soldadura: SMAW		soporte del PQR: PQR-4						
TIPO: MANUAL <input checked="" type="checkbox"/> SEMIAUTOMATICO AUTOMATICO		Revision: Ing Elias Peña Peña	Fecha :15/10/2023					
DISEÑO DE UNION		POSICION						
Tipo de union: Traslape		RANURA: -----	FILETE: -----					
Tipo de soldadura: filete simple: <input checked="" type="checkbox"/> doble:		PLANCHA: 2F	TUBERIA: -----					
Abertura de raíz: ----- longitud de raíz: -----		CARACTERISTICAS ELECTRICAS						
Angulo de ranura: ----								
Soporte: SI NO : <input checked="" type="checkbox"/> Material de soporte: NO								
Limpieza de raíz: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO METODO: Esmeril								
METALES BASE		Modo de transferencia(GMAW)	CORRIENTE					
MB1 MB2		corto circuito: -----	AC					
Grupo: I		globular: -----	DCEP <input checked="" type="checkbox"/>					
Especificaciones del acero: ASTM A-36		spray: ----	DCEN					
Espesor de la placa: 6mm		TECNICA						
METAL DE APORTE		Aportacion: Recta	oscilante: <input checked="" type="checkbox"/>					
Especificacion AWS: D1.1		Pase: simple	multiple:					
Clasificacion AWS: E-6011 Y E-7018		Limpieza entre pases:	Metodo:					
Marca: NAZCA		PRECALENTAMIENTO						
Tamaño de electrodo: 1/8		Temperatura de precalentamiento:						
PROTECCION		Temperatura de interpase: -----						
Fundente: Revestimiento Gas: ----		POSTCALENTAMIENTO						
Composicion: ----		Temperatura: -----						
velocidad de flujo: ----		Tiempo:-----						
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA								
		Metales de aporte		Corriente		Velocidad de avance(mm/s)	Detalles de la union y secuencia de la soldadura	
pase	proceso	clase	diametro(m m)	Tipo de polaridad	Amperaje			voltaje
1	SMAW	E-6011	3 mm	DCEP	120			23
2	SMAW	E-7018	3 mm	DCEP	120	23	3	
Fecha:15/10/23	Elaborado por : Elizabet Sulca Peralta y Noemi Quispe Villacorta			Aprobado por : Ing. Elias Peña Peña			 2F	

Nota: Elaborado por Noemi Quispe Villacorta y Elizabet Sulca Peralta

5.3.1.5 Registro WPS para probeta X5-C

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO							
Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica. Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica							
ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)							
Nombre de la empresa: Industria Metal Peña E.I.R.L		Identificación N°: X5-C					
Proceso de soldadura: SMAW		soporte del PQR: PQR-5					
TIPO: MANUAL <input checked="" type="checkbox"/> SEMIAUTOMATICO <input type="checkbox"/> AUTOMATICO <input type="checkbox"/>		Revisión: Ing Elias Peña Peña	Fecha :15/10/2023				
DISEÑO DE UNION		POSICION					
Tipo de union: en T		RANURA: -----	FILETE: -----				
Tipo de soldadura: filete simple: <input type="checkbox"/> doble: <input checked="" type="checkbox"/>		PLANCHA: 3F	TUBERIA: -----				
Abertura de raíz: ----- longitud de raíz: -----		CARACTERISTICAS ELECTRICAS					
Angulo de ranura: ----							
Soporte: SI <input type="checkbox"/> NO : <input checked="" type="checkbox"/> Material de soporte: NO							
Limpieza de raíz: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> METODO: Esmeril							
METALES BASE		Modo de transferencia(GMAW)	CORRIENTE				
MB1 MB2		corto circuito: -----	AC				
Grupo: 1		globular: -----	DCEP <input checked="" type="checkbox"/>				
Especificaciones del acero: ASTM A-36		spray: ----	DCEN				
Espesor de la plancha: 6mm		TECNICA					
METAL DE APORTE		Aportación: Recta	oscilante: <input checked="" type="checkbox"/>				
Especificación AWS: D1.1		Pase: simple	multiple:				
Clasificación AWS: E-6011 Y E-7018		Limpieza entre pases: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Metodo:				
Marca: NAZCA		PRECALENTAMIENTO					
Tamaño de electrodo: 1/8		Temperatura de precalentamiento:					
PROTECCION		Temperatura de interfase: -----					
Fundente: Revestimiento Gas: ----		POSTCALENTAMIENTO					
Composición: ----		Temperatura: -----					
velocidad de flujo: -----		Tiempo:-----					
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA							
		Metales de aporte		Corriente		Velocidad de avance(mm/s)	Detalles de la union y secuencia de la soldadura
pase	proceso	clase	diametro(m m)	Tipo de polaridad	Amperaje		
1	SMAW	E-6011	3 mm	DCEP	120	23	3
Fecha:15/10/23	Elaborado por : Elizabet Sulca Peralta y Noemi Quispe Villacorta			Aprobado por : Ing. Elias Peña Peña .			 3F

5.3.1.6 Registro WPS para probeta X6-C

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO							
Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica. Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica							
ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)							
Nombre de la empresa: Industria Metal Peña E.I.R.L	Identificación N°: X6-C						
Proceso de soldadura: SMAW	soporte del PQR: PQR-6						
TIPO: MANUAL <input checked="" type="checkbox"/> SEMIAUTOMATICO AUTOMATICO	Revisión: Ing Elias Peña Peña						
	Fecha :15/10/2023						
DISEÑO DE UNION							
Tipo de unión: en T	RANURA: -----						
Tipo de soldadura: filete simple: doble: <input checked="" type="checkbox"/>	FILETE: -----						
Abertura de raíz: ----- longitud de raíz: -----	PLANCHAS: 2F						
Angulo de ranura: ----	TUBERIA: -----						
Soporte: SI NO : <input checked="" type="checkbox"/> Material de soporte: NO	CARACTERISTICAS ELECTRICAS						
Limpieza de raíz: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO METODO: Esmeril							
METALES BASE							
MB1 MB2	Modo de transferencia(GMAW)						
Grupo: 1	corto circuito: -----						
Especificaciones del acero: ASTM A-36	globular: -----						
Espesor de la placa: 6mm	spray: ----						
METAL DE APORTE	TECNICA						
Especificación AWS: D1.1	Aportación: Recta oscilante: <input checked="" type="checkbox"/>						
Clasificación AWS: E-6011 Y E-7018	Pase: simple multiple:						
Marca: NAZCA	Limpieza entre pases: SI NO Metodo:						
Tamaño de electrodo: 1/8	PRECALENTAMIENTO						
PROTECCION	Temperatura de precalentamiento:						
Fundente: Revestimiento Gas: ----	Temperatura de interfase: -----						
POSTCALENTAMIENTO	Composición: ----						
Composición: ----	Temperatura: -----						
velocidad de flujo: -----	Tiempo:-----						
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA							
Metales de aporte							
Corriente							
Velocidad de avance(mm/s)							
pase	proceso	clase	diametro(m)	Tipo de polaridad	Amperaje	voltaje	
1	SMAW	E-6011	3 mm	DCEP	90	23	2.25
2	SMAW	E-7018	3 mm	DCEP	120	23	1.93
Fecha:15/10/23	Elaborado por : Elizabet Sulca peralta y Noemi Quispe Villacorta				Aprobado por : Ing. Elias Peña Peña		
 <p>2F</p>							

Nota: Elaborado por Noemi Quispe Villacorta y Elizabet Sulca Peralta

5.4 Cálculo de calor Neto Aportado

Para determinar el calor neto aportado se calcula reemplazando los valores de la tabla 19 en la ecuación 1 y 2. (Fosca, 2007) Para ello se tomó el valor de 0.8 de eficiencia térmica para el proceso SMAW de la tabla 4.

$$V_w = \frac{L_p}{t_w} \quad (\text{Ec.1})$$

$$H_n = \frac{v \times I}{V_w} \times f \quad (\text{Ec.2})$$

Se considera las siguientes conversiones:

$$1 W = VA \times 0.8_{\text{factor potencia}}$$

$$1 \text{ joule} = 1W.s$$

$$\text{Donde: } \frac{W}{\text{mm/s}} = \frac{\text{joule}}{W.s} = J/\text{mm}$$

Tabla 19

Valores numéricos para cálculo de calor neto

Probeta	Nº de pase	Tensión eléctrica (v)	Intensidad de corriente (A)	Longitud de placa (mm)	Eficiencia térmica	Tiempo de soldeo (s)
X1-C	1º pase	23	100	180	0.8	48
	2º pase	23	130	180	0.8	80
	3º pase	23	120	180	0.8	65
X2-C	1º pase	23	100	180	0.8	50
	2º pase	23	130	180	0.8	85
	3º pase	23	120	180	0.8	80
X3-C	1º pase	23	120	180	0.8	70
X4-C	1º pase	23	120	180	0.8	60
	2º pase	23	120	180	0.8	90
X5-C	1º pase	23	120	180	0.8	95
X6-C	1º pase	23	90	180	0.8	80
	2º pase	23	120	180	0.8	93

Nota: Elaboración propia

5.4.1 Cálculo de calor neto aportado para cada pase de la probeta XI-C

a) Primer pase (raíz)

- Velocidad de avance reemplazando en ecuación 1.

$$V_w = \frac{180mm}{48s}$$

$$V_w = 3.75 \text{ mm/s}$$

- Calor neto aportado reemplazando en ecuación 2.

$$H_n = \frac{23V \times 100A \times 0.8}{3.75 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = \frac{1840W}{3.75 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = 392.53 \text{ J/mm}$$

b) Segundo pase (relleno)

- Velocidad de avance reemplazando en ecuación 1.

$$V_w = \frac{180mm}{80s}$$

$$V_w = 2.25 \text{ mm/s}$$

- Calor neto aportado reemplazando en ecuación 2.

$$H_n = \frac{23V \times 130A \times 0.8}{2.25 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = \frac{2392W}{2.25 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = 850.49 \text{ J/mm}$$

c) Tercer pase (acabado)

- Velocidad de avance reemplazando en ecuación 1.

$$V_w = \frac{180mm}{65s}$$

$$V_w = 2.77 \text{ mm/s}$$

- Calor neto aportado reemplazando en ecuación 2.

$$H_n = \frac{23V \times 120A \times 0.8}{2.77 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = \frac{2208W}{2.77 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = 637.68 \text{ J/mm}$$

5.4.2 Cálculo de calor neto aportado para cada pase de la probeta X2-C

a) Primer pase (raíz)

- Velocidad de avance reemplazando en ecuación 1.

$$V_w = \frac{180 \text{ mm}}{50 \text{ s}}$$

$$V_w = 3.6 \text{ mm/s}$$

- Calor neto aportado reemplazando en ecuación 2.

$$H_n = \frac{23V \times 100A \times 0.8}{3.6 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = \frac{1840W}{3.6 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = 408.89 \text{ J/mm}$$

b) Segundo pase (relleno)

- Velocidad de avance reemplazando en ecuación 1.

$$V_w = \frac{180 \text{ mm}}{85 \text{ s}}$$

$$V_w = 2.12 \text{ mm/s}$$

- Calor neto aportado reemplazando en ecuación 2.

$$H_n = \frac{23V \times 130A \times 0.8}{2.12 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = \frac{2392W}{2.12 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = 902.64 \text{ J/mm}$$

c) Tercer pase (acabado)

- Velocidad de avance reemplazando en ecuación 1.

$$V_w = \frac{180mm}{80s}$$

$$V_w = 2.25 \text{ mm/s}$$

- Calor neto aportado reemplazando en ecuación 2.

$$H_n = \frac{23V \times 120A \times 0.8}{2.25 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = \frac{2208W}{2.25mm/s} \times 0.8$$

$$H_n = 785.07 \text{ J/mm}$$

5.4.3 Cálculo de calor neto aportado para cada pase de la probeta X3-C

a) Primer pase (raíz, relleno y acabado)

- Velocidad de avance reemplazando en ecuación 1.

$$V_w = \frac{180mm}{70s}$$

$$V_w = 2.57 \text{ mm/s}$$

- Calor neto aportado reemplazando en ecuación 2.

$$H_n = \frac{23V \times 120A \times 0.8}{3 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = \frac{2208W}{2.57 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = 687.31 \text{ J/mm}$$

5.4.4 Cálculo de calor neto aportado para cada pase de la probeta X4-C

a) Primer pase (raíz)

- Velocidad de avance reemplazando en ecuación 1.

$$V_w = \frac{180mm}{60s}$$

$$V_w = 3 \text{ mm/s}$$

- Calor neto aportado reemplazando en ecuación 2.

$$H_n = \frac{23V \times 120A \times 0.8}{3 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = \frac{2208W}{3 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = 588.8 \text{ J/mm}$$

b) Segundo pase (relleno y acabado)

- Velocidad de avance reemplazando en ecuación 1.

$$V_w = \frac{180 \text{ mm}}{90 \text{ s}}$$

$$V_w = 2 \text{ mm/s}$$

- Calor neto aportado reemplazando en ecuación 2.

$$H_n = \frac{23V \times 120A \times 0.8}{2 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = \frac{2208W}{2 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = 883.2 \text{ J/mm}$$

5.4.5 Cálculo de calor neto aportado para cada pase de la probeta X5-C

a) Primer pase (raíz, relleno y acabado)

- Velocidad de avance reemplazando en ecuación 1.

$$V_w = \frac{180 \text{ mm}}{95 \text{ s}}$$

$$V_w = 1.89 \text{ mm/s}$$

- Calor neto aportado reemplazando en ecuación 2.

$$H_n = \frac{23V \times 120A \times 0.8}{1.89 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = \frac{2208W}{1.89 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = 934.6 \text{ J/mm}$$

5.4.6 Cálculo de calor neto aportado para cada pase de la probeta X6-C

a) Primer pase (raíz)

- Velocidad de avance reemplazando en ecuación 1.

$$V_w = \frac{180mm}{80s}$$

$$V_w = 2.25mm/s$$

- Calor neto aportado reemplazando en ecuación 2.

$$H_n = \frac{23V \times 90A \times 0.8}{2.25mm/s} \times 0.8$$

$$H_n = \frac{1656W}{2.25mm/s} \times 0.8$$

$$H_n = 588.8 \text{ J/mm}$$

b) Segundo pase (relleno y acabado)

- Velocidad de avance reemplazando en ecuación 1.

$$V_w = \frac{180mm}{93s}$$

$$V_w = 1.93 \text{ mm/s}$$

- Calor neto aportado reemplazando en ecuación 2.

$$H_n = \frac{23V \times 120A \times 0.8}{1.93 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = \frac{2208W}{1.93 \text{ mm/s}} \times 0.8$$

$$H_n = 915.23 \text{ J/mm}$$

5.5 Control de calidad de probetas

5.5.1 Inspección visual

Con este método de inspección visual se detectaron salpicaduras y golpes de arco situados en la superficie del material base, sobre espesor y socavadura situados en la superficie del cordón

de soldadura de las probetas evaluadas, se consideró la medición de refuerzo y socavadura para determinar su aceptación según los parámetros establecidos en la normativa AWS D1.1(Anexo 4)

La figura 54 muestra el instrumento para la medición de refuerzo y socavadura del cordón de soldadura.

Figura 54

Imagen de medición de refuerzo de cordón de soldadura con calibrador



Nota: Elaboración propia

5.5.2 Ensayo por líquidos penetrantes visibles

La aplicación de los tintes penetrantes lo usamos para detectar discontinuidades superficiales, para esta inspección se seleccionó los líquidos penetrantes Tipo II (visibles), Método “C” (removable con solvente) de la marca CANTESCO como se observa en la figura 55.

Figura 55

Imagen de kit de líquidos penetrantes visibles



Nota: Elaboración propia

Descripción de Kit de líquidos penetrantes

- Fabricante: Cantesco
- Penetrante: P101S-A
- Removedor: C101-A
- Revelador: D101-A
- Aplicador: aerosol

5.5.2.1 Aplicación del END por líquidos penetrantes visibles

La aplicación de los tintes penetrantes visibles se realizó en base a las especificaciones ASTM E165.

a) Limpieza y preparación de superficie

Para la aplicación del ensayo se realizó previamente la limpieza mecánica de las superficies a inspeccionar, el cordón de soldadura a cada lado para remover escoria, salpicadura, flux de soldadura utilizando un cepillo circular de copa.

Para la limpieza química de las superficies a inspeccionar se utilizó el removedor Cleaner C101-A aplicado directamente a un paño y remover cualquier contaminante con un tiempo de secado de 5 a 10 minutos.

b) Aplicación de penetrante visible

La aplicación del penetrante de forma Spray se realiza directamente a la superficie inspeccionada cubriéndola de manera completa con tiempo de penetración entre 10 a 15 minutos.

c) Aplicación del Revelador

Para la aplicación del revelador previamente se realizó la remoción de exceso de penetrante de la misma forma en la que realizamos la limpieza química con el removedor Cleaner C101-A, siendo esta uno de los pasos críticos, se considera muy importante realizar bien la limpieza y evitar

la presencia de indicaciones falsas sin eliminar por completo el líquido penetrante, el tiempo de revelado fue de 10 minutos como indica las especificaciones ASTM E165.

En la tabla 20 se representa los datos del tiempo aplicado en cada etapa de remoción, penetración y revelado del ensayo por líquidos penetrantes visibles realizado a cada probeta.

Tabla 20

Tiempo de acción por etapa de ensayo por líquidos visibles

Nº Ensayo	Probeta	Tiempo de remoción (min)	Tiempo de penetración (min)	Tiempo de revelado (min)
1	X1-C	3	10	10
2	X2-C	5	15	10
3	X3-C	2	10	10
4	X4-C	5	12	10
5	X5-C	2	10	10
6	X6-C	5	15	10

Nota: Elaboración propia

5.5.2.2 Registro de calificación de procedimiento (PQR)

Documento en el que registró los resultados de la preparación y ensayo realizado a las probetas de soldadura basándonos en las especificaciones ASTM E165 (ver anexo 5), contiene los resultados del ensayo no destructivo por líquidos penetrantes visibles realizado a las probetas de prueba que para su evaluación se toma como referencia la norma AWS D1.1 (ver anexo 4)

La aplicación del ensayo se detalla en los siguientes registros de manera individual para cada probeta.

5.5.2.2.1 Registro PQR para probeta XI-C

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO					
		Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica					
Registro de calificación del procedimiento (PQR)							
INFORMACION GENERAL							
Tipo de prueba	END por líquidos penetrantes visibles				Nº de ensayo	1	
Lugar de inspección	Taller de soldadura industria metal Peña E.I.R.L.				Nº de probeta	XI-C	
Realizado por	María Elizabet Sullca peralta y Noemí Quispe Villacorta				Fecha	18/10/2023	
Revisado por	Ing. Elías Peña Peña						
DATOS DE LA PRUEBA A INSPECCIONAR							
Tipo de material	A36	Tipo de junta	Λ tope	Espesor	10 mm		
Proceso de soldadura	SMAW	Tipo de soldadura	Ranura en V	Longitud inspeccionada	180 mm		
Tipo de elemento	Probeta experimental			Posición de soldadura	1G (plano)		
MATERIAL UTILIZADO							
Líquido	Marca	Código	Tipo	Método	Tramo de aplicación	Tiempo de acción	Secado
1º Penetrante	CANTESCO	PI01S-A	II	C	180 mm	10 min	Evaporación
2º Removedor	CANTESCO	CI01-A			180 mm	3min	Evaporación
3º Revelador	CANTESCO	DI01-A		C	180 mm	10 min	Evaporación
Tipos: I (penetrante fluorescente); II (Penetrante visible)			Método: A (Lavable con agua); C (Removible con solvente)				
Especificación de inspección	ASTM E-165		Criterio de aceptación	ANSI/AWSD1.1M:2010, tabla 6.1			

Nota: Elaborado por Noemí Quispe Villacorta y Elizabet Sullca Peralta

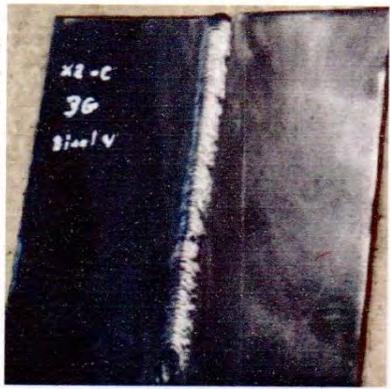
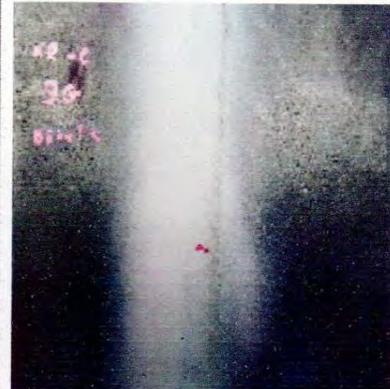
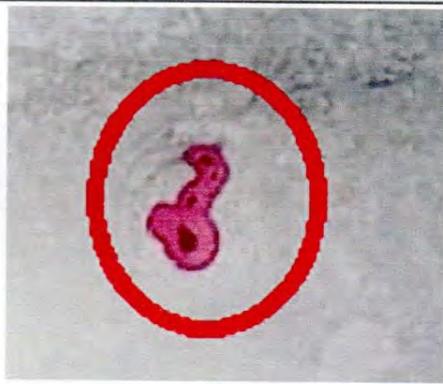
Registro fotográfico de procedimiento (PQR)			
Etapa de limpieza	Etapa de penetración	Etapa de revelado	
			
VISUALIZACIÓN DE INDICACIONES			
			
Interpretación de indicaciones:	Los círculos rojos en la representación gráfica localizan salpicaduras situadas en el material base de la unión soldada estas no interfieren en la zona de fusión entre el metal base y material de aporte que conforman el cordón de soldadura.		
Causas de discontinuidad:	Se genera por la destreza del soldador.		
Probeta	Tipo de discontinuidad	Dimensión	Resultado
X1-C	salpicaduras	-	aceptable
Evaluación de indicaciones	Esta discontinuidad superficial al no estar situada en la zona del cordón de soldadura no se considera un problema serio.		
Aprobado por:	INSP. Richard Carrasco Aller		

Nota: Elaborado por Noemi Quispe Villacorta y Elizabet Sullca Peralta

5.5.2.2.2 Registro PQR para probeta X2-C

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO					
		Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica					
Registro de calificación del procedimiento (PQR)							
INFORMACION GENERAL							
Tipo de prueba	END por líquidos penetrantes visibles			Nº de ensayo	2		
Lugar de inspección	Taller de soldadura industria metal Peña E.I.R.L.			Nº de probeta	X2-C		
Realizado por	María Elizabet Sulca peralta y Noemi Quispe Villacorta			Fecha	18/10/2023		
Revisado por	Ing. Elías Peña Peña						
DATOS DE LA PRUEBA A INSPECCIONAR							
Tipo de material	A36	Tipo de junta	A tope	Espesor	10 mm		
Proceso de soldadura	SMAW	Tipo de soldadura	Ranura en V	Longitud inspeccionada	180 mm		
Tipo de elemento	Probeta experimental			Posición de soldadura	3G (vertical)		
MATERIAL UTILIZADO							
Líquido	Marca	Código	Tipo	Método	Tramo de aplicación	Tiempo de acción	Secado
1º Penetrante	CANTESCO	PI01S-A	II	C	180 mm	15 min	Evaporación
2º Removedor	CANTESCO	CI01-A			180 mm	5min	Evaporación
3º Revelador	CANTESCO	DI01-A		C	180 mm	10 min	Evaporación
Tipos: I (penetrante fluorescente); II (Penetrante visible)			Método: A (Lavable con agua); C (Removible con solvente)				
Especificación de inspección	ASTM E-165		Criterio de aceptación	ANSI/AWSD1.1M:2010, tabla 6.1			

Nota: Elaborado por Noemi Quispe Villacorta y Elizabet Sulca Peralta

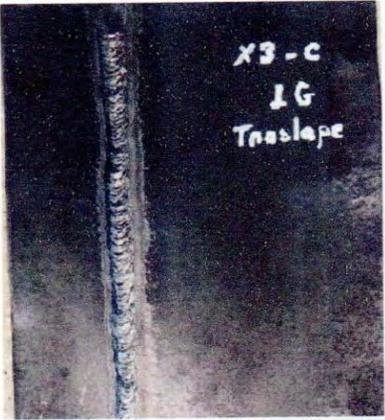
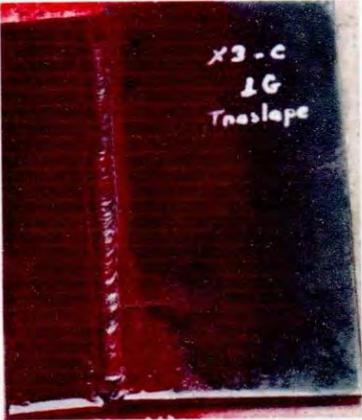
Registro fotográfico de procedimiento (PQR)			
Etapa de limpieza	Etapa de penetración	Etapa de revelado	
			
VISUALIZACIÓN DE INDICACIONES			
			
Interpretación de indicaciones:		(a) El círculo rojo localiza la existencia de porosidades en un solo punto a lo largo de todo el cordón. (b) Se visualiza poros esféricas 3 de 0.2 mm de diámetro y 1 de 1mm de diámetro situados de forma agrupada.	
Causas de discontinuidades:		Condiciones desfavorables (excesivo viento). Mala técnica operatoria del soldador. Intensidad excesiva de soldeo.	
Probeta	Tipo de discontinuidad	Dimensión	Resultado
X2-C	Porosidad agrupada	1mm	Aceptable
Evaluación de indicaciones		La suma de porosidades esféricas de 1mm de diámetro no exceden el parámetro de 10mm permisible según la norma AWS D1.1 (ver anexo 3) por lo cual se considera aceptable.	
Aprobado por:		INSP. Richard Carrasco Aller	

Nota: Elaborado por Noemi Quispe Villacorta y Elizabet Sullca Peralta

5.5.2.2.3 Registro PQR para probeta X3-C

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO					
		Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica					
Registro de calificación del procedimiento (PQR)							
INFORMACION GENERAL							
Tipo de prueba	END por líquidos penetrantes visibles				N° de ensayo	3	
Lugar de inspección	Taller de soldadura industria metal Peña E.I.R.L.			N° de probeta	X3-C		
Realizado por	María Elizabet Sullca peralta y Noemí Quispe Villacorta			Fecha	18/10/2023		
Revisado por	Ing. Elías Peña Peña						
DATOS DE LA PRUEBA A INSPECCIONAR							
Tipo de material	A36	Tipo de junta	Traslape	Espesor	5 mm		
Proceso de soldadura	SMAW	Tipo de soldadura	Filete	Longitud inspeccionada	180 mm		
Tipo de elemento	Probeta experimental			Posición de soldadura	2F (horizontal)		
MATERIAL UTILIZADO							
Líquido	Marca	Código	Tipo	Método	Tramo de aplicación	Tiempo de acción	Secado
1° Penetrante	CANTESCO	PI01S-A	II	C	180 mm	10 min	Evaporación
2° Removedor	CANTESCO	CI01-A			180 mm	2min	Evaporación
3° Revelador	CANTESCO	DI01-A		C	180 mm	10 min	Evaporación
Tipos: I (penetrante fluorescente); II (Penetrante visible)			Método: A (Lavable con agua); C (Removible con solvente)				
Especificación de inspección	ASTM E-165		Criterio de aceptación	ANSI/AWSD1.1M:2010, tabla 6.1			

Nota: Elaborado por Noemi Quispe Villacorta y Elizabet Sullca Peralta

Registro fotográfico de procedimiento (PQR)			
Etapa de limpieza	Etapa de penetración	Etapa de revelado	
			
VISUALIZACION DE INDICACIONES			
			
Interpretación de indicaciones:	En la probeta de ensayo no se observa la presencia de ningún tipo de discontinuidad a lo largo del cordón de soldadura.		
Probeta	Tipo de discontinuidad	Dimensión	Resultado
X3-C	Ninguna	-	Aceptable
Evaluación de indicaciones:	Al no presentar ninguna discontinuidad de forma visible se califica la unión soldada como aceptable.		
Aprobado por:	INSP. Richard Carrasco Aller		

Nota: Elaborado por Noemi Quispe Villacorta y Elizabet Sullca Peralta

5.5.2.2.4 Registro PQR para probeta X4-C

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO					
		Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica					
Registro de calificación del procedimiento (PQR)							
INFORMACION GENERAL							
Tipo de prueba	END por líquidos penetrantes visibles			N° de ensayo	4		
Lugar de inspección	Taller de soldadura industria metal Peña E.I.R.L.			N° de probeta	X4-C		
Realizado por	María Elizabet Sullca peralta y Noemí Quispe Villacorta			Fecha	18/10/2023		
Revisado por	Ing. Elías Peña Peña						
DATOS DE LA PRUEBA A INSPECCIONAR							
Tipo de material	A36	Tipo de junta	Traslape	Espesor	6 mm		
Proceso de soldadura	SMAW	Tipo de soldadura	Filete	Longitud inspeccionada	180 mm		
Tipo de elemento	Probeta experimental			Posición de soldadura	2F (horizontal)		
MATERIAL UTILIZADO							
Líquido	Marca	Código	Tipo	Método	Tramo de aplicación	Tiempo de acción	Secado
1° Penetrante	CANDESCOP	P101S-A	II	C	180 mm	12 min	Evaporación
2° Removedor	CANDESCOC	C101-A			180 mm	5min	Evaporación
3° Revelador	CANDESCOD	D101-A		C	180 mm	10 min	Evaporación
Tipos: I (penetrante fluorescente); II (Penetrante visible)			Método: A (Lavable con agua); C (Removable con solvente)				
Especificación de inspección	ASTM E-165		Criterio de aceptación	ANSI/AWSD1.1M:2010, tabla 6.1			

Nota: Elaborado por Noemí Quispe Villacorta y Elizabet Sullca Peralta

Registro fotográfico de procedimiento (PQR)			
Etapa de limpieza	Etapa de penetración	Etapa de revelado	
			
VISUALIZACION DE INDICACIONES			
			
Interpretación de indicaciones:		(a) El círculo rojo localiza la existencia de una socavadura en uno de los lados de interfaz del metal de aporte y metal base que conforma el cordón de soldadura. (b) Se visualiza una muesca de forma lineal de 1 mm de longitud y 0.2 mm de profundidad.	
Causas de discontinuidades:		Técnica incorrecta del soldador. Manipulación inadecuada del electrodo.	
Probeta	Tipo de discontinuidad	Dimensión	Resultado
X4-C	Socavadura	-1mm de largo -0.2mm de profundidad	Aceptable
Evaluación de indicaciones:		Las dimensiones del socavado existente no excede más de 1mm de longitud y 0.25 mm de profundidad de acuerdo a los parámetros de la normativa AWS D1.1 (ver anexo 3) por lo cual se considera aceptable el cordón de soldadura.	
Aprobado por:		INSP. Richard Carrasco Aller	

Nota: Elaborado por Noemi Quispe Villacorta y Elizabet Sullca Peralta

5.5.2.2.5 Registro PQR para probeta X5-C

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO					
		Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica					
Registro de calificación del procedimiento (PQR)							
INFORMACION GENERAL							
Tipo de prueba	END por líquidos penetrantes visibles				N° de ensayo	5	
Lugar de inspección	Taller de soldadura. Escuela Profesional de Ing. Metalúrgica			N° de probeta	X5-C		
Realizado por	María Elizabet Sullca peralta y Noemí Quispe Villacorta			Fecha	18/10/2023		
Revisado por	Ing. Elías Peña Peña						
DATOS DE LA PRUEBA A INSPECCIONAR							
Tipo de material	A36	Tipo de junta	En T	Espesor	6 mm		
Proceso de soldadura	SMAW	Tipo de soldadura	Filete	Longitud inspeccionada	180 mm		
Tipo de elemento	Probeta experimental			Posición de soldadura	3F (vertical)		
MATERIAL UTILIZADO							
Líquido	Marca	Código	Tipo	Método	Tramo de aplicación	Tiempo de acción	Secado
Penetrante	CANDESCO	PI01S-A	II	C	180 mm	10 min	Evaporación
Removedor	CANDESCO	CI01-A			180 mm	2min	Evaporación
Revelador	CANDESCO	DI01-A		C	180 mm	10 min	Evaporación
Tipos: I (penetrante fluorescente); II (Penetrante visible)			Método: A (Lavable con agua); C (Removable con solvente)				
Especificación de inspección	ASTM E-165		Criterio de aceptación	ANSI/AWSD1.1M:2010, tabla 6.1			

Nota: Elaborado por Noemí Quispe Villacorta y Elizabet Sullca Peralta

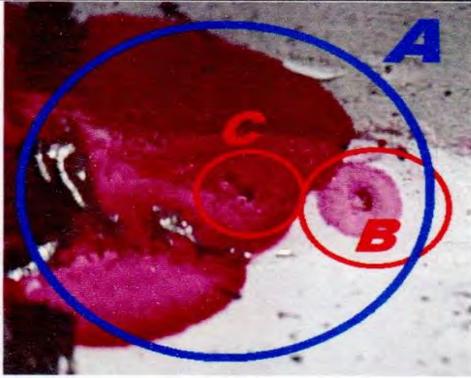
Registro fotográfico de procedimiento (PQR)			
Etapa de limpieza	Etapa de penetración	Etapa de revelado	
			
VISUALIZACION DE INDICACIONES			
			
Interpretación de indicación:	En la probeta de ensayo no se observa la presencia de ningún tipo de discontinuidad a lo largo del cordón de soldadura.		
Probeta	Tipo de discontinuidad	Dimensión	Resultado
X5-C	Ninguna	-	Aceptable
Evaluación de indicaciones:	Al no presentar ninguna discontinuidad de forma visible se califica la unión soldada como aceptable.		
Aprobado por:	INSP. Richard Carrasco Aller		

Nota: Elaborado por Noemi Quispe Villacorta y Elizabet Sullca Peralta

5.5.2.2.6 Registro PQR para probeta X6-C

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO					
		Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica					
Registro de calificación del procedimiento (PQR)							
INFORMACION GENERAL							
Tipo de prueba	END por líquidos penetrantes visibles				N° de ensayo	6	
Lugar de inspección	Taller de soldadura. Escuela Profesional de Ing. Metalúrgica				N° de probeta	X6-C	
Realizado por	Maria Elizabeth Sulca peralta y Noemi Quispe Villacorta				Fecha	18/10/2023	
Revisado por	Ing. Elías Peña Peña						
DATOS DE LA PRUEBA A INSPECCIONAR							
Tipo de material	A36	Tipo de junta	En T	Espesor	6 mm		
Proceso de soldadura	SMAW	Tipo de soldadura	Filete	Longitud inspeccionada	180 mm		
Tipo de elemento	Probeta experimental			Posición de soldadura	1F (plano)		
MATERIAL UTILIZADO							
Líquido	Marca	Código	Tipo	Método	Tramo de aplicación	Tiempo de acción	Secado
Penetrante	CANTESCOPI	101S-A	II	C	180 mm	15 min	Evaporación
Removedor	CANTESCO	C101-A			180 mm	5min	Evaporación
Revelador	CANTESCO	D101-A		C	180 mm	10 min	Evaporación
Tipos: I (penetrante fluorescente); II (Penetrante visible)			Método: A (Lavable con agua); C (Removible con solvente)				
Especificación de inspección	ASTM E-165		Criterio de aceptación	ANSI/AWSD1.1M:2010, tabla 6.1			

Nota: Elaborado por Noemi Quispe Villacorta y Elizabet Sulca Peralta

Registro fotográfico de procedimiento (PQR)			
Etapa de limpieza	Etapa de penetración	Etapa de revelado	
			
VISUALIZACION DE INDICACIONES			
			
	(a)	(b)	
Interpretación de indicaciones:	(a) El círculo rojo y azul localiza la existencia de porosidades y cráter. (b) Se visualiza una forma hondonada situada casi al extremo de la soldadura de filete inscrito en el círculo A, en el círculo B se observa una porosidad aislada de 0.4mm de diámetro y en el círculo C se observa porosidades esféricas agrupadas de 0.3mm de diámetro		
Causas de discontinuidades:	Incorrecto manejo de la pinza porta electrodo. Intensidad excesiva de soldeo		
Probeta	Tipo de discontinuidad	Dimensión	Resultado
X6-C	Cráter, porosidad	-	Rechazado
Evaluación de indicaciones:	La existencia de porosidades sumadas en el área del cráter puede originar grietas y fisuras que consideran un problema serio en la resistencia del cordón determinándose el rechazo del mismo.		
Aprobado por:	INSP. Richard Carrasco Aller		

Nota: Elaborado por Noemi Quispe Villacorta y Elizabet Sullca Peralta

5.5.3 *Exámen macroscopico de las discontinuidades en relación al área efectiva de la garganta.*

Para este examen se realizó las siguientes operaciones:

- a) Toma de muestras: se realizó la operación de corte como se describe en la tabla 21.
- b) Preparación mecánica: Se desbastió y pulió la sección transversal de la muestra en el laboratorio de la escuela de Ingeniería Metalúrgica como se muestra en la figura 56.

Figura 56

Imagen de Desbaste y pulido de muestras



Nota: Fotografía realizada en el laboratorio de la Escuela profesional de Ingeniería Metalúrgica

- c) Limpieza y observación de muestras: para la limpieza de las probetas se realizó el desengrasado de la superficie pulida mediante un intenso lavado en alcohol, posteriormente se seca la superficie con una secadora eléctrica obteniendo una superficie libre de residuos para someterla a una observación con un monocular en la cual se observaron discontinuidades.

Tabla 21*Muestras de las probetas de ensayo*

Probeta	Muestra	Descripción
X1-C		Soldadura de ranura de junta a tope biselada en V de 60°
X2-C		Soldadura de ranura de junta a tope biselada en V de 60°
X3-C		Soldadura de filete de junta de traslape
X4-C		Soldadura de filete de junta de traslape
X5-C		Soldadura de filete de junta en T
X6-C		Soldadura de filete de junta en T

Nota: Elaboración propia

5.6 Cálculos de cordón soldadura

Para determinar el área efectiva de la soldadura a tope se calcula reemplazando los valores de la tabla 22 en la ecuación 3. Para ello se determinó espesor efectivo de la garganta t_e , tomando el espesor de la parte unida más delgada. (Fosca, 2007)

Para determinar el área efectiva de soldaduras a filete se calcula reemplazando los valores de la tabla 23 en la ecuación 4. (Fosca, 2007) Para ello se determinó espesor efectivo de la garganta con la ecuación 6.

Tabla 22

Valores numéricos para cálculo de área efectiva de soldaduras a tope

Probeta	Le Longitud de soldadura efectiva (mm)	t Espesor de la plancha (mm)	Te Espesor efectivo de la garganta (mm)	Te_n Espesor efectivo nominal de la garganta (mm)
X1-C	180	10	10.85	10
X2-C	180	10	10.55	10

Nota: Elaboración propia

5.6.1 Cálculo de área efectiva nominal de soldaduras a tope

a) Probeta X1-C

$$Aw = 180 \times 10.0$$

$$Aw = 1800 \text{ mm}^2$$

b) Probeta X2-C

$$Aw = 180 \times 10.0$$

$$Aw = 1800 \text{ mm}^2$$

5.6.2 Cálculo de área efectiva experimental de soldaduras a tope

c) Probeta X1-C

$$Aw = 180 \times 10.85$$

$$Aw = 1953 \text{ mm}^2$$

d) Probeta X2-C

$$Aw = 180 \times 10.55$$

$$Aw = 1899 \text{ mm}^2$$

Tabla 23

Valores numéricos para cálculo de área efectiva de soldaduras a filete

Probeta	t Espesor de la plancha (mm)	S Cateto experimental de la soldadura (mm)	S _n Cateto nominal de la soldadura (mm)	le Longitud de soldadura efectiva (mm)
X3-C	5	5.1	5	180
X4-C	6	4.4	4	180
X5-C	6	4.2	4	180
X6-C	6	4.6	4	180

Nota: Elaboración propia

5.6.3 Cálculo de área efectiva nominal de soldaduras a filete

a) Probeta X3-C

Hallamos el espesor efectivo de la garganta con la ecuación 6.

$$e_g = 0.7(5)$$

$$e_g = 3.5 \text{ mm}$$

Reemplazando en ecuación 4

$$Aw = 3.5 \times 180$$

$$Aw = 630 \text{ mm}^2$$

b) Probeta X4-C

Hallamos el espesor efectivo de la garganta con la ecuación 6.

$$e_g = 0.7(4)$$

$$e_g = 2.8mm$$

Reemplazando en ecuación 4

$$Aw = 2.8 \times 180$$

$$Aw = 504 \text{ mm}^2$$

c) Probeta X5-C

Hallamos el espesor efectivo de la garganta con la ecuación 6.

$$e_g = 0.7(4)$$

$$e_g = 2.8mm$$

Reemplazando en ecuación 4

$$Aw = 2.8 \times 180$$

$$Aw = 504 \text{ mm}^2$$

d) Probeta X6-C

Hallamos el espesor efectivo de la garganta con la ecuación 6.

$$e_g = 0.7(4)$$

$$e_g = 2.8mm$$

Reemplazando en ecuación 4

$$Aw = 2.8 \times 180$$

$$Aw = 504 \text{ mm}^2$$

5.6.4 Cálculo de área efectiva experimental de soldaduras a filete

a) Probeta X3-C

Hallamos el espesor efectivo de la garganta con la ecuación 6.

$$e_g = 0.7(5.1)$$

$$e_g = 3.57mm$$

Reemplazando en ecuación 4

$$Aw = 3.57 \times 180$$

$$Aw = 642.6 \text{ mm}^2$$

b) Probeta X4-C

Hallamos el espesor efectivo de la garganta con la ecuación 6.

$$e_g = 0.7(4.4)$$

$$e_g = 3.08mm$$

Reemplazando en ecuación 4

$$Aw = 3.08 \times 180$$

$$Aw = 554.4 \text{ mm}^2$$

c) Probeta X5-C

Hallamos el espesor efectivo de la garganta con la ecuación 6.

$$e_g = 0.7(4.2)$$

$$e_g = 2.94mm$$

Reemplazando en ecuación 4

$$Aw = 2.94 \times 180$$

$$Aw = 529.2 \text{ mm}^2$$

d) Probeta X6-C

Hallamos el espesor efectivo de la garganta con la ecuación 6.

$$e_g = 0.7(4.6)$$

$$e_g = 3.22\text{mm}$$

Reemplazando en ecuación 4

$$Aw = 3.22 \times 180$$

$$Aw = 579.6 \text{ mm}^2$$

5.7 Resultados

a) Velocidad de avance

Los resultados del cálculo de la velocidad de avance en cada pase se resumen en la Tabla 24 de las probetas.

Tabla 24

Resultados del cálculo de velocidad de avance

Probeta	Velocidad de avance (mm/s)		
	1° pase	2° pase	3° pase
X1-C	3.75	2.25	2.77
X2-C	3.6	2.12	2.25
X3-C	3.0	-	-
X4-C	3.0	2.0	-
X5-C	1.89	-	-
X6-C	2.25	2.0	-

Nota: Elaboración propia

a) Calor neto aportado

La tabla 25 resume los resultados del cálculo de la velocidad de avance en cada pase de las probetas.

Tabla 25*Resultados del cálculo de aporte de calor neto*

Probeta	Calor neto aportado (J/mm)		
	1° pase	2° pase	3° pase
X1-C	392.53	850.49	637.68
X2-C	408.89	902.64	785.07
X3-C	687.31	-	-
X4-C	588.8	883.2	-
X5-C	934.6	-	-
X6-C	588.8	915.23	-

Nota: Elaboración propia**b) Medidas de refuerzo de soldadura y socavadura**

En la tabla 26 se representa los valores hallados mediante la medición con el calibrador de soldadura en la zona de refuerzo y socavadura cuyas dimensiones se detallan por cada probeta de ensayo.

Tabla 26*Medidas de refuerzo y socavadura de la soldadura*

Probeta	Refuerzo de soldadura (mm)	Profundidad socavadura (mm)
X1-C	2.5	No presenta
X2-C	3.0	No presenta
X3-C	2.0	No presenta
X4-C	2.2	0.2
X5-C	2.0	No presenta
X6-C	2.4	No presenta

Nota: Elaboración propia

c) Inspección Visual

En la tabla 27 se representa las discontinuidades halladas mediante la inspección visual en cada una de las probetas

Tabla 27

Resultados de inspección visual de probetas

Probeta	Tipo de junta	Discontinuidad	Resultado
X1-C	A tope biselada	Salpicadura	Aceptable
X2-C	A tope biselada	Sobre espesor en refuerzo	Aceptable
X3-C	Traslape	Ninguna	Deseable
X4-C	Traslape	socavadura	Aceptable
X5-C	En T	Ninguna	Deseable
X6-C	En T	Porosidad y cráter	Rechazado

Nota: Elaboración propia

d) Inspección por líquidos penetrantes visibles

Los resultados obtenidos mediante este ensayo no destructivo se resumen en la tabla 28.

Tabla 28

Resultados obtenidos de inspección por líquidos penetrantes

Probeta	Tipo de Junta	Discontinuidad	Resultado
X1-C	A tope biselada	Salpicadura	Aceptable
X2-C	A tope biselada	Porosidad	Aceptable
X3-C	Traslape	Ninguna	Deseable
X4-C	Traslape	Socavadura	Aceptable
X5-C	En T	Ninguna	Deseable
X6-C	En T	Porosidad y cráter	Rechazado

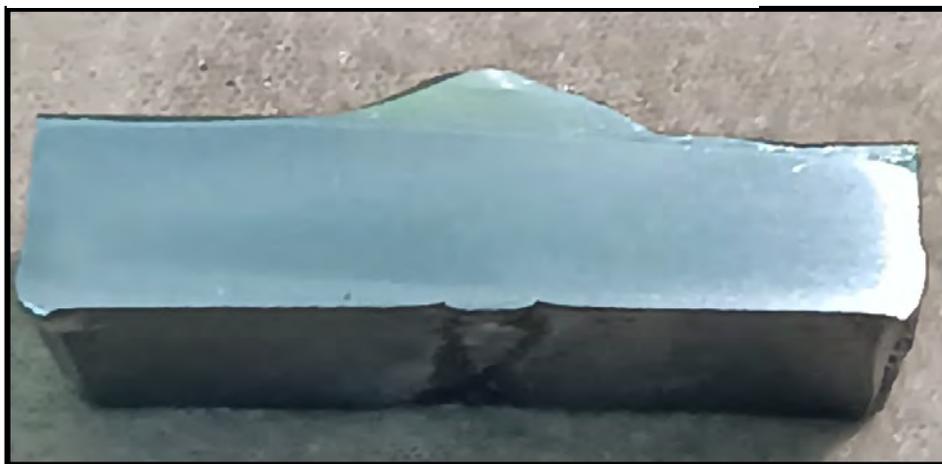
Nota: Elaboración propia

e) Análisis Macroscópico transversal

La figura 57 evidencia una sección transversal de la muestra X1-C, donde no se observan discontinuidades internas en la región evaluada.

Figura 57

Imagen de enfoque transversal de muestra X1-C

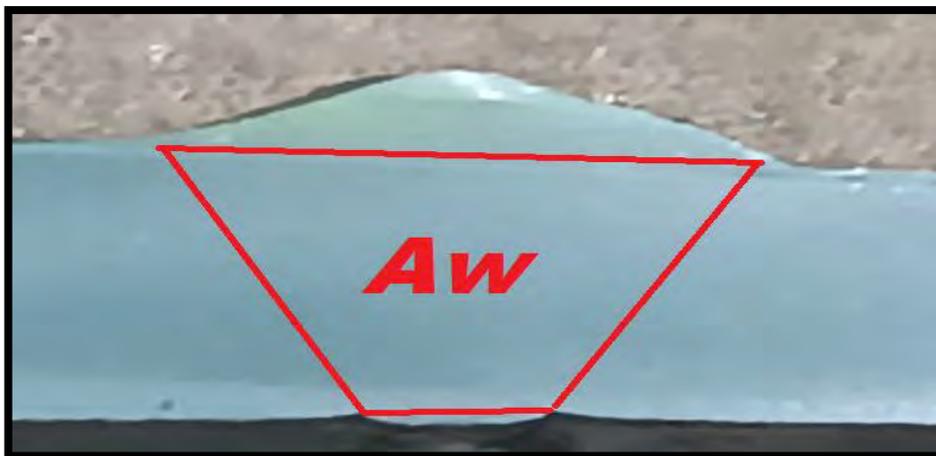


Nota: Elaboración propia [fotografía], por M. Elizabet Sullca P. y Noemi Quispe V.

La figura 58 evidencia el límite gráfico del área efectiva de soldadura de la muestra X1-C, que permite calificar el cordón de acuerdo a su cara convexa como un perfil correctamente construido de denominación “E” (ver tabla 8), por lo tanto, es aceptable.

Figura 58

Imagen de la localización del área efectiva de la soldadura de la muestra X1-C



Nota: Elaboración propia [fotografía], por M. Elizabet Sullca P. y Noemi Quispe V.

La figura 59 evidencia una sección transversal de la probeta X2-C con porosidad agrupada y alineada de 0.1 y 0.15 mm de diámetro (ver círculos rojos) en la región interna del cordón de soldadura.

Figura 59

Imagen de la sección transversal de la muestra X2-C

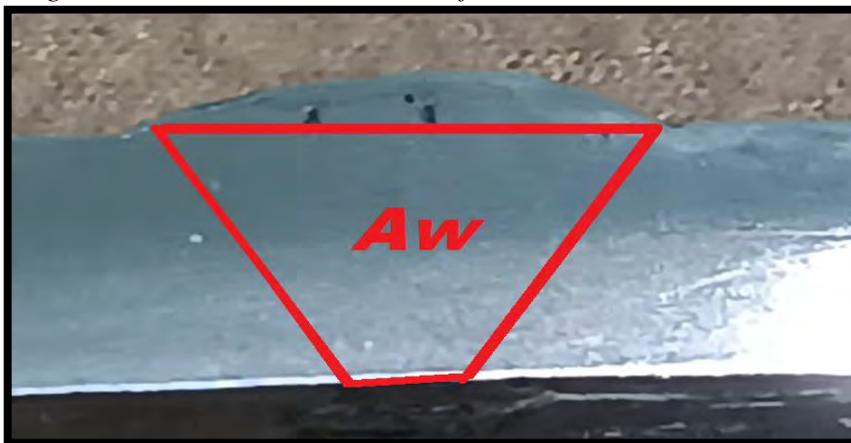


Nota: Elaboración propia [fotografía], por M. Elizabet Sullca P. y Noemi Quispe V.

La figura 60 evidencia el límite gráfico del área efectiva de soldadura de la muestra X2-C, se observó que las discontinuidades detectadas se ubican en el refuerzo del cordón sin dañar la superficie efectiva de la soldadura; las porosidades internas agrupadas bajo tensión Pueden iniciar el desarrollo de grietas que puedan comprometer el área efectiva de la soldadura calificando como no aceptable.

Figura 60

Imagen de la localización del área efectiva de la soldadura de la muestra X2-C

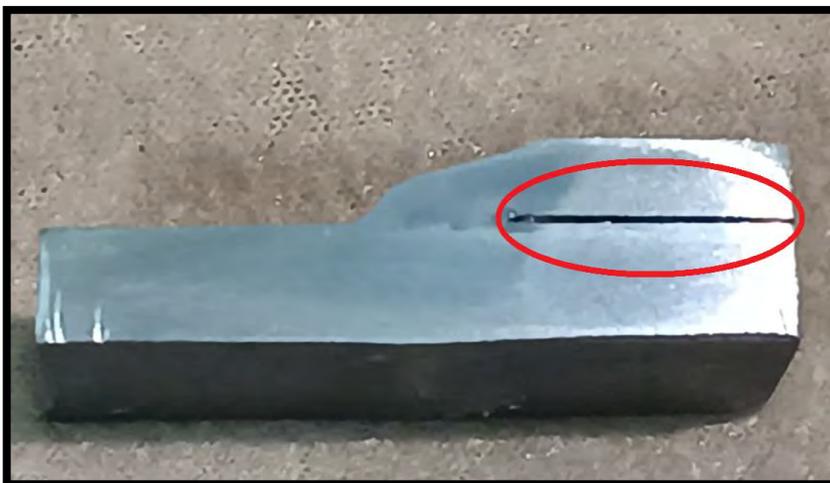


Nota: Elaboración propia [fotografía], por M. Elizabet Sullca P. y Noemi Quispe V.

La figura 61 evidencia una sección transversal de la probeta X3-C, donde no se observan discontinuidades internas en la región evaluada, sin embargo, se visualiza una abertura entre la superposición de las piezas a unir que no considera ser una discontinuidad (ver círculo rojo).

Figura 61

Imagen de la sección transversal de la muestra X3-C

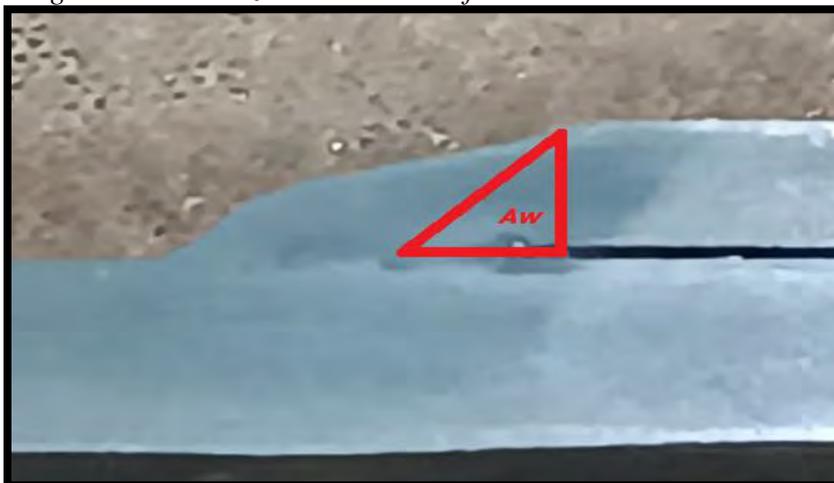


Nota: Elaboración propia [fotografía], por M. Elizabet Sullca P. y Noemi Quispe V.

La figura 62 evidencia el límite gráfico del área efectiva de soldadura de la muestra X3-C, sin discontinuidades, el perfil se denomina "C" (ver Tabla 8) porque no cumple con los requisitos en su totalidad en relación a la convexidad de la cara del cordón, pero es aceptable.

Figura 62

Imagen de la localización del área efectiva de la soldadura de la muestra X3-C



Nota: Elaboración propia [fotografía], por M. Elizabet Sullca P. y Noemi Quispe V.

La figura 63 evidencia una sección transversal de la probeta X4-C con un poro esférico de 0.05 mm de diámetro en la región interna del cordón de soldadura (ver círculo rojo).

Figura 63

Imagen de la sección transversal de la muestra X4-C



Nota: Elaboración propia [fotografía], por M. Elizabet Sullca P. y Noemi Quispe V.

La figura 64 evidencia el límite gráfico del área efectiva de soldadura de la muestra X4-C, se observó que el poro se ubica en la región de refuerzo del cordón, sin comprometer el área efectiva de la soldadura. El perfil se denomina "C" (ver Tabla 8) porque no cumple totalmente con los requisitos, pero es aceptable.

Figura 64

Imagen de la localización del área efectiva de la soldadura de la muestra X4-C



Nota: Elaboración propia [fotografía], por M. Elizabet Sullca P. y Noemi Quispe V.

La figura 65 evidencia una sección transversal de la probeta X5-C, El círculo dibujado en la sección transversal identifica el vacío en el área de contacto de las dos piezas en el cordón izquierdo debido a una preparación insuficiente de la unión, pero esto no se considera una discontinuidad de la soldadura.

Figura 65

Imagen de la sección transversal de la muestra X5-C

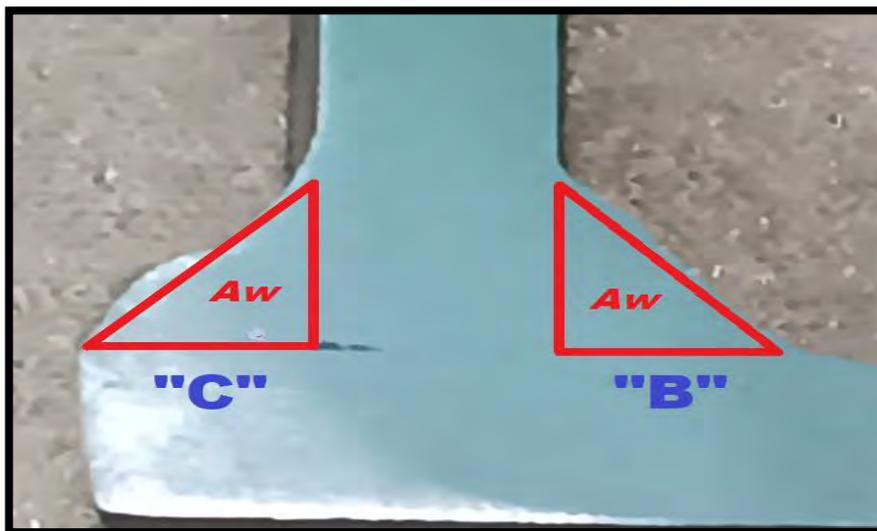


Nota: Elaboración propia [fotografía], por M. Elizabet Sullca P. y Noemi Quispe V.

La figura 66 evidencia el límite gráfico del área efectiva de soldadura de la muestra X5-C, cuando se forma un área de soldadura efectiva como el perfil izquierdo de denominación “C” es aceptable en relación a la convexidad de la cara del cordón; el perfil derecho de denominación “B” se considera un perfil deseable porque llena el área efectiva de la garganta cumpliendo todos los requerimientos en su totalidad (ver tabla 8).

Figura 66

Imagen de la localización del área efectiva de la soldadura de la muestra X5-C



Nota: Elaboración propia [fotografía], por M. Elizabet Sullca P. y Noemi Quispe V.

La figura 67 evidencia una sección transversal de la probeta X6-C, el círculo dibujado en la región del cordón izquierdo identifica un cráter en forma hondonada.

Figura 67

Imagen de la sección transversal de la muestra X6-C



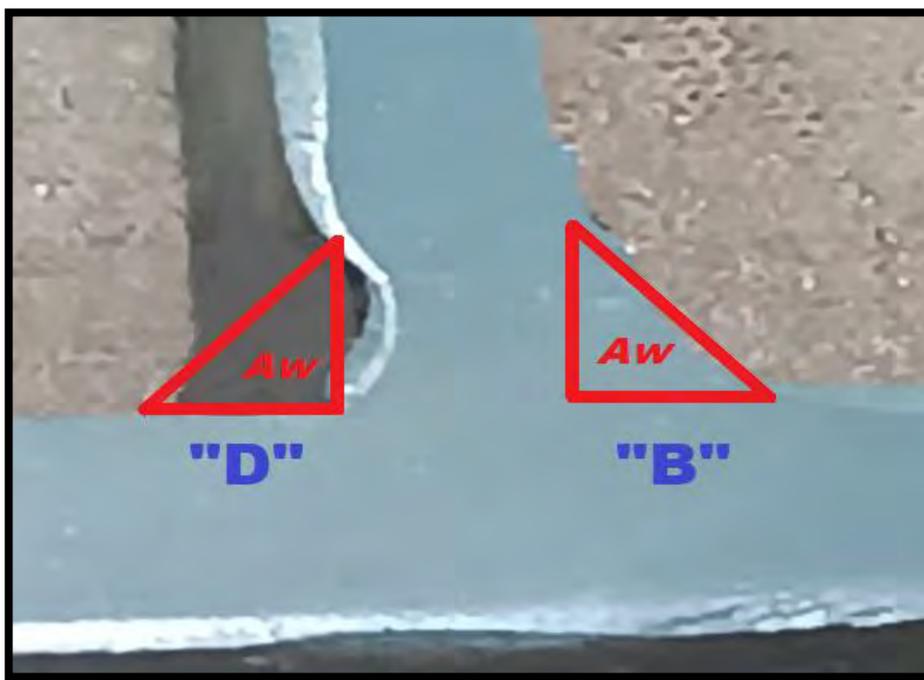
Nota: Elaboración propia [fotografía], por M. Elizabet Sullca P. y Noemi Quispe V.

La figura 68 evidencia el límite gráfico del área efectiva de soldadura de la muestra X6-C, se observó que no se forma el área efectiva de la soldadura en el perfil izquierdo de denominación "D" perfil no aceptable, ya que forma parte del cráter generado por la interrupción brusca del arco de electrodo y el metal base.

Cuando se forma un área de soldadura efectiva como el perfil derecho de denominación "B" se considera un perfil deseable porque llena el área efectiva de la garganta cumpliendo todos los requerimientos en su totalidad. (ver tabla 8).

Figura 68

Imagen de la localización del área efectiva de la soldadura de la muestra X6-C



Nota: Elaboración propia [fotografía], por M. Elizabet Sullca P. y Noemi Quispe V.

CAPITULO VI

Análisis y discusión de resultados

6.1 Análisis de la velocidad de avance en relación al aporte de calor neto

En base al resumen comparativo de la tabla 29 se denota que la velocidad de avance y aporte de calor neto varía de acuerdo al número de pase que requiere cada probeta dependiendo del espesor del material a unir, concluyendo que en los pases de raíz la velocidad de avance es mayor y el aporte de calor neto menor a comparación de los pases de relleno y acabado cuya velocidad de avance es menor y el aporte de calor neto mayor.

Tabla 29

Resumen comparativo por número de pases de soldadura

Probeta	1° pase		2° pase		3° pase	
	Calor neto aportado (J/mm)	Velocidad de avance (mm/s)	Calor neto aportado (J/mm)	Velocidad de avance (mm/s)	Calor neto aportado (J/mm)	Velocidad de avance (mm/s)
X1-C	392.53	3.75	850.49	2.25	637.68	2.77
X2-C	408.89	3.6	902.64	2.12	785.07	2.25
X3-C	687.31	3.0	-	-	-	-
X4-C	588.8	3.0	883.2	2.0	-	-
X5-C	934.6	1.89	-	-	-	-
X6-C	588.8	2.25	915.23	2.0	-	-

Nota: Elaboración propia

6.2 Análisis de inspección visual

En base a los resultados obtenidos por inspección visual se denota la presencia de discontinuidades superficiales en las siguientes probetas: X1-C (salpicaduras), X2-C (sobre espesor), X4-C (socavadura); visualmente se deduce que estas discontinuidades se localizan en la zona de refuerzo del cordón.

Las dimensiones del refuerzo del cordón obtenidos por medición son de 2 a 3 mm por lo que ninguna probeta excede el parámetro de 3.2 mm para refuerzo de cordón de soldadura considerándose como perfiles aceptables pese a la identificación de discontinuidades.

6.3 Inspección por líquidos penetrantes

Según los resultados del ensayo de líquidos penetrantes visibles se denota la presencia de discontinuidades en las siguientes probetas: X1-C (salpicaduras), X2-C (porosidad), X4-C (socavadura) y X6-C (porosidad y cráter); identificándose estas como discontinuidades superficiales que se generan en el último pase de soldadura producto del empleo inadecuado de la velocidad de avance e intensidad de la corriente, la presencia de estas discontinuidades cumplen los parámetros de aceptación a excepción de la presencia de cráter en la probeta X6-C de acuerdo a la norma AWS D1.1 Tabla 6.1 (ver anexo 3).

6.4 Análisis macroscópico

Los resultados obtenidos del corte transversal de las discontinuidades identificadas por líquidos penetrantes permitieron localizar discontinuidades internas en la misma sección demostrando que la existencia de una discontinuidad superficial puede ser indicador de posibles discontinuidades internas.

6.5 Cálculo de área efectiva de soldadura

En la tabla 30 se representa los resultados obtenidos de los cálculos del área efectiva nominal de la soldadura y el área efectiva de la soldadura experimental hallada para cada probeta de ensayo.

Tabla 30

Resultados del área efectiva de la soldadura nominal y experimental.

Probeta	A_{w_n} Área efectiva nominal de la soldadura (mm^2)	A_{w_e} Área efectiva experimental de la soldadura (mm^2)
X1-C	1800	1953
X2-C	1800	1899
X3-C	630	642.6
X4-C	504	554.4
X5-C	504	529.2
X6-C	504	579.6

Nota: Elaboración propia

En base a los resultados obtenidos del área efectiva de soldadura experimental de las discontinuidades identificadas mediante el ensayo de líquidos penetrantes visibles cumple con el rango mínimo establecido en comparación a los resultados obtenidos del cálculo del área efectiva nominal que se tiene como parámetro mínimo a cumplir, hallado de acuerdo con el tipo de junta de la probeta de ensayo y el espesor del material de la probeta de ensayo.

CONCLUSIONES

- Las discontinuidades al ser sometidas a esfuerzo generan u originan defectos que conlleven incluso a microgrietas y fisuras de la unión soldada.
- La velocidad de avance promedio de los 3 pases en la probeta de tipo de junta a tope biselada X1-C es de 2.92 mm/s, no generó discontinuidades. Se empleó menor velocidad en la probeta X2-C donde la velocidad de avance promedio es de 2.65 mm/, generó discontinuidades como: sobre espesor y porosidades internas que superan los parámetros, considerándose defectos internos en el cordón de soldadura de esta probeta. Se empleo velocidad excesiva en la probeta X6-C de tipo de junta en T donde la velocidad de avance promedio de 2 pases es de 2.125 mm/s, genero porosidad y cráter. Concluyendo que el ajuste adecuado de la velocidad de avance de acuerdo al tipo de junta y la posición de soldeo influye considerablemente en la formación de discontinuidades y defectos que condiciona la calidad de la unión soldada.
- El aporte de calor neto en las probetas de un solo pase X3-C es 687.31 J/mm y X5-C es 934.6 J/mm, son adecuadas por no presentar ninguna discontinuidad debido a la fusión completa del metal base y material de aporte en el cordón de soldadura a diferencia de las probetas de multi pasadas que presentaron discontinuidades y defectos. Concluyendo que la geometría de la soldadura, según el espesor de la plancha, forma y dimensiones del depósito de soldadura, determina el número de pasadas, por lo que el control del aporte de calor en una soldadura multi pasada es complejo y esto influye considerablemente en la formación de discontinuidades entre los pases.

- Las discontinuidades internas sometidas a tensión y esfuerzo, dependiendo de sus dimensiones y localización, comprometen el área efectiva de la soldadura, lo que determina en gran medida la aceptación o rechazo de la soldadura. El análisis macroscópico transversal, contribuye a evidenciar porosidades agrupadas y alineadas en la región interna del cordón las mismas que pueden provocar crecimiento de fisuras.
- La pericia del soldador tiene un impacto significativo en el desempeño de los métodos de trabajo de acuerdo al suficiente control de las variables de operación, precisión que emplea en la realización del punteado teniendo que ser de forma cóncava para no generar sobre monta cuando se realice el pase del cordón, menor dificultad para interrumpir el arco de manera brusca, reempalme óptimo de la continuidad del cordón, adecuada limpieza del metal base y eliminación de escoria en las juntas a tope, en T y traslape.

RECOMENDACIONES

- Para una adecuada preparación de probetas se debe cumplir con las especificaciones del proceso de soldadura de acuerdo al tipo de junta, espesor y composición del material.
- Para la ejecución de soldaduras multi pases de debe realizar la limpieza de escoria mediante un proceso de esmerilado y nivelación se superficie.
- Para realizar ensayos no destructivos con líquidos penetrantes, se debe crear un ambiente adecuado. Esto incluye iluminación natural, humedad y corrientes de aire.
- Se debe contar con soldadores homologados para la realización de las operaciones de soldadura.
- Se debe contar con EPPS adecuados para la manipulación de los productos químicos que contienen el kit de líquidos penetrantes, procesos de elaboración de probetas.
- Para el ensayo macroscópico se recomienda usar un microscopio estereoscópico de bajo aumento 10X ,20X.
- Se sugiere a la escuela profesional de ingeniería metalúrgica ampliar en la malla curricular cursos de especialidad referente a la industria de la soldadura.

BIBLIOGRAFIA

- A.W.S. (1981). *Introduccion a la Metalurgia de la soldadura*. Buenos Aires: Geminis S.R.L.
- A.W.S. (1948). *Metals Handbook*. Ohio.
- Arguelles, R. (2005). *Estructura de Aceros*. Valencia: Bellisco.
- Baldarrago, R. P. (2015). *Inspeccion visual y liquidos penetrantes en uniones soldadas*. Arequipa: Tesis de Pregrado.
- Benhayon, J. (1989). *Introduccion al proyecto de las construcciones metalicos soldados*. Madrid: Conarco.
- Bueno, H. (2001). *Catalgo de electrodos comunes y Manual para Procesos de Soldadura en Estructuras Metalicas de Acero A36*. Mexico.
- Cabezón, G. S. (2014). *Control de calidad en la Produccion Industrial*.
- Campos, F. (2014). *Control de calidad en los procesos de soldadura FCAW-SMAW*. Arequipa: tesis de pregrado.
- Castro, E. P. (2018). *Identificacion de defectos en soldaduras de aceros estructural ASTM A36 mediante ensayos no destructivos segun el codigo AWS D1.1*. Tesis de pregrado.
- Ceron, B. S. (2019). *Control de calidad de soldaduras industriales mediante ensayos no destructivos END*. Ayacucho: Tesis de pregrado.
- Fosca, D. (2007). *Introduccion a la Metalurgia de la soldadura* (septima ed.). Lima, Peru: Imprenta PUCP.
- Horwitz, H. (1997). *Soldadura, aplicaciones y practica*. Boston: Alfaomega.
- Kobelco. (1995). *El ABC de la soldadura por Arco*. España: Limusa.
- Ilogsa. (2019). *Manual de liquidos penetrantes nivel I y II*. Mexico.
- Macheño, M. (2012). *Manual de practicas de soldadura con electrodo revestido*. España: Ediciones Paraninfo S.A.
- Metals, A. S. (1971). *Metals Handbook* (Vol. 6th). American Society for Metals.

- Niño, B. A. (2020). *Determinacion, intepretacion y evaluaci3n de discontinuidades en juntas soldadas de estructuras metalicas por ensayos no destructivos basado en el codigo AWS D1.1*. Quito -Ecuador: Tesis de pregrado.
- Oerlikon. (1999). Manual de soldadura. *Oerlikon*, 25-30.
- Oxgasa. (2001). *Manual del soldador*. Infrasal.
- Patton, W. (1982). *Ciencia y Tecnologia de la Soldadura*. Espa1a: URMO.
- Peralta, E. F. (2018). *Aplicacion y evaluacion de las principales discontinuidades en las unioones soldadas con END(liquidos penetrantes) en los tanques de envejecimiento en el proyecto de "reforzamiento de los anillos superiores en la planta concentradora de cuajone-SPCC*. Arequipa: Tesis de Pregrado.
- Riesco, G. H. (1994). *Manual del soldador*. Espa1a: CESOL.
- Ruiz, A. (1982). *Aplicaci3n de los m3todos de ensayos no destructivos al examen de las uniones soldadas*. Espa1a: Urmo.
- Soldexa. (2012). *Manual de soldadura y catalogo de productos*. Peru: leba lperu.
- Villase1or, O. (1990). *Fabricacion y Montaje de una Estructura Metalica*. Mexico.

SITIO WEB

Ingemecanica. (junio de 2019). Obtenido de
<http://www.ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialln44.html>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

EVALUACIÓN DE DISCONTINUIDADES EN UNIONES SOLDADAS DE TANQUES CISTERNAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA EMPRESA INDUSTRIA METAL PEÑA E.I.R.L.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿En qué medida la presencia de discontinuidades en uniones soldadas de aceros A36 influirá en la calidad del cordón de soldadura?	Determinar y evaluar la influencia de discontinuidades en uniones soldadas de aceros A 36 en la calidad del cordón de soldadura.	La presencia de las discontinuidades influye significativamente en la calidad en uniones soldadas de aceros A36 de tanques cisternas.	VARIABLE DEPENDIENTE: Calidad de uniones soldadas Dimensiones <ul style="list-style-type: none"> • Perfil del cordón • Área efectiva de la soldadura 	Tipo de investigación Tecnológica Enfoque de investigación Cuantitativo experimental Nivel de investigación Descriptivo y explicativo Población Tanques cisternas Muestra Seis probetas de ensayo Técnicas de recolección de datos <ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual • Inspección por líquidos penetrantes visibles • Ensayo macroscópico
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE:	
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo afectará la velocidad de avance a la existencia de discontinuidades en relación a la calidad de la soldadura? • ¿Cómo afectará el aporte de calor a la existencia de discontinuidades en relación a la geometría de la soldadura? • ¿Cómo afectará la presencia de discontinuidades en la sección del área efectiva de la soldadura al control de calidad de la unión soldada? • ¿De qué manera la pericia del soldador influirá en la aplicación de las técnicas operativas de soldadura? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la velocidad de avance en uniones soldadas de juntas a tope, en T y traslape. • Determinar el aporte de calor en uniones soldadas de juntas a tope, en T y traslape. • Determinar el área efectiva de la soldadura en uniones soldadas de juntas a tope, en T y traslape. • Evaluar las características de las técnicas operativas que se debe aplicar en las juntas a tope, en T y traslape 	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad de avance tiene un efecto significativo en la aparición de discontinuidades en relación a la calidad del cordón de soldadura. • El aporte de calor tiene un efecto significativo en la aparición de discontinuidades en relación a la geometría de la soldadura. • La presencia de discontinuidades en la sección del área efectiva de la soldadura tiene un efecto significativo en el control de calidad de la unión soldada. • La pericia del soldador proporciona características significativas para la correcta aplicación de las técnicas operativas, reduciendo la aparición de discontinuidades que permite la obtención del perfil deseado. 	VARIABLE INDEPENDIENTE: Discontinuidades Dimensiones <ul style="list-style-type: none"> • Parámetros de soldeo • Técnicas operativas 	

Nota: Elaboración propia

Anexo 2: Propiedades mecánicas del acero ASTM A36

TABLE 3 Tensile Requirements^A

Plates, Shapes, ^B and Bars:	
Tensile strength, ksi [MPa]	58–80 [400–550]
Yield point, min, ksi [MPa]	36 [250] ^C
Plates and Bars ^{D,E} :	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	23
Shapes:	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	21 ^B

^A See the Orientation subsection in the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M.

^B For wide flange shapes over 426 lb/ft [634 kg/m], the 80 ksi [550 MPa] maximum tensile strength does not apply and a minimum elongation in 2 in. [50 mm] of 19 % applies.

^C Yield point 32 ksi [220 MPa] for plates over 8 in. [200 mm] in thickness.

^D Elongation not required to be determined for floor plate.

^E For plates wider than 24 in. [600 mm], the elongation requirement is reduced two percentage points. See the Elongation Requirement Adjustments subsection under the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M.

Anexo 3: Ficha técnica de planchas ASTM A36 Aceros Arequipa

BOBINAS Y PLANCHAS LAC

DENOMINACIÓN:
BLAC A36, PLAC A36.

DESCRIPCIÓN:

Bobinas y Planchas de acero laminadas en caliente con bordes de laminación.

USOS:

Se usa en la fabricación de tubos, perfiles plegados, asimismo luego de su corte en planchas, se emplea en la construcción de silos, carrocerías y construcción en general.

NORMAS TÉCNICAS:

DESIGNACIÓN	NORMAS TÉCNICAS
Estructural	ASTM A36 y Dimensiones según BS G3193-2008

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%):

CALIDAD ASTM	% C	% Mn MÁX.	% P MÁX.	% S MÁX.	% Si MÁX.
A36	0,25 máx.	-	0,040	0,050	0,40

DIMENSIONES NOMINALES:

BOBINAS LAMINADAS EN CALIENTE (BLAC A36)
1,5 x 1200 mm
1,8 x 1200 mm
1,9 x 1200 mm
2,0 x 1200 mm
2,2 x 1200 mm
2,3 x 1200 mm
2,4 x 1200 mm
2,5 x 1200 mm
2,9 x 1200 mm
4,4 x 1200 mm
5,9 x 1200 mm

PLANCHAS LAMINADAS EN CALIENTE (PLAC A36):

DIMENSIONES (mm)	PESO TEÓRICO (EN kg/plancha)				TOLERANCIA EN EL ESPESOR (mm)	ESPESOR EQUIVALENTE O APROXIMADO
	1.500 x 2.400 (mm)	1.200 x 6.000 (mm)	1.500 x 6.000 (mm)	2.400 x 6.000 (mm)		
1,9"	33,91				±0,18	1/16"
1,8"	40,69				±0,19	5/16"
1,9"	42,98				±0,19	5/16"
1,8"	45,32	113,64			±0,20	5/8"
2,2"	49,74	174,34			±0,20	3/2"
1,3"	52	130			±0,20	1/8"
1,4"	54,26	135,85			±0,20	1/2"
2,5"	58,52	141,3			±0,22	1/2"
1,9"	65,56	163,92			±0,22	1/8"
1,8"			211,95		±0,22	1/8"
1,9"	88,17	226,43			±0,24	5/16"
4,0"			282,6		±0,45	5/16"
4,4"	99,48	248,89			±0,45	3/16"
4,9"			317,83		±0,45	3/16"
4,8"			339,13		±0,45	3/16"
5,0"				505,20	±0,50	3/16"
5,9"	133,39	333,47			±0,50	1/4"
6	135,85	339,12	423,9		±0,51	1/4"
6,75	143,59	359,9			±0,51	1/4"
6,4			452,18	723,48	±0,51	1/4"
8	189,86	482,38	593,2	994,32	±0,51	5/16"
9	203,47		635,85	1.027,36	±0,51	3/8"
9,5			671,18	1.073,88	±0,51	3/8"
12	271,3		843,8	1.305,48	±0,51	1/2"
12,5			883,13	1.413,00	±0,51	1/2"
16	361,71		1.130,40	1.908,54	±0,51	5/8"
19			1.342,35	2.147,76	±0,51	3/4"
20	452,16			2.280,00	±0,51	3/4"
22			1.554,30	2.488,80	±0,51	7/8"
25	565,2		1.766,25	2.826,00	±0,51	1"
32	733,46		2.360,80	3.617,28	±0,51	1 1/8"
36	826,1		2.684,75	4.295,52	±0,51	1 1/2"
50	1.130,40		3.532,50	5.692,80	±0,51	2"
65	1.424,30		4.450,95	7.121,32	±0,51	2 1/2"
75	1.693,60		5.298,75	8.478,00	±0,51	3"
100	2.280,00		7.055,00	11.264,00	±0,51	4"
125			8.831,25	14.118,00	±0,51	5"
150	3.360,30		10.597,50	16.956,00	±0,51	6"

(*) Dimensiones bajo norma BS G3193.

Anexo 4: Norma AWS D1.1 (Código de soldadura)

STRUCTURAL WELDING CODE – STEEL AWS D1.1/D1.1M:2008**CLÁUSULA 6. INSPECCIÓN****Parte C – Criterios de Aceptación****6.10 PT y MT**

Las soldaduras que son sujetas a MT y PT, además de la inspección visual, deben ser evaluadas basándose en los requisitos aplicables para la inspección visual. Los ensayos deben realizarse de acuerdo con 6.14.4 o 6.14.5, lo que sea aplicable.

C-6.10 PT y MT

El código no incluye criterio de aceptación para el ensayo por líquidos penetrantes basado en el sangrado del tinte. Cuando sea usado el ensayo por PT, la aceptación de cualquier discontinuidad debe estar basada en una evaluación visual de la discontinuidad, después de remover el medio indicativo. Cuando la discontinuidad no pueda ser vista (aun con magnificación, si es requerida) después de la remoción del medio indicativo, la evaluación debe estar basada en el tamaño y naturaleza de la indicación producida por el ensayo por PT. La observación del penetrante mientras sangra, proporciona información útil concerniente con la naturaleza de la discontinuidad.

6.11 END

Con excepción de lo indicado en 6.18, todos los métodos de END, incluyendo los requisitos de equipo y calificaciones, calificaciones de personal y métodos de operación, deben ser de acuerdo con la Cláusula 6, Inspección. Los criterios de aceptación deben ser los que se describen en esta Sección. Las soldaduras sujetas a END, debieron haberse encontrado aceptables por inspección visual, de acuerdo con 6.9.

Para soldaduras sujetas a END, de acuerdo con 6.10, 6.11, 6.12.1 y 6.13.3, los ensayos pueden iniciar inmediatamente después que la soldadura ha sido terminada y se ha enfriado a temperatura ambiente. El criterio de aceptación para aceros ASTM A514, A517 y A 709 Grado 100 y 100W debe basarse en END realizados a no menos de 48 horas después de completar las soldaduras.

Tabla 6.1												
Criterios de Aceptación para Inspección Visual.												
Categoría de discontinuidad y criterios de inspección	Conexiones no tubulares cargadas estáticamente	Conexiones no tubulares con carga cíclica										
(1) Prohibición de fisuras Cualquier grieta será inaceptable, independientemente de su tamaño o ubicación.	X	X										
(2) Fusión de Soldadura/Metal Base Deberá haber fusión completa entre las capas adyacentes de metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal de base.	X	X										
(3) Crater en la Sección Transversal Todos los crateres deberán ser llenados para proporcionar el tamaño de soldadura especificado, excepto para los extremos de las soldaduras de filete intermitente fuera de su longitud efectiva.	X	X										
(4) Perfil de Soldadura los perfiles deberán estar de acuerdo con tabla N°2	X	X										
(5) Tiempo de Inspección La Inspección Visual de las Soldaduras en todos los aceros pueden iniciar inmediatamente después de que las soldaduras terminadas se hayan enfriado a temperatura ambiente. Los criterios de aceptación para los aceros ASTM A514, A517, y A709 Grado HPS 100 y 100W [HPS 690W], deberá estar basado en la inspección visual realizada en no menos de 48 horas después de la terminación de soldadura.	X	X										
(6) Soldaduras de poco tamaño (Inferiores). El tamaño de una soldadura de filete en cualquier soldadura continua, puede tener menos del tamaño (L) nominal especificado sin corrección de las siguientes cantidades (U): <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">L,</td> <td style="text-align: center;">U,</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Tamaño de soldadura nominal especificado, Pulg [mm]</td> <td style="text-align: center;">Disminución permitida de (L), Pulg. [mm]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≤ 3/16. [5]</td> <td style="text-align: center;">≤ 1/16 [2]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1/4. [6]</td> <td style="text-align: center;">≤ 3/32 [2.5]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≥ 5/16. [8]</td> <td style="text-align: center;">≤ 1/8 [3]</td> </tr> </table> En todos los casos, la parte de la soldadura de poco tamaño no deberá exceder el 10% de la longitud de la soldadura. En soldaduras alma-ala de vigas, la reducción deberá ser prohibido en los extremos de una longitud igual a dos veces el ancho del ala.	L,	U,	Tamaño de soldadura nominal especificado, Pulg [mm]	Disminución permitida de (L), Pulg. [mm]	≤ 3/16. [5]	≤ 1/16 [2]	1/4. [6]	≤ 3/32 [2.5]	≥ 5/16. [8]	≤ 1/8 [3]	X	X
L,	U,											
Tamaño de soldadura nominal especificado, Pulg [mm]	Disminución permitida de (L), Pulg. [mm]											
≤ 3/16. [5]	≤ 1/16 [2]											
1/4. [6]	≤ 3/32 [2.5]											
≥ 5/16. [8]	≤ 1/8 [3]											
(7) Socavado (A) Para el material menor de 1 pulgada [25 mm] de espesor, el socavado no deberá exceder de 1/32 pulg. [1 mm], con la siguiente excepción: el socavado no deberá exceder 1/16 pulg. [2 mm] para cualquier longitud acumulada de hasta 2 pulg. [50 mm] en cualquier longitud de 12 pulg. [300 mm]. para material mayor o igual a 1 pulg. [25 mm] de espesor, la socavación no deberá exceder de 1/16 pulg. [2 mm] para cualquier longitud de soldadura.	X											
(B) En miembros principales, el socavado no deberá exceder de 0.01 Pulg. [0.25 mm] de profundidad cuando la soldadura es transversal al esfuerzo de tracción bajo cualquier condición de diseño de carga. El socavado deberá ser no más de 1/32 pulg. [1 mm] de profundidad para todos los otros casos.		X										
(8) Porosidad (A) Las soldaduras de penetración completa CJP en juntas a tope transversal en dirección al esfuerzo de tracción calculado no deberá tener porosidad tubular visible. Para todas las otras soldaduras de bisel y soldaduras de filete, la suma de porosidad tubular visible de 1/32 pulg. [1 mm] o mayor en diámetro, no deberá exceder de 3/8 pulg. [10 mm] en cualquier pulgada lineal de soldadura y no deberá exceder de 3/4 pulg. [20 mm] en cualquier longitud de soldadura de 12 pulg. [300 mm].	X											
(B) La frecuencia de la porosidad tubular en soldaduras de filete no deberá exceder de 1 por cada 4 pulg. [100 mm] de la longitud de la soldadura y el diámetro máximo no deberá exceder de 3/32 pulg. [2.5 mm]. Excepción: para soldaduras de filete conectando refuerzos al alma, la suma de los diámetros de la porosidad tubular no deberá exceder de 3/8 pulg. [10 mm] en cualquier pulgada lineal de soldadura y no deberá exceder de 3/4 pulg. [20 mm] en cualquier longitud de soldadura de 12 pulg. [300 mm].		X										
(C) Las soldaduras de canal de penetración completa CJP en juntas de tope transversal a la dirección del esfuerzo calculado no deberá tener porosidad tubular. Para todas las otras soldaduras de canal, la frecuencia de la porosidad tubular no deberá exceder de 1 en 4 pulg. [100 mm] de longitud y el diámetro máximo no deberá exceder de 3/32 pulg. [2.5 mm].		X										
Nota: una "X" indica la aplicación para el tipo de conexión; el área sombreada indica la no aplicabilidad.												

Anexo 5: Requisito de un procedimiento por líquidos penetrantes de la norma ASTM E -

165

TABLA T-621
REQUISITOS DE UN PROCEDIMIENTO PARA EL EXAMEN POR LÍQUIDOS PENETRANTES

Requisitos	Variable Esencial	Variable No esencial
Identificación de y cualquier cambio en el tipo o grupo de familia de los materiales penetrantes, incluyendo reveladores, emulsificadores, etc.	X	...
Preparación de la superficie (acabado y limpieza, incluyendo el tipo de solvente para limpieza)	X	...
Método de aplicación del penetrante	X	...
Método de remoción del exceso de penetrante de la superficie	X	...
Concentración del emulsificador hidrofílico o lipofílico, el tiempo de permanencia en los tanques de inmersión y el tiempo de agitación para emulsificadores hidrofílicos	X	...
Concentración del emulsificador hidrofílico en aplicaciones por aspersión	X	...
Método de aplicación del revelador	X	...
Periodos mínimos y máximos de tiempo entre cada etapa y ayudas para el secado	X	...
Decremento en el tiempo de penetración del penetrante	X	...
Incremento en el tiempo de revelado (Tiempo de Interpretación)	X	...
Intensidad mínima de luz	X	...
Temperatura exterior de la superficie de 40°F a 125°F (5°C a 52°C) o como sea calificado previamente	X	...
Demostración de la funcionalidad, cuando sea requerido	X	...
Requisitos de calificación del personal	...	X
Materiales, formas o dimensiones que serán examinadas y la extensión del examen	...	X
Técnica de la limpieza posterior al examen	...	X

(b) Antes de cada examen por líquidos penetrantes, la superficie que será examinada y todas las áreas adyacentes, dentro de al menos 1 pulgada (25 mm), deben estar secas y libres de toda suciedad, grasa, pelusa, costras, salpicaduras de soldadura y fundente, pintura, aceite y otra materia extraña que pudiera obstruir las aberturas superficiales o que interfiera con el examen por cualquier otra forma.

(c) Los agentes típicos de limpieza que pueden ser usados son detergentes, solventes orgánicos, soluciones decapantes y removedores de pintura. También pueden ser usados los métodos de limpieza desengrasante y ultrasónica.

(d) Los solventes para limpieza deben cumplir con los requisitos de T-641. El método de limpieza empleado es una parte importante del proceso de examen.

NOTA: El acondicionamiento de las superficies, antes del examen, como es requerido en T-642(a), puede afectar los resultados. Ver SE-165, Anexo A1.

T-643 Secado Después de la Preparación

Después de la limpieza, el secado de las superficies que serán examinadas debe ser realizado por evaporación normal o con aire forzado caliente o frío. Debe ser establecido un periodo mínimo de tiempo para asegurar que la solución de limpieza se ha evaporado antes de la aplicación del penetrante.

T-650 TÉCNICA

T-651 Técnicas

Un penetrante de color contrastante (visible) o un penetrante fluorescente debe ser usado con uno de los siguientes tres procesos de penetrantes:

- (a) lavable con agua
- (b) post-emulsificación
- (c) removible con solvente

Los penetrantes visibles y fluorescentes usados en combinación con estos tres procesos de penetrantes dan como resultado seis técnicas de líquidos penetrantes.

T-652 Técnicas para Temperaturas Estándar

Como una técnica estándar, la temperatura del penetrante y la superficie de la pieza que será procesada no deben estar abajo de 40°F (5°C) ni arriba de 125°F (52 °C) durante el periodo completo de examen. Está permitido un calentamiento o enfriamiento local de la pieza siempre y cuando la temperatura permanezca en el rango de 40°F a 125°F (5°C a 52°C) durante el examen. Donde no es práctico cumplir con estos límites de temperatura, otras temperaturas y tiempos pueden ser usados, siempre y cuando los procedimientos sean calificados como se especifica en T-653.

Anexo 6: Permanencia Mínimos Recomendados de la norma ASTM E-165

TABLA 2- Tiempo de Permanencia Mínimos Recomendados

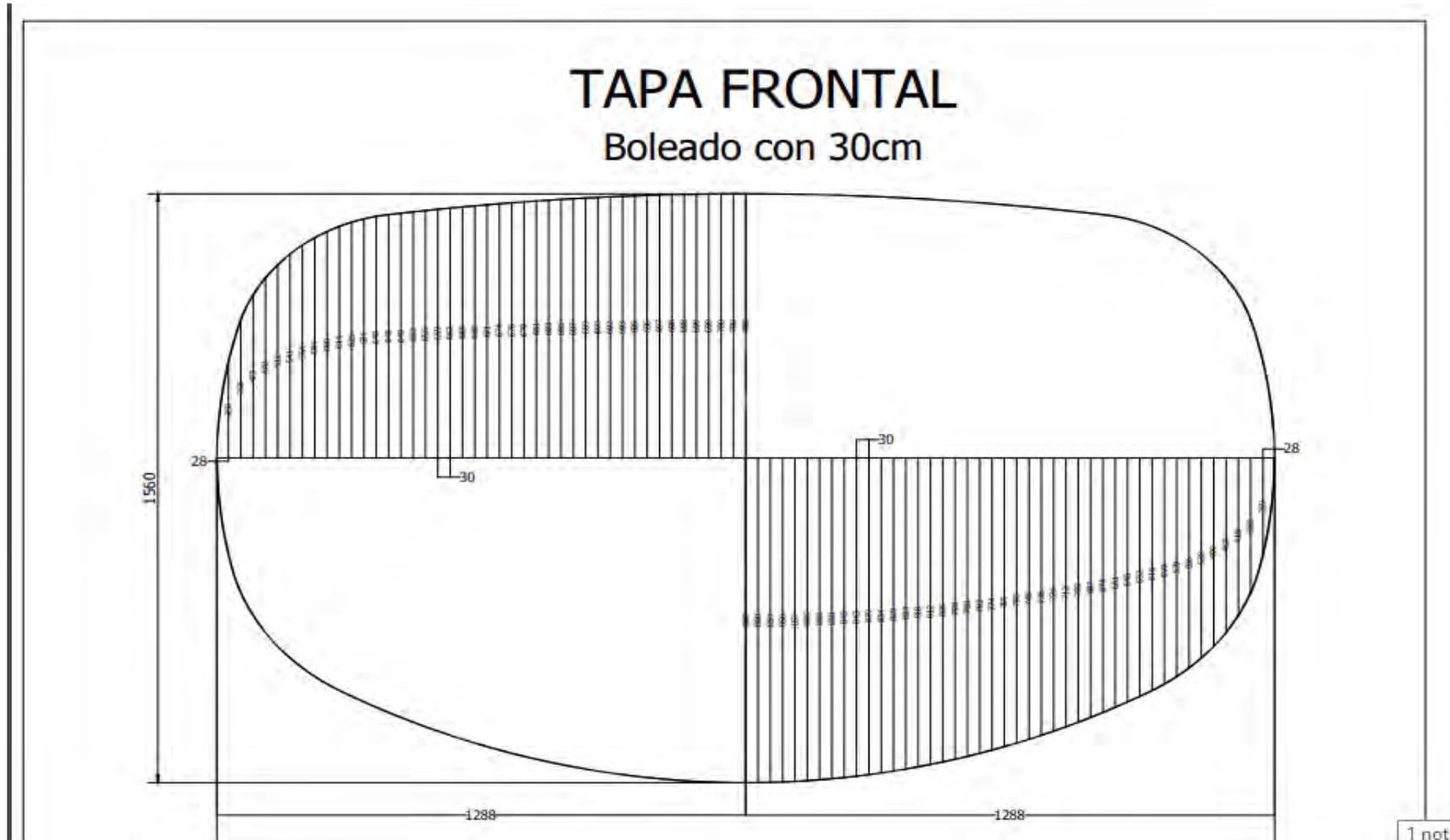
Material	Forma	Tipos de Discontinuidad	Tiempo de Permanencia ^A (minutos)	
			Penetrante ^B	Revelador ^C
Aluminio, Magnesio, Acero, Latón y Bronce, Titanio y Aleaciones a alta temperatura	Fundiciones y soldaduras	Pliegues fríos, porosidad, falta de fusión, grietas (todas las formas)	5	10
		Solapes, grietas (todas las formas)	10	10

Herramientas con punta de carburos	Materiales forjados, estrucciones, forjas, planchas	Falta de fusión, porosidad, grietas	5	10
Plástico		grietas	5	10
Vidrio	Todas las formas	grietas	5	10
Cerámica	Todas las formas	grietas, porosidad	5	10
	Todas las formas			

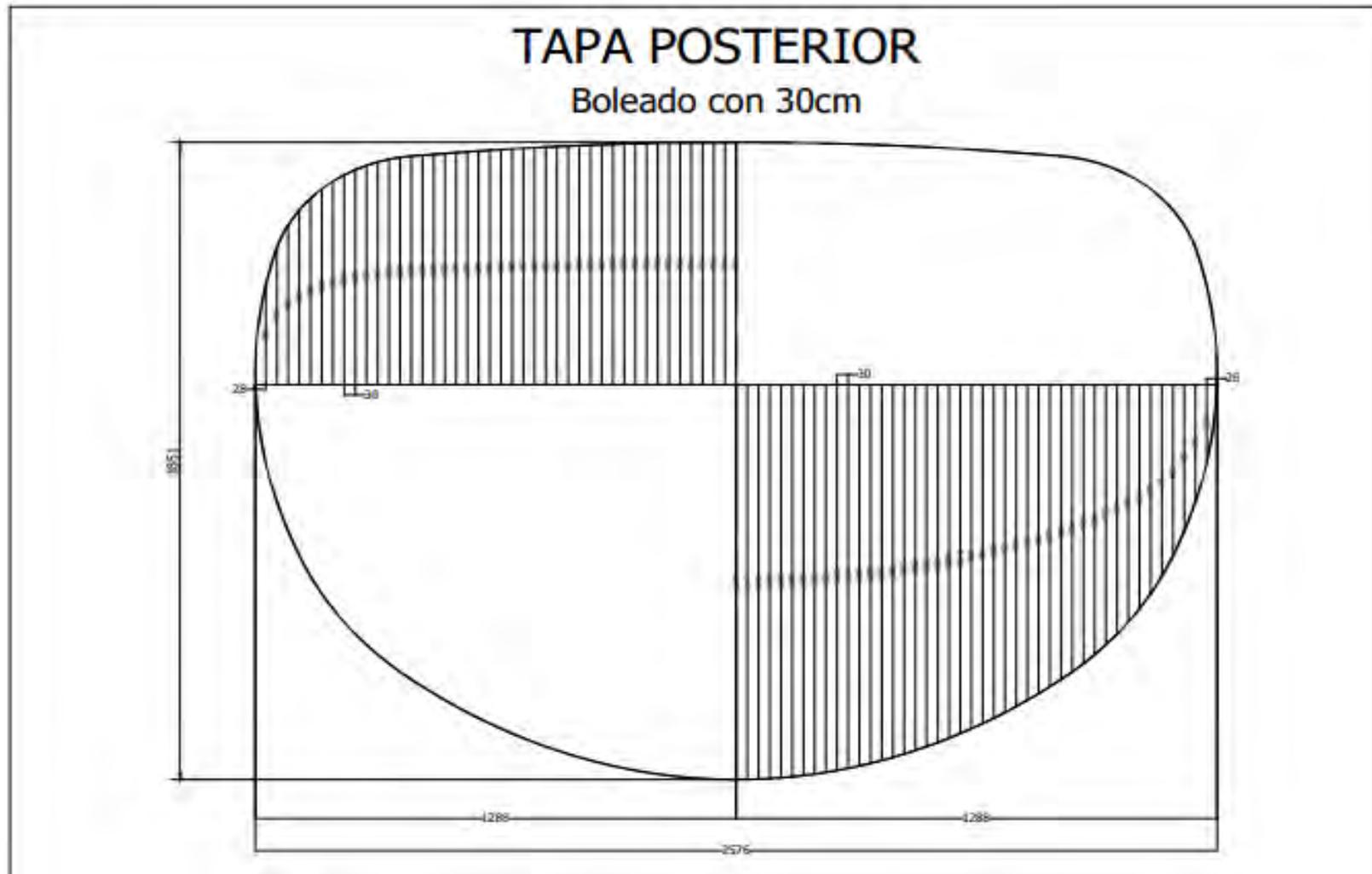
^A Para un Rango de temperaturas desde 50°F hasta 125°F [10° a 52 °C]. Para temperaturas de entre 40° y 50°F [4.4° y 10 °C], se recomienda un mínimo de tiempo de permanencia de 20 minutos.

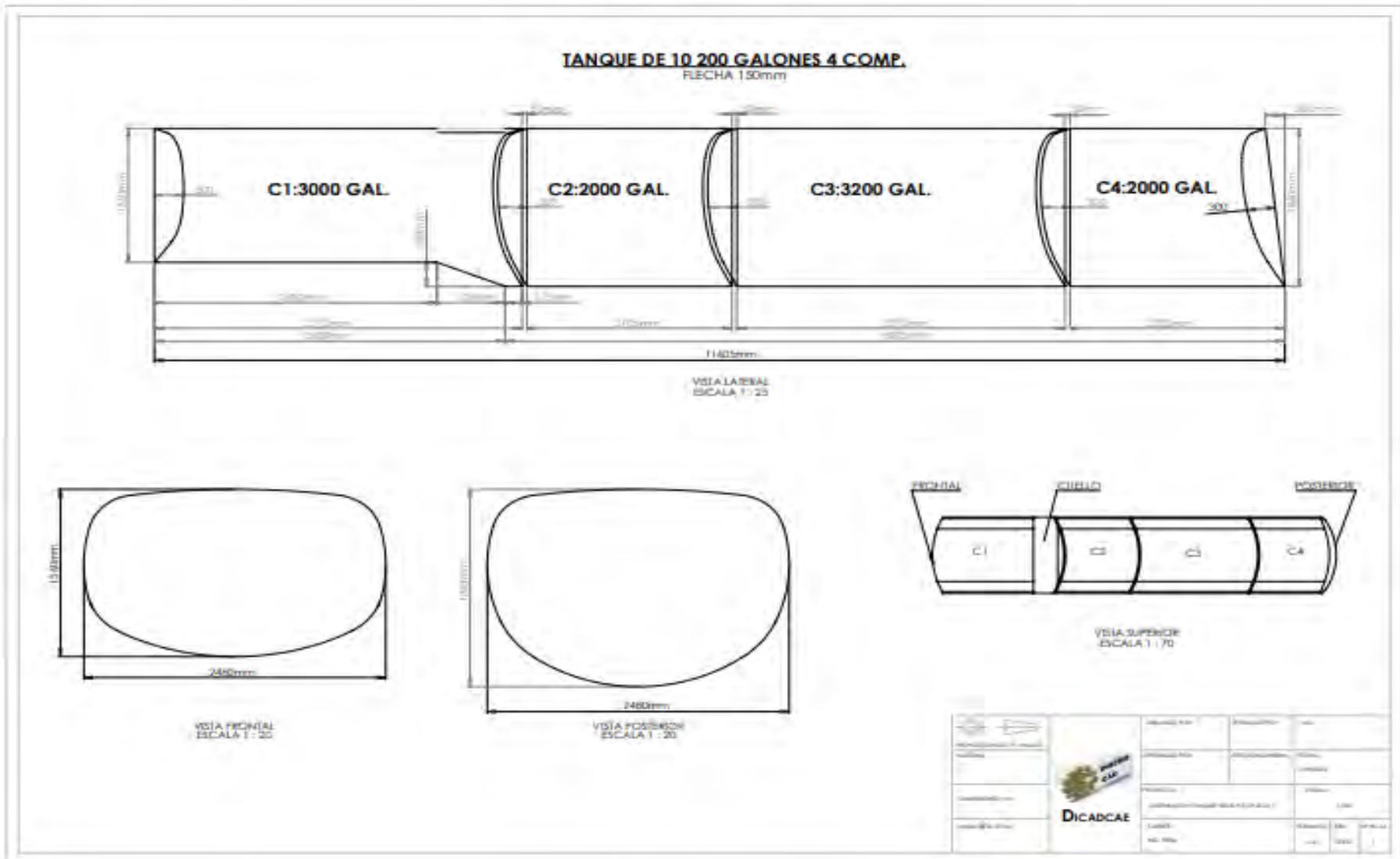
NOTA 12: debe evitarse el sobrelavado. El lavado excesivo puede hacer que el penetrante sea sacado de las discontinuidades; las boquillas de rociado deben mantenerse a un mínimo de 12 pulg. [30 cm] de la superficie cuando no existen limitaciones físicas. Con los métodos de líquidos penetrantes fluorescentes, realizar la operación de enjuague manual con luz UV-A para poder determinar cuándo el penetrante ha sido eliminado adecuadamente de la superficie.

Anexo 7: Planos de tanque cisterna elíptica Industria Metal Peña EIRL



1 not





Anexo 8: Fotografías de preparación de probetas

Trazo en planchas de acero ASTM A36 de 10 cm x 18 cm



Corte de probetas en cizalla



Codificación de piezas a unir



Soldeo de probetas



Limpieza mecánica de juntas soldadas



Probetas preparadas para ensayo



Anexo 8: Fotografías de ensayo por líquidos penetrantes visibles

Aplicación de líquido penetrante visible en probetas de ensayo



Aplicacion de revelador en probetas de ensayo



Anexo 9: Ficha técnica de kit de líquidos penetrantes visibles

Ficha Técnica – Penetrante CANTESCO P101S-A

INFORMACIÓN TÉCNICA - ANÁLISIS TÍPICO

PRODUCTO INSPECCIÓN DE TINTURA PENETRANTE CANTESCO® – TINTURA PENETRANTE VISIBLE P101S-A – LAVABLE CON SOLVENTE

APLICACIÓN Tintura roja penetrante, lavable con solvente indica las fallas superficiales contra el fondo del polvo blanco de revelado. Sin solventes clorados, cumple con los requisitos de contenido de halógenos y cloruro de la sección V de la ASME.

COMPOSICIÓN Tintura penetrante roja basada en solventes de hidrocarburos de petróleo. Los siguientes resultados son un análisis típico del P101S-A:

PRUEBA	RESULTADOS	METODO
Azufre	<1% por peso	ASTM D-129 / D-516 (B)
Fluoruro	<1% por peso	ASTM D-308 / D-1179 (B)
Cloruro	<1% por peso	ASTM D-208 / D-512
Halógeno Total	<1% por peso	ASTM T-641

ENVASE Formado listo para usar, disponible en tarros de aerosol

ITEM	CÓDIGO	TAMAÑO	CANTIDAD POR CAJA
P101S-A	899913-10020	Tarros de aerosol de 18 oz	12 tarros por caja

DURACIÓN La duración de este producto es actualmente tres años desde la fecha de fabricación. El número de lote está en forma legible (AAAAMMMMM) y los últimos cuatro dígitos representan el número de lote de un mes dado.

SDS Existe una Hoja de Datos de Seguridad del Material (SDS) disponible para este producto. Para recibir una copia, envíenos un e-mail a usa@cantesco.com y solicite una hoja SDS para P101S-A AEROSOL.

P y R Para respuestas sobre cómo usar los materiales de INSPECCIÓN POR TINTURA PENETRANTE CANTESCO® pida una copia de nuestro folleto INSTRUCCIONES PARA EL USO DE TINTURAS PENETRANTES. Para obtener una lista completa de productos solicite una copia de nuestro CATALOGO DE PRODUCTOS DE SOLDADURA. Para información adicional visítanos en www.cantesco.com. Para recibir una copia de los métodos de prueba ASTM para el contenido de halógenos y cloruro (azufre, fluoruro y cloruro) tome contacto con www.astm.org de ASTM.

CERTIFICACIONES Kemper System es una empresa certificada bajo las denominaciones ISO 9001: 2008 y ISO 14001: 2004.

PENETRANT



CANTESCO
welding chemical products



Inventek

FORMULARIO: P101S-TECH/SPA
 SDS: 02M

HIGH Purity Formulation of Red Penetrant and Developer for use with any size and type of surface inspection system. Meets or exceeds all applicable ASTM and ASME standards. For more information, visit our website at www.cantesco.com or contact our technical support at usa@cantesco.com.

KEMPER SYSTEM AMERICA, INC. • WELDING PRODUCTS DIVISION • WWW.CANTESCO.COM

Ficha Técnica – Revelador CANTESCO D101 – A

DEVELOPER

INFORMACIÓN TÉCNICA - ANÁLISIS TÍPICO

PRODUCTO INSPECCIÓN POR TINTURA PENETRANTE CANTESCO® – POLVILLO DE REVELADO D101 – HUMEDO NO ACUOSO

APLICACIÓN El aerosol D101-A es un polvo de revelado húmedo, no acuoso, que se aplica en blanco para indicaciones de tinturas rojas. El producto cumple con las regulaciones sobre porcentajes de halógenos y cloruro del Artículo V del ASME.

COMPOSICIÓN Polvillo de revelado blanco suspendido en base de solvente. Los siguientes resultados son un análisis típico del D101-A:

PRUEBA	RESULTADOS	MÉTODO
Azufre	<1% por peso	ASTM D-129 / D-516 (B)
Fuósforo	<1% por peso	ASTM D-308 / D-1179 (B)
Cloruro	<1% por peso	ASTM D-808 / D-512
Halogeno Total	<1% por peso	ASTM T-641

ENVASE Disponible para venta en cantidades estándar en aerosol

ITEM	CÓDIGO	TAMAÑO	CANTIDAD POR CAJA
D101-A	89913-10370	Tarro de aerosol de 16 oz	12 tarros por caja

DURACIÓN La duración de este producto es actualmente tres años desde la fecha de fabricación. El número de lote está en forma legible (AAAAAMM###) y los últimos cuatro dígitos es el número de lote de un mes dado.

SDS Existe una Hoja de Datos de Seguridad del Material (SDS) disponible para este producto. Para recibir una copia, envíenos un e-mail a marketing@cantesco.com y solicite una hoja SDS para D101-A AEROSOL.

F y R Para respuestas sobre cómo usar los materiales de INSPECCIÓN POR TINTURA PENETRANTE CANTESCO® pida una copia de nuestro folleto INSTRUCCIONES PARA EL USO DE TINTURAS PENETRANTES. Para obtener una lista completa de productos solicite una copia de nuestro CATÁLOGO DE PRODUCTOS DE SOLDADURA. Para información adicional visítenos en www.cantesco.com. Para recibir una copia de los métodos de prueba ASTM para el contenido de halógeno y cloruro (azufre, fósforo y cloruro) tome contacto con www.astm.org de ASTM.

CERTIFICACIONES Kemper System es una empresa certificada bajo las denominaciones ISO 9001: 2008 y ISO 14001: 2004.



CANTESCO®
welding chemical products



Innotek

FORMLARIO: D101-TECH.SPA

Kemper System America, Inc. • Welding Products Division • www.cantesco.com

Ficha Técnica – Removedor CANTESCO C101 – A

INFORMACIÓN TÉCNICA - ANÁLISIS TÍPICO

PRODUCTO INSPECCIÓN POR TINTURA PENETRANTE CANTESCO® – LIMPIADOR AL SOLVENTE C101 – ESTÁNDAR

APLICACIÓN El aerosol C101-A es una mezcla de solventes de hidrocarburos del petróleo sin clorados. El producto cumple con las reglamentación sobre porcentajes de plomo y cloro del Artículo V del ASME. Se trata de un limpiador de solventes que quita la tinte roja penetrante y los polvos de revelado. Puede usarse para limpieza de piezas antes de aplicar la tinte rojo penetrante, para quitar los penetrantes luego de pasado el tiempo de permanencia, y para limpieza final luego de dejar constancia de algún defecto y su análisis.

COMPOSICIÓN

Componente	Concentración	Estándar
Azúfre	<1% por peso	ASTM D-129 / D-516 (B)
Fluoruro	<1% por peso	ASTM D-808 / D-1179 (B)
Cloruro	<1% por peso	ASTM D-808 / D-512
Halógeno Total	<1% por peso	ASME T-841

ENVASE Formulo listo para usar disponible en tarros de aerosol.

ITEM	Descripción	Contenido	Cantidad por caja
C101-A	690913-10385	Tarros de aerosol de 16 oz	12 tarros por caja

DURACIÓN La duración de este producto es actualmente tres años desde la fecha de fabricación. El número de lote es en formato legible (AAAAMMWW) y los últimos cuatro dígitos representan el número de lote de un mes dado.

SDS Existe una Hoja de Datos de Seguridad del Material (SDS) disponible para este producto. Para recibir una copia, envíenos un e-mail a info@cantesco.com y solicite una hoja SDS para C101-A AEROSOL.

P y R Para respuestas sobre cómo usar los materiales de INSPECCIÓN POR TINTURA PENETRANTE CANTESCO® pida una copia de nuestro folleto INSTRUCCIONES PARA EL USO DE TINTURAS PENETRANTES. Para obtener una lista completa de productos solicite una copia de nuestro CATALOGO DE PRODUCTOS DE SOLDADURA. Para información adicional visítanos en www.cantesco.com. Para recibir una copia de los métodos de prueba ASTM para el contenido de halógeno y cloro (azúfre, fluoruro y cloruro) tome contacto con www.astm.org de ASTM.

CERTIFICACIONES Kemper System es una empresa certificada bajo las denominaciones ISO 9001:2008 y ISO 14001:2004.

CANTESCO®
welding chemical products



FORMULARIO:
C101-TR04.004

REV. 10/14

Para mayor información, si usted es un cliente o un proveedor de servicio, por favor comuníquese con nuestro departamento de atención al cliente. La gestión de los pedidos y el envío se realiza en inglés y en español. El servicio al cliente en español se ofrece en línea en español. Para obtener más información, comuníquese con el departamento de atención al cliente en español. Para obtener más información, comuníquese con el departamento de atención al cliente en español. Para obtener más información, comuníquese con el departamento de atención al cliente en español.

KEMPER SYSTEM AMERICA, INC. • WELDING PRODUCTS DIVISION • WWW.CANTESCO.COM

CLEANER