



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROPUESTA DE GUÍA TÉCNICA PARA LA CAPACITACIÓN EN GESTIÓN
DE SOLDADURA ENFOCADA A ESTRUCTURAS METÁLICAS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Mecánico

**AUTORES: LEYMER ANDRÉS CABRERA JARAMILLO
GARY ANTONIO COROZO ARROYO
TUTOR: ING. NELSON GUSTAVO JARA COBOS**

Cuenca - Ecuador
2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Leymer Andrés Cabrera Jaramillo con documento de identificación N° 1105338501 y Gary Antonio Corozo Arroyo con documento de identificación N° 0105989842; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 11 de julio del 2024

Atentamente,



Leymer Andrés Cabrera Jaramillo

1105338501

Gary Antonio Corozo Arroyo

0105989842

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Leymer Andrés Cabrera Jaramillo con documento de identificación N° 1105338501 y Gary Antonio Corozo Arroyo con documento de identificación N° 0105989842, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Propuesta de guía técnica para la capacitación en gestión de soldadura enfocada a estructuras metálicas”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 11 de julio del 2024

Atentamente,

Leymer Andrés Cabrera Jaramillo

1105338501

Gary Antonio Corozo Arroyo

0105989842

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Nelson Gustavo Jara Cobos con documento de identificación N° 0102679644, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA DE GUÍA TÉCNICA PARA LA CAPACITACIÓN EN GESTIÓN DE SOLDADURA ENFOCADA A ESTRUCTURAS METÁLICAS, realizado por Leymer Andrés Cabrera Jaramillo con documento de identificación N° 1105338501 y por Gary Antonio Corozo Arroyo con documento de identificación N° 0105989842, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 11 de julio del 2024

Atentamente,



Ing. Nelson Gustavo Jara Cobos

0102679644

DEDICATORIA

Este proyecto dedico en primer lugar a Dios por darme salud y sabiduría para continuar cada día.

A mis padres Amado y Josefina por brindarme su apoyo incondicional siempre y ser un ejemplo de lucha.

A mis hermanos Cristian y Josué por motivarme y apoyarme durante toda esta etapa.

Leymer Andres

El presente trabajo se lo dedico a mis padres Antonio y Neida, quienes, con su amor a Jehová, con el esfuerzo y sacrificio diario me han apoyado todos estos largos años de lucha constante, siendo un pilar fundamental con sus consejos y su ejemplo.

A mi esposa Tania, mi compañera de vida, que siempre ha estado soñando junto a mí, un ejemplo de esposa, madre y amiga, una guerrera que la vida me permite estar a su lado.

A mi hijo Anthony, el gran responsable, por el cual todo sacrificio tiene una razón, mi gran campeón.

A mis familiares que siempre estuvieron pendientes de mi progreso y su apoyo y motivación fue importante para mí.

Gary Corozo

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Amado y Josefina que gracias a su esfuerzo y por el apoyo incondicional para esta meta lograda.

A mi hermano Cristian por su apoyo día a día durante mi carrera universitaria

Al Dr. Nelson Jara por brindar su guía y conocimientos en este proyecto, y sus enseñanzas durante mi etapa de formación.

Leymer Andrés

Agradezco a Jehová el creador de todo, por darme la vida y el permitir que mi familia este unida disfrutando de grandes momentos.

A mis papas, por su entrega y apoyo durante todo este proceso.

A mi esposa, mi mano derecha la que siempre está para lo que se necesite, la incansable gran mujer que Jehová me permite acompañar en el tránsito de nuestras vidas.

A mi hijo, mi campeón, mi fortaleza.

A mi tutor Ing. Nelson Jara, por su tiempo y colaboración en el proceso de enseñanza de mi vida estudiantil.

Gary Corozo

RESUMEN

En este documento se desarrolla una guía para estructurar procesos de formación en gestión de soldadura para estructuras metálicas, con el fin de poder interrelacionar todas las técnicas de soldadura desde su preparación hasta el control de calidad de la misma. Para el control de calidad de la soldadura, el enfoque se establece desde el desarrollo comercial, el conocimiento de los procesos de soldadura y el control de los costos asociados con las actividades de soldadura. Sin embargo, este documento establece lineamientos técnicos dirigidos principalmente para gestores de negocios de soldadura que cuenten con conocimientos generales de tecnología y evaluación de soldaduras. Se ha creado una guía de cuatro capítulos, organizados de la siguiente manera: introducción a los procesos de soldadura, diseño, parámetros y control del proceso, evaluación de la calidad y por último la soldadura como negocio.

Palabras clave: Gestión de soldadura, procesos de soldadura, estructuras soldadas, costos de soldadura.

ABSTRACT

This document develops a guide to structure training processes in welding management for metallic structures, in order to be able to interrelate all welding techniques from its preparation to its quality control. For welding quality control, the focus is established from business development, knowledge of welding processes and control of costs associated with welding activities. However, this document establishes technical guidelines aimed primarily at welding business managers who have general knowledge of welding technology and evaluation. A guide of four chapters has been created, organized as follows: introduction to welding processes, design, process parameters and control, quality evaluation and finally welding as a business.

Keywords: Welding management, welding processes, welded structures, welding costs.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTOS.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
TABLA DE CONTENIDOS	IX
1. INTRODUCCIÓN	14
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
2.1 Antecedentes.....	14
2.2 Importancia y alcance	16
2.3 Delimitación.....	16
3. OBJETIVOS.....	16
3.1 Objetivo General.....	16
3.2 Objetivos Especificos	16
4. MARCO TEÓRICO.....	17
4.1 Soldadura	17
4.2 Tipos de soldadura	17
4.2.1 Soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW).....	17
4.2.2 Soldadura metálica con gas inerte o activo (MIG/MAG).....	20
4.2.3 Soldadura por arco sumergido (SAW).	23
4.2.4 Soldadura con electrodo de tungsteno (TIG)	23
4.2.5 Comparación de proceso SMAW Y MIG	24
4.3 Soldadura en estructuras metálicas	25
4.3.1 Ventajas de las estructuras metálicas	26
4.3.2 Desventajas de las estructuras metálicas	26
4.3.3 Tipos de estructuras metálicas.....	26
4.3.4 Normas de soldadura para estructuras metálicas.....	27
4.3.5 AWS D1.1/D1.1M:2015	28
4.3.6 NES-SE-C.....	30
4.4 Gestión de soldadura	30
4.4.1 Diseño de proceso de soldadura	31
4.4.1.1 Identificación de los requisitos de la soldadura.....	31
4.4.1.2 Selección del proceso de soldadura.....	32
4.4.1.3 Selección de los parámetros de soldadura.....	32
4.4.1.4 Diseño de la preparación de la junta	33
4.4.1.5 Diseño de las secuencias de soldadura.	34

4.4.1.6 Selección de material de aporte.....	34
4.4.2 Criterios de revisión de calidad de soldadura.....	35
4.4.3 Calificación del personal.....	37
4.4.3.1 Proceso de calificación de personal según la AWS.....	37
4.5 Ensayos para determinar la calidad de soldadura.....	38
4.5.1 Ensayos no destructivos.....	38
4.5.1.1 Inspección visual.....	38
4.5.1.2 Ultrasonido.....	38
4.5.1.3 Radiografía.....	39
4.5.1.4 Partículas Magnéticas.....	39
4.5.1.5 Tintas penetrantes.....	39
4.5.2 Ensayos destructivos.....	41
5. METODOLOGÍA.....	42
5.1 Encuestas.....	42
5.1.1 Definir destinatarios de las encuestas.....	43
5.1.2 Definir las encuestas para cada destinatario.....	43
5.1.2.1 Definir la muestra.....	43
5.1.2.2 Definir preguntas.....	44
5.1.3 Desarrollo de la encuesta.....	45
5.1.4 Tabular los datos de la encuesta.....	46
5.1.4.1 Encuestas a soldadores experimentados.....	46
Solo contestaron esta pregunta 15 soldadores de los cuales contestaron:.....	46
5.1.4.2 Encuestas a docentes.....	48
5.1.4.3 Encuestas a estudiantes.....	50
5.1.5 Analizar los datos de las encuestas.....	51
5.1.6 Definir las directrices de la guía de capacitación.....	52
5.1.7 Definir capítulos de la guía.....	52
5.1.8 Desarrollo de materiales para la guía.....	53
5.1.9 Estructuración de la guía de capacitación.....	53
5.2 Metodología de validación de la guía.....	53
5.2.1 Prueba de validación.....	53
5.2.2 Desarrollo de la validación.....	54
5.2.3 Análisis de validación de la guía.....	55
6. RESULTADOS.....	56
CLASE A (DISCONTINUIDADES GRANDES).....	70
CUALQUIER INDICACIÓN EN ESTA CATEGORÍA DEBE SER RECHAZADA (SIN TENER EN CUENTA EL LARGO).....	70
CLASE B (DISCONTINUIDADES MEDIAS).....	70
CUALQUIER INDICACIÓN EN ESTA CATEGORÍA QUE TENGA UN LARGO MAYOR QUE 20 MM DEBE SER RECHAZADA.....	70

CLASE C (DISCONTINUIDADES PEQUEÑAS)	70
CUALQUIER INDICACIÓN EN ESTA CATEGORÍA QUE TENGA UN LARGO MAYOR QUE 50 MM DEBE SER RECHAZADA	70
CLASE D (DISCONTINUIDADES MENORES)	70
CUALQUIER INDICACIÓN EN ESTA CATEGORÍA DEBE SER ACEPTADA SIN TENER EN CUENTA EL LARGO O UBICACIÓN EN LA SOLDADURA.	70
7. CONCLUSIONES.....	79
8. RECOMENDACIONES	80
9. TRABAJOS FUTUROS	80
10.REFERENCIAS	81

Índice de Figuras.

Figura 1 Elementos del proceso de soldadura de arco metálico protegido (SMAW). Fuente:[18].	18
Figura 2 Equipos de soldadura SMAW. Fuente: [19].....	18
Figura 3 Proceso MIG/MAG. Fuente: [5].....	21
Figura 4 Partes de proceso MIG/MAG. Fuente: [21].....	21
Figura 5 Proceso de arco sumergido SAW. Fuente: [6].	23
Figura 6 Esquema de proceso TIG. Fuente: [7].....	24
Figura 7 Secuencia del arco en el proceso de soldadura. Fuente: [7]	29
Figura 8 Tipos de juntas en la suelda. Fuente [37]:.....	33
Figura 9 Probeta de tensión. Fuente: [16].....	35
Figura 10 Probeta flexión. Fuente: [16].....	36
Figura 11 Probeta de escuadra. Fuente: [16].....	36
Figura 12 Procedimiento de ultrasonido. Fuente: [44]	39
Figura 13 Metodología desarrollo de las encuestas. Fuente: Autores.	42
Figura 14 Resultado pregunta 1. Fuente: Autores.	46
Figura 15 Pregunta 1 docente. Fuente: Autores.....	48
Figura 16 Pregunta 1 estudiantes. Fuente: Autores.	50
Figura 17 Metodología para el desarrollo de la guía de capacitación de soldadura. Fuente: Autores.	52
Figura 18 Junta a soldar. Fuente: Autores.....	54

Índice de Tablas.

Tabla 1 Composición típica del electrodo E6010.	19
Tabla 2 Composición típica del electrodo E6011.	19
Tabla 3 Composición típica del electrodo E6013.	20
Tabla 4 Composición típica del electrodo E7018.	20
Tabla 5 Gases de Mig/Mag	22
Tabla 6 Amperajes recomendados según diámetro del alambre	22
Tabla 7 Gases según metal a soldar.....	24
Tabla 8 Tipos de tintas penetrante	40
Tabla 9 Ángulos de testeo.....	64
Tabla 10 Niveles de escaneo.....	65
Tabla 11 Calibración del equipo.....	72
Tabla 12 Espesores y tipos de palpadores.....	73
Tabla 13 Criterios de aceptación-	72
Tabla 14 Costo de maquina	76
Tabla 15 Coste total de maquinas ejemplo.....	77

1. INTRODUCCIÓN

Las últimas tendencias de la construcción han tenido un importante avance con respecto al desarrollo de nuevas técnicas, con la premisa que estas alternativas de construcción que faciliten la ejecución sean amigables con el ambiente, reduzcan los costos y tiempos [1]. Entre estas nuevas tendencias destacan las estructuras metálicas de acero A36, las cuales son unidas mediante cordones de solda, por consecuencia la importancia de existir soldadores calificados con procesos normalizados es una necesidad latente en el Ecuador [1], [2].

La calificación de personal de soldadura (WPQ del inglés Welding Positions Qualified) es un método para evaluar la habilidad del personal de soldadura, es decir, una calificación del soldador se utiliza para garantizar que el procedimiento de soldadura tenga ciertos requisitos mínimos en el procedimiento como: posición del consumible, configuración de la junta, tipo de junta, material de aporte, parámetros de proceso de soldadura y la técnica de soldadura, en base a la normativa AWS D1.1 [3].

En el Ecuador la normativa aplicada a la soldadura es la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción), define la soldadura como el principal método para la unión de piezas metálicas, en este estilo de construcciones, las cuales de la misma manera que las estructuras de hormigón armado requieren una gestión de la calidad de la misma, donde según la NEC en su apartado de estructura metálicas, implica que como mínimo debe ser realizado un plan de control de calidad y garantía en la soldadura, la cual contiene diversos tipos de inspección, además, puede ser referenciada la AWS (American Welding Society) que varios autores citan como un programa de entrenamiento para la calidad [4], [5].

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La creciente demanda de personal con conocimientos en soldadura para estructuras metálicas y la insuficiente oferta de soldadores capacitados para satisfacer el mercado actual, han impulsado a las empresas a recurrir a soldadores con experiencia en Ecuador, para soldar estructuras metálicas, lo que representa un riesgo para la inversión. Debido a que no existe una estandarización del procedimiento, por lo que no existe trazabilidad en la soldadura como material de aporte usado, procedimiento aplicado, posicionamiento del consumible, técnica de soldado y maquinaria.

Es por ello que nace la necesidad de generar una guía de capacitación en gestión de la soldadura en estructura metálicas que permita, tener un estándar del procedimiento y registrar el proceso, consiguiendo una mayor seguridad en las construcciones.

2.1 ANTECEDENTES

Para analizar profundamente para tener más elementos que fortalezcan las necesidades de capacitación en procesos de soldadura y sus correspondientes técnicas de control de calidad

que le posibiliten gestionar eficazmente la soldadura en estructuras metálicas de obras civiles; a continuación, se refiere a algunos autores que han realizado aportes pertinentes (importantes).

En 2009, Niebles y Arnedo [6] presenta una propuesta de enseñanza de la soldadura, que abarca desde un modelo pedagógico aplicado, metodología de desarrollo y una guía de elaboración de proyectos, donde analizan que toda enseñanza debe abarcar desde un desarrollo de interpretar, describir de manera crítica el método de soldadura, para poder emitir criterios técnicos en base análisis cualitativos y cuantitativos del proceso de soldadura, donde proponen la inspección visual como principal técnica para elaborar la evaluación del procedimiento según las normativas y códigos del soldador.

En 2010, Tobar [7] realiza una guía para la enseñanza de la soldadura de tipo SMAW (Shielded Metal Arc Welding), GMAW (Gas Metal Arc Welding) y GTAW (Gas Tungsten Arc Welding), donde el prepara la guía práctica para la elaboración de juntas como plan de capacitación desde un punto de desconocimiento total de la técnica de soldadura hasta un aprendizaje óptimo de las técnicas, donde además menciona con brevedad los tipos de ensayos no destructivos y destructivos, que se pueden usar como indicadores de la calidad de soldadura, sin descuidar la seguridad necesaria para realizar un procedimiento de soldadura.

En 2012, Acosta[8] define en su propuesta de guía para la pedagogía que los programas de capacitación enfocados a entidades productivas deben establecerse según la relación de exigencia de las actividades (a realizar), además que cada obrero calificado en formación debe analizar sus habilidades precedentes, para saber cuál es el enfoque complementario requerido para la capacitación y formación, añade que cada práctica debe tener sustento teórico a la par para que el obrero en formación pueda resolver diferentes problemas profesionales y tener los conocimientos asimilados. Concluye que la parte fundamental de la enseñanza de la soldadura radica en la capacidad y especialidades de docentes e instructores.

En 2017, Chang [9] realizó un análisis de nivel de enseñanza de soldadura en estructuras metálicas y el impacto que tendría la mejora de las técnicas pedagógicas, que permitan estimular la generación de concepto individuales y colectivos mediante la experimentación, siendo un punto fundamental la capacitación de instructores y docentes para la correcta adquisición de los conocimientos, sin dejar de lado la personalización de la enseñanza, ya que cada alumno en formación tendrá un avance inherente al mismo.

En 2018, Moran [10] plantea una metodología de enseñanza de la soldadura a niveles menores, artesanales y técnico sin título de tercer nivel, donde su enfoque principal se basa en mejorar la habilidad de la persona, con base en impartir conocimientos teóricos y prácticos para mejorar la calidad en el cordón de soldadura, obteniendo una metodología que ayude a lidiar con inconvenientes, que conlleva una capacitación integral en soldadura eléctrica en centros de capacitación no superiores.

2.2 IMPORTANCIA Y ALCANCE

Según Crespo [11], en Ecuador existe un mercado que requiere capacitación en soldadura, para la producción, construcción y mantenimiento, y las empresas requieren personal capacitado que, de solución a la reparación y fabricación de pieza con aceros aleados, que requieren capacitación en soldadura. Ramírez [12] afirma que con el cambio de matriz productiva de la era del conocimiento y tecnología, obliga al profesional de soldadura a perfeccionarse, esto debido a que en el mercado se hace más común la soldadura con altas exigencias de calidad, por lo que es necesario que se brinde una capacitación que garantice una óptima adquisición de los conocimientos.

Según Jiménez y Navarrete [13] cada vez más se requieren especialistas metalmecánicos en soldadura que aporten en la solución de problemas complejos tanto en el mercado ecuatoriano como internacional, siendo que ellos proponen que se debe tener una comunicación continua de gobierno y empresa privada para la capacitación de especialista en el área. Además, autores como Montachana [14] afirman que las nuevas tendencias constructivas en el Ecuador de diseños sísmos resistentes requieren una constante evaluación de vulnerabilidad de acero estructural y sus juntas, donde la mayoría de estar al ser soldadas requieren inspección y gestión de soldadura.

Por lo que se propone una guía de capacitación en gestión de la soldadura en estructuras metálicas que permita mediante la aplicación de normas estandarizar el proceso de soldadura.

2.3 DELIMITACIÓN

La guía de capacitación en gestión de la soldadura en estructura metálicas se enfocará en las necesidades de la provincia del Azuay, en sus tres principales cantones Cuenca, Paute y Gualaceo. Para aplicar las normativas municipales de estas he integrarlas al proceso de soldadura. Además, se utilizará la **Norma Ecuatoriana de la Construcción** (NEC) como guía principal.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Elaborar una propuesta de guía técnica para la capacitación en gestión de soldadura enfocada a estructuras metálicas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Sintetizar las diversas teorías de la gestión de soldadura.
- Estructurar un manual para la capacitación de la gestión de soldadura enfocada a las estructuras metálicas.
- Validar el proceso de gestión de soldadura propuesto en la capacitación.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 SOLDADURA

Muquinche [15] define soldadura como cualquier proceso de unión de dos o más metales, por lo general de similar o igual composición, mediante la aplicación de calor hasta alcanzar la temperatura de fusión, con la aplicación de presión o sin presión entre las partes, de la misma manera con aporte o sin aporte de material. En relación con el concepto anterior existen varios procesos que cumplen con los requisitos, desde la forja practicada desde la edad del hierro hasta la soldadura con electrodo revestido [16].

4.2 TIPOS DE SOLDADURA

De acuerdo con la definición de soldadura existen varios procesos que cumplen con el concepto, por lo que definir los tipos de soldadura es necesario. Estas se clasifican como se cita a continuación:

- Soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW).
- Soldadura por arco con electrodo metálico con protección de gas inerte o activo (MIG/MAG).
- Soldadura por arco sumergido (SAW).
- Soldadura por electrodo de tungsteno y protección de gas inerte (TIG).

4.2.1 Soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW).

El proceso SMAW consiste en pasar una corriente entre el electrodo revestido y la pieza de trabajo, a fin de calentar el arco de soldadura con un máximo de 3300 °C, en la punta del electrodo se generan glóbulos de metal derretido que se mezclan con el metal fundido de la pieza de trabajo, al retirar el electrodo el cordón de soldadura se solidifica y con esto se completa el cordón. La función de recubrimiento del electrodo es generar una capa de gases que proteja de las impurezas al cordón de soldadura, en la figura 1 se presenta el proceso típico de soldadura SMAW [17], [18].

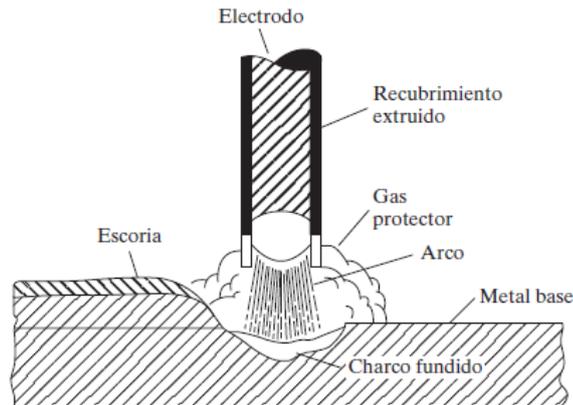


Figura 1 Elementos del proceso de soldadura de arco metálico protegido (SMAW). Fuente:[18].

El tipo de electrodo que se use para soldar es muy importante porque afecta las propiedades de la soldadura tales como la ductilidad, resistencia a la rotura y resistencia a la corrosión. Por lo cual se fabrican un alto número de diferentes tipos de electrodos, y el tipo de electrodo a utilizar en diferentes trabajos dependerá del tipo de metal a soldar, las cargas y condiciones a las cuales estará sometido el cordón de soldadura, la cantidad de material a depositar, la posición de trabajo [18].

Las partes del proceso de soldadura SMAW, se muestran en la Figura 2 y son [19]:

- **Fuente de alimentación:** Esta dependerá directamente del tipo del electrodo y la junta de trabajo, por que podrá ser de corriente continua o alternas. Además, de poder configurarse como: con la tierra al negativo, el cual logra una gran deposición del material y poca penetración es llamado corriente directa, o la tierra al positivo (corriente inversa) con el cual se obtiene una alta penetración.
- **Porta electrodo:** Es el conjunto de cables que transmiten corriente al electrodo y tienen un recubrimiento cerámico para evitar quemaduras.
- **Tierra o masa:** Es el cable que transmite el polo opuesto del electrodo a la junta.

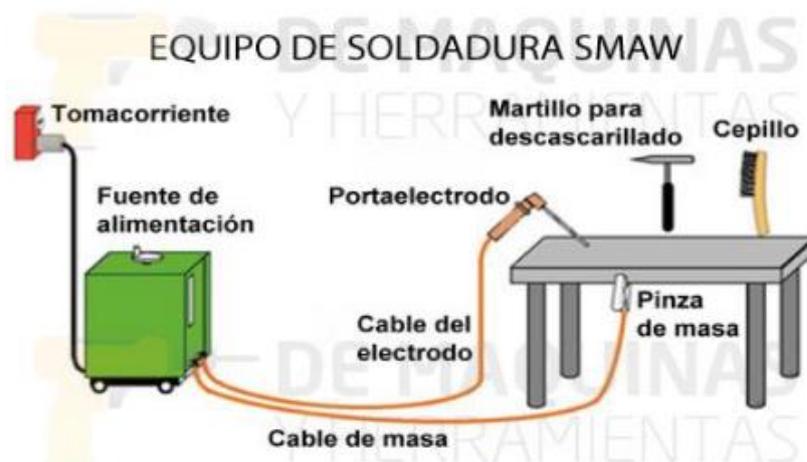


Figura 2 Equipos de soldadura SMAW. Fuente: [19]

Además de conocer los elementos que constituyen el proceso SMAW, es necesario revisar que tipos de electrodos son más comunes con sus respectivas características entre ellos:

- **E6010:** Con revestimiento celulósico con una alta energía en el arco, lo cual garantiza una profunda penetración en las diferentes posiciones, lo que facilita el trabajo en montajes, en los cuales las condiciones de soldadura no son las ideales, tales como: preparación indebida de las juntas y formas de junta irregulares. La deposición de este electrodo suele estar libre de porosidad y escoria, su aplicación más común es de cordón raíz en estructuras y tanques [15]. La composición típica de este electrodo es:

Tabla 1 Composición típica del electrodo E6010. Fuente: [15]

Composición química:	C: 0,10%	Mn: 0,60%	Si: 0,30%
Resistencia a la tracción:	(510-580) N/mm ²		(72,86 - 84,36) ksi
Limite elástico:	(430-490) N/mm ²		(60 - 70) ksi
Alargamiento (L=5d):	(24-28) %		
Resistencia al impacto:	(40 - 60) N.m a -30°C		

- **E6011:** Con revestimiento céltico con una penetración moderada, garantiza una buena penetración en todas las posiciones, es generalmente usado como un electrodo de relleno en tuberías y tanques, solo es aconsejable usar para cordón raíz en máquinas de corriente alterna [15]. La composición típica de este electrodo es:

Tabla 2 Composición típica del electrodo E6011. Fuente: [15]

Composición química:	C: 0,10%	Mn: 0,60%	Si: 0,30%
Resistencia a la tracción:	(510-580) N/mm ²		(72,86 - 84,36) ksi
Limite elástico:	(430-490) N/mm ²		(60 - 70) ksi
Alargamiento (L=5d):	(24-28) %		
Resistencia al impacto:	(40 - 60) N.m a -30°C		

- **E6013:** Con revestimiento rutílico, no tiene una gran fuerza de arco lo que en consecuencia se traduce como una penetración media del cordón, generalmente se utiliza como un electrodo de relleno en estructuras de perfiles ligeros tanto como puertas, pasamanos y en usos más extremos en planchas navales [15]. Su composición típica es:

Tabla 3 Composición típica del electrodo E6013. Fuente: [15]

Composición química:	C: 0,10%	Mn: (0,50-0,80) %	Si: 0,30%
Resistencia a la tracción:	(510-560) N/mm ²		(72,86 - 81,45) ksi
Limite elástico:	(420-480) N/mm ²		(58,60 – 66,98) ksi
Alargamiento (L=5d):	(23-27) %		
Resistencia al impacto:	No requerida por AWS		

- **E7018:** Electrodo de revestimiento básico con alto contenido de hierro en polvo que genera un rendimiento de 120%. Sus depósitos son de bajo hidrógeno, tenaces, resistentes al agrietamiento, libres de poros e inclusiones de escoria. Generalmente es un electrodo de relleno en estructuras metálicas por su alta resistencia. Su composición típica es:

Tabla 4 Composición típica del electrodo E7018. Fuente: [15]

Composición química:	C: 0,08%	Mn: (1,0-1,40) %	Si: (0,30-0,60) %
Resistencia a la tracción:	(540-610) N/mm ²		(77,14 - 88,73) ksi
Limite elástico:	(450-510) N/mm ²		(62,79 – 72,86) ksi
Alargamiento (L=5d):	(25-29) %		
Resistencia al impacto:	(120 - 160) N.m a -30°C		

4.2.2 Soldadura metálica con gas inerte o activo (MIG/MAG)

El sistema MIG, fue introducido en el año 1940, este proceso se define según la AWS, como un proceso de soldadura por arco automático o semiautomático, donde la fusión se produce por calentamiento de arco entre un electrodo metálico con aporte continuo y el metal base, la protección de impurezas se obtiene de un gas suministrado de manera externa, el mismo que protege el metal líquido tanto de la contaminación atmosférica, además de estabilizar el arco, si el gas protector es del tipo activo es del tipo MAG, si es inerte es tipo MIG. En la figura 3 se presenta el proceso típico de esta soldadura [20].

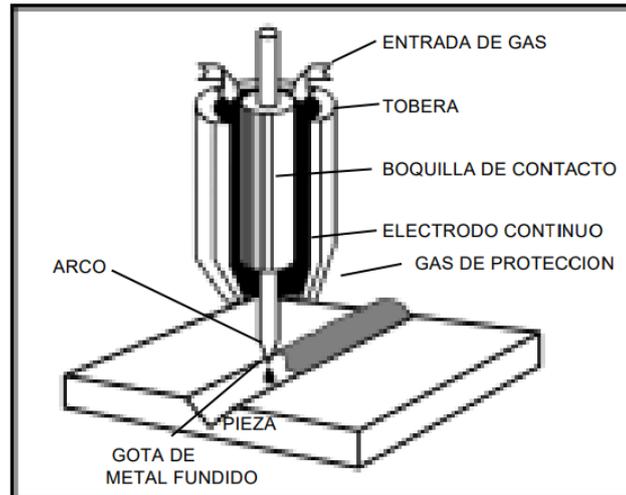


Figura 3 Proceso MIG/MAG. Fuente: [5]

El equipo para soldadura MIG/MAG y sus partes se enumera como [21]:

1. Arco eléctrico.
2. Alambre.
3. Carrete porta alambre.
4. Rodillos de alimentación.
5. Conducto flexible.
6. Manguera.
7. Pistola de soldadura.
8. Fuente de corriente.
9. Boquilla de contacto
10. Gas Protector.
11. Tobera de Gas.
12. Baño de Fusión.

Las cuales se muestran en la Figura 4.

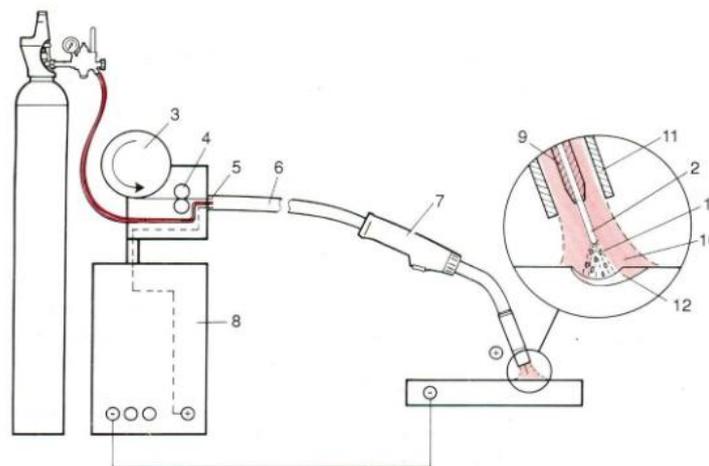


Figura 4 Partes de proceso MIG/MAG. Fuente: [21]

A diferencia del proceso SMAW, se requieren controlar más parámetros para garantizar una buen acabado y penetración, en el proceso MIG/MAG, los cuales deben equilibrarse entre sí, estos son [21], [22]:

1. Tensión (longitud de arco).
2. Velocidad de alimentación del alambre (determina la intensidad de la corriente).
3. Inductancia.
4. Tipo de gas.
5. Velocidad de avance.
6. Inclinação de contacto de la pistola.
7. Longitud libre del alambre.

Esto se ajustan según la necesidad de la suelda, además de la aplicación los gases más comunes para soldar mediante proceso MIG/MAG, se presentan en la tabla 5.

Tabla 5 Gases de Mig/Mag Fuente: [21]

<i>Gases</i>	<i>Aplicación</i>
Argón	Aluminio y magnesio.
Helio	Aluminio, magnesio y cobre.
Helio + Argón (80% + 20%) hasta (50%+50%)	Aluminio, magnesio y aleaciones de cobre.
Argón + 1% a 2% de CO₂	Aceros inoxidable y aceros aliados.
Argón + 3% a 5% de CO₂	Aceros inoxidable, aceros aliados y aceros al carbono.
Argón + 20% a 30% de CO₂	Aceero mediante el proceso de transferencia de circuito.
Argón + 5% a 15% de CO₂	Aceros al carbono.
CO₂	Aceros al carbono y aceros débilmente aliados.
CO₂ + 3% a 20% de O₂	Aceros al carbono y aceros débilmente aliados.

Además de ello existe la opción flux core, donde algunas máquinas tienen la opción de invertir polaridad de la masa y la pistola, en conjunto de un alambre tubular permite realizar el proceso MAG, sin necesidad de alambre de aporte. Pero este genera mayor escoria que un proceso protegido por gas. además, las intensidades por el diámetro de alambre se presentan en la Tabla 6 [21], [22].

Tabla 6 Amperajes recomendados según diámetro del alambre Fuente: [22]

<i>Diámetro</i>	<i>Amperaje recomendado</i>
0.08 mm	60-140 A
0.90 mm	80-220 A

1.02 mm	90-280 A
1.1 mm	100-340 A
1.6 mm	250-500

4.2.3 Soldadura por arco sumergido (SAW).

Este proceso generalmente automático, consiste en la fusión de un electrodo con aporte continuo (aportado automáticamente), donde la protección del cordón se realiza mediante un fundente o flux granular. Este fundente se deposita por delante del cordón, aislando al arco y baño de fusión de la atmosfera exterior. En el final del proceso, el fundente no utilizado se recupera para su posterior reutilización. La parte que se ha fundido en el arco forma una escoria que protege al charco y retarda el enfriamiento. Las soldaduras hechas por el proceso SAW son de alta calidad y se aconsejan para cordones de altas prestaciones, por lo que es en gran medida utilizado en la construcción de puentes [3], [4]. En la Figura 5, se presenta el proceso típico de soldadura SAW.

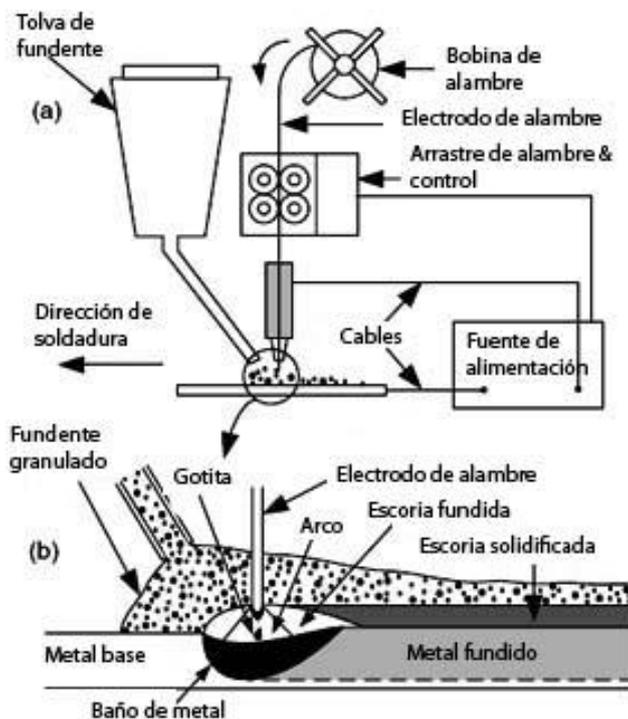


Figura 5 Proceso de arco sumergido SAW. Fuente: [6].

4.2.4 Soldadura con electrodo de tungsteno (TIG)

Un arco eléctrico entre un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza a soldar o metal base, en este proceso el electrodo no aporta material ni se consume, de requerir un aporte de material con una varilla o alambre en la zona del arco eléctrico de manera similar a la soldadura oxiacetilénica. El arco eléctrico se protege mediante un gas inerte, evitando la formación de

escoria e impurezas, los principales gases usados en este proceso son helio y argón, aunque según la aleación o metal a soldar podrá variar con el argón como se especifica en la Tabla 7 [7].

Tabla 7 Gases según metal a soldar. Fuente: [7]

Metal por soldar	Gas
Aluminio y alecciones	Argón
Latón y sus alecciones	Helio
Cobre y sus aleaciones (menor de 3 mm)	Argón
Cobre y sus aleaciones (mayor de 3 mm)	Helio
Acero al carbono	Argón
Acero Inoxidable	Argón

En la figura 6 se presenta el proceso típico de soldadura TIG.

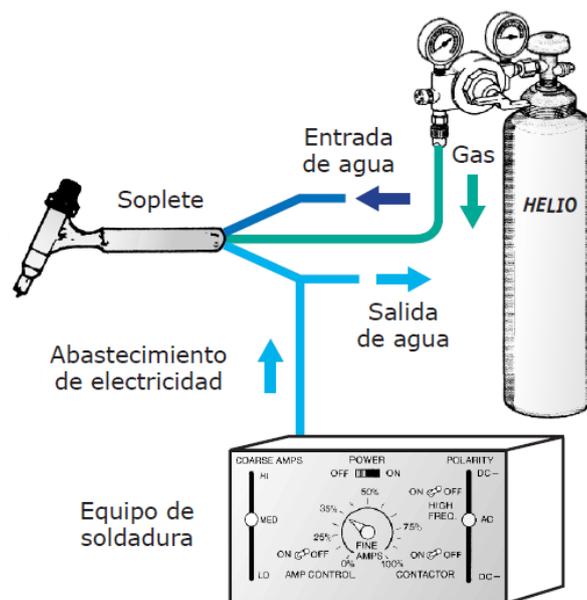


Figura 6 Esquema de proceso TIG. Fuente: [7]

4.2.5 Comparación de proceso SMAW Y MIG

Al ser las soldaduras más utilizadas en estructuras metálicas, se considera de vital importancia conocer las ventajas de cada proceso y sus limitaciones.

Las ventajas del proceso MIG/MAG son [21], [22]:

- Soldaduras limpias, no produce escoria simplemente un poco de polvo.
- Resistencia mayor a los electrodos usados comúnmente de 80 kPsi.

- Alambre continuo lo que proporciona menor tiempo en realizar un cordón y evita las discontinuidades de cambio de consumible.
- Eficaz para proceso en series porque tiene un desperdicio de material menor.
- Menor riesgo de corrosión por el gas protector.
- Trabajar en todas posiciones.
- Menor salpicadura.

Las desventajas del proceso MIG/MAG son [21], [22]:

- Limitación en las longitudes de la antorcha.
- Mayor coste de inversión inicial.
- Mayor nivel de capacitación en la configuración de los parámetros.
- Mayor coste por longitud de cordón.

Las ventajas de proceso SMAW son [15]:

- Longitud de cables para la soldadura.
- Tamaño de equipos menor al proceso MIG/MAG.
- No requiere gases adicionales.
- Menor inversión inicial.
- Varias gamas de electrodos para diferentes materiales y nivel de penetración.
- Menor nivel de capacitación.

Las desventajas del proceso SMAW son [15]:

- Genera demasiada escoria.
- Mayor facilidad a la corrosión y porosidad.
- Discontinuas por que se acaba el electrodo.
- Mayor nivel de salpicadura.
- Menor resistencia a la tracción.

4.3 SOLDADURA EN ESTRUCTURAS METÁLICAS

Las estructuras metálicas son aquellas construcciones hechas principalmente de materiales metálicos como acero, hierro, aluminio, entre otros, que se utilizan para soportar cargas, como techos, puentes, edificios, torres, entre otros. Estas estructuras metálicas ofrecen ventajas en resistencia, durabilidad y facilidad de construcción, lo que las hace muy populares en la construcción moderna. Además, pueden diseñarse personalizada para adaptarse a las necesidades específicas de un proyecto de construcción. Las estructuras metálicas se pueden construir con diferentes tipos de perfiles, como vigas, columnas, travesaños, arcos, entre otros. Estos perfiles pueden ser unidos mediante soldadura, tornillos, pernos, o mediante otros sistemas de unión, dependiendo de las especificaciones del diseño [23], [24].

La construcción de estructuras metálicas requiere conocimientos especializados en la fabricación, montaje y soldadura de los elementos metálicos, y un enfoque riguroso en la seguridad, para evitar accidentes durante la construcción y en el uso posterior de la estructura [23]. Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

4.3.1 Ventajas de las estructuras metálicas

Las ventajas de usar estructuras metálicas son [23], [25], [26]:

1. **Resistencia y durabilidad:** el acero es un material muy resistente y duradero, lo que lo hace adecuado para estructuras que deben soportar altas cargas sin perder esta característica a corto plazo.
2. **Flexibilidad y adaptabilidad:** las estructuras metálicas se pueden adaptar fácilmente a diferentes formas y tamaños, lo que las hace adecuadas para proyectos con requerimientos específicos.
3. **Facilidad de construcción:** las estructuras metálicas son relativamente fáciles y rápidas de construir, lo que las hace adecuadas para proyectos con plazos de entrega cortos.
4. **Reciclabilidad:** el acero es un material altamente reciclable, lo que lo convierte en una opción sostenible para la construcción.

4.3.2 Desventajas de las estructuras metálicas

Las desventajas de usar estructuras metálicas son [23], [25], [26]:

1. **Corrosión:** el acero es susceptible a la corrosión, lo que puede reducir su durabilidad si no se protege adecuadamente.
2. **Costo:** en comparación con otros materiales de construcción, como la madera o el hormigón, el acero puede ser más costoso.
3. **Conductividad térmica:** las estructuras metálicas pueden ser menos eficientes en términos de aislamiento térmico que otros materiales de construcción.
4. **Efectos de la temperatura:** las estructuras metálicas pueden dilatarse y contraerse con cambios de temperatura, lo que puede afectar su estabilidad si no se tienen en cuenta adecuadamente en el diseño.

4.3.3 Tipos de estructuras metálicas

Existen diversos tipos de estructuras metálicas, cada una con características y aplicaciones específicas. A continuación, se describen algunos de los tipos más comunes [23], [25], [26]:

1. **Estructuras de perfiles laminados:** estas estructuras están compuestas por elementos de acero laminado, como vigas, columnas y cerchas. Se utilizan en edificios, puentes y torres.

2. **Estructuras reticuladas:** estas estructuras están formadas por elementos de acero conectados entre sí mediante uniones tipo nudo. Se usan principalmente en puentes y cubiertas de grandes luces.
3. **Estructuras de chapa plegada:** estas estructuras están compuestas por elementos de chapa de acero plegada, unidos mediante soldadura o tornillos. Son utilizadas principalmente en cubiertas y cerramientos.
4. **Estructuras tubulares:** estas estructuras están formadas por tubos de acero, unidos mediante soldadura o conectores. Son utilizadas principalmente en puentes, torres y edificios.
5. **Estructuras de cables:** estas estructuras están compuestas por cables de acero tensados, conectados a pilares o anclados al suelo. Se usan principalmente en puentes y cubiertas de grandes luces.
6. **Estructuras mixtas:** estas estructuras combinan elementos de acero con otros materiales, como hormigón armado. Son utilizadas principalmente en edificios y puentes.

4.3.4 Normas de soldadura para estructuras metálicas

Se han tomado las normas más usadas de soldadura que se aplican en la fabricación de estructuras metálicas:

1. **AWS D1.1/D1.1M:2015 Structural Welding Code – Steel** [27]: es una norma de la American Welding Society (AWS) que establece los requisitos para la soldadura de estructuras de acero.
2. **ISO 3834** [28]: es una norma internacional que establece los requisitos para la calidad en la soldadura de materiales metálicos.
3. **EN 1090** [29]: es una norma europea que establece los requisitos para la fabricación de estructuras de acero y aluminio.
4. **AS/NZS 1554** [30]: es una norma australiana y neozelandesa que establece los requisitos para la soldadura de estructuras de acero.
5. **ASTM A6/A6M-19** [31]: es una norma de la American Society for Testing and Materials (ASTM) que establece los requisitos generales para los materiales utilizados en la fabricación de estructuras metálicas.
6. **AWS D1.8** [32]: es una norma de la American Welding Society que establece los requisitos para la soldadura de estructuras de acero sujetas a cargas sísmicas.
7. **AWS B2.1-1-001:2020** [33]: es una norma de la AWS que establece los requisitos para la preparación de procedimientos de soldadura para la soldadura de acero al carbono utilizando el proceso de soldadura por arco de tungsteno con gas (GTAW).
8. **NEC-SE-C** [34]: Esta norma establece los requisitos mínimos para el diseño, construcción, inspección y mantenimiento de estructuras metálicas utilizadas en edificaciones, puentes, torres, entre otros.

4.3.5 AWS D1.1/D1.1M:2015

Se refiere a las normas de la American Welding Society (AWS) para soldadura estructural en acero. La AWS D1.1 es un código de práctica reconocido internacionalmente para la soldadura de acero estructural. La norma AWS D1.1 proporciona pautas detalladas y requisitos específicos para la soldadura en estructuras de acero, incluyendo procedimientos de soldadura, calificación de soldadores, inspección y criterios de aceptación de defectos. En la industria de la construcción y fabricación de estructuras metálicas se usan estos estándares.

Procedimiento de soldadura

Para el procedimiento de la suelda se tienen en cuenta desde la preparación de la junta, la selección de proceso y definición de parámetros (material de aporte, definición de amperaje, secuencia de suelda). Para la preparación de la junta de suelda consideramos:

1. **Tipo de junta:** la norma AWS D1.1 establece los tipos de juntas como: junta a tope, junta de solape, junta de borde, junta en T y junta de esquina
2. **Ángulo del bisel:** se especifica el ángulo del bisel, que es el ángulo formado entre los bordes de suelda. El ángulo del bisel puede variar según la aplicación y los requisitos del proyecto. La norma AWS D1.1 proporciona pautas para diferentes situaciones y materiales.
3. **Tolerancias de preparación:** la norma establece las tolerancias aceptables para la preparación de bordes de las piezas a soldar. Esto incluye el ancho de la raíz, el ángulo del bisel, la alineación, las irregularidades de la superficie, entre otros aspectos. Las tolerancias deben cumplirse para garantizar una correcta penetración y fusión de la soldadura.
4. **Limpieza de la junta:** la norma también hace hincapié en la necesidad de una limpieza adecuada de la junta antes de la soldadura.
5. **Preparación para soldadura en ángulo:** en el caso de juntas en ángulo, la norma AWS D1.1 establece los requisitos para el alineamiento y la separación de las piezas antes de la soldadura. Estos requisitos ayudan a asegurar una buena penetración y fusión de la soldadura en las esquinas y en el área de la raíz de la junta.

Los parámetros a definir son:

1. **Material de aporte:** se debe especificar el tipo y grado del metal de aporte utilizado en la soldadura, incluyendo las características químicas y mecánicas necesarias. Esto asegura que el metal de aporte sea compatible con el metal base y cumpla con los requisitos de resistencia y calidad.
2. **Amperaje y Voltaje:** Dependerán de forma directa del material de aporte y de la penetración deseada. El amperaje nos permitirá más fundabilidad del material y el voltaje se podrá variar de acuerdo con la penetración del arco de suelda.

3. **Secuencia de soldadura:** Esta es también llamada tipografía dependerá directamente del cordón, como se observa en la figura 7.

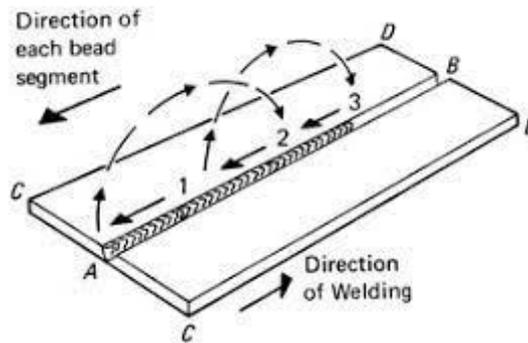


Figura 7 Secuencia del arco en el proceso de soldadura. Fuente: [7]

Inspección y Criterios de aceptación

La inspección de soldaduras según la norma AWS D1.1/D1 de la American Welding Society (AWS) para soldadura estructural en acero implica seguir ciertos requisitos y criterios de calidad. A continuación, se presentan algunos aspectos clave de la inspección de soldaduras según esta norma:

Inspección visual: la norma AWS D1.1/D1 destaca la importancia de la inspección visual como el primer nivel de evaluación de la calidad de una soldadura. Se deben realizar inspecciones visuales detalladas para verificar la apariencia de la soldadura, el tamaño de los cordones de soldadura, la penetración, la presencia de grietas, porosidades y otros defectos superficiales.

Ensayos no destructivos (END): la norma AWS D1.1/D1 establece requisitos para la realización de ensayos no destructivos (END) en soldaduras. Estos ensayos pueden incluir radiografía, ultrasonido, partículas magnéticas, líquidos penetrantes y otras técnicas. Los END ayudan a detectar defectos internos y superficiales que no son visibles a simple vista.

Criterios de aceptación: la norma AWS D1.1/D1 establece criterios de aceptación para diferentes tipos de defectos de soldadura. Estos criterios definen los límites permitidos para la presencia y tamaño de defectos como porosidades, inclusiones, falta de fusión o falta de penetración, entre otros. La inspección debe comparar los resultados obtenidos con los criterios de aceptación establecidos en la norma.

Calificación de inspectores: la norma AWS D1.1/D1 establece los requisitos para la calificación de inspectores de soldadura. Los inspectores deben ser competentes y estar certificados de acuerdo con los procedimientos establecidos en la norma. La calificación incluye conocimientos teóricos y prácticos de soldadura, así como experiencia en inspección.

Documentación: se requiere una documentación adecuada de los resultados de la inspección, incluyendo registros de inspección visual, informes de los END realizados y cualquier otra información relevante. Esta documentación es esencial para mantener un registro completo de la calidad de las soldaduras y cumplir con los requisitos de certificación y auditoría.

4.3.6 NES-SE-C

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) es un conjunto de normas técnicas utilizadas en Ecuador para regular la construcción y garantizar la calidad y seguridad de las estructuras. La NEC abarca una amplia gama de aspectos relacionados con el diseño, construcción, materiales, inspección y mantenimiento de edificaciones.

La sección NEC-SE-C de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) aborda los requisitos específicos para las conexiones soldadas en estructuras metálicas. Esta sección proporciona pautas y criterios para el diseño y ejecución de conexiones soldadas, asegurando la integridad y resistencia de las uniones soldadas en la construcción. Algunos puntos clave que pueden estar cubiertos en la sección NEC-SE-C incluyen:

- **Preparación de la junta:** la sección NEC-SE-C especifica los requisitos para la preparación de la junta en las conexiones soldadas. Esto puede incluir detalles sobre la forma del bisel, el ángulo del bisel, las tolerancias de preparación y la limpieza adecuada de las superficies a soldar.
- **Tipos de soldadura:** la sección describe los diferentes tipos de soldadura utilizados en las conexiones soldadas, como la soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW), soldadura por arco sumergido (SAW), soldadura MIG/MAG, soldadura TIG, entre otros. Se pueden establecer requisitos específicos para cada tipo de soldadura.
- **Consideraciones de seguridad:** la sección NEC-SE-C puede abordar aspectos relacionados con la seguridad en la ejecución de las conexiones soldadas. Esto puede incluir requisitos para el uso de equipos de protección personal, medidas de prevención de incendios y explosiones, y buenas prácticas de soldadura.
- **Inspección de las soldaduras:** la sección NEC-SE-C establece los requisitos para la inspección de las soldaduras en las conexiones. Esto puede incluir criterios de aceptación de defectos, procedimientos de inspección visual, ensayos no destructivos y certificación de inspectores de soldadura.
- **Criterios de resistencia:** la sección NEC-SE-C proporciona criterios y requisitos para garantizar la resistencia de las conexiones soldadas. Esto puede incluir el tamaño mínimo de las soldaduras, la longitud efectiva de las soldaduras, la capacidad de carga de las conexiones, entre otros aspectos relacionados.

4.4 GESTIÓN DE SOLDADURA

La gestión de soldadura es un conjunto de actividades para garantizar que los procedimientos de soldadura, los soldadores y los materiales cumplan con los requisitos para garantizar una soldadura segura, confiable y de calidad. Las actividades de gestión de soldadura incluyen [35], [36]:

1. **Selección de procedimientos de soldadura adecuados:** se debe seleccionar el procedimiento de soldadura adecuado para el tipo de material, espesor y tipo de junta. Los procedimientos de soldadura incluyen soldadura por arco eléctrico, soldadura por gas, soldadura por resistencia, soldadura por láser, entre otros.
2. **Selección de materiales de soldadura:** se deben seleccionar los materiales de soldadura adecuados para el tipo de material de base y el tipo de junta.
3. **Calificación de los soldadores:** los soldadores deben estar calificados para realizar las soldaduras en base a su habilidad y conocimiento. Un Inspector de soldadura certificado debe realizar la calificación.
4. **Inspección de soldadura:** se deben realizar inspecciones durante el proceso de soldadura y después, para garantizar que se cumplan los requisitos de calidad. Las inspecciones pueden ser visuales, pruebas no destructivas o pruebas destructivas.
5. **Documentación:** se debe documentar todo el proceso de soldadura, desde la selección de procedimientos y materiales hasta la calificación de los soldadores y las inspecciones realizadas.

4.4.1 Diseño de proceso de soldadura

El diseño del proceso de soldadura es una parte crítica en la fabricación de estructuras metálicas. Para diseñar un proceso de soldadura adecuado, se deben seguir los siguientes pasos [37]:

1. Identificación de los requisitos de la soldadura.
2. Selección del proceso de soldadura.
3. Selección de los parámetros de soldadura.
4. Diseño de la preparación de la junta.
5. Diseño de las secuencias de soldadura.
6. Selección del material de aporte.

4.4.1.1 Identificación de los requisitos de la soldadura

La identificación de los requisitos de la soldadura es el primer paso en el diseño del proceso de soldadura y es fundamental para asegurar la calidad de la soldadura y cumplir con los requisitos de la aplicación específica. A continuación, se describen algunos de los requisitos comunes que se deben identificar [37], [38]:

1. **Geometría de la junta:** debe conocer la geometría de la que se soldará, incluyendo el tipo de junta, el espesor de las piezas a unir y la posición en la que se hará la soldadura.
2. **Propiedades mecánicas requeridas:** se deben identificar las propiedades mecánicas requeridas para la soldadura, como la resistencia a la tracción, la ductilidad y la tenacidad.
3. **Condiciones de servicio:** se deben conocer las condiciones de servicio a las que estará expuesta la estructura, como la temperatura, la humedad y la exposición a agentes químicos, para seleccionar el material de aporte y los procesos de soldadura adecuados.

4. **Limitaciones de la fabricación:** se deben tener en cuenta las limitaciones de la fabricación, como el acceso a la junta, la capacidad de las herramientas de soldadura y el tiempo de ciclo, para seleccionar el proceso de soldadura adecuado.
5. **Criterios de aceptación:** se deben identificar los criterios de aceptación para la soldadura, como la calidad visual, los ensayos no destructivos y las pruebas de resistencia.

4.4.1.2 Selección del proceso de soldadura

La selección del proceso de soldadura por arco eléctrico para estructuras metálicas dependerá de varios factores, entre los cuales se incluyen [37], [38]:

1. **Material:** el material base a soldar es uno de los factores más importantes a considerar en la selección del proceso de soldadura. Cada proceso de soldadura tiene sus propias limitaciones y beneficios en términos de la compatibilidad del material base. Por ejemplo, la soldadura MIG es adecuada para soldar acero inoxidable y aleaciones de aluminio, mientras que la soldadura por arco sumergido es adecuada para soldar aceros de alta resistencia.
2. **Espesor del material:** la soldadura por arco eléctrico es adecuada para unir piezas de diferentes espesores. Sin embargo, algunos procesos de soldadura son más adecuados para espesores más delgados o gruesos. Por ejemplo, la soldadura MIG es adecuada para espesores más delgados, mientras que la soldadura por arco sumergido es adecuada para espesores más gruesos.
3. **Ubicación de la junta:** la ubicación de la junta también es un factor importante para considerar en la selección del proceso de soldadura. Por ejemplo, la soldadura MIG es adecuada para soldar en espacios estrechos o áreas de difícil acceso, mientras que la soldadura por arco sumergido es adecuada para juntas planas y largas.
4. **Requisitos de calidad:** cada proceso de soldadura tiene sus propias características en términos de calidad de la soldadura, tales como la apariencia, la penetración y la resistencia. Por ejemplo, la soldadura MIG produce una soldadura con un acabado suave y limpio, mientras que la soldadura por arco sumergido produce una penetración profunda y una alta velocidad de producción.
5. **Condiciones ambientales:** las condiciones ambientales también son un factor importante a considerar en la selección del proceso de soldadura. Por ejemplo, la soldadura MIG es adecuada para soldar en condiciones de baja humedad y sin corrientes de aire, mientras que la soldadura por arco sumergido es adecuada para condiciones húmedas y sucias.

4.4.1.3 Selección de los parámetros de soldadura

La selección de los parámetros de soldadura depende del tipo de proceso de soldadura utilizado y del material que se esté soldando.

1. **Corriente y voltaje** para los procesos de soldadura por arco eléctrico, la corriente y el voltaje son los parámetros más importantes. Estos parámetros afectan la cantidad de calor que se aplica a la soldadura y, por lo tanto, la penetración y la fusión.
2. **Velocidad de soldadura** es la velocidad a la que se mueve la antorcha o el electrodo a lo largo de la junta de soldadura. Este parámetro afecta la cantidad de calor que se aplica a la soldadura y, por lo tanto, la penetración y la fusión.
3. **Tipo y flujo** de gas para los procesos de soldadura por arco con protección de gas, el tipo y el flujo de gas son importantes ya que afectan la calidad de la soldadura y la protección contra la oxidación.
4. **Preparación de la junta** es importante ya que afecta la penetración y la calidad de la soldadura. Una junta preparada adecuadamente permitirá una mejor penetración y fusión [37].

4.4.1.4 Diseño de la preparación de la junta

El diseño de la preparación de la junta es un paso importante en el proceso de soldadura, ya que afecta la calidad de la soldadura y la resistencia de la unión. La preparación de la junta debe estar diseñada para proporcionar una buena penetración y fusión de la soldadura, así como una distribución uniforme del esfuerzo a lo largo de la unión soldada. Dependerá especialmente del tipo de juntas y espesor de material, en la Figura 8 se muestran los tipos de juntas [37].

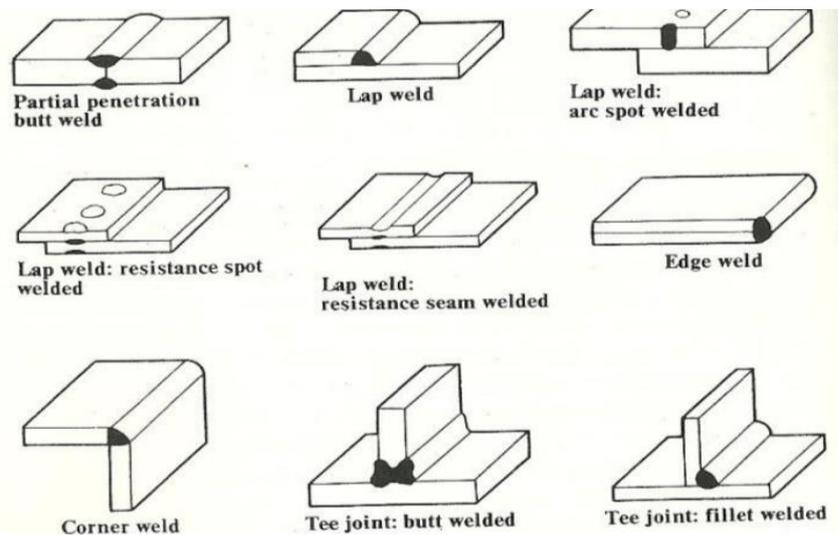


Figura 8 Tipos de juntas en la suelda. Fuente [37]:

Estas se definen como:

1. **Junta de filete:** se utiliza para unir dos piezas de metal en ángulo recto o para unir una pieza de metal a otra placa o viga. Se caracteriza por tener forma triangular o redondeada y su tamaño se mide por la altura y el ancho del triángulo.
2. **Junta a tope:** se usa para unir dos piezas de metal en el mismo plano, una pieza se coloca encima de la otra. En la construcción de tuberías se usan este tipo de junta.

3. **Junta de solape:** se usa para unir dos piezas de metal con solapamiento, una pieza se superpone a la otra.
4. **Junta en T:** se utiliza para unir dos piezas de metal en ángulo recto en una configuración en forma de T. Este tipo de junta es comúnmente utilizado en la construcción de estructuras de acero.
5. **Junta en ángulo:** se utiliza para unir dos piezas de metal en un ángulo determinado. Esta junta se suele utilizar para construir estructuras de acero y fabricar maquinaria.

4.4.1.5 Diseño de las secuencias de soldadura.

El diseño de secuencias de soldadura es una parte importante del proceso de diseño de estructuras metálicas soldadas. Se refiere al orden en que se deben soldar las diferentes secciones de la estructura para asegurar una unión adecuada y minimizar el riesgo de deformación o agrietamiento. La secuencia de soldadura dependerá de varios factores, como el tipo de unión, el tipo de acero, la ubicación de las soldaduras, la geometría de la estructura y el método de soldadura utilizado [37].

En general, se recomienda comenzar la soldadura en la parte inferior de la estructura y avanzar hacia la parte superior, lo que permite que la contracción térmica se distribuya uniformemente en toda la estructura. También hay que considerar la ubicación de las soldaduras críticas y las zonas de alta tensión, y soldar estas áreas en último lugar. Otro factor importante en el diseño de la secuencia de soldadura es la reducción del riesgo de deformación. Para ello, se pueden utilizar técnicas de precalentamiento, post calentamiento y alivio de tensiones para minimizar la contracción térmica y evitar que se produzcan deformaciones o agrietamientos [37].

4.4.1.6 Selección de material de aporte.

La selección del material de aporte para aceros de bajo y medio carbono se debe realizar para garantizar las propiedades mecánicas necesarias en el material base, especialmente, la resistencia a la tracción. Además, se debe considerar el tipo de revestimiento a usar en caso de soldadura SMAW [39]. La selección del material de aporte adecuado en la soldadura también se puede hacer siguiendo las recomendaciones de la American Welding Society (AWS). La AWS proporciona una guía de selección de material de aporte en su código AWS D1.1 "Especificación para la construcción de estructuras de acero". La guía de la AWS se basa en los siguientes factores [3], [16]:

1. **Tipo de acero base:** se debe conocer el tipo de acero que se va a soldar, su espesor y sus propiedades mecánicas.
2. **Proceso de soldadura:** se debe seleccionar el proceso de soldadura adecuado y determinar los requisitos de precalentamiento y de control de la dilución del metal base.
3. **Tipo de soldadura:** se debe seleccionar el tipo de soldadura adecuado (por ejemplo, solape, filete o juntas biseladas) y determinar las dimensiones de la junta y las tolerancias.
4. **Condiciones de servicio:** se deben tener en cuenta las condiciones de servicio de la estructura, como la carga, la temperatura y la exposición a la corrosión.

5. **Características del material de aporte:** se deben evaluar las características del material de aporte, como la resistencia a la tracción, la elongación, la dureza y la tenacidad, y seleccionar un material de aporte compatible con el acero base y con las condiciones de servicio.

Entonces la selección de material es una parte personalizada para cada aplicación y no se puede generalizar para todos nuestros trabajos.

4.4.2 Criterios de revisión de calidad de soldadura.

La calidad de soldadura se puede determinar mediante métodos de pruebas destructivas y no destructivas, generalmente la soldadura suele ser igual de resistente que el material base, aunque el resultado depende de la selección del proceso y de metal de aporte. Las pruebas mecánicas se utilizan para calificar los procedimientos de soldadura, el electrodo y los metales de aporte si cumplen con los requisitos de la especificación. Los criterios de evaluación permiten asegurar resistencia, tenacidad y calidad mediante pruebas mecánicas [3], [16].

Para revisar la calidad de la soldadura hay que hacer soldaduras específicas, cortarlas en tamaño normal y ensayarlas hasta que lleguen a su punto de ruptura, el objetivo es calificar el procedimiento de soldadura demostrando que la soldadura bajo las condiciones establecidas cumpla con las propiedades mecánicas requeridas. Los requisitos varían de un código a otro, en general de los códigos usan el mismo tipo de prueba: fractura de chaflán, prueba fractura de la muesca, pruebas de tensión y las pruebas de flexión guiada.

- **Pruebas de tensión:** Se aplica una carga en dirección axial a una probeta, con la finalidad de llegar a su deformación plástica, en consecuencia, su rotura. Este ensayo permite conocer una serie de propiedades, entre ellas: punto de rotura, límite elástico, alargamiento, reducción del área y ductilidad.
- Las pruebas de tensión se realizan en probetas según se aprecia en la figura 9 [16]:

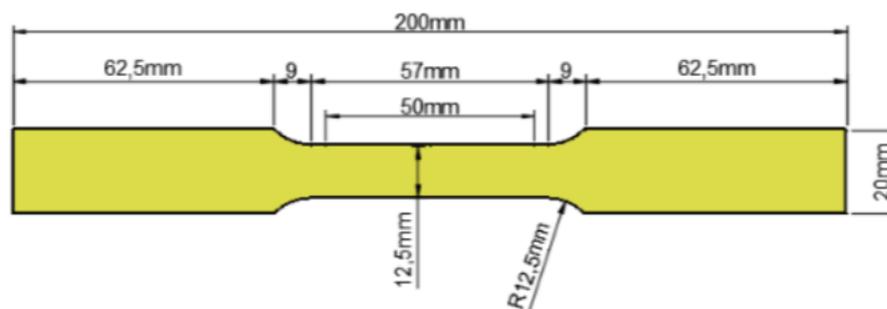


Figura 9 Probeta de tensión. Fuente: [16]

- **Prueba de Angulo de doble guiado:** Un cuerpo se ve sometido a flexión cuando una fuerza que se aplica hace que se encorva (doble) la misma. Estos ensayos de dobles guiado se usan en pruebas de calificación de procedimientos y de habilidad de soldadores para comprobar la sanidad y ductilidad de los materiales y de la soldadura

4.4.3 Calificación del personal

La calificación del personal de soldadura es un proceso necesario para garantizar la calidad y seguridad de las estructuras metálicas soldadas. La calificación implica la evaluación de las habilidades y conocimientos del personal de soldadura para asegurar que sean competentes y capaces de realizar soldaduras seguras y de alta calidad. La calificación del personal de soldadura implica la realización de pruebas de soldadura según los estándares y códigos aplicables, como los de la American Welding Society (AWS), el American Society of Mechanical Engineers (ASME) y otros [37], [40], [41].

Las pruebas de soldadura generalmente implican la soldadura de una muestra representativa utilizando el proceso de soldadura y los parámetros de soldadura especificados. Después de la soldadura, se realizan inspecciones no destructivas, como pruebas radiográficas, ultrasonidos o partículas magnéticas, para evaluar la calidad de la soldadura. Si la soldadura es aceptable, el personal de soldadura puede recibir una certificación de soldadura, que indica que están calificados para realizar soldaduras de calidad. Es importante destacar que la calificación debe ser periódica, ya que las habilidades de soldadura pueden disminuir con el tiempo si no se practican [37], [40].

4.4.3.1 Proceso de calificación de personal según la AWS

El proceso de calificación de personal según la AWS (American Welding Society) incluye los siguientes pasos [37]:

1. **Identificación del proceso de soldadura:** se debe identificar el proceso de soldadura que se utilizará en la calificación, ya sea SMAW, GMAW, FCAW, etc.
2. **Selección de la posición de soldadura:** se debe seleccionar la posición de soldadura para la cual se calificará al personal, como vertical ascendente, horizontal, etc.
3. **Selección del material base:** se debe seleccionar el material base que se utilizará en la calificación, como acero al carbono, acero inoxidable, aluminio, etc.
4. **Selección del espesor del material base:** se debe seleccionar el espesor del material base que se utilizará en la calificación.
5. **Selección del tipo de junta:** se debe seleccionar el tipo de junta que se utilizará en la calificación, como junta de solape, junta a tope, junta en 'T', etc.
6. **Preparación de la muestra de prueba:** se debe preparar una muestra de prueba que incluya la junta que se utilizará en la calificación.
7. **Soldadura de la muestra de prueba:** se debe soldar la muestra de prueba de acuerdo con los procedimientos de soldadura establecidos por la AWS.
8. **Evaluación de la muestra de prueba:** se deben realizar pruebas destructivas y no destructivas en la muestra de prueba para evaluar la calidad de la soldadura.
9. **Certificación del personal:** si la soldadura cumple con los requisitos de calidad establecidos por la AWS, el personal será certificado para realizar soldaduras en la posición, material y tipo de junta específicos para los cuales se calificó.

4.5 ENSAYOS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE SOLDADURA

En el mundo industrial y soldadura los controles de calidad del proceso son cada vez más necesarios, por lo que los ingenieros, arquitectos y constructores se encuentran familiarizados con ensayos de la soldadura para garantizar la calidad de la misma [42], [43].

4.5.1 Ensayos no destructivos

Son aquellos que no destruyen la pieza y son muy importantes para el control de calidad, generalmente estas pruebas son: inspección visual, radiográfica, ultrasonido, partículas magnéticas y tintas penetrantes. Estos no pueden evaluar la propiedades físicas ni químicas de la pieza, pero nos permiten aceptar o descartarla mediante ciertos criterios como numero de grietas o fisuras [43].

4.5.1.1 Inspección visual

La inspección visual en la soldadura es muy importante para obtener resultados óptimos desde la calidad y productivos de los proyectos de construcción con soldadura. La inspección visual (IV) es el método más usado de ensayos no destructivos, debido a que es barato, rápido y no requiere equipo especial. La información importante con respecto a la concordancia de la soldadura esta dicta por las normas, en la practica la inspección visual se realiza antes, durante y después de soldador. El inspector de estar familiarizado con los documentos aplicables al caso, como los estándares de manufacturas y las fases de proceso de soldadura [44].

4.5.1.2 Ultrasonido

Este método se basa en la medición del tiempo de propagación de ondas ultrasónicas en el medio a analizar, ya que en estas las ondas se reflejan, difractan y atenúan, indicando que existe un defecto superficial, subsuperficiales e internos de la pieza. Este cuenta con las siguientes ventajas [44]:

- Puede ser aplicado a varios materiales y productos.
- Es extremadamente portable.
- Permite configurar la sensibilidad del equipo para mayor eficacia.

Y sus desventajas son:

- Elevado costo de equipos y accesorios.
- Alto nivel de capacitación.
- Necesidad de varios palpadores cuando la pieza es compleja.
- El equipo debe ser calibrado con valores de referencia para su uso.

Su proceso se presenta en la Figura 7.



Figura 12 Procedimiento de ultrasonido. Fuente: [44]

4.5.1.3 Radiografía

La radiografía está basada en la radiación diferenciada penetrante en el material que está siendo inspeccionado. La variación en la radiación absorbida que detecta la existencia de alguna falla interna o defecto del material. Es utilizada para detectar variaciones en una zona de un material denominado, presentando una diferencia en espesor o densidad en comparación una zona vecina, los principales fines de este ensayo son [45]:

- Aportar información sobre el estado de la soldadura.
- Distinguir los defectos detectables mediante este ensayo.
- Valorar y conocer la calidad de soldadura.

4.5.1.4 Partículas Magnéticas

Consiste en detectar discontinuidades superficiales y subsuperficiales en materiales ferromagnéticos, el proceso consiste en someter a la parte o pieza a un campo magnético, esparcir partículas magnéticas las cuales tenderán a aglomerarse en la zona donde existan discontinuidades internas o externas, debido a que estas tienden a retener un campo magnético después de la exposición al campo magnético [45].

4.5.1.5 Tintas penetrantes

La inspección por tintas penetrantes es una técnica superficial, se va en detectar y ubicar a las discontinuidades que se encuentran en la superficie la pieza inspeccionada. La propiedad denominada capilaridad que consiste en la capacidad de un líquido para penetrar en pequeños espacios, cuyas aperturas son comparables a un diámetro de un cabello humano de 0.2 mm. Para ello existen dos tipos de tintas visibles en el día y tintas fluorescentes [46]. Estas pueden ser clasificadas como:

Tabla 8 Tipos de tintas penetrantes. Fuente: [46]

TINTA PENETRANTE		
TIPOS	I	Tinta Penetrante Fluorescente
	II	Tinta Penetrante Visible
MÉTODOS	A	Lavable con Agua
	B	Pos Emulsificable-Lipofílico
	C	Solvente Removedor
	D	Pos Emulsificable-Hidrofílico
SENSIBILIDAD	(Los Niveles de sensibilidad aplican solamente para Tintas Penetrantes Tipo I. Las del Tipo II tienen una sola sensibilidad que no está representada en ninguno de los niveles establecidos para las Tintas Tipo I)	
	Nivel 1/2	Muy Baja
	Nivel 1	Baja
	Nivel 2	Media
	Nivel 3	Alta
	Nivel 4	Muy Alta
REVELADOR		
FORMAS	a	polvo seco
	b	Soluble en Agua
	c	Suspendido en Agua
	d	No acuoso, para Tintas Penetrantes
		Fluorescentes Tipo I
	e	No acuoso, para Tintas Penetrantes Visibles Tipo II
f	Para aplicaciones Específicas	
SOLVENTE REMOVEDOR		
CLASES	1	Halogenado
	2	No Halogenado
	3	Para aplicaciones Específicas

El principio fundamental de las tintas penetrantes no ha cambiado desde sus inicios cuando se realizaba con Diésel como sustancia penetrante y polvo de tiza como revelador. El proceso para la inspección con Tintas Penetrantes consta de los siguientes pasos. [47]:

- 1) Es importante que la superficie donde se realiza el ensayo se encuentre limpia y seca, ya que contaminantes sólidos o humedad pueden ingresar en las aberturas de las discontinuidades, reduciendo la efectividad del ensayo.
- 2) Se aplica la tinta penetrante en la superficie, se la deja que actúe durante un tiempo determinado.
- 3) Remover el exceso de la superficie inspeccionada; se debe hacerlo con cuidado, de forma indirecta usando un paño absorbente embebido con agua o el solvente limpiador.
- 4) Posteriormente se esparce una capa fina de revelador en la superficie que antes se había colocado la tinta penetrante.
- 5) Mediante un examen visual de las indicaciones de Tinta Penetrante en la superficie inspeccionada, el técnico evalúa e interpreta las discontinuidades para aplicar los criterios de aceptación/rechazo, de la norma ASME B31.3 para tuberías y API 650 para tanques; la última norma envía al Código ASME Sección VIII, Apéndice 8 en cuanto a los criterios aceptación/rechazo que deben utilizarse.

4.5.2 Ensayos destructivos

Según González las pruebas o ensayos destructivos son definidos como los ensayos que se realizan a probetas utilizando máquinas o herramientas, las cuales producen una alteración irreversible a su estado original, por el cual se determinan sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y geométricas dimensionales de los materiales utilizados [47], [48]

Los ensayos destructivos aplicados a la soldadura involucran la destrucción física de la probeta o de la junta soldada, a fin de evaluar su resistencia y características. Generalmente los ED se realizan para comprender el comportamiento del material de muestra, la resistencia, la calidad de la unión soldada y la habilidad del soldador [49].

Los ensayos no destructivos en soldadura se utilizan para [49]:

- Cualificar los procedimientos de soldadura
- Inspección muestral
- Inspección de Investigación
- Pruebas de calificación a soldadores
- Análisis de fallos

Existen diversos métodos para aplicar los ensayos destructivos a la soldadura, estos implican el seccionamiento o la rotura del componente soldado y la evaluación de diversas características mecánicas y físicas, estos son [47], [49], [50]:

- **Ensayo de macro grabado:** prueba en la que se prepara la superficie de la muestra con ácido y a continuación se le examina con lupa o microscopio.
- **Ensayo de rotura de soldadura de filete:** Los ensayos de rotura de soldadura de filete aportan una buena indicación de las discontinuidades dentro de la longitud total de la soldadura probada (normalmente de 15 a 30,5 cm) en lugar de una instantánea de la sección transversal, como la prueba de macro grabado
- **Ensayo de tensión transversal:** El ensayo de tensión transversal comprueba que los factores como: propiedades de tracción del metal base y del metal de soldadura, la unión entre la base y la soldadura, zona afectada térmicamente estén dentro de los parámetros de diseño.
- **Ensayo de flexión guiado:** Se utilizan varios tipos de ensayos de flexión para evaluar la ductilidad y la solidez de las uniones soldada.

5. METODOLOGÍA

Para el trabajo se han propuesto tres metodologías: la primera se refiere al desarrollo y análisis de una encuesta, la segunda se refiere a la elaboración de la guía de capacitación en gestión de soldadura enfocada en tanques y estructuras metálicas y, por último, la validación de la guía de gestión de soldadura.

5.1 Encuestas

Para el desarrollo de las encuestas se estableció los pasos descritos en la figura 13.

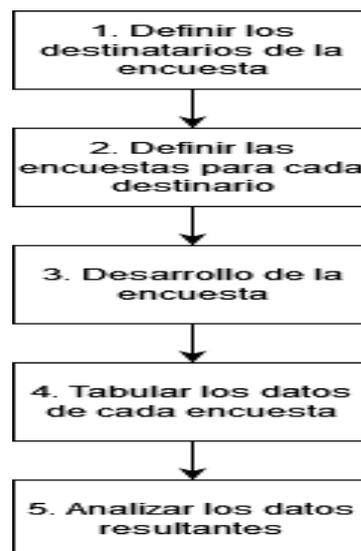


Figura 13 Metodología desarrollo de las encuestas. Fuente: Autores.

Con esta metodología se pretende garantizar la objetividad de las encuestas.

5.1.1 Definir destinatarios de las encuestas

En este paso se procede a definir a quien dirigir las encuestas, ya sea profesionales de la soldadura, estudiantes y/o docentes de colegios técnicos; en este caso, para el estudio se han definido los siguientes segmentos de la población a quienes se aplicarían las encuestas:

- Soldadores experimentados
- Estudiantes de colegios técnicos
- Docentes de colegios técnicos

5.1.2 Definir las encuestas para cada destinatario

Para ello cada destinatario tendrá una encuesta propia con sus preguntas y muestra independiente.

5.1.2.1 Definir la muestra

Una muestra es una selección de los encuestados elegidos y que representan a la población total. El tamaño de la muestra es una porción significativa de la población que cumple con las características de la investigación reduciendo los costos y el tiempo.

El tamaño de la muestra de una encuesta es importante para realizar una investigación correcta, por lo que hay que considerar los objetivos y las circunstancias en que se desarrolle la investigación.

$$n = \frac{z^2 N s^2}{z^2 s^2 + (N - 1)e^2}$$

n: muestra

N: Tamaño de la población.

e: el error tolerable.

z: valor escogido por el investigador.

s: desviación estándar.

La ecuación antes mencionada se procede a calcular la muestra de encuesta de soldadores experimentados, docentes de soldadura y estudiantes de colegios técnicos.

Soldadores experimentados

N: 83 aproximadamente.

e: 10%.

z: 1.64 para una confianza del 90%

s: 0.4

$$n = \frac{1.64^2 83 0.40^2}{1.64^2 0.40^2 + (83 - 1)0.1^2}$$

$$n = 18.84 = 19 \text{ encuestas}$$

Docentes colegios de soldadura

N: 19 colegios técnicos con mecánica en Cuenca, Gualaceo y Paute. De los cuales hemos considerado al menos 1 docentes por colegios

e: 10%.

z: 1.64 para una confianza del 90%

s: 0.4

$$n = \frac{1.64^2 19 0.40^2}{1.64^2 0.40^2 + (19 - 1)0.1^2}$$

$$n = 6.51 = 7 \text{ encuestas}$$

Estudiantes colegios de soldadura

N: 19 colegios técnicos con mecánica en Cuenca, Gualaceo y Paute. De los cuales hemos considerado al menos 15 estudiantes por colegio por colegios, en total 285.

e: 10%.

z: 1.282 para una confianza del 85%

s: 0.45

$$n = \frac{1.282^2 285 0.45^2}{1.282^2 0.45^2 + (285 - 1)0.1^2}$$

$$n = 29.89 = 30 \text{ encuestas}$$

5.1.2.2 Definir preguntas

En esta sección se procedió a definir que preguntas se deben realizar a los tres segmentos: soldadores experimentados, docentes de soldadura y estudiantes de colegios técnicos. Para obtener las directrices para desarrollar la guía de capacitación en soldadura.

Soldadores experimentados:

- ¿Usted construye estructuras metálicas en su taller/empresa?
- ¿Qué proceso de soldadura es el que más utiliza?
- ¿Qué dificultades se han presentado cuando planifica la construcción de estructuras metálicas?
- ¿Qué tipo de trabajos en soldadura realiza?
- ¿Qué conocimiento tiene al respecto del desarrollo de ensayos destructivos y no destructivos para calificar la soldadura?
- ¿Qué factores considera para cotizar un trabajo de soldadura?
- ¿Qué actividades secundarias establece al momento de soldar?
- ¿Qué actividades cree que son fundamentales para el desarrollo de procesos de soldadura?

Docentes de colegio técnicos:

- ¿Ha enseñado la tecnología de soldadura en algún nivel de estudios de su institución educativa?
- ¿Cuántos años ha enseñado la tecnología en soldadura?
- ¿Enumere procesos de soldadura conoce?
- ¿Qué actividades cree que son importantes en el proceso de soldadura?
- ¿Qué conocimiento tiene al respecto del desarrollo de ensayos destructivos y no destructivos para calificar la soldadura?
- ¿Qué proceso de soldadura recomendaría para la construcción de estructuras metálicas?
- ¿Qué procesos son esenciales para garantizar la calidad del cordón de suelda?

Estudiantes de colegios técnicos:

- ¿Conocen la tecnología de soldadura?
- ¿Cuáles son los procesos de soldadura que conoce?
- ¿Le interesaría aprender la tecnología y operación de procesos de soldadura?
- ¿Usted ha pensado desenvolverse como soldador calificado?
- ¿Tiene alguna experiencia como soldador?
- ¿Qué actividades cree que son importantes en el proceso de soldadura?

5.1.3 Desarrollo de la encuesta

En esta sección se desarrollará la encuesta al número de muestra designado para soldadores experimentados, docentes de soldadura y estudiantes de colegios técnicos. Para ello se dividió en tres lugares diferentes el desarrollo de la encuesta:

- Cuenca.
- Gualaceo.
- Paute.

De los cuales se propuso un aproximado 50% en Cuenca, 25% en Gualaceo y el 25% restante en Paute, Entonces se dividió 9 encuestas a soldadores profesionales en Cuenca, 5 en Gualaceo y 5 en Paute. Encuestas a docentes 4 en Cuenca, 2 en Paute y 1 Gualaceo, en las encuestas de estudiantes se propuso 16 en Cuenca, 7 en Gualaceo y 7 en Paute.

5.1.4 Tabular los datos de la encuesta

En esta sección se tabulará los datos de la encuesta, además que generar gráficos con los que sea fácil identificar que las respuestas y preferencias de los encuestados

5.1.4.1 Encuestas a soldadores experimentados.

Se realizaron 19 encuestas en talleres de soldadura con los siguientes resultados

1. Usted construye estructuras metálicas en su taller/empresa

Con un resultado de 15 de los talleres si lo realizan mientras 4 no lo realizan.

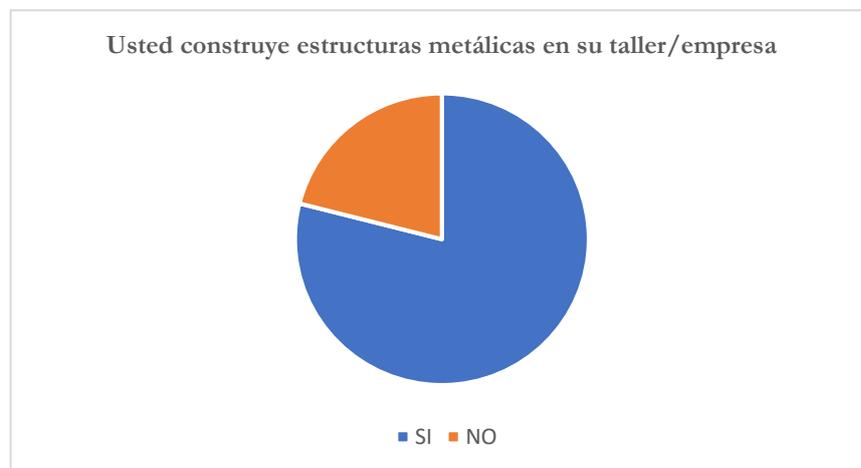


Figura 14 Resultado pregunta 1. Fuente: Autores.

2. ¿Qué dificultades se han presentado cuando planifica la construcción de estructuras metálicas?

Solo contestaron esta pregunta 15 soldadores de los cuales contestaron:

- 9 de los 15 soldadores: Se les complica realizar una proforma exacta y saber sus utilidades.
- 7 de los 15 soldadores: Tiene problemas en la ubicación de las tomas de corriente.

- 8 de los 15 soldadores: Tienen problemas al evaluar su calidad en la suelda con los inspectores.

3. ¿Qué tipo de trabajos en soldadura realiza?

Lo cuales contestaron:

- 6 de 19 soldadores: Carpintería metálica en general
- 13 de 19 soldadores: Estructuras como pórticos, techos y graderíos metálicos.
- 15 de 19 soldadores: Edificaciones estructurales para construcción.
- 2 de 19 soldadores: Soldadura de relleno para reconstrucción de piezas metálicas.

4. ¿Qué conocimiento tiene al respecto del desarrollo de ensayos destructivos y no destructivos para calificar la soldadura?

De la cual contestaron:

- 3 de 19 soldadores: Ningún ensayo.
- 13 de 19 soldadores: Tintas penetrantes y ultrasonido.
- 3 de 19 soldadores: Radiografía industrial, ultrasonido y tintas penetrantes.

5. ¿Qué factores considera para cotizar un trabajo de soldadura?

De la cual contestaron:

- 15 de 19 soldadores: Tiempo que me llevara la soldadura y material invertido.
- 13 de 19 soldadores: La facilidad de acceso al área a soldar y si requeriré un equipo adicional para realizarla.
- 9 de 19 soldadores: La calidad y las especificaciones mínimas, que ensayos tendré que realizar para garantizarla.

6. ¿Qué actividades secundarias establece al momento de soldar?

De la cual contestaron:

- 15 de 19 soldadores: Cortar el material.
- 9 de 19 soldadores: Asegurar la posición de suelda del material.
- 7 de 19 soldadores: Preparación de la junta.
- 5 de 19 soldadores: Limpieza del área de suelda.
- 5 de 19 soldadores: Ubicación e instalación de los equipos de soldadura.

7. ¿Qué actividades cree que son fundamentales para el desarrollo de procesos de soldadura?

De la cual contestaron:

- 15 de 19 soldadores: Limpieza y preparación de la junta.
- 13 de 19 soldadores: Calentamiento del electrodo.
- 8 de 19 soldadores: Puentear en posición las piezas a soldar
- 2 de 19 soldadores: Cuidado de los ojos y piel del arco de la suelda.

8. ¿Cómo garantiza la calidad del cordón de soldadura en sus trabajos?

De la cual contestaron:

- 18 de 19 soldadores: Limpieza y preparación de la junta.
- 13 de 19 soldadores: Calentamiento del electrodo.
- 8 de 19 soldadores: Puentear en posición las piezas a soldar.

5.1.4.2 Encuestas a docentes.

1. ¿Ha enseñado la tecnología de soldadura en algún nivel de estudios de su institución educativa?

Se realizo la encuesta a 10 docentes de los cuales contestaron:

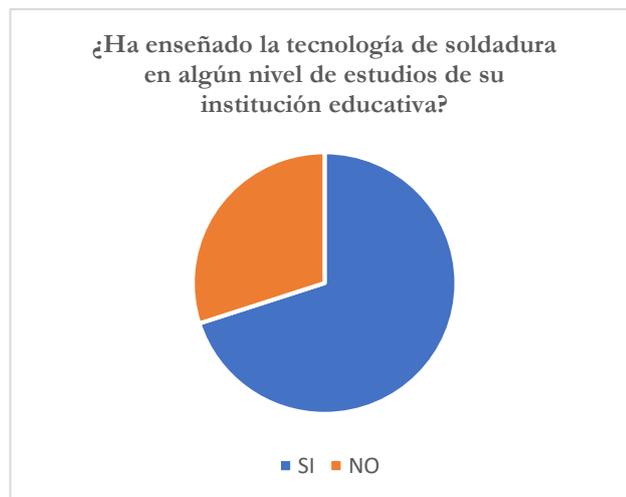


Figura 15 Pregunta 1 docente. Fuente: Autores.

2. ¿Cuántos años ha enseñado la tecnología en soldadura?

De la cual contestaron:

- 4 de 7 docentes: 1 a 5 años.
- 2 de 7 docentes: 5 años a 10 años.
- 1 de 7 docentes: más de 10 años.

3. ¿Enumere procesos de soldadura conoce?

De la cual contestaron:

- 6 de 7 docentes: TIG, MIG/MAG, Arco Sumergido.
- 2 de 7 docentes: MIG y electrodo.
- 1 de 7 docentes: Electrodo.

4. ¿Qué actividades cree que son importantes en el proceso de soldadura?

De la cual contestaron:

- 7 de 7 docentes: Calentar el electrodo en material aparte a la junta.
- 5 de 7 docentes: Ángulos de la junta y separación de la Junta.
- 5 de 7 docentes: Limpieza de las piezas a soldar.
- 4 de 7 docentes: Calibración de amperaje de acuerdo a la junta.

5. ¿Qué conocimiento tiene al respecto del desarrollo de ensayos destructivos y no destructivos para calificar la soldadura?

De la cual contestaron:

- 7 de 7 docentes: Tintas Penetrantes.
- 5 de 7 docentes: Ultrasonido.
- 5 de 7 docentes: Partículas metálicas
- 2 de 7 docentes: Radiografía industrial.

6. ¿Qué proceso de soldadura recomendaría para la construcción de estructuras metálicas?

De la cual contestaron:

- 4 de 7 docentes: Una buena preparación de la junta y limpieza
- 4 de 7 docentes: Uso de personal calificado para la suelda.
- 2 de 7 docentes: Estudiar los parámetros de la soldadura para una buena penetración
- 2 de 7 docentes: Utilización de máquinas de soldar con amperaje real y no trucado.
- 1 de 7 docentes: Seguridad del soldador en el momento de soldar.

7. ¿Qué procesos son esenciales para garantizar la calidad del cordón de suelda?

De la cual contestaron:

- 6 de 7 docentes: Limpieza de la junta a soldar.
- 5 de 7 docentes: Calidad de los electrodos a soldar y su precalentamiento.
- 5 de 7 docentes: Preparación de la junta y buena penetración.
- 2 de 7 docentes: Soldador capacitado para la soldadura.
- 1 de 7 docentes: Control de parámetros como comodidad al momento de soldar.

5.1.4.3 Encuestas a estudiantes

1. ¿Conocen la tecnología de soldadura??

Se realizó la encuesta a 30 estudiantes de los cuales contestaron:



Figura 16 Pregunta 1 estudiantes. Fuente: Autores.

2. ¿Cuáles son los procesos de soldadura que conoce??

De la cual contestaron:

- 24 de 30 estudiantes: Electrodo.
- 4 de 30 estudiantes: MIG y electrodo.
- 1 de 30 estudiantes: TIG, MIG/MAG, Arco Sumergida.

3. ¿Le interesaría aprender la tecnología y operación de procesos de soldadura?

De la cual contestaron:

- 17 de 30 estudiantes: Si me interesa los procesos de electrodo.
- 12 de 30 estudiantes: No me interesa.

4. ¿Usted ha pensado desenvolverse como soldador calificado?

De la cual contestaron:

- 5 de 30 estudiantes: Si me gustaría tener un nivel de soldador calificado.
- 21 de 30 estudiantes: No la verdad.
- 4 de 30 estudiantes: Dependería de las opciones que tenga después del bachillerato

5. ¿Tiene alguna experiencia como soldador?

De la cual contestaron:

- 5 de 30 estudiantes: He tenido prácticas en el colegio y en trabajos aparte
- 19 de 30 estudiantes: Solo prácticas en el colegio.
- 6 de 30 estudiantes: He tenido pocas oportunidades de practicar.

6. ¿Qué proceso de soldadura recomendaría para la construcción de estructuras metálicas?

De la cual contestaron:

- 21 de 30 estudiantes: Electrodo porque es el más común que se tiene.
- 5 de 30 estudiantes: MIG por el tipo de acabado y logra una menor escoria.
- 3 de 30 estudiantes: No tengo una respuesta clara

5.1.5 Analizar los datos de las encuestas

Mediante los gráficos de generados del punto anterior para generar las directrices de la guía de capacitación basada en los encuestados. Se observó los siguientes problemas que tiene la soldadores, docentes y estudiantes según las encuestas.

- No tiene un método para realizar proformas exactas de los trabajos en soldadura.
- El método más común que tiene para realizar estructuras metálicas es el SMAW, realizar un énfasis en ello junto al proceso MIG.
- Conocen las técnicas de ensayos no destructivos como tintas penetrantes y ultrasonido, pero desconocen del método según norma.
- En general, desconocen las normas que le permitan abalar su trabajo, garantizan su calidad según experiencia empírica.
- Definir las juntas y la limpieza de las juntas como parte del proceso de la suelda que la mayoría de los soldadores y docentes hacen énfasis en ello. Metodología para la elaboración de la guía de capacitación

Para el desarrollo de la guía de capacitación de soldadura enfocada en estructuras metálicas y tanques de presión, se ha desarrollado la siguiente metodología presentada en la Figura 17.

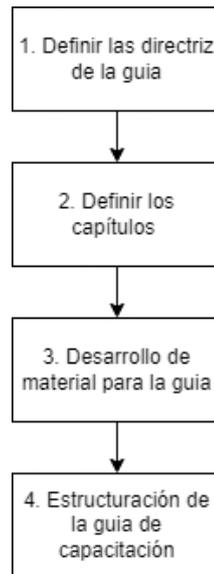


Figura 17 Metodología para el desarrollo de la guía de capacitación de soldadura. Fuente: Autores.

5.1.6 Definir las directrices de la guía de capacitación

En esta sección se usan los datos de las encuestas para establecer los pilares o directrices de la guía de capacitación en gestión de la soldadura en estructura metálicas y tanques, con un camino y visión a seguir. Se han definido 3 directrices.

- Basar el contenido en al menos dos normas.
- Tener una metodología de proforma el trabajo de suelda ejemplificada.
- Conocer el proceso de los ensayos no destructivos y sus criterios de aceptación.
- Conocer los procesos de soldadura desde cero.
- Ventajas de cada proceso de soldadura.

5.1.7 Definir capítulos de la guía

En esta sección se definen todos los capítulos a desarrollar en la guía de capacitación en gestión de soldadura en estructuras metálicas y tanques, en base a las directrices del punto anterior, los cuales son:

1. Introducción a la soldadura: Generalidades de la soldadura que deberemos conocer como proceso y ventajas.
2. Proceso de la soldadura: Materiales de aportes, tipos de junta y como seleccionar un proceso.
3. Calificación de la soldadura: Procesos de los ensayos y parámetros de aceptación o rechazo.
4. Desarrollo de la soldadura como negocio: Explicar una metodología para tener un negocio de suelda sustentable y realización de proformas.

5.1.8 Desarrollo de materiales para la guía

En esta sección se desarrollarán los capítulos definidos desde la parte teórica y visual para explicar la temática de cada capítulo de la manera más adecuada. Para ello se realizó 38 páginas de material que se puede observar en los resultados.

5.1.9 Estructuración de la guía de capacitación

En esta sección se juntarán los puntos 3.2.2 y 3.2.3 para estructurar la guía de capacitación en gestión de soldadura en estructura metálica y tanques, y generar un documento con las directrices del punto 3.2.1 y fácil de entender.

5.2 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN DE LA GUÍA

Para la validación se ha desarrollado la siguiente metodología para garantizar la repetibilidad y comprobar la validez de la guía.

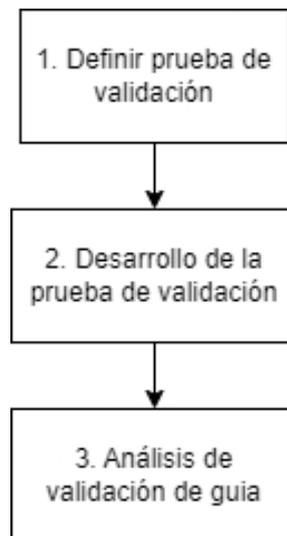


Figura 18 Metodología para la validación. Fuente: Autores

5.2.1 Prueba de validación

Escoger un negocio de suelda y llevar un proceso de suelda en base a la guía con el fin de comprobar que este sea sustentable en pequeña y gran escala, para ello se escogió una construcción con un proceso SMAW, para ello se realiza el siguiente proceso de inclusión de la guía, como una implementación de gestión de soldadura en el proceso:

- 1) Selección y definición de juntas a soldar.
- 2) Selección del material de aporte y parámetros de soldadura.
- 3) Desarrollo de la carta de proceso de suelda.
- 4) Desarrollo de ensayo de tintas penetrantes en la soldadura.

5.2.2 Desarrollo de la validación

Se tomaron los parámetros para su posterior análisis, como se realizó el proceso de validación antes definido. La junta para soldar se definió como se muestra en la figura.

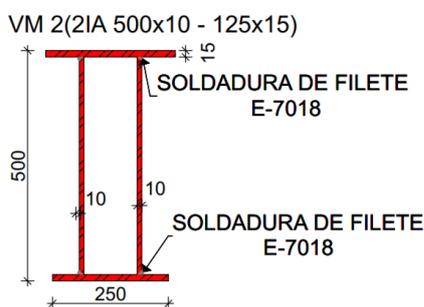


Figura 18 Junta a soldar. Fuente: Autores

Donde además se menciona el material de aporte del proceso como un electrodo de 7018, con un proceso típico SMAW. Para evaluar la calidad de cordón de soldadura se utilizó un proceso de inspección por tintas penetrantes.

Tabla 9 Inspección tintas penetrantes. Fuente: Autores

ISPECCIÓN TINTAS PENETRANTES		
Numero de inspección	TP1	
Método de prueba		
Condiciones de superficie	Greteada y limpiada	
Temperatura de la superficie	17.9°C	
Limpieza inicial/Designación limpiador	ABI-C101-A	
Tipo penetrante/ Designación	ABI-P101S-A	
Tiempo de penetración	20 minutos	
Limpieza intermedia	Trapo + limpiador	
Designación del revelador	ABI-D101-A	
Tiempo de revelador	10 minutos	
Tipo de Luz	Luz blanca	
Resultados de inspección	Ok	
Descripción de la parte inspeccionada	Prueba realizada en los 4 lados de la unión placa anclaje – columna incluyendo los refuerzos intermedios de cada lado	

Observaciones	Los cordones presentan ola de soldadura, soldadura sobre montada porosidad mínima, en pequeños tramos los cordones de soldadura presentan discontinuidad del cordón
---------------	---

Además de realizar un procedimiento en todas las juntas por ultrasonido, como se muestra en la Figura 19.



Figura 19 Inspección por ultrasonido. Fuente Autores.

5.2.3 Análisis de validación de la guía

Para analizar que la guía es válida se planteó un ejercicio en una edificación donde con el diseño de las juntas y control de calidad se logró determinar que se puede realizar gestión tanto en pequeña escala como en el caso de las tintas penetrantes que se realizó solo en una junta como en la de ultrasonido que se inspecciono todas las juntas con los siguientes resultados.

Tabla 10. Resultados de inspección ultrasonido. Fuente Autores.

<i>INSPECCION UT CJP VIGA – COLUMNA</i>							
<i>NIVEL PISO</i>	<i>EJES</i>	<i>ELEMENTO</i>	<i>RECHAZAR</i>	<i>ACEPTAR</i>	<i>DEFECTO</i>	<i>REINSPECCION</i>	<i>ESTADO FINAL</i>
Planta Alta	3-F	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Alta	4-D	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Alta	3-D'	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Alta	4-G	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Alta	7-G	Viga VM3		11-10-2023			OK
Planta Alta	14-E	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Alta	7-B	Viga VM3		11-10-2023			OK
Planta Alta	10-E	Viga VM3		11-10-2023			OK
Planta Alta	11-B	Viga VM3		11-10-2023			OK

Planta Alta	14-C'	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Alta	17-E'	Viga VM2	11-10-2023	11-10-2023	Escoria	18-10-2023	OK
Planta Alta	16-E'	Viga VM2		11-10-2023			OK
Planta Alta	14-G	Viga VM1		11-10-2023			OK
				11-10-2023			
Planta Baja	5-G	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Baja	5-B	Viga VM2		11-10-2023			OK
Planta Baja	5-F	Viga VM2		11-10-2023			OK
Planta Baja	10-E	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Baja	7-D	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Baja	8-F	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Baja	12-E	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Baja	13-E	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Baja	15-F	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Baja	17-C'	Viga VM1	11-10-2023		Escoria	18-10-2023	OK

Siendo la una parte por validar es la sostenibilidad como negocio de la guía, dicha que no se consideró en la validación debido al tiempo necesario para comprobar si un negocio es sostenible o no, en base a lo enunciado a la guía, por la demás teoría se considera valida la guía, debido a que permite realizar una gestión completa en una edificación.

6. RESULTADOS

El primer resultado es la guía de capacitación, la cual se muestra en su denominación.

1 Proceso de soldadura

El proceso de soldadura tiene que estar registrado en las estructuras metálicas desde el material de aporte seleccionado, junta, proceso seleccionado, etc. Esto con el fin de garantizar que el proceso cumpla con las necesidades de resistencia e integridad estructuras demandas por la edificación.

1.1 Diseño de la soldadura

Para el diseño de una suelda al igual que en todos los términos de resistencia debemos primero conocer diferentes términos que manejaremos en esta sección:

- Longitud efectiva: Es la longitud de la suelda que soportara el esfuerzo.
- Área efectiva: área de la suelda que soportara el esfuerzo,
- Esfuerzo admisible de suelda: El esfuerzo máximo permisible en el cordón de la suelda.
- Esfuerzo de material de aporte: El esfuerzo típico del electrodo o alambre de aporte.

Para juntas de materiales planos como placas y perfiles por lo general la longitud efectiva del cordón se calcula dependiendo del caso:

- Soldadura con tamaño de pierna menor o igual a 100 veces la longitud, en este caso la longitud efectiva es igual a la longitud real.
- Soldadura con tamaño de pierna mayor a 300 veces la longitud, la longitud efectiva será de 180 veces el tamaño de pierna.
- Soldadura con tamaño de pierna de tamaño entre 100 a 300 la longitud, se calcula multiplicando por un factor de reducción β , que se calcula tal que:

$$\beta = 1.2 - 0.2 \left(\frac{L}{100w} \right)$$

Donde:

- L: es la longitud.
- w: es el tamaño de pierna.

Para el cálculo del área efectiva en la suelda se multiplica la garganta efectiva que es $5/16 R$ (Altura de raíz). Entonces el área efectiva será.

$$A = Le \cdot \frac{5}{16} R$$

Donde:

- Le: es la longitud efectiva.
- R: es la longitud de raíz.

Entonces el esfuerzo recibido en una junta soldada por lo general es:

$$\sigma = \frac{Fw}{A}$$

Donde:

- Fw: Fuerza en el cordón de suelda.
- A: área efectiva.

La cual debe ser mayor al esfuerzo permisible de la soldadura que se calcula de manera que:

$$\sigma_p = 0.3 F_e (1 + 0.5 \text{sen}^{1.5}\phi)$$

Donde:

- F_e : Esfuerzo permisible del material de aporte.
- ϕ : Angulo de la fuerza en el cordón de soldadura.

Con estos cálculos podremos definir las longitudes de cada cordón sus raíces y el material de aporte a usar.

1.2 Preparación de la junta de soldadura

Antes de comenzar con la explicación de preparación de la junta en suelda, debemos conocer que la terminología usada para la preparación de la junta. Todo esto en base a la ISO 9692-2, son:

- e: espesor del material
- α : Angulo del chaflan
- β : Ángulo del bisel
- b: Separación de la raíz.
- t: Altura de talón.
- h: Altura de bisel.

En la Figura se muestran los tipos de uniones o juntas más comunes en estructuras metálicas.

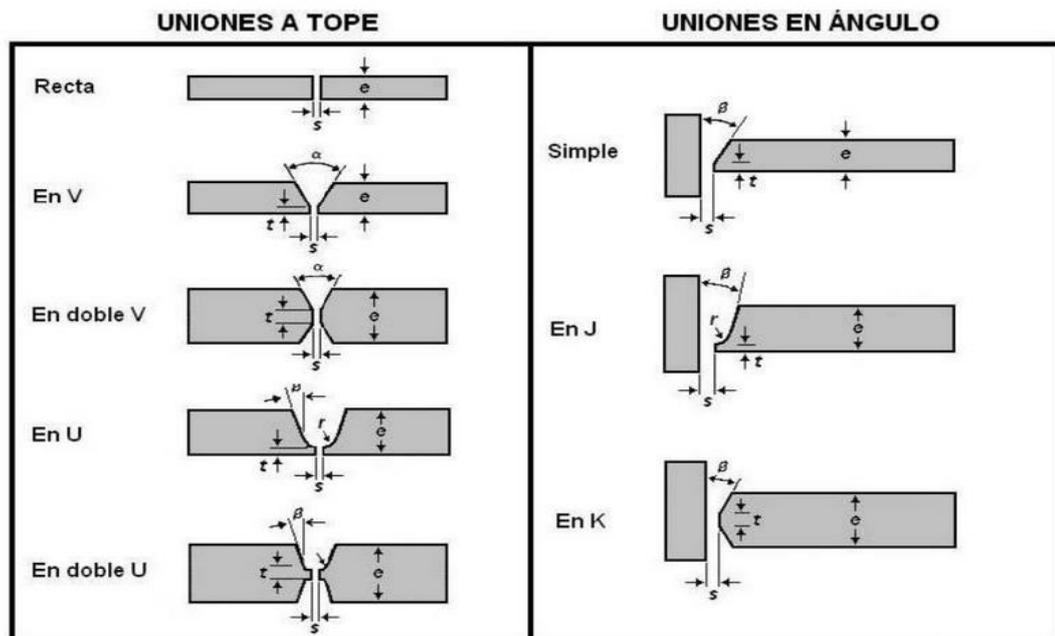


Figura 20 Tipos de uniones. Fuente: [7]

El diseño de un buen ángulo de bisel es fundamental para garantizar que la soldadura tenga una buena penetración y no presente discontinuidades o defectos asociados a la falta de espacio de soldadura. Por ello se han realizado una tabla de medidas estándares según el espesor del material según la junta seleccionada.

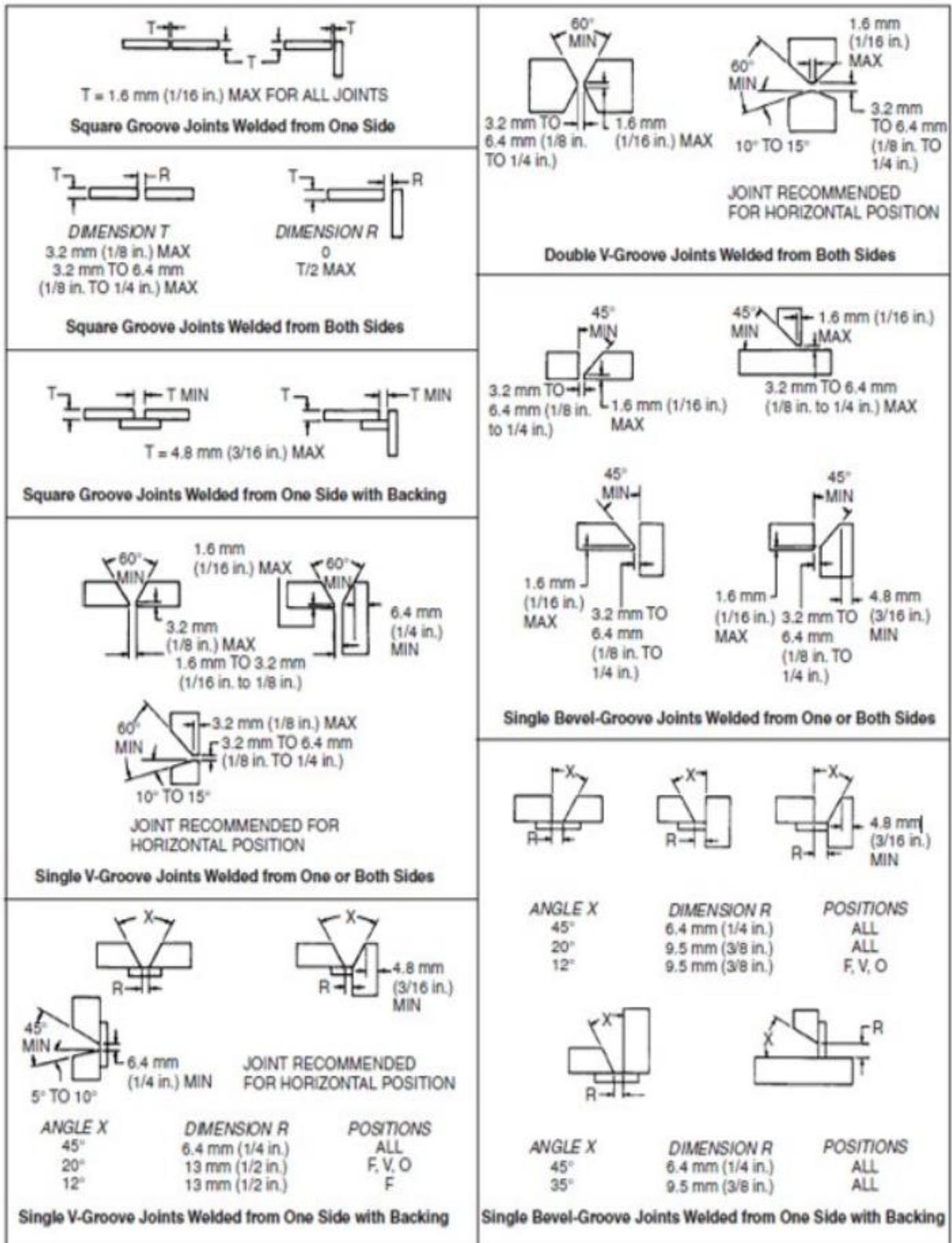


Figura 21 Ángulos tipos de uniones. Fuente: [18]

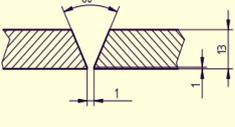
DATA				ELECTRODES								
JOINT GEOMETRY				ROOT PASSES		FILL PASSES		BACK PASSES				
JOINT TYPE	BUTT JOINT			MARK								
POSITION	FLAT (PA)			MANUFACTURER								
DIMENSIONS				AWS CODE								
SHEET WIDTH	13		mm	DIAMETER		mm	mm	mm	mm			
WELD LENGTH	25		mm	WELDING PARAMETERS								
BASE MATERIAL				PASSES		TOTAL		UNIT				
STANDARD	DIN 1040			ROOT	FILL	BACK						
GRADE	1080			PASSES COUNT				-				
MATERIAL TYPE	CARBON STEEL			CURRENT				-				
WELDING MACHINE				POLARITY				-				
MARK/MODEL	2514/BP			ELECTRODE WASTE				kg				
CURRENT INTERVAL	(10 ... 200) A			ELECTRIC POWER WASTE				kWh				
CURRENT TYPE	CC (CONTINUA)			TECHNICAL TIME				min				
JOINT				AUXILIARY TIME		-		-				
JOINT PREPARATION				SERVICING TIME		-		-				
CODE	22	STANDARD	ISO 9692-1 2003	RESTING TIME		-		-				
SKETCH				TOTAL TIME		-		-				
				PREHEAT TREATMENT			TECHNICAL REQUIREMENTS					
				TEMPERATURE			°C					
POSTWELD HEAT TREATMENT			TEMPERATURE			°C						
HOLDING TIME			min			min						
COSTS			ELECTRODE COST			CUP						
LABOR COST			CUP			CUP						
ELECTRIC POWER COST			CUP			CUP						
TOTAL COST			CUP			CUP						
AUXILIARY EQUIPMENT				ELECTRODE HOLDER			PROCESS					
CABLE				VISUAL FILTER			SHIELDED METAL ARC WELDING					
NAME				SIGNING		DATE						
ENGINEER												
WELDER												
SUPERVISOR												
RESPONSIBLE								PRODUCT				
								JOINT				

Figura 22 Ejemplo de junta en software. Fuente: [Autores].

Esta mediadas deben ser tomadas como una referencia para el diseño de juntas en estructuras metálicas, pero en caso específicos se tendrá que cálculos con software de diseño de suelda tal como Opifex Spark/SMAW, que permite automatizar desde el diseño de la suelda al plano de esta, como se observa en la figura

1.3 Selección del proceso de soldadura

El proceso dependerá directamente de la ubicación de la junta a soldar, la facilidad del equipo el espesor del material. Para ellos existen varios parámetros de selección del proceso de soldadura.

- Material de base: El tipo de material que se soldará es determinante. Algunos procesos de soldadura son más adecuados para ciertos tipos de materiales, como acero al carbono, acero inoxidable, aluminio u otros metales. Es importante considerar la compatibilidad del proceso con el material de base para asegurar una buena calidad de la soldadura.
- Espesor del material: El grosor de las piezas a soldar puede influir en la elección del proceso de soldadura. Algunos procesos son más adecuados para materiales gruesos, mientras que otros son más apropiados para materiales delgados.
- Tipo de unión: El tipo de junta de soldadura y la configuración de las piezas a unir también son consideraciones importantes. Algunos procesos son más adecuados

para uniones a tope, mientras que otros pueden ser más apropiados para uniones en ángulo o solapadas.

- Posición de soldadura: Algunos procesos de soldadura son más adecuados para trabajar en diferentes posiciones, como soldadura en posición plana, vertical, horizontal o sobre cabeza. La posición de soldadura requerida puede influir en la elección del proceso.
- Productividad y eficiencia: La productividad y eficiencia del proceso de soldadura también son factores importantes. Algunos procesos pueden ser más rápidos y eficientes en términos de tiempo y consumo de material, lo que puede ser relevante en proyectos grandes o con altos volúmenes de producción.
- Requisitos de calidad: Los requisitos de calidad y las especificaciones del proyecto también influyen en la elección del proceso de soldadura. Algunos procesos ofrecen una mayor calidad y menor incidencia de defectos que otros.
- Habilidad del soldador: La habilidad y experiencia del soldador también deben considerarse. Algunos procesos de soldadura requieren más destreza y habilidades específicas para su correcta ejecución

Siendo un parámetro muy determinante las ventajas de cada proceso como MIG y SMAW.

Las ventajas del proceso MIG/MAG son:

- Soldaduras limpias, no produce escoria simplemente un poco de polvo.
- Resistencia mayor a los electrodos usados comúnmente de 80 kPsi.
- Alambre continuo lo que proporciona menor tiempo en realizar un cordón y evita las discontinuidades de cambio de consumible.
- Eficaz para proceso en series porque tiene un desperdicio de material menor.
- Menor riesgo de corrosión por el gas protector.
- Trabajar en todas posiciones.
- Menor salpicadura.

Las desventajas del proceso MIG/MAG son:

- Limitación en las longitudes de la antorcha.
- Mayor coste de inversión inicial.
- Mayor nivel de capacitación en la configuración de los parámetros.
- Mayor coste por longitud de cordón.

Las ventajas de proceso SMAW son:

- Longitud de cables para la soldadura.
- Tamaño de equipos menor al proceso MIG/MAG.
- No requiere gases adicionales.
- Menor inversión inicial.

- Varias gamas de electrodos para diferentes materiales y nivel de penetración.
- Menor nivel de capacitación.

Las desventajas del proceso SMAW son:

- Genera demasiada escoria.
- Mayor facilidad a la corrosión y porosidad.
- Discontinuas por que se acaba el electrodo.
- Mayor nivel de salpicadura.
- Menor resistencia a la tracción.

Para posteriormente en una tabla de ponderación seleccionar el proceso que tenga más valor cuantitativo acorde a las características necesarias del proceso.

2 Calificación de la soldadura

La determinación de la calidad post suelda es muy importante en las estructuras metálicas, ya que esto determinará si cumple con los mínimos estándares de calidad para cumplir las necesidades de la edificación. En el Ecuador, los ensayos más usados son los de Ultrasonido y tintas penetrantes debido a su portabilidad y que son complementarios debido que el ultrasonido me permitirá evaluar las fallas internas del cordón y las tintas penetrantes las fallas externas o superficiales.

2.1 Ensayo de ultrasonido

El ultrasonido como inspección de soldadura es muy usado en los ensayos no destructivos, este método consiste en un traductor piezoeléctrico emisor/receptor, que produce un pulso de ultrasonido propagado por el material, al encontrar una discontinuidad reflejan el pulso como se muestra en la figura. Los cuales se registran para obtener la ubicación de los pulsos.

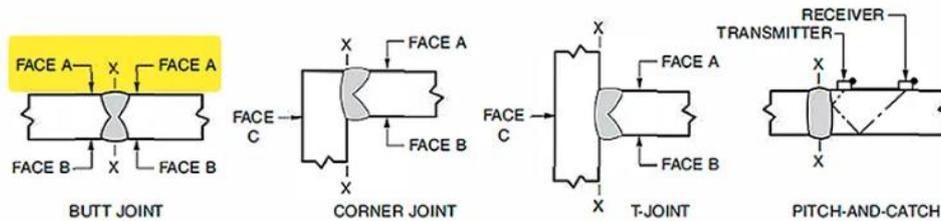


Figura 23 Ultrasonido ejemplificación. Fuente: [16]

Se mantiene con el procedimiento del ultrasonido depende de varios parámetros dependiendo del tipo de junta se escogerá el ángulo del transductor según la AWS D1.1 como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11 Ángulos de testeo. Fuente: [21]

Table 8.7 Testing Angle (see 8.25)														
Procedure Chart														
Material Thickness, in [mm]														
Application	5/16 [8] to 1-1/2 [38]	> 1-1/2 [38] to 1-3/4 [45]	> 1-3/4 [45] to 2-1/2 [65]	> 2-1/2 [65] to 3-1/2 [90]	> 3-1/2 [90] to 4-1/2 [110]	> 4-1/2 [110] to 5 [130]	> 5 [130] to 6-1/2 [160]	> 6-1/2 [160] to 7 [180]	> 7 [180] to 8 [200]	*	*	*	*	
Butt Joint	1	O	1	F or 4	F or 4	F or 5	F or 6	F or 7	F or 8	F or 9	F or 10	F or 11	F or 12	F or 13
T-Joint	1	O	1	F or XF	F or XF	F or XF	F or XF	F or XF	F or XF	F or XF	F or XF	F or XF	F or XF	—
Corner Joint	1	O	1	F or XF	F or XF	F or XF	F or XF	F or XF	F or XF	F or XF	F or XF	F or XF	F or XF	—
ESW/EGW Welds	1	O	1	O	IG or 4	IG or 5	P1 or P3	6 or 7	11 or 15	11 or 15	11 or 15	11 or 15	11 or 15	11 or 15**



Otro factor importante es la distancia del salto, la cual se calcula como.

$$SD = 2T * \tan(\theta), \text{ para análisis en V.}$$

$$\frac{SD}{2} = T * \tan(\theta), \text{ para análisis directo.}$$

Donde:

T: es el espesor del material.

θ : El ángulo de transductor.

Esta distancia es donde se ubicará el transductor para realizar un correcto barrido, se muestra como en la Figura 24.



Figura 24 Paso de ultrasonido. Fuente: [21]

El nivel de referencia se basa en el valor de SD y la se calcula según la tabla de AWS D1.1.

Tabla 12 Niveles de escaneo. Fuente: [21]

Scanning Levels	
Sound path ^b in inches [mm]	Above Zero Reference, dB
through 2-1/2 [65 mm]	14
> 2-1/2 through 5 [65- 125 mm]	19
> 5 through 10 [125-250 mm]	29
> 10 through 15 [250- 380 mm]	39

^b This column refers to sound path distance; NOT material thickness.

2.1.1 Procedimiento

Calibración del equipo: Después de seleccionar el ángulo del transductor piezoeléctrico, esta se realiza con un bloque patrón con espesor conocido, del cual ya sabemos el comportamiento del espectro ultrasónico captado.

Colocación de gel para ultrasonido en la zona de barrido: Se coloca el gel especial que permite que mientras se lleva a cabo el barrido el sensor piezoeléctrico se encuentre pegado en su totalidad a la junta examinada.



Figura 25 Paso de ultrasonido. Fuente: [Autores].

El barrido: Para garantizar un correcto barrido debe colocarse dos líneas de barrido una en V y otra directa.



Figura 26 Paso de ultrasonido. Fuente: [Autores].

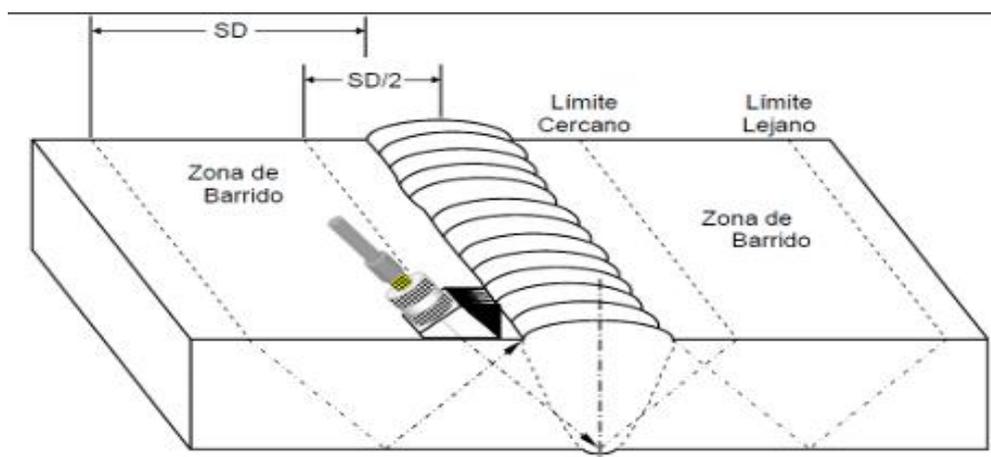


Figura 27 Zona de barrido. Fuente: [22]

De la misma manera el patrón de variado es importante para cubrir toda la zona como movimientos transversales, longitudinales y radiales, en la Figura se muestra de los más comunes.

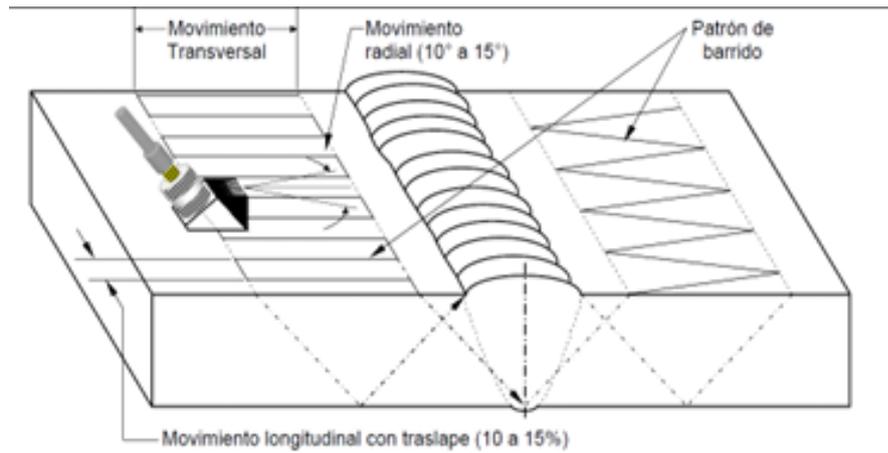


Figura 28 Secuencia de barrido. Fuente: [22]

Inspección: Acorde al barrido podremos determinar las discontinuidades dentro a la junta soldada y examinar si el cordón es aceptado o no según AWS D1.1.

2.1.2 Fallos de discontinuidades

Una discontinuidad es cualquier material extraño presente en la parte inspeccionada como escorias, porosidades etc. Si el tipo de discontinuidad y tamaño están dentro de los límites del criterio de aceptación que están dentro del documento estas pueden ser aceptadas.

Fisura

Las grietas son generalmente de tipo lineal e irregular o dentado. En indicaciones normales hace que el lado derecho de la señal caiga rápidamente. Cuando la grieta es irregular se dan múltiples retornos y eso nos da una señal más amplia, como se muestra en la fig. 29.

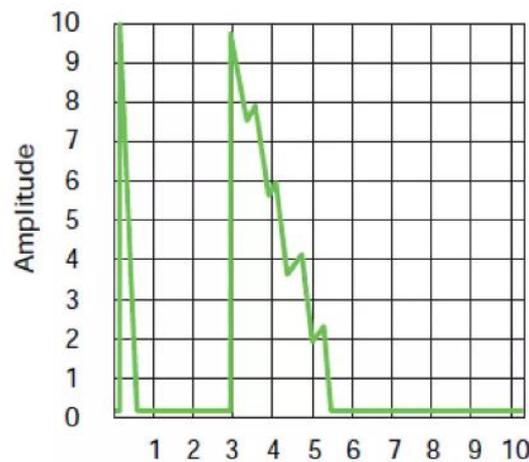


Figura 29. Fisura en la soldadura, la forma dentada nos da una señal más amplia. Fuente: [22]

Escoria dentro de la junta

Durante el proceso de soldadura se produce la escoria y en ocasiones esta puede quedar atrapada dentro del cordón de soldadura creando una inclusión de escoria. Esta puede ser vista

como una forma irregular, debido a que el haz del sonido golpea en varios puntos a la forma irregular de la escoria esta nos produce una presentación de señal con múltiples picos. Como se muestra en la fig. 30

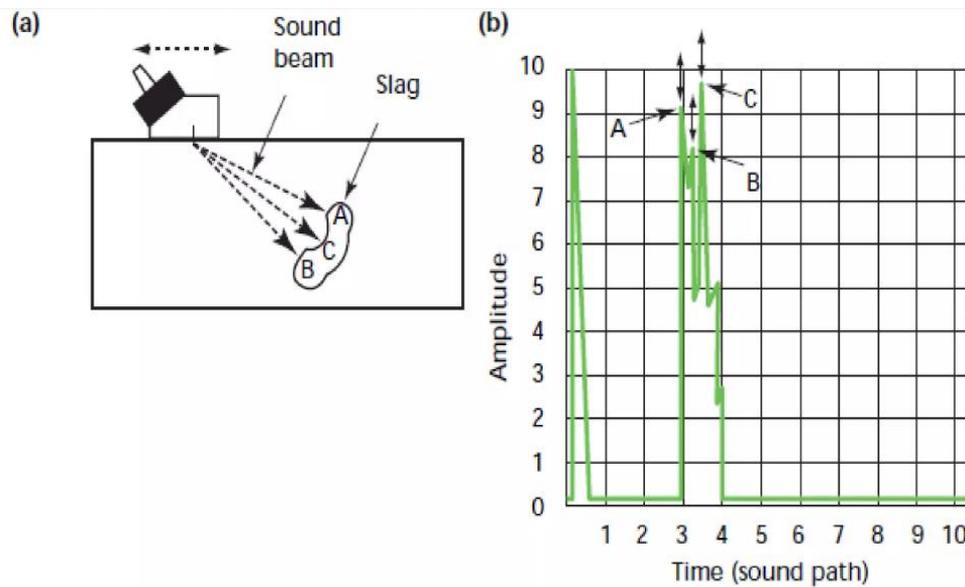


Figura 30 señal de escoria presente dentro de la junta. Fuente: [22]

Porosidad

Esta se da de forma similar a la escoria se produce cuando el gas queda atrapado dentro del cordón de soldadura cuando se enfría y no a podido escapar el gas hacia la superficie. Sin embargo, en lugar de tener solidos tendremos formas irregulares ya que por lo general son gases que están rellendo un espacio y son de forma redonda. El resultado en general es una señal estrecha, se muestra con una punta afilada y se muestra en una sola ubicación y luego desaparece inmediatamente, suelen a ver excepciones a esto cuando el poro es de gran tamaño o se encuentra cerca de la superficie en ese caso la señal puede moverse hacia la izquierda unas dos cuadrículas antes de desaparecer. La señal de poro presente se muestra en la Fig. 31.

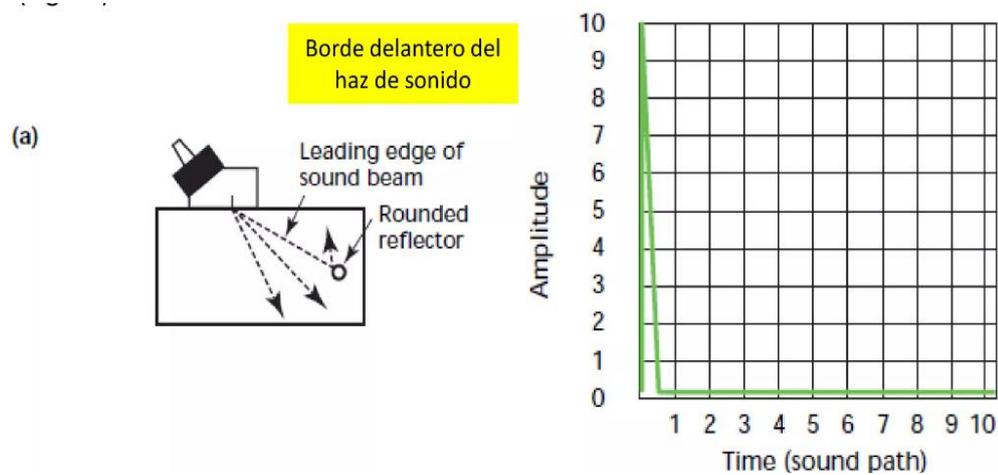


Figura 31 señal de Porosidad. Fuente: [22]

Discontinuidad menor

Cualquier indicación en esta categoría debe ser aceptada independientemente de su longitud o ubicada en la soldadura.

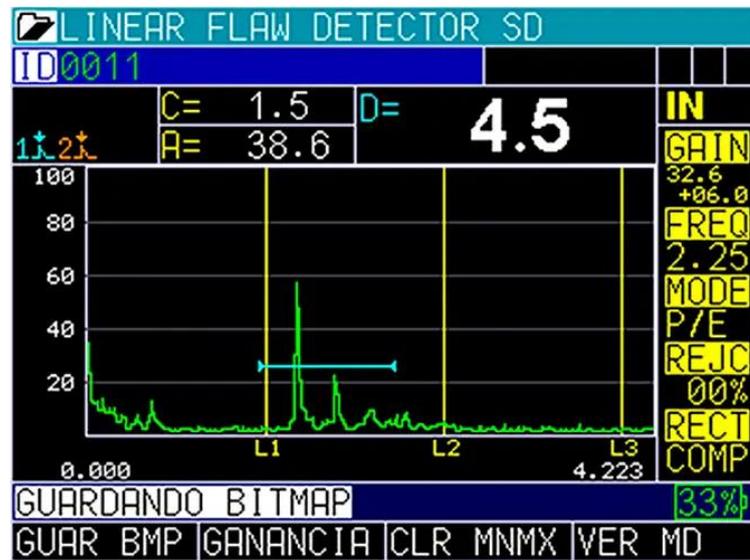


Figura 32 Discontinuidad mínima. Fuente: [22]

2.1.3 Criterios de aceptación

Los criterios de Aceptación de la junta según ultrasonido de la norma AWS D1.1 son

Tabla 13 Niveles de escaneo Fuente: [22]

Clase de severidad de la discontinuidad	Espesor de soldadura (*) en mm y ángulo del palpador										
	≥ 8	> 20	> 38		> 65			> 100			
	≤ 19	≤ 38	≤ 65	≤ 100	≤ 200	70°	60°	45°	70°	60°	45°
Clase A	+5 y menor	+2 y menor	-2 y menor	+1 y menor	+3 y menor	-5 y menor	-2 y menor	0 y menor	-7 y menor	-4 y menor	-1 y menor
Clase B	+6	+3	-1	+2	+4	-4	-1	+1	-6	-3	0
Clase C	+7	+4	+1	+4	+6	-2 a	+1	+3	-4 a	-1 a	+2
Clase D	+8 y Mayor	+5 y mayor	+3 y mayor	+6 y mayor	+8 y mayor	+3 y mayor	+3 y mayor	+5 y mayor	+3 y mayor	+3 y mayor	+4 y mayor

Notas:

- Las discontinuidades de Clase B deben estar separadas al menos por $2L$, siendo L el largo de la mayor discontinuidad, excepto que cuando dos o más de tales discontinuidades no están separadas por al menos $2L$, pero el largo combinado de las discontinuidades y su separación es igual o menor que el largo máximo admisible bajo las disposiciones de las Clases B o C, la discontinuidad debe considerarse como una única discontinuidad aceptable.
- Las discontinuidades de Clase B y C no deben comenzar a una distancia menor que $2L$ desde los finales de las soldaduras que soportan esfuerzos de tracción principales, siendo L el largo de la discontinuidad.
- Las discontinuidades detectadas en el área de la cara de la raíz en una soldadura con JPC con bisel doble, deben ser evaluadas usando una clasificación de la indicación 4 dB más sensible, que la descrita en 66.11.13, cuando tales soldaduras son indicadas como "soldadura bajo tracción" en los planos (restar 4 dB para el nivel de referencia " h ")
- Soldaduras por electro escoria o electrogas: en las discontinuidades que exceden los 51 mm se deben sospechar que son porosidad vermicular y deberá ser examinada adicionalmente mediante radiografía.
- Para indicaciones que se mantienen en el monitor, cuando el palpador se mueve, referirse a 6.3.8.1. [22]

(*) El espesor de la soldadura se debe definir como el espesor nominal del elemento estructural de menor espesor a ser unido.

Clase A (discontinuidades grandes)

Cualquier indicación en esta categoría debe ser rechazada (sin tener en cuenta el largo)

Clase B (discontinuidades medias)

Cualquier indicación en esta categoría que tenga un largo mayor que 20 mm debe ser rechazada

Clase C (discontinuidades pequeñas)

Cualquier indicación en esta categoría que tenga un largo mayor que 50 mm debe ser rechazada

Clase D (discontinuidades menores)

Cualquier indicación en esta categoría debe ser aceptada sin tener en cuenta el largo o ubicación en la soldadura.

Niveles de barrido o exploración	
Trayectoria (**) en mm	Referencia por encima de cero, dB
≤ 65	14
> 65 ≤ 125	19
> 125 ≤ 250	29
> 250 ≤ 380	39

(**) Esta columna se refiere a la distancia recorrida por el haz, NO al espesor del material.

2.2 Ensayo de tintas penetrantes

El ensayo de tintas penetrantes es un método no destructivo para la localización de discontinuidades superficiales como: fisuras, laminaciones, traslapes, faltas de fusión y porosidad. La tinta puede ser visible o fluorescente esparcido uniformemente en toda el área de a ser inspeccionada, la cual después de un tiempo prudencial se limpia el exceso y el restante está penetrado en las discontinuidades superficiales.

2.2.1 Procedimiento

Prelimpieza: En el desarrollo de cualquier ensayo por tintas penetrantes, la superficie a examinar debe estar libre de impureza y de cualquier desecho solido o líquido, con el fin de garantizar que el penetrantes pueda esparcirse correctamente por toda la superficie. De estos existen dos tipos de limpieza:

- **Limpieza Química:** Esta consiste en aplicar desengrasante en un paño limpio para quitar toda la grasa presente en la superficie, luego con tiner limpiar la suciedad rescatante, para al final con un trapo limpio y seco pasarlo.
- **Limpieza Mecánica:** Con un cepillo de alambre se pasa sobre la superficie de la junta soldada para quitar cualquier pelusa o desecho del trapo.

Aplicación del penetrante: Se aplica penetrante pulverizado por todo el largo de la junta soldada de modo que esta se empape del mismo, como se observa en la Figura.



Figura 33 Aplicación tintas penetrantes. Fuente: [34]

Remoción con solvente: Después del tiempo estipulado para que la tinta penetre correctamente en las discontinuidades, la remoción del excedente se realiza con un solvente adecuado para la tinta y un trapo limpio. Esto se realiza rápidamente y con delicadeza para evitar que remover la tinta de las discontinuidades.

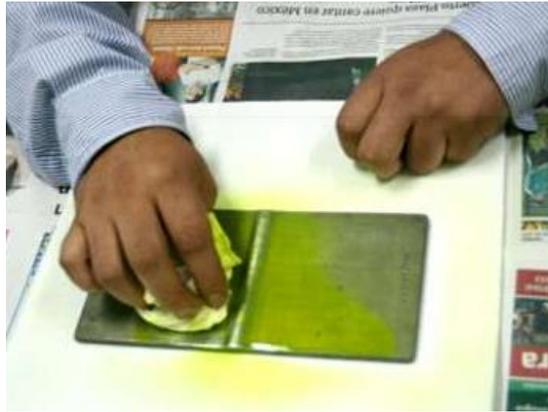


Figura 34 Limpieza tintas penetrantes. Fuente: [34]

Secado: Se espera que seque totalmente la tinta penetrante por un tiempo de 15 min a 20 min dependiendo del penetrante usado.

Inspección: Después de esto se realiza la inspección del número de discontinuidades encontradas en caso de tintas visibles, en el caso de tintas fluorescentes se aplica revelador para poder observar de manera correcta cuando se aplique luz ultravioleta. Una junta soldada examinada se observa como se muestra en la Figura.



Figura 35 Revelación tintas penetrantes. Fuente: [34]

Post Limpieza: Cuando los residuos de tintas penetrantes no sean aptos para la función de la junta examinada estos se tienen a limpiar con solvente y un trapo limpio varias veces.

2.2.2 Criterios de Aceptación

Según la AWS D1.1 estos son los criterios mínimos que debe cumplir una junta soldada para ser aceptada como válida.

Tabla 14 Criterios de aceptación. Fuente: [23]

Categoría de Discontinuidades y Criterio de Inspección	A	B	C										
1. Prohibición de fisuras Cualquier fisura es inaceptable independiente de su tamaño y localización.	x	x	x										
2. Fusión Soldadura/Metal Base Fusión completa deberá existir entre pases adyacentes de soldadura y entre metal base soldadura.	x	x	x										
3. Sección Transversal de Crater Todos los craters serán 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	x										
4. Perfiles de soldadura Los perfiles de soldadura deberán estar en concordancia con el Par. 5.24 del AW S D1.1	x	x	x										
5. Tiempo de Inspección La inspección visual de soldadura en todos los aceros puede empezar inmediatamente después de terminada la soldadura y estas se han enfriado a temperatura ambiente. Los criterios de Aceptación para aceros ASTM A 514, ASTM A 517 y A 709 Grado 100 y 100W serán basados en inspección visual ejecutada no menos de 48 horas después de terminada la soldadura.	x	x	x										
6. Soldaduras sub-dimensionadas El tamaño de una soldadura a filete en cualquier soldadura continua puede ser menor que el tamaño nominal especificado (L) sin corrección por 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 nominal especificado de soldadura, pulg. (mm)</td> <td style="text-align: center;">disminución permisible de L, pulg. (mm)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">menor o igual a 3/16 (5)</td> <td style="text-align: center;">menor o igual a 1/16 (2)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1/4 (6)</td> <td style="text-align: center;">menor o igual a 3/32 (2.5)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">mayor o igual a 5/16" (8)</td> <td style="text-align: center;">menor o igual a 1/8 (3)</td> </tr> </table> En todos los casos, la porción por debajo del tamaño no excederá 10% de la longitud de soldadura. En soldaduras de vigas reforzadas de alma-ala, no está permitida porciones por debajo continuas en los extremos de longitud igual a dos veces el ancho del ala.	L	U	tamaño nominal especificado de soldadura, pulg. (mm)	disminución permisible de L, pulg. (mm)	menor o igual a 3/16 (5)	menor o igual a 1/16 (2)	1/4 (6)	menor o igual a 3/32 (2.5)	mayor o igual a 5/16" (8)	menor o igual a 1/8 (3)	x	x	x
L	U												
tamaño nominal especificado de soldadura, pulg. (mm)	disminución permisible de L, pulg. (mm)												
menor o igual a 3/16 (5)	menor o igual a 1/16 (2)												
1/4 (6)	menor o igual a 3/32 (2.5)												
mayor o igual a 5/16" (8)	menor o igual a 1/8 (3)												
7. Socavamiento (A) Para materiales menores a 1" (25mm) de espesor, el socavado no deberá exceder 1/32" (1mm), a excepción que un máximo de 1/16" (2mm) es permitido para longitud acumulada de 2" (50mm) en cualquier 12" (300mm). Para material igual o mayor a 1" de espesor, el socavamiento no deberá exceder de 1/16" (2mm) de profundidad para todos los casos. (B) En miembros primarios, el socavamiento deberá ser menor o igual a 0.01" (0.25mm) de profundidad cuando la soldadura es transversal al esfuerzo de tensión bajo cualquier condición de carga de diseño. El socavado será menor o igual a 1/32" (1mm) de profundidad para todos los casos.	x												
8. Porosidad (A) Juntas de penetración completa a bisel en juntas a tope transversales al esfuerzo de tensión calculado no deberán tener porosidad visible. Para todas las otras juntas de bisel y soldadura filete, la suma de la porosidad visible tubular y soldaduras a filete de 1/32" (1mm) o mayores en diámetro, no deberá exceder de 3/8" (10mm) en cualquier pulgada lineal de soldadura y no excederá 3/4" (20mm) en cualquier 12" (300mm) de longitud de soldadura. (B) La frecuencia de porosidad tubular en soldaduras a filete no excederán de una en cada 4" (100mm) de longitud de soldadura y un máximo diámetro no excederá de 5/32" (2.5mm). Excepción: para soldaduras a filete que conectan rigidizadores a almas de vigas, la suma de los diámetros de porosidad tubular no excederá 3/8" (10mm) en cualquier pulgada lineal y no excederán 3/4" (20mm) en cualquier 12" (300mm) de longitud de soldadura. (C) Juntas de penetración completa a bisel en juntas a tope transversales a la dirección de esfuerzos de tensión calculados, no deberán contener porosidades tubulares. Para otras soldaduras a bisel, la frecuencia de porosidades tubulares no excederá de una en 4" (100mm) de longitud y el max. diámetro no excederá 3/32" (2.5mm)	x												
A = Conexiones No Tubulares a Carga Estática B = Conexiones No Tubulares a Carga Cíclica C = Conexiones Tubulares (Todas las cargas)		x	x										

3 Desarrollo de negocio de la soldadura

Para entender la soldadura como negocio debemos entender cómo realizar una proforma de un trabajo de soldadura, que inversión tendremos que realizar, como cotizarla por día de trabajo, kilo de soldadura o longitud a soldar.

3.1 Desarrollo de proforma de trabajos de soldadura

Para entender una proforma de un trabajo de soldadura debemos tener en cuenta tres parámetros que siempre afectaran al valor de trabajo.

- Mano de obra
- Material por usar
- Maquinaria

Mano de obra: En cada tramo de soldadura tendremos tiempo que utilizar en la preparación de la junta, limpieza del material, procedimiento de suelda y la limpieza post suelda. Este tiempo se deberá estimar tiempo en horas invertido por cada proceso la manera más sencilla de hacerlo es medida un cuadro de flujo del proceso. Como se muestra en la figura 40.

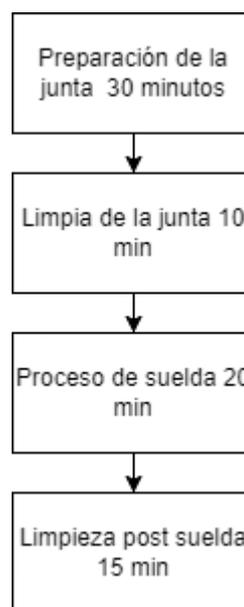


Figura 36 Flujo de proceso de proforma. Fuente: [Autores].

Este podrá variar acorde a la junta a soldar, si el cliente prepara las medidas de la suelda o yo tendré que cortarlas, tendré que comprar el material por mi cuenta, siendo el ejemplo en hora serian 1 h 15 min, por lo general la hora del soldador cuesta entre 8 a 15 dólares dependiendo de la experiencia.

$$Cm = t. CH$$

Donde:

C_m : costo de mano de obra

t : tiempo invertido

CH: Es el costo hora del soldador

Terminando el ejemplo esto sería

$$C_m = 1.25 \text{ h } 8 \frac{\$}{\text{h}} = 10\$$$

Material por usar: El material a usar depende de la longitud de cordón de suelda y la área de la junta seleccionada (Se estima acorde a la norma AWS D.1), con dichos parámetros se puede estimar el volumen de material a depositar.

$$A = 124 \text{ mm}^2$$

$$L = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 8.050 \text{ kg/m}^3$$

El primer paso es estimar el volumen en metros cúbicos de la suelda.

$$V = A \cdot L$$

$$V = 124 * 1000 \text{ mm}^3$$

$$V = 0.124 \text{ m}^3$$

A partir de esto se calcula el peso con la densidad del material a usar.

$$m = V \cdot d$$

$$m = 0.124 \text{ m}^3 \cdot 8.050 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 0.9982 \text{ kg}$$

Después de estimar la masa necesaria para el cordón, el siguiente paso es calcular el precio del material a usar, mediante costo por kilo del material.

- Precio kilo usable en 7018: 3.90 \$
- Precio kilo usable en 6011: 4.25 \$
- Precio usable de alambre MIG: 2.75 \$

Una vez obtenido el peso del cordón se multiplica por el precio.

$$C_{mu} = m \cdot C_k$$

Donde:

C_{mu}: Es el costo de material a usar

m: Peso del cordón en Kilogramos

C_k: Precio por kilo de material

En el caso del ejemplo de ser una soldadura MIG seria:

$$C_{mu} = 0.9982 \text{ kg } 2.75 \text{ \$/Kg}$$

$$C_{mu} = 2.75 \text{ \$}$$

Al ser un proceso MIG se tiene que sumar el coste de gas de protección el cual se puede calcular por la longitud de suelda

$$L = 1000 \text{ mm}$$

$$f = 0.001 \text{ kg/mm}$$

$$C_g = 1.5 \text{ \$/kg, CO}_2$$

$$C_g = 2.2 \text{ \$/kg, Argón}$$

Entonces el costo de uso del gas será para este caso suponiendo argón.

$$C_{mug} = L \cdot f \cdot C_g$$

$$C_{mug} = 100 \cdot 0.001 \cdot 2.2 \text{ \$}$$

$$C_{mug} = 2.2 \text{ \$}$$

Entonces el costo total de material será 4.95 \$.

Maquinaria: Este costo es relativo a la maquinas usadas tienen un costo ya sea de alquiler o siendo propias estas tendrán un costo por uso de tiempo relativo.

Tabla 15 Costo de máquina. Fuente: [Autores]

Maquina	Costo hora en dólares
Amoladora	2 dólares
Cortadora Plasma	4 dólares
Soldadora MIG	5 dólares
Soldadora SWAG	5 dólares

Este de igual forma se pueden hacer una tabla de tiempo usado la maquina por trabajo y precio total ejemplo

Tabla 16 Coste total de máquinas ejemplo. Fuente: [Autores]

Maquina	Costo hora en dólares	Tiempo en hora	Costo total de maquinaria
Amoladora	2 dólares	1	2
Cortadora Plasma	4 dólares	0	0
Soldadora MIG	5 dólares	2	10
Soldadora SWAG	5 dólares	0	0
		Costo maquinaria	12

Entonces nuestro coste maquinaria seria 12 dólares

El costo total de la proforma será la suma de los 3 valores que para el caso serían 26,95 dólares, pero ha esto hay que añadirle mínimo un recargo de 25% de utilidad por el trabajo. Siendo el precio de proforma 33,68 dólares.

3.2 Márgenes de utilidad y punto de equilibrio

En adición a esto también se debe realizar un estudio más amplio si nuestro negocio solo se dedicara a la suelda deberemos tener en cuenta cual será nuestra ganancia operativa y cuanto deberemos soldar para obtener ganancias. A esto llamaremos punto de equilibrio a la cantidad mínima de sueldas necesarias para cubrir los costos fijos y variables.

- Costo Variable: Este dependerá directamente de la cantidad producida en suelda cordones, estos también pueden ser costo de energía eléctrica usada directamente a la producción.
- Costo Fijo: Estos costos no varían con el nivel de producción pueden ser alquiler, salarios de empleados y servicios básicos.

Entonces para ejemplificar de mejor manera usaremos el ejercicio anterior el cual en costos variable para 1000 mm de suelda sus costos variables de 16.95 dólares, y considerando un negocio con los siguientes costos fijos:

- Alquiler: 500 dólares.
- Empleados (2 empleados): 1300 dólares.
- Agua: 15 dólares.
- Internet: 25 dólares.
- Publicidad: 100 dólares.

Por lo tanto, tenemos unos costos fijos de 1940 dólares y un costo variable por cada metro de suelda de 16.95 dólares. Para obtener nuestro punto de equilibrio tendremos que saber qué precio tiene cada metro de suelda comercial 33.68 dólares. Entonces tendremos dos

curvas de interpolar $d=33.68x$ y $d= 1940+16.95x$, siendo x los metros de suelda manufacturados. El cruce entre los dos será.

$$33.68x = 1940 + 16.95x$$

$$33.68x - 16.95x = 1940$$

$$16.73x = 1940$$

$$x = 115.959 \text{ cordones de suelda}$$

Es decir que a partir de los 116 cordones de suelda se podrá tener ganancia real, por debajo de ese punto tendremos perdida. De manera gráfica se muestra como:

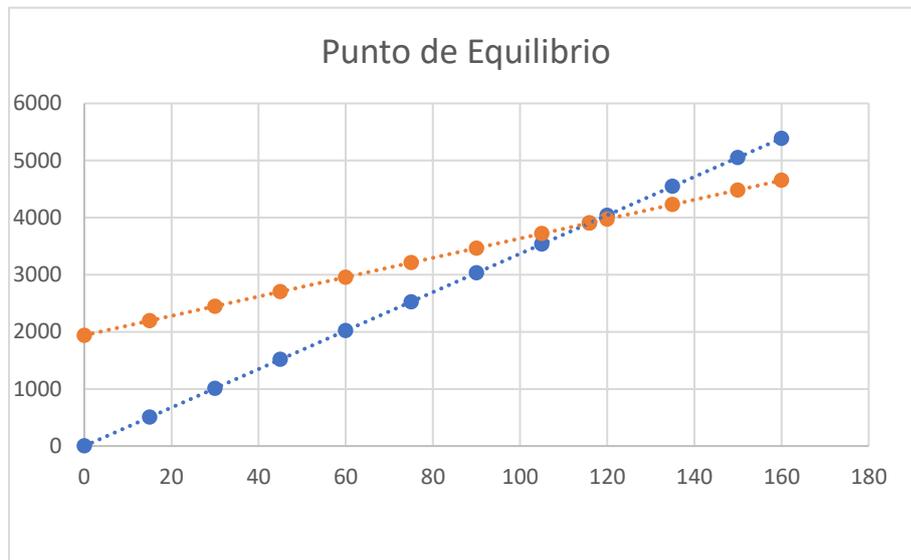


Figura 37 Punto de equilibrio soldadura. Fuente: [Autores].

Recordemos que el método es similar para todos los trabajos de suelda, pero dependerán de coste de personal propio y el coste variable por cada metro de suelda que depende directamente del proceso realizado.

7. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha realizado una síntesis de las teorías de mayor importancia de la soldadura en estructuras metálicas, lo que permitió poseer la suficiente experticia para plantear los temas que conformarán la guía de capacitación, además de usar esta información para facilitar la formación de gestores de soldadura, para estructurar una guía de capacitación en la cual engloba todos los aspectos referentes, desde la preparación hasta el control de calidad de la soldadura en estructuras metálicas.

Se logró una guía técnica que permite la capacitación de gestores en la soldadura, que integra un contexto básico de soldadura, desde como diseñar las juntas de soldadura, como evaluar la soldadura y como generar un negocio sustentable, aplicando aspectos básicos que los gestores deben conocer, lo que permitirá que cada vez más personas puedan gestionar los procesos de soldadura de manera correcta y optimizar los recursos.

Mediante la realización de un trabajo puntual de gestión de soldadura se comprobó que la guía es aplicable, las teorías recogidas en la presente guía como el régimen práctico a utilizar, permitió la aplicación de la guía en un trabajo puntual de una junta soldada de una edificación con la cual se comprobó la calidad de la misma mediante la aplicación de ensayos no destructivos como: inspección visual, tintas penetrantes y por último ultrasonido, lo que permitió comprobar que los criterios de aceptación expuestos en la guía son totalmente aplicables a en casos reales y relativamente fáciles de manejar.

Se realizó encuestas a grupos objetivos distintos, entre ellos se contó con: estudiantes de colegios técnicos que poseen en su plan de estudios temas de soldadura, personal docente que enseñan la tecnología de soldadura y, soldadores experimentados, con el objetivo de tener un modelo de negocio que permita conocer las necesidades del mercado de la construcción de estructura metálica centrado en la soldadura, lo que permitió determinar los requerimientos, condiciones y características para la realización de la guía de capacitación en gestión de soldadura.

Los requerimientos del mercado varían de acuerdo a las necesidades existentes en el momento, entre ellos los costos relacionados a la importación de los equipos o el conocimiento del personal relacionado a la ejecución de los proyectos, lo cual permitió manejar costos relacionados a las obras que están por construir y conocer los costos relacionados a las mismas.

Se efectuaron todos los procesos y técnicas correspondientes necesarios para la realización de una correcta soldadura en una estructura real, desde el diseño de la soldadura, preparación de la junta de soldadura, selección del proceso de soldadura, calificación de la soldadura y la respectiva inspección mediante los END, inspección visual, ensayo tintas penetrantes y ensayo por ultrasonido, respetando los lineamientos de aceptación que las normativas refieren, validando la guía de capacitación en gestión de soldadura.

8. RECOMENDACIONES

- Es indispensable conocer las normativas existentes en las localidades que se desea construir una estructura metálica, para conocer los requerimientos de los municipios y las exigencias que en ellos se aplica.
- Los gestores de soldadura deben tener conocimientos previos de ingeniería o poseer un título habilitante que permita avalar las técnicas y procedimientos utilizados en los procesos que se lleven en la construcción metálica o en el diseño de una junta de soldadura.
- Se deben usar manuales de soldadura donde se explique claramente las técnicas y procedimientos adecuados para la preparación de los materiales y la posterior inspección de la calidad de la soldadura.
- Se recomienda gestionar la soldadura durante todo el proceso desde el requerimiento de materiales hasta la culminación de los procesos con su respectiva aceptación de los procedimientos y la realización de los END.

9. TRABAJOS FUTUROS

- Propuesta de guía técnica de formación de soldadores capacitados de acuerdo a la AWS (American Welding Society).
- Propuesta de guía técnica de diseño de juntas en estructuras metálicas acorde a la AWS (American Welding Society).
- Propuesta de gestión de soldadura aplicada a una edificación en la ciudad de Cuenca, Ecuador.

10. REFERENCIAS

- [1] Á. T. Molina, “Incidencia y eficiencia del uso de conexiones no precalificadas, ni ensayadas experimentalmente, en el desempeño de estructuras metálicas en el Ecuador; tipos y,” 2022, Accessed: Apr. 09, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36278>
- [2] D. P. Cevallos and D. P. Cevallos, “Diseño sismo resistente de una estructura metálica para una vivienda de dos plantas con un área de construcción de 125 m² ubicada en la provincia de Pichincha,” 2022, Accessed: Apr. 09, 2023. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23434>
- [3] D. C. Vega, “Desarrollo de procedimientos de soldadura, calificación de soldadores y control de calidad de estructuras soldadas de acuerdo con AWS D1. 1.,” 2014, Accessed: Apr. 09, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3520>
- [4] H. A. Nuñez, “Gestión de calidad aplicada a los procesos de soldadura para flota de camiones caterpillar en Minera Yanacocha–Proyecto Soldadura,” 2015, Accessed: Aug. 21, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2713>
- [5] Q. -Ecuador, “Instituto ecuatoriano de Normalización,” 2002, Accessed: Aug. 21, 2022. [Online]. Available: <http://181.112.149.204/buzon/reglamentos/RTE-037.pdf>
- [6] E. E. Niebles and W. G. Arnedo, “Procedimientos de Soldadura y Calificación de Soldadores: una Propuesta de Enseñanza y Guía de Aplicación para la Industria,” *Información tecnológica*, vol. 20, no. 3, pp. 19–30, 2009, doi: 10.4067/S0718-07642009000300004.
- [7] S. Smaw et al., “Guía para la enseñanza de los procesos de soldadura SMAW, GMAW y GTAW en aceros al carbono y aceros aleados,” 2010, Accessed: Aug. 22, 2022. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1810>
- [8] A. A. Iglesias, “Concepción didáctico-metodológica para el proceso de enseñanza práctica de la Soldadura, en la entidad productiva,” 2012, Accessed: Aug. 22, 2022. [Online]. Available: <http://rc.upr.edu.cu/handle/DICT/2614>
- [9] F. De, C. Jurídicas, S. Y. De, and L. A. Educación, “Técnicas de soldadura en estructuras metálicas y su incidencia en la enseñanza-aprendizaje en la asignatura de mecánica general de los estudiantes del,” 2017, Accessed: Aug. 22, 2022. [Online]. Available: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/4447>
- [10] P. de Investigación Previo, A. la Obtención, and D. T. De, “UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS, SOCIALES Y DE LA EDUCACIÓN CARRERA ARTESANIA”.
- [11] U. de Postgrado and I. R. Manuel Crespo, “Estudio de mercado de las soldaduras especiales y propuesta de estrategias comerciales para la empresa sager SA de la ciudad

- de Guayaquil,” 2015, Accessed: Aug. 22, 2022. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9225>
- [12] D. de Investigación and Y. Posgrados, “Análisis de competencias adquiridas en el módulo de soldadura en estudiantes de tercero de bachillerato especialidad mecanizado y construcciones metálicas de la,” 2016, Accessed: Aug. 22, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.pucese.edu.ec/handle/123456789/818>
- [13] M. Cercado, M. P.-D. de las Ciencias, and undefined 2018, “Perfil Ecuatoriano de las empresas metalmecánicas,” *dialnet.unirioja.es*, vol. 4, pp. 585–602, 2018, doi: 10.23857/dom.cien.pocaip.2017.4.1.enero.585-602.
- [14] R. M. Soque, “Verificación de las derivas de piso, para edificaciones de tres, seis y nueve pisos, de estructura metálica, para la ciudad de Ambato, Mediante el diseño sismo,” 2014, Accessed: Aug. 22, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8503>
- [15] J. M. Puca, “Estudio del proceso de soldadura SMAW en la fabricación de columnas armadas en estructuras metálicas en la empresa ‘metal mecánica Antonio Tirado’ y su,” 2015, Accessed: Apr. 10, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/15887>
- [16] R. G. Chuquispuma, “Aplicación De La Norma AWS D1. 1 en La Inspección De Soldaduras En Las Uniones De Las Estructuras Metálicas, Del Proyecto De Ampliación De La Refinería De,” 2017, Accessed: Apr. 10, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/464>
- [17] M. C. Rodriguez, “Monografía sobre soldaduras,” 2010, Accessed: Apr. 10, 2023. [Online]. Available: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/13339>
- [18] J. McCORMAC, “Diseño de estructuras de acero,” 2013, Accessed: Apr. 10, 2023. [Online]. Available: https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=wgNLDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=Dise%C3%B1o+de+estructuras+de+acer&ots=YSuy5WTd-q&sig=uF-tu5bLF1KHj4XD7s4S5_G_zT0
- [19] J. V. Zurita, “Estudio de los procesos de soldadura SMAW y GMAW sobre acero ASTM a 36, a-500 y su incidencia en las propiedades mecánicas en las juntas soldadas de la,” 2014, Accessed: Apr. 10, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8305>
- [20] P. Rodriguez, “Manual de soldadura,” 2013, Accessed: Apr. 24, 2023. [Online]. Available: [https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=EyiXDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=manual+del+soldador&ots=ZzQG-rHST1&sig=-bqzauZ9Nqi1Ql5dboEa--7VcAw](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=EyiXDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=P A7&dq=manual+del+soldador&ots=ZzQG-rHST1&sig=-bqzauZ9Nqi1Ql5dboEa--7VcAw)
- [21] A. O. Serrano and J. J. Oregón, “Influencia en las propiedades mecánicas al aplicar soldadura MIG (metal inert gas), en un acero inoxidable,” *tesis.ipn.mx*, Accessed: Apr.

- 24, 2023. [Online]. Available: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/13965/Influencia%20en%20las%20Propiedades%20Mec%C3%A1nicas%20al%20Aplicar%20%20Soldadura%20MIG%20%28Metal%20Inert%20Gas%29%20en%20un%20Acero%20Inoxidable.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [22] G. Labanda, “integral de parámetros de influencia en procedimientos de soldadura robotizada para procesos de soldeo por arco eléctrico con protección de gas, MIG/MAG y TIG,” 2005, Accessed: Apr. 24, 2023. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=2518>
- [23] J. McCORMAC, “Diseño de estructuras de acero,” 2013, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=wgNLDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=Jack+C.+McCormac+dise%C3%B1o&ots=YSuAaWZ8_r&sig=4gIkhogGDxk6bRPF-YtHU6fq6DQ
- [24] R. Budynas, “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley,” 2012, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://biblioteca.uazuay.edu.ec/buscar/item/73814>
- [25] E. Gustin, “Estructuras metálicas,” 1980, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=OA7tqM0PWOkC&oi=fnd&pg=PP19&dq=tipos+de+estructura+metalicas&ots=6hGv3eFhmZ&sig=FoAvfWUkNE X27vdGSOTUevuWkx0>
- [26] P. U. Brotóns, “Construcción de estructuras metálicas,” 2010, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=t8PnCGAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=tipos+de+estructura+metalicas&ots=yreJdxSkPh&sig=zqD-ZrABEWxuM5EJ1xsfyi6xag8>
- [27] Enhanced Reader.”
- [28] A. G. López, “e implantación de un sistema para la gestión de la calidad en los procesos de soldeo de una empresa del sector metalmeccánico según la norma UNE-EN ISO 3834,” 2017, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://riunet.upv.es/handle/10251/89353>
- [29] UNE-EN 1090-2:2019 Ejecución de estructuras de acero y aluminio...” <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0061573> (accessed May 09, 2023).
- [30] G. H.-S. Construction and undefined 2011, “Harmonising the Australian Standard AS4100: Steel Structures,” [pdfs.semanticscholar.org](https://pdfs.semanticscholar.org/6b0f/f786276b0dba82342e58e7d724ab4a0ace35.pdf), Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/6b0f/f786276b0dba82342e58e7d724ab4a0ace35.pdf>

- [31] “ASTM A6/A6M-19 - Standard Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling.” <https://webstore.ansi.org/standards/astm/astma6a6m19> (accessed May 09, 2023).
- [32] R. Hamburger, J. Malley, D. M.-W. journal, and undefined 2007, “New AWS D1. 8 seismic welding supplements outlined,” pascal-francis.inist.fr, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=18506862>
- [33] “AWS Bookstore. B2.1-1-001:2020 Standard Welding Procedure Specification (SWPS) for Shielded Metal Arc Welding of Carbon Steel (M-1/P-1, Group 1 or 2), 3/16 inch [5 mm] through 3/4 inch [19 mm] Thick, E7016 and E7018, in the As-Welded Condition, Primarily Plate and Structural Applications.” <https://pubs.aws.org/p/2025/b21-1-0012020-standard-welding-procedure-specification-swps-for-shielded-metal-arc-welding-of-carbon-steel-m-1-p-1-group-1-or-2-316-inch-5-mm-through-34-inch-19-mm-thick-e7016-and-e7018-in-the-as-welded-condition-primarily-plate-and-structural-applications> (accessed May 09, 2023).
- [34] Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS – Ministerio de Transporte y Obras Públicas.” <https://www.obraspublicas.gob.ec/norma-ecuatoriana-de-la-construccion-nec-se-ds/> (accessed May 09, 2023).
- [35] John Wiley & Sons, “Welding engineering,” *Welding Engineering*, p. 229, 2016.
- [36] K. Weman, “Welding processes handbook,” 2011, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=oaNgAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=P1&dq=Welding+Inspection+Handbook&ots=xbWI3QkG1W&sig=Zpq_8RjYebci-yu3-PbvVWVqW4k
- [37] S. C.-A. W. Society 2010 and undefined 2010, “AWS D1. 1/D1. 1M,” global.ihs.com, 2018, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: https://global.ihs.com/images/ENGL/AWS_D1_12020_Summary_of_Changes.pdf
- [38] C. Alejandro and P. García, “Especificaciones de procedimientos e inspección de soldadura en la fabricación de virolas para pilotes de un puente aplicando el código aastho/aws d1. 5,” 2010, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/14479>
- [39] C. Holguín, C. Osmundo, and H. Rodríguez Pérez, “Consideraciones teórico-prácticas acerca de la soldadura de los aceros al carbono,” ciencias.holguin.cu, 2006, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <http://www.ciencias.holguin.cu/index.php/cienciasholguin/article/view/353>
- [40] G. A. Páez, “Elaboración y calificación de un procedimiento de soldadura preliminar y calificación de soldador para el soldeo de aletas de acero ASTM A36 a ejes de acero AISI,” 2021, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/18615>

- [41] A. Fernández, A. B. T. ECBTI, and undefined 2021, “Uso Y Apropiación De Códigos Y Normas De Soldadura Aws: Propuesta De Formación Técnica Para Su Aplicación En La Industria Metalmeccanica,” *hemeroteca.unad.edu.co*, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/wpecbti/article/view/4682>
- [42] E. Guzmán Y Valle, A. Mater, D. Magisterio, N. Facultad, and D. E. Tecnología, “Ensayos destructivos,” 2019, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.une.edu.pe/handle/20.500.14039/7472>
- [43] A. M.-S. et technica and undefined 2004, “PARAMETROS PARA LA ELABORACION DE ESTANDARES DE SOLDADURA.,” *dialnet.unirioja.es*, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4844918>
- [44] J. Carrasco, I. Berdugo, R. O.-V. electrónica, and undefined 2013, “Optimización del diseño y fabricación de herramienta con pin cónico roscado para soldadura por fricción-agitación,” *dialnet.unirioja.es*, vol. 7, no. 2, pp. 135–144, 2013, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4886439.pdf>
- [45] C. C. Villegas, “La radiografía como método de control de soldaduras.,” 2013, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/1715>
- [46] D. C. Montalvo, “Diseño de procedimientos radiográfico y tintas penetrantes para control de calidad de las soldaduras en las construcciones de estaciones de bombeo de petróleo,” 2015, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9092>
- [47] “Nondestructive Testing Handbook: Liquid Penetrant... - Google Académico.” [https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Nondestructive+Testing+Handbook%3A+Liquid+Penetrant+Testing%2FTechnical+Editor&btnG=\(accessed+May+09,+2023\).](https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Nondestructive+Testing+Handbook%3A+Liquid+Penetrant+Testing%2FTechnical+Editor&btnG=(accessed+May+09,+2023).)
- [48] F. Fernández, “Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado.,” 2005, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=OzwXOAKv_QAC&oi=fnd&pg=PP11&dq=Teor%C3%ADa+y+pr%C3%A1ctica+del+mantenimiento+industrial+avanzado&ots=8Yt5MyN8jm&sig=p4v3OVn7Zq5j4nAfg0D2u0BFEOQ
- [49] R. López, C. Trujillo, H. P.-S. et technica, and undefined 2011, “Aplicación y selección de ensayos no destructivos para la evaluación de uniones soldadas,” *moodle2.utp.edu.co*, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://moodle2.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/1283>
- [50] P. Rodriguez, “Manual de soldadura,” 2013, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=EyiXDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=manual+del+soldador&ots=ZzQH2rHSO7&sig=7svNyyhJzJy3QvGgAnrm06umPM8>

ANEXOS

ANEXO 1

INFORME INSPECCIÓN DE SOLDADURA EN UNIONES CRÍTICAS PROYECTO EDIFICIO LA BODEGA.

1. ANTECEDENTES.

Por solicitud de fiscalización, se procedió a realizar un control de calidad de soldadura como exigen los estándares de construcción, esta inspección se realizó en puntos críticos de la estructura como son las uniones entre placa-columna y soldaduras críticas uniones entre viga y columna, el mismo que se aplicó usando el método de ensayos no destructivos mediante Tintas Penetrantes, unión placa-columna, y ultrasonido, unión viga-columna.

Con esto se busca brindar información real del estado de las soldaduras realizadas en la obra, en base a las especificaciones de diseño y la normativa de construcción que rige en este país.

2. INFORMACIÓN DISPONIBLE.

- Planos estructurales
- Estructura en obra.

3. PROCEDIMIENTO PARA INSPECCIÓN DE SOLDADURA POR TINTAS PENETRANTES.

La inspección por tintas penetrantes conlleva de manera general los siguientes pasos:

1. Limpieza y preparación del área de prueba:

Se deberá limpiar perfectamente la superficie para que esté libre de cualquier contaminante como grasa o pintura. También deben eliminarse restos de óxidos.

2. Aplicación del Líquido penetrante:

Luego de la limpieza se procede a cubrir el área de prueba con una película de líquido penetrante. Al obtener esta película se deberá esperar un lapso conocido como “tiempo de penetración”, durante el cual el líquido entrará en las discontinuidades.

Generalmente el tiempo de penetración va desde los 5 a los 30 minutos. Esto depende del material de inspección y la clase de grietas que presente.

3. Eliminación del exceso de líquido penetrante:

En esta fase procederemos a retirar la capa superficial del líquido penetrante. De modo que únicamente quede el almacenado en las discontinuidades.

Este es el paso más importante del proceso, ya que de su correcta realización dependerá el resultado de la inspección. De no eliminar correctamente el líquido penetrante de

donde no hay grietas, en los resultados aparecerán defectos falsos o enmascaramiento de grietas.

4. Aplicación del revelador:

El revelador es un polvo blanco, el cual ayuda a hacer contraste entre la superficie y la indicación de las discontinuidades, además que ayuda a extraer el penetrante de las mismas. Una vez que se aplica, se deberá esperar entre 5 y 15 minutos.

Al aplicar el revelador sobre la pieza, éste hará que notemos sus defectos a simple vista.

5. Inspección final:

El tiempo que lleva en actuar el revelador dependerá del tipo de material inspeccionado, las discontinuidades, y el revelador mismo. Una vez transcurrido este tiempo interpretaremos las indicaciones.

4. EQUIPO DE INSPECCIÓN UTILIZADO PARA MÉTODO DE TINTAS PENETRANTES.

Para la inspección por tintas penetrantes se utilizaron los siguientes equipos:

- **Amoladora con grata circular.**

Este equipo se utilizó para facilitar la limpieza del área de prueba, debido a que el área de prueba se encontraba con una capa de pintura se procedió a retirar esta capa con ayuda de una amoladora, facilitando el proceso.



Amoladora con grata circular.

- **Kit de Tintas penetrantes.**

Elemento fundamental para realizar la inspección, el kit cuenta con 3 spray, limpiador, penetrante y revelador.



Kit tintas penetrantes.

- **Paños absorbentes.**

Estos paños nos ayudaran a limpiar la superficie de prueba y también para poder retirar el exceso de penetrante como se especifica en los pasos.



Paños absorbentes.

5. PARÁMETROS DE INSPECCIÓN POR TINTAS PENETRANTES.

- Condición de la superficie: Grateado y limpiado.
- Limpieza general/Designación limpiador: ABI-C101-A
- Tipo penetrante/Designación: ABI-P101S-A
- Tiempo de penetración: 20 minutos.
- Limpieza intermedia: Trapo + Limpiador.
- Designación Revelador: ABI-D101-A
- Tiempo de revelado: 10 minutos.
- Tipo de luz: Luz blanca.

6. RESULTADOS INSPECCIÓN POR TINTAS PENETRANTES.

# de inspeccion	Ubicación plano.	Elemento	Aceptar.	Rechazar.	Estado final.
1	14-E	PLACA DE ANCLAJE-COLUMNNA	11-10-2023		OK
2	17-C'	PLACA DE ANCLAJE-COLUMNNA			OK
3	14-D	PLACA DE ANCLAJE-COLUMNNA			OK
4	13-E	PLACA DE ANCLAJE-COLUMNNA			OK
5	12-E	PLACA DE ANCLAJE-COLUMNNA			OK
6	11-D	PLACA DE ANCLAJE-COLUMNNA			OK
7	10-E	PLACA DE ANCLAJE-COLUMNNA			OK
8	8-D	PLACA DE ANCLAJE-COLUMNNA			OK
9	8-E	PLACA DE ANCLAJE-COLUMNNA			OK
10	6-B	PLACA DE ANCLAJE-COLUMNNA			OK
11	6-E	PLACA DE ANCLAJE-COLUMNNA			OK
12	6-G	PLACA DE ANCLAJE-COLUMNNA			OK
13	5-G(ASCENSOR)	PLACA DE ANCLAJE-COLUMNNA			OK
14	5'-G(ASCENSOR)	PLACA DE ANCLAJE-COLUMNNA			OK
15	3-F	PLACA DE ANCLAJE-COLUMNNA			OK

Se puede encontrar cada ficha en el anexo 2.

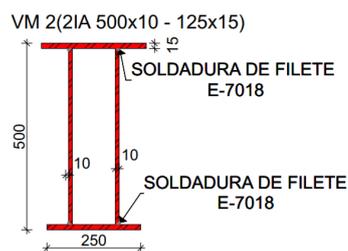
7. INSPECCION VISUAL.

La inspección visual se lo realizo en los 2 niveles principales, en donde el nivel inferior ya está terminado según planos, y el segundo nivel, en ese momento, tenía un avance de un 80% del total.

La inspección visual se la realizo en base a los planos estructurales.

7.1. INSPECCION VISUAL NIVEL INFERIOR.

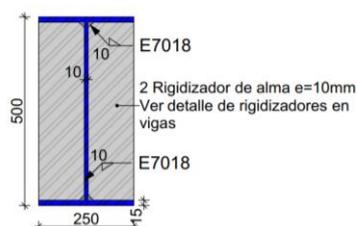
- La viga VM2 en los planos estructurales se identifica como en la figura 4, esta viga en construcción no se encuentra como lo especificado en los planos, esta viga esta modificada por una viga tipo caja de dimensiones similares en toda la construcción.



Viga VM2

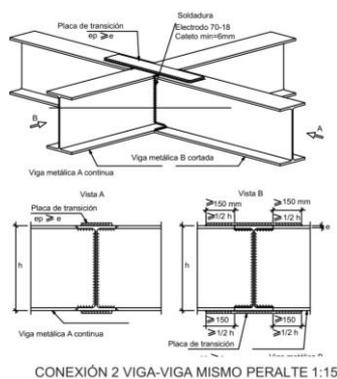
- La viga VM1, viga principal en planos estructurales se identifica con rigidizador en toda su extensión figura 5, esta viga en toda la construcción no se encuentra con rigidizadores en las vigas principales.

VM 1(IA 500x10 - 250x15)



Viga VM1

- En la posición 5D y 13E según plano estructural, existe una conexión denominada como “conexión 2”, figura 6, en esta conexión existe una placa de transición en la parte superior e inferior de la viga, en construcción la placa de transición superior no existe.



Conexión 2.

- En todas las conexiones entre viga-columna existe un platón, estos platonos según planos estructurales deben de estar soldados en su totalidad, en construcción los platonos están soldados en su totalidad en la parte inferior, en la parte interna entre los platonos existe pequeños cordones de soldadura y en otros casos solo puntos de suelda.

7.2. INSPECCION VISUAL NIVEL 2.

- En la posición 2B, 3B, 5D', 18G', 18F' y 4B, según plano estructural, existe una conexión con platonos, en la construcción, hasta el momento, no existe los platonos inferiores.

- Los platonos de este nivel también se encuentran soldados de la misma manera que los platonos del nivel inferior.

INFORME ENSAYOS NO DESTRUCTIVO

ANTECEDENTES:

Por solicitud de parte de Fiscalización, se procedió a efectuar el control de calidad de soldadura como exigen los estándares de construcción, el mismo que se lo realizó aplicando ensayos no destructivos mediante Ultrasonido, en las Juntas a Momento, Columna – Viga; correspondientes al proceso de Montaje de la Estructura.

El objetivo que se busca es brindar una información técnica real del estado de las soldaduras realizadas en obra, en base a las especificaciones de diseño y las normas de construcción que rigen en este país para este tipo de Edificaciones.

Fecha de Inspección: 11 de Octubre de 2023.

Tipo de Inspección: Conexión Viga – Columna: CJP (alma) Mediante UT

ESPECIFICACIONES Y CONDICIONES GENERALES DE INSPECCIÓN:

ITEM	CANTIDAD	ENSAYO	CODIGO	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	10%	UT	AWS D1.1	Cargas Estáticas	Inspección por UT en Junta CJP sometidos a Esfuerzos Cortantes en Unión Viga - Columna

PARÁMETROS DE DISEÑO ESTRUCTURAL:

Material: Acero ASTM A572 Gr50

Elementos: Vigas Tipo I (espesores 10mm y 15 mm)

Proceso: SMAW - FCAW

Consumible: E71T1; d=1.20mm; CO2 100%

ESPECIFICACIONES DE EQUIPO ULTRASONIDO:

Equipo: ELCOMETER NDT

Modelo: FD700DL+

Palpador: ADM 2.5 – 3/8"

Frecuencia: 2.25 MHz

Dimensiones: 20 x 22 mm

Angulo: 70°

PARÁMETROS DE ULTRASONIDO:

<i>Tipo de Inspección:</i>	PULSO - ECO
<i>Condición Superficial:</i>	Lisa sin pintura
<i>Acoplante:</i>	Gel
<i>Técnica de calibración:</i>	Distancia - Sensibilidad
<i>Bloque de Calibración:</i>	IIW-TIPO1-SN 12-3879
<i>Código aplicable:</i>	AWS D1.1

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO:

Table 8.2
UT Acceptance-Rejection Criteria (Statically Loaded Nontubular Connections and Cyclically Loaded Nontubular Connections in Compression) (see 8.13.1, 8.13.2(2), and C-8.25.6)

Discontinuity Severity Class	Weld Size ^a in inches [mm] and Search Unit Angle												
	5/16 through 3/4 [8-20]		> 3/4 through 1-1/2 [20-38]		> 1-1/2 through 2-1/2 [38-65]			> 2-1/2 through 4 [65-100]			> 4 through 8 [100-200]		
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°		
Class A	+5 & lower	+2 & lower	-2 & lower	+1 & lower	+3 & lower	-5 & lower	-2 & lower	0 & lower	-7 & lower	-4 & lower	-1 & lower		
Class B	+6	+3	-1	+2	+4	-4	-1	+1	-6	-3	0		
Class C	+7	+4	+1	+4	+6	-2 to +2	+1	+3	-4 to +2	-1 to +2	+2		
Class D	+8 & up	+5 & up	+3 & up	+6 & up	+8 & up	+3 & up	+3 & up	+5 & up	+3 & up	+3 & up	+4 & up		

^a Weld size in butt joints shall be the nominal thickness of the thinner of the two parts being joined.

Notes:

- Class B and C discontinuities shall be separated by at least 2L, L being the length of the longer discontinuity, except that when two or more such discontinuities are not separated by at least 2L, but the combined length of discontinuities and their separation distance is equal to or less than the maximum allowable length under the provisions of Class B or C, the discontinuity shall be considered a single acceptable discontinuity.
- Class B and C discontinuities shall not begin at a distance less than 2L from weld ends carrying primary tensile stress, L being the discontinuity length.
- Discontinuities detected at "scanning level" in the root face area of CJP double groove weld joints shall be evaluated using an indication rating 4 dB more sensitive than described in 8.25.6.5 when such welds are designated as "tension welds" on the drawing (subtract 4 dB from the indication rating "d"). This shall not apply if the weld joint is backgouged to sound metal to remove the root face and MT used to verify that the root face has been removed.
- ESW or EGW: Discontinuities detected at "scanning level" that exceed 2 in [50 mm] in length shall be suspected as being piping porosity and shall be further evaluated with radiography.
- For indications that remain on the display as the search unit is moved, refer to 8.13.1.

Class A (large discontinuities)
Any indication in this category shall be rejected (regardless of length).

Class B (medium discontinuities)
Any indication in this category having a length greater than 3/4 in [20 mm] shall be rejected.

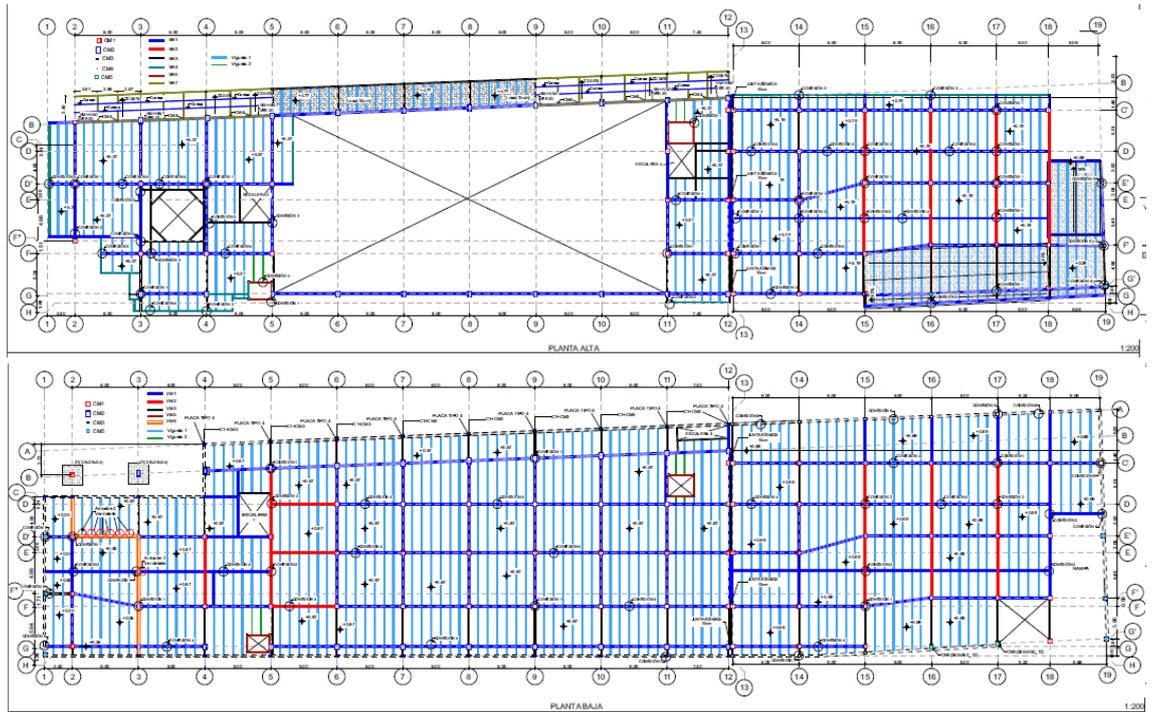
Class C (small discontinuities)
Any indication in this category having a length greater than 2 in [50 mm] shall be rejected.

Class D (minor discontinuities)
Any indication in this category shall be accepted regardless of length or location in the weld.

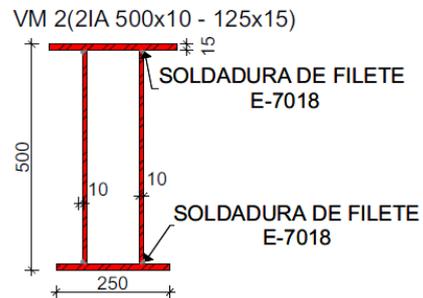
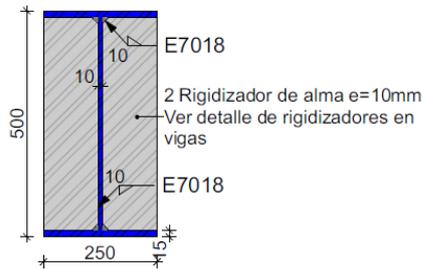
Scanning Levels	
Sound path ^b in inches [mm]	Above Zero Reference, dB
through 2-1/2 [65 mm]	14
> 2-1/2 through 5 [65-125 mm]	19
> 5 through 10 [125-250 mm]	29
> 10 through 15 [250-380 mm]	39

^b This column refers to sound path distance; NOT material thickness.

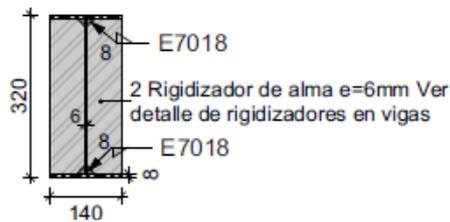
PLANO ESTRUCTURAL GENERAL PARA INSPECCIÓN:



SECCIONES DE VIGAS TIPO I:



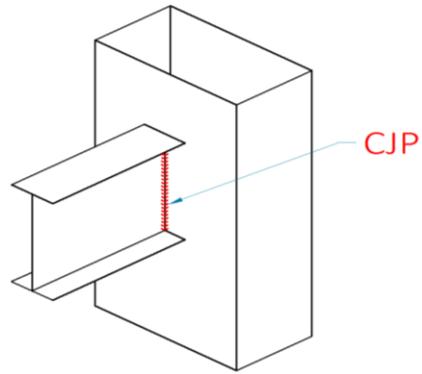
VM 3(IA 320x6 - 140x8)



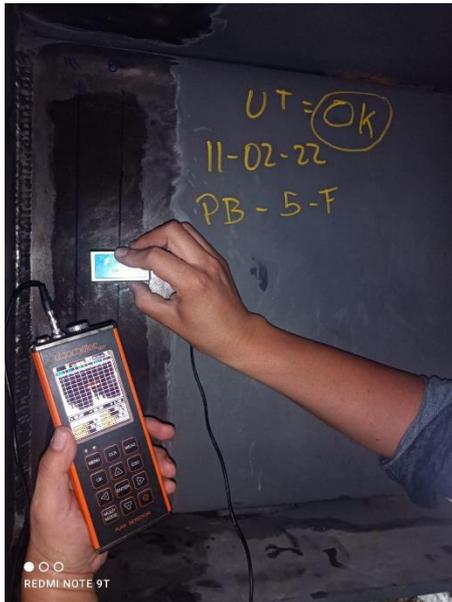
REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURA

<i>INSPECCION UT CJP VIGA - COLUMNA</i>							
NIVEL PISO	EJES	ELEMENTO	RECHAZAR	ACEPTAR	DEFECTO	REINSPECCION	ESTADO FINAL
Planta Alta	3-F	Viga VM1		11-10-2023			OK

Planta Alta	4-D	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Alta	3-D'	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Alta	4-G	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Alta	7-G	Viga VM3		11-10-2023			OK
Planta Alta	14-E	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Alta	7-B	Viga VM3		11-10-2023			OK
Planta Alta	10-E	Viga VM3		11-10-2023			OK
Planta Alta	11-B	Viga VM3		11-10-2023			OK
Planta Alta	14-C'	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Alta	17-E'	Viga VM2	11-10-2023		Escoria	15-10-2023	OK
Planta Alta	16-E'	Viga VM2		11-10-2023			OK
Planta Alta	14-G	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Baja	5-G	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Baja	5-B	Viga VM2		11-10-2023			OK
Planta Baja	5-F	Viga VM2		11-10-2023			OK
Planta Baja	10-E	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Baja	7-D	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Baja	8-F	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Baja	12-E	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Baja	13-E	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Baja	15-F	Viga VM1		11-10-2023			OK
Planta Baja	17-C'	Viga VM1	11-10-2023		Escoria	15-10-2023	OK



FOTOGRAFIAS DE INSPECCIÓN. ANEXO 1



OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES:

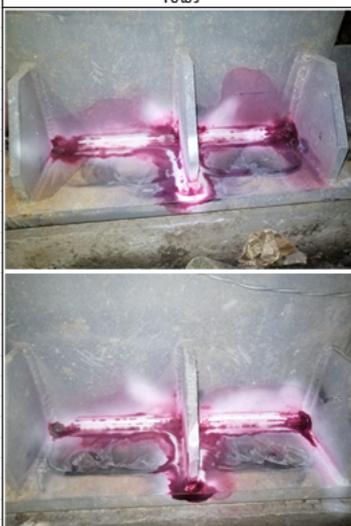
La inspección realizada se hizo de acuerdo con los puntos seleccionados por el Equipo de Fiscalización y los mismos que se basaron en las recomendaciones del Código AWS D1.1.

La Inspección mediante ensayos NO destructivos por Ultrasonido a las Juntas Soldadas en Obra se puede mencionar que se presentaron discontinuidades internas a profundidades de no más de 6mm, en solo dos puntos de la inspección, y los mismos que ya se repararon en su momento.

Por lo tanto, se concluye que el estado de la soldadura cumple con los criterios de aceptación basados en la norma de Evaluación AWS D1.1.

Estos resultados se relacionan únicamente con los elementos sometidos a ensayo.

ANEXO 2 FICHAS TINTAS PENETRANTES.

Numero de Inspeccion:	TP1
Posicion en el plano:	14-E
Metodo de Prueba.	
Condicion de la superficie:	Grateada y limpiada
Temperatura de la superficie:	17,9°C
Limpieza inicial/Designacion limpiador:	ABI-C101-A
Tipo Penetrante/Designacion:	ABI-P101S-A
Tiempo de penetracion:	20 minutos
Limpieza Intermedia:	Trapo + Limpiador.
Designacion del revelador:	ABI-D101-A
Tiempo de Revelado:	10 minutos
Tipo de luz:	Luz blanca
Resultado de la Inspeccion:	OK
Descripcion de las partes inspeccionadas:	Prueba realizada en los 4 lados de la union placa de anclaje-columna, incluyendo los refuerzos intermedios de cada lado.
Observaciones.	
Los cordones presentan ola de soldadura, soldadura sobremontada y porosidad minima, en pequeños tramos de los cordones de soldadura presentan discontinuidad del cordon.	
Fotos	
	
Inspector	
Nombre:	
Fecha:	
Reviso	
Nombre:	
Fecha:	
Cliente	
Nombre:	
Fecha:	
Firma	

Numero de Inspeccion:	TP2
Posicion en el plano:	17-C'

Metodo de Prueba.

Condicion de la superficie:	Grateada y limpiada
Temperatura de la superficie:	17,7°C
Limpieza inicial/Designacion limpiador:	ABI-C101-A
Tipo Penetrante/Desigacion:	ABI-P101S-A
Tiempo de penetracion:	20 minutos
Limpieza Intermedia:	Trapo + Limpiador.
Desigacion del revelador:	ABI-D101-A
Tiempo de Revelado:	10 minutos
Tipo de luz:	Luz blanca
Resultado de la Inspeccion:	OK
Descripcion de las partes inspeccionadas:	Prueba realizada en los 4 lados de la union placa de anclaje-columna, incluyendo los refuerzos intermedios presentes en los lados terminados.



Observaciones.

Los cordones en sus cuatro lados presentan ola de soldadura, minima porosidad presente en 3 lados, se observa un minimo punto de rehecho de material que no presenta alarma en el cordon de soldadura.
--

Numero de Inspeccion:	TP3
Posicion en el plano:	14-D

Metodo de Prueba.

Condicion de la superficie:	Grateada y limpiada
Temperatura de la superficie:	17,3°C
Limpieza inicial/Designacion limpiador:	ABI-C101-A
Tipo Penetrante/Desigacion:	ABI-P101S-A
Tiempo de penetracion:	20 minutos
Limpieza Intermedia:	Trapo + Limpiador.
Desigacion del revelador:	ABI-D101-A
Tiempo de Revelado:	10 minutos
Tipo de luz:	Luz blanca
Resultado de la Inspeccion:	OK
Descripcion de las partes inspeccionadas:	Prueba realizada en los 4 lados de la union placa de anclaje-columna.



Observaciones.

Los cordones de soldadura presentan ola de soldadura minima, y presencia de minima porosidad en medio de los cordones de soldadura.

Numero de Inspeccion:	TP4
Posicion en el plano:	13-E
Metodo de Prueba.	
Condicion de la superficie:	Grateada y limpiada
Temperatura de la superficie:	17,3°C
Limpieza inicial/Designacion limpiador:	ABI-C101-A
Tipo Penetrante/Designacion:	ABI-P101S-A
Tiempo de penetracion:	20 minutos
Limpieza Intermedia:	Trapo + Limpiador.
Designacion del revelador:	ABI-D101-A
Tiempo de Revelado:	10 minutos
Tipo de luz:	Luz blanca
Resultado de la Inspeccion:	OK
Descripcion de las partes inspeccionadas:	Prueba realizada en 3 lados de la union placa de anclaje-columna, esto debido a que en uno de sus lados no existe el espacio suficiente para realizar la prueba.
Observaciones.	
Los cordones de soldadura presentan ola de soldadura minima, presencia minima de porosidad en sus 3 lados y soldadura montada.	



Numero de Inspeccion:	TP5	
Posicion en el plano:	12-E	
Metodo de Prueba.		
Condicion de la superficie:	Grateada y limpiada	
Temperatura de la superficie:	17,4°C	
Limpieza inicial/Designacion limpiador:	ABI-C101-A	
Tipo Penetrante/Designacion:	ABI-P101S-A	
Tiempo de penetracion:	20 minutos	
Limpieza Intermedia:	Trapo + Limpiador.	
Designacion del revelador:	ABI-D101-A	
Tiempo de Revelado:	10 minutos	
Tipo de luz:	Luz blanca	
Resultado de la Inspeccion:	OK	
Descripcion de las partes inspeccionadas:	Inspeccion de la junta en 3 de los lados, incluyendo los refuerzos intermedios.	
Observaciones.		
Presencia de ola de soldadura en 3 lados de la junta, existencia de minima porosidad y presencia de soldadura montada.		
Inspector	Reviso	Cliente
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:	Fecha:
Firma	Firma	Firma



Numero de Inspeccion:	TP6
Posicion en el plano:	11-D

Metodo de Prueba.

Condicion de la superficie:	Grateada y limpiada
Temperatura de la superficie:	18,9°C
Limpieza inicial/Designacion limpiador:	ABI-C101-A
Tipo Penetrante/Designacion:	ABI-P1015-A
Tiempo de penetracion:	20 minutos
Limpieza Intermedia:	Trapo + Limpiador.
Desigancion del revelador:	ABI-D101-A
Tiempo de Revelado:	10 minutos
Tipo de luz:	Luz blanca
Resultado de la Inspeccion:	OK
Descripcion de las partes inspeccionadas:	Inspeccion de la junta en 3
de sus lados soldados incluyendo refuerzos intermedios.	



Observaciones.

Se observa presencia de ola de soldadura en 3 lados de la junta entre placa-columna, existencia de soldadura montada y porosidad entre los cordones de soldadura.

Numero de Inspeccion:	TP7
Posicion en el plano:	10-E

Metodo de Prueba.

Condicion de la superficie:	Grateada y limpiada
Temperatura de la superficie:	18,3°C
Limpieza inicial/Designacion limpiador:	ABI-C101-A
Tipo Penetrante/Designacion:	ABI-P1015-A
Tiempo de penetracion:	20 minutos
Limpieza Intermedia:	Trapo + Limpiador.
Desigancion del revelador:	ABI-D101-A
Tiempo de Revelado:	10 minutos
Tipo de luz:	Luz blanca
Resultado de la Inspeccion:	OK
Descripcion de las partes inspeccionadas:	Inspeccion de la junta en 3
de sus lados soldados incluyendo refuerzos intermedios.	



Observaciones.

Se observa presencia de ola de soldadura en 3 lados de la junta entre placa-columna, existencia de soldadura montada y porosidad entre los cordones de soldadura.

Inspector		Reviso		Cliente	
Nombre:		Nombre:		Nombre:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	
Firma		Firma		Firma	

Numero de Inspeccion:	TP8
Posicion en el plano:	8-D

Metodo de Prueba.

Condicion de la superficie:	Grateada y limpiada
Temperatura de la superficie:	18,8°C
Limpieza inicial/Designacion limpiador:	ABI-C101-A
Tipo Penetrante/Desigancion:	ABI-P1015-A
Tiempo de penetracion:	20 minutos
Limpieza Intermedia:	Trapo + Limpiador.
Desigancion del revelador:	ABI-D101-A
Tiempo de Revelado:	10 minutos
Tipo de luz:	Luz blanca
Resultado de la Inspeccion:	OK
Descripcion de las partes inspeccionadas:	Inspeccion realizada en los 4
lados de la junta entre placa de anclaje y columna.	

Fotos



Observaciones.

Presencia de la ola de soldaduar en los 4 lados de la junta incluyendo los refuerzos intermedios, porosidad visible entre cordones de soldaduras, presencia de soldadura discontinua en pequeños tramos, soldadura ok existen puntos en donde se da un falso resultado por presencia de contaminates tales como pintura.

Numero de Inspeccion:	TP10
Posicion en el plano:	6-B

Metodo de Prueba.

Condicion de la superficie:	Grateada y limpiada
Temperatura de la superficie:	19°C
Limpieza inicial/Designacion limpiador:	ABI-C101-A
Tipo Penetrante/Desigancion:	ABI-P1015-A
Tiempo de penetracion:	20 minutos
Limpieza Intermedia:	Trapo + Limpiador.
Desigancion del revelador:	ABI-D101-A
Tiempo de Revelado:	10 minutos
Tipo de luz:	Luz blanca
Resultado de la Inspeccion:	OK
Descripcion de las partes inspeccionadas:	Prueba realizada en 4 lados de
la junta entre placa de anclaje y columna, incluyendo refuerzos intermedios.	

Fotos



Observaciones.

Presencia de ola de soldadura en sus 4 lados, porosidad entre cordones minima, pequeños rastros de poca penetracion en la placa, pero al ser 3 cordones de soldadura se compensa. Soldadura OK

Inspector		Reviso		Cliente	
Nombre:		Nombre:		Nombre:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	
Firma		Firma		Firma	

Numero de Inspeccion:	TP11
Posicion en el plano:	6-E

Metodo de Prueba.

Condicion de la superficie:	Grateada y limpiada
Temperatura de la superficie:	18,8°C
Limpieza inicial/Designacion limpiador:	ABI-C101-A
Tipo Penetrante/Desigancion:	ABI-P101S-A
Tiempo de penetracion:	20 minutos
Limpieza Intermedia:	Trapo + Limpiador.
Desigancion del revelador:	ABI-D101-A
Tiempo de Revelado:	10 minutos
Tipo de luz:	Luz blanca
Resultado de la Inspeccion:	OK
Descripcion de las partes inspeccionadas:	Prueba realizada en 4 lados de la junta entre placa de anclaje y columna, incluyendo refuerzos intermedios.



Observaciones.

Presenta minima ola de soldadura en sus 3 lados, en el 4 lado se evidencia una ola de soldadura mas visible, porosidad minima en sus 4 lados presencia de soldadura montada, soldadura OK.

Numero de Inspeccion:	TP12
Posicion en el plano:	6-G

Metodo de Prueba.

Condicion de la superficie:	Grateada y limpiada
Temperatura de la superficie:	18,3°C
Limpieza inicial/Designacion limpiador:	ABI-C101-A
Tipo Penetrante/Desigancion:	ABI-P101S-A
Tiempo de penetracion:	20 minutos
Limpieza Intermedia:	Trapo + Limpiador.
Desigancion del revelador:	ABI-D101-A
Tiempo de Revelado:	10 minutos
Tipo de luz:	Luz blanca
Resultado de la Inspeccion:	OK
Descripcion de las partes inspeccionadas:	Prueba realizada en 4 lados de la junta entre placa de anclaje y columna, incluyendo refuerzos intermedios.



Observaciones.

Minima presencia de porosidad, minima presencia de ola de soldadura, uno de sus lados con presencia de agua lo que da como resultado una prueba contaminada, soldadura OK.

Inspector		Reviso		Cliente	
Nombre:		Nombre:		Nombre:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	
Firma		Firma		Firma	

Numero de Inspeccion:	TP13
Posicion en el plano:	5-G(ascensor)

Metodo de Prueba.

Condicion de la superficie:	Grateada y limpiada
Temperatura de la superficie:	19,1°C
Limpieza inicial/Designacion limpiador:	ABI-C101-A
Tipo Penetrante/Designacion:	ABI-P101S-A
Tiempo de penetracion:	20 minutos
Limpieza Intermedia:	Trapo + Limpiador.
Designacion del revelador:	ABI-D101-A
Tiempo de Revelado:	10 minutos
Tipo de luz:	Luz blanca
Resultado de la Inspeccion:	OK
Descripcion de las partes inspeccionadas:	Prueba realizada en 3 lados de la junta entre placa de anclaje y columna, incluyendo refuerzos intermedios.



Observaciones.

Minima presencia de porosidad, se observa minima presencia de ola de soldadura en los 3 lados de la junta, sin presencia de fracturas. Soldadura OK.

Numero de Inspeccion:	TP14
Posicion en el plano:	5'-G(ascensor)

Metodo de Prueba.

Condicion de la superficie:	Grateada y limpiada
Temperatura de la superficie:	19°C
Limpieza inicial/Designacion limpiador:	ABI-C101-A
Tipo Penetrante/Designacion:	ABI-P101S-A
Tiempo de penetracion:	20 minutos
Limpieza Intermedia:	Trapo + Limpiador.
Designacion del revelador:	ABI-D101-A
Tiempo de Revelado:	10 minutos
Tipo de luz:	Luz blanca
Resultado de la Inspeccion:	OK
Descripcion de las partes inspeccionadas:	Prueba realizada en 4 lados de la junta entre placa de anclaje y columna, incluyendo refuerzos intermedios.



Observaciones.

se observa minima presencia de ola soldadura, y minima presencia de porosidad, soldadura continua en su totalidad. Soldadura OK.

Inspector		Reviso		Cliente	
Nombre:		Nombre:		Nombre:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	
Firma		Firma		Firma	

ANEXO 3. NORMATIVA ECUATORIANA DE LA COSTRUCCIÓN (NEC)



1.1.	<i>Simbología</i>	11
2.	<i>Contexto normativo</i>	17
2.1.	<i>Normativas ecuatorianas de la construcción.</i>	17
2.1.1.	<i>Normas ecuatorianas de la construcción</i>	17
2.2.	<i>Normas extranjeras usadas para la norma NEC-SE-AC</i>	17
3.	<i>Alcances y consideraciones generales</i>	18
3.1.	<i>Responsabilidades</i>	19
3.2.	<i>Especificaciones técnicas y planos</i>	20
4.	<i>Bases de cálculo y Estados Límites</i>	22
4.1.	<i>Cargas y combinaciones de carga</i>	22
4.2.	<i>Requerimientos generales de diseño</i>	22
4.3.	<i>Diseño basado en factores de carga y resistencia (DFCR), y en diseño por resistencia admisible (DSA)</i>	23
5.	<i>Materiales</i>	23
5.1.	<i>Especificaciones para los materiales</i>	23
5.2.	<i>Resistencia probable del material</i>	24
5.3.	<i>Tenacidad en secciones pesadas</i>	26
6.	<i>Diseño de miembros</i>	28
6.1.	<i>Alcance</i>	28
6.2.	<i>Clasificación de las secciones según su relación ancho-espesor</i>	28
7.	<i>Diseño de conexiones, juntas y sujetadores</i>	36
7.1.	<i>Alcance</i>	36
7.2.	<i>Juntas empernadas</i>	36
7.3.	<i>Juntas soldadas</i>	37
7.4.	<i>Empalmes de columnas</i>	38
7.5.	<i>Base de columnas</i>	39
8.	<i>Diseño de pórticos</i>	41
8.1.	<i>Pórticos especiales a momento (PEM)</i>	41
8.2.	<i>Pórticos especiales arriostrados concéntricamente (PEAC)</i>	53
8.3.	<i>Pórticos arriostrados excéntricamente (PAE)</i>	61

9.	<i>Conexiones</i>	73
9.1.	<i>Conexiones precalificadas para pórticos especiales a momento</i>	73
9.2.	<i>Parámetros para el diseño de la conexión</i>	77
9.3.	<i>Requerimientos de soldadura</i>	79
9.4.	<i>Conexión con viga de sección reducida</i>	82
10.	<i>Planes de Control de Calidad y Garantía de Calidad</i>	90
11.	<i>Especificaciones de soldadura</i>	96
11.1.	<i>Procedimientos para ensayos no destructivos</i>	98
11.2.	<i>Especificaciones adicionales de soldadura</i>	98
11.3.	<i>Especificaciones adicionales de soldadura para soldaduras de demanda crítica exclusivamente</i>	100
11.4.	<i>Metal de aporte / especificación para el ensayo de verificación de la tenacidad.</i>	101
12.	<i>Referencias</i>	104
13.	<i>Apéndices</i>	105
14.	<i>Apéndice: esquema conceptual de análisis de la NEC-SE-AC</i>	110

3.2. Especificaciones técnicas y planos

Especificaciones técnicas y planos de diseño estructural

Los planos de diseño estructural y especificaciones técnicas deberán presentar de manera general el trabajo a ejecutar e incluir aspectos estipulados en la *Especificación AISC 360-10*. Los planos de diseño estructural deberán indicar lo siguiente según el caso lo amerite:

- a. Identificación del Sistema Resistente a Carga Sísmica (SRCS).
- b. Identificación de los miembros y conexiones que son parte del SRCS.
- c. Configuración de las Conexiones (tipos de conexiones, tamaño de la soldadura, diámetro de pernos, configuración de los agujeros de acceso, localización de las placas de cortante, ubicación de los sitios de empalmes, barras de respaldo, platinas de respaldo lateral y de tope que deberán ser removidas, y cualquier otro tipo de detallamiento de las conexiones).
- d. (Especificaciones de los materiales de los miembros y de las conexiones (resistencia y tenacidad requerida CVN, material de los pernos).
- e. Localización de las soldaduras de demanda crítica (SDC).

- f. Localización y dimensiones de las zonas protegidas (ZP).
- g. Localización de los sitios en donde las placas gusset (conexiones de arriostramiento) deben ser detalladas para acomodar rotaciones inelásticas.
- h. Requerimientos de Soldadura según lo especificado en la Sección [11](#).
- i. Alguna condición especial de montaje u otras consideraciones que sean requeridas por el diseño tales como el uso de soportes temporales o contra-flechas.

Planos de taller

Cuando los documentos contractuales así lo requieran, los planos de taller deberán ser presentados por el Contratista a la Fiscalización del proyecto para su revisión y aprobación previo al inicio de las actividades relacionadas con la fabricación de la estructura de acero. Los planos de taller deberán presentar el trabajo a ejecutar de manera específica e incluir aspectos estipulados en la *Especificación AISC 360-10*, el *Código de Práctica Estándar para Puentes y Edificios* y lo siguiente según el caso lo amerite:

- a. Identificación de los miembros y conexiones que son parte del SRCS.
- b. Configuración de las Conexiones (tipos de conexiones, tamaño de la soldadura, diámetro de pernos, configuración de los agujeros de acceso, localización de las placas de cortante, ubicación de los sitios de empalmes, barras de respaldo, platinas de respaldo lateral y de tope que deberán ser removidas, y cualquier otro tipo de detallado de las conexiones).
- c. Especificaciones de los materiales de los miembros y de las conexiones (resistencia y tenacidad requerida CVN y material de los pernos).
- d. Planillas que indiquen las dimensiones y las cantidades de obra de los diversos elementos estructurales.
- e. Localización de las soldaduras de demanda crítica (SDC) a ejecutarse en taller.
- f. Localización y dimensiones de las zonas protegidas (ZP).
- g. Localización de los sitios en donde las placas gusset (conexiones de arriostramiento) deben ser detalladas para acomodar rotaciones inelásticas.
- h. Requerimientos de Soldadura en taller según lo especificado en la Sección [11](#).
- i. Ubicación de pernos de ajuste completo así como la fuerza de ajuste que debe proporcionarse a los pernos.
- j. La ubicación de superficies Clase A o B.
- k. Ensayos no destructivos (END) cuando sean realizados por el fabricante.

Planos de montaje

Cuando los documentos contractuales así lo requieran, los planos de montaje deberán ser presentados por el Contratista a la Fiscalización del proyecto para su revisión y aprobación previo al inicio de las actividades relacionadas con el montaje de la estructura de acero. Los planos de montaje deberán presentar el trabajo a ejecutar de manera específica e incluir aspectos estipulados en la *Especificación AISC 360-10*, el *Código de Práctica Estándar para Puentes y Edificios* y lo siguiente según el caso lo amerite:

- a. Identificación de los miembros y conexiones que son parte del SRCS.
- b. Especificaciones de los materiales de las conexiones (resistencia y tenacidad requerida CVN y material de los pernos) a ejecutarse en obra.
- c. Localización de las *soldaduras de demanda crítica* (SDC) a ejecutarse en obra.
- d. Localización y dimensiones de las *zonas protegidas*(ZP).
- e. Requerimientos de Soldadura en obra según lo especificado en la Sección [11](#).
- f. Ubicación de pernos de ajuste completo.

Planos as built

Los planos "as built" deberán presentar como la obra quedó terminada. El contratista preparará los planos "as built" (tomando como referencia los planos de diseño) los mismos que serán revisados y aprobados por el fiscalizador de la estructura.

5. Materiales

5.1. Especificaciones para los materiales

El acero estructural usado en Sistemas Resistentes a Cargas Sísmicas (SRCS) debe cumplir con las especificaciones indicadas en las Sección 5.

El mínimo esfuerzo de fluencia especificado, F_y , que debe tener el acero utilizado en miembros en los cuales se espera comportamiento inelástico no debe exceder de 345 MPa (50 ksi) para los sistemas definidos en las Secciones [8.1](#) a [8.3](#) a menos que la idoneidad del material sea determinada mediante ensayos u otros criterios racionales. Esta limitación no es aplicable para las columnas, en las cuales el único comportamiento inelástico esperado es la fluencia en la base. En estos casos el mínimo esfuerzo de fluencia especificado no debe exceder 450 MPa (65 ksi).

Los aceros estructurales usados en los SRCS debe cumplir con una de las siguientes Especificaciones ASTM: A36/A36 M, A53/A53 M (Grado B), A500 (Grado B o C), A501, A572/A572M [Grado 50 (345)], A588/A588M, A992/A992M. El acero estructural usado para placas base de columnas debe seguir una de las Especificaciones ASTM anteriores o ASTM A283/A283M Grado D.

7.3. Juntas soldadas

Diseño

Las juntas soldadas deben diseñarse de acuerdo a la Sección J2 de la *Especificación AISC 360-10*.

Proceso de soldadura

El proceso de soldadura debe realizarse según lo estipulado en la Sección [11](#). Adicionalmente, el proceso de soldadura debe ser ejecutado de acuerdo con una *especificación de procedimiento de soldadura* (EPS) como es requerido en la AWS (American Welding Society) D1.1 y sus suplementos, y aprobado por el inspector de soldadura según lo indicado en la Sección [11.3](#) (**Procesos de soldadura**). Las variables EPS deben estar dentro de los parámetros establecidos por el fabricante del metal de aporte.

Requerimientos generales

Todas las soldaduras usadas en miembros y conexiones de un SRCS deben ser realizadas con un metal de aporte que produzca soldaduras capaces de proporcionar como mínimo una tenacidad Charpy de muesca en V de 27 J (20 lb-pie) a - 18°C (0°F) tal como se especifica en el método de ensayo de clasificación AWS A5 o la certificación del fabricante.

Soldaduras de demanda crítica

Una *Soldadura de Demanda Crítica* (SDC) es aquella que tiene requerimientos adicionales de calidad y tenacidad. La designación de una soldadura de demanda crítica debe basarse en la demanda de

deformación inelástica y la consecuencia de falla. Estas soldaduras son identificadas en estas *Disposiciones* en la sección correspondiente al SRCS.

En una SDC, el material de aporte debe ser capaz de proporcionar como mínimo una tenacidad Charpy de muesca en V de 27 J (20 lb-pie) a -29° C (-20°F) como lo determina el método de ensayo de clasificación de la AWS o la certificación del fabricante, y 54 J (40 lb-pie) a 21°C (70°F) como lo determina la Sección [11](#) u otro método aprobado, cuando el acero esté encerrado normalmente y mantenido a una temperatura de 10°C (50°F) o mayor. Para estructuras con temperaturas de servicio menor a 10°C (50°F), la temperatura de calificación de acuerdo a la Sección [11](#) debe ser 11°C (20°F) mayor que la *mínima temperatura de servicio estimada*, o una temperatura menor.

Los electrodos SMAW clasificados en AWS A5.1 como E7018 o E7018-X, los electrodos SMAW clasificados en AWS 5.5 como E7018-C3L o E8018-C3 y los electrodos sólidos GMAW, se exigen de cualquier tipo de ensayo cuando la tenacidad Charpy de muesca en V del electrodo iguale o exceda los 27 J (20lb-pie) a una temperatura máxima de -29°C (-20°F), tal como lo determinan los métodos de clasificación de AWS. El certificado del fabricante debe considerarse como suficiente evidencia del cumplimiento de este requerimiento.

Algunos ejemplos de SDC son los siguientes:

- Las soldaduras de ranura de penetración completa (SRPC) entre las columnas y las placas base así como los empalmes soldados de columnas.
- Las siguientes soldaduras en los pórticos especiales a momento:(a) soldaduras de alas y almas de viga a las columnas; y (b) Soldaduras de placas de cortante a columnas.
- Las siguientes soldaduras en pórticos arriostrados excéntricos (PAE): (a) las SRPC entre las vigas de vínculo y las columnas; (b) las soldaduras que conectan la placa del alma a las placas de las alas en vínculos armados.

10. Planes de Control de Calidad y Garantía de Calidad

Alcance

Para el fin de esta sección, se ha incluido una serie de tablas donde se puede seguir los pasos para las observaciones requeridas para los procesos de control y garantía de calidad. Esas tablas se encuentran en los apéndices de este capítulo (13).

Cuando sea requerido por los documentos contractuales, el Código de Construcción, o por el Fiscalizador de Estructuras, deberá proporcionarse el Plan de Control de Calidad (PCC) y el Plan de Garantía de Calidad (PGC).

El Plan de Control de Calidad (PCC) incluye aquellos trabajos de inspección realizados por el Contratista para asegurarse que el material, los procesos y la mano de obra de ejecución empleados cumplan con los requisitos de calidad del proyecto.

El Plan de Garantía de Calidad (PGC) deberá ser elaborado por la Fiscalización el mismo que incluye las tareas de inspección ejecutadas por una firma o empresa diferente a la del Contratista. El PGC incluye también el proceso de monitoreo del rendimiento del Contratista para implementar su propio control de calidad (PCC). El plan PGC incluye también los procesos de ensayos no destructivos, cuando estos sean requeridos; este plan es también llamado "Inspecciones de Verificación" en el AWS D1.1.

Los Planes de Control y de Garantía de Calidad son considerados adecuados y efectivos para la mayoría de los Sistemas Resistentes a Carga Sísmica (SRCS) y se recomienda expresamente su utilización sin modificaciones. El uso de los Planes de Control y de Garantía de Calidad para cualquier SRCS con un factor de modificación de respuesta sísmica R mayor que 3 es expresamente recomendado. El uso de un factor R de 3 ó más indica que el Sistema estructural, los elementos y la ductilidad de las conexiones han sido asumidas para reducir las cargas de diseño. Con el plan de Garantía de Calidad se intenta asegurar que el Sistema Resistente a Carga Sísmica está

significativamente libre de defectos que podrían reducir significativamente la ductilidad del Sistema. Puede haber casos (por ejemplo: miembros principales no redundantes o que el trabajo sea realizado en una ubicación de difícil acceso) donde ensayos adicionales puedan ser requeridos. Adicionalmente, cuando el Plan de Control de Calidad del Contratista haya demostrado su efectividad para ejecutar ciertas tareas asignadas al Plan de Garantía de Calidad, podría pensarse en modificar dicho Plan de Garantía.

Los Planes de Control y de Garantía de Calidad deben ser preparados como parte de los documentos contractuales. Los objetivos de estos Planes son la mejora continua de la confiabilidad de las estructuras.

En algunos casos, el contratista ya ha implementado un control de calidad PCC como parte habitual de sus operaciones, especialmente aquellos que trabajan con Normas ISO ó similares. Es responsabilidad del Fiscalizador de Estructuras revisar el PCC y compararlo con las necesidades de Garantía de Calidad del proyecto, especialmente en lo que se refiere a las aplicaciones sísmicas.

Personal para ensayos no destructivos e inspecciones

El personal que ejecuta las tareas de inspección de soldadura y ensayos no destructivos deberá estar calificado para realizar estas tareas, ya sea en roles de Control de Calidad (PCC) o de Garantía de Calidad (PGC), en conformidad con lo indicado en la Sección [11](#) (**Personal Involucrado**).

Nota: La Sección [11](#) (**Especificaciones de Soldadura**), incluyendo la sobre **Personal Involucrado**, contiene los criterios que deben ser considerados para determinar los requisitos de calificación para Inspectores de Soldadura y Técnicos de Ensayos no destructivos.

Diferentes estándares están disponibles como guías para determinar los niveles adecuados de entrenamiento, experiencia, conocimiento y destreza para dicho personal. Estos estándares son aplicables para las empresas que realizan el Plan de Garantía de Calidad (PGC) y también pueden ser usados como parte del Control de Calidad del Contratista.

Para el personal que ejecuta tareas de inspección de empernado, no existe actualmente un estándar como guía, tal como sí existe para las tareas de soldadura. Sin embargo, las empresas que realizan el Plan de Garantía de Calidad (PGC) deberán tener un protocolo escrito para determinar la idoneidad de la calificación del personal a cargo de estas tareas de inspección. De forma similar, los procedimientos internos del programa de Control de Calidad (PCC) del contratista deberán contener los criterios para calificación de su personal a cargo de estas tareas.

Puntos y frecuencias de inspección

Véase las siguientes tablas, que se encuentran en los apéndices a esta NEC (13):

- Tareas de Inspección Visual antes de Soldar.
- Tareas de Inspección Visual durante la Operación de Soldadura.
- Tareas de Inspección Visual después de Soldar

Las siguientes siglas son usadas en las tablas:

- OBSERVAR (O) - El Inspector deberá observar todos los procesos diariamente, en forma aleatoria. Las operaciones de soldadura no deberán tener observaciones pendientes.
- EJECUTAR (E) - Las inspecciones y la ejecución de ensayos no destructivos (END) deberán ser realizadas antes de la aceptación final del ítem. Cuando la tarea vaya a ser revisada tanto por el Control de Calidad (PCC) como por la Garantía de Calidad (PGC), será permitido coordinar ambas funciones, de manera que sea ejecutada por sólo una de las partes. Cuando la función de Garantía de Calidad (PGC) dependa de las funciones de inspección ejecutadas por el Control de Calidad (PCC), se requiere de la aprobación del Fiscalizador de Estructuras y de la Autoridad competente.
- DOCUMENTAR (D) – El Inspector deberá preparar informes indicando que el trabajo ha sido ejecutado en conformidad con los documentos contractuales. El informe no necesita que sean proporcionadas medidas detalladas de preparación de juntas, Procedimientos de soldadura (PrS), soldaduras terminadas u otros puntos individuales indicados en las Tablas de la Sección 10 (Puntos y Frecuencias de Inspección). Para la fabricación en Taller, el informe deberá indicar la marca del elemento inspeccionado. Para el trabajo de montaje, el reporte indicará el o los ejes de referencia y el piso o nivel inspeccionado. El trabajo que no esté en conformidad con los documentos contractuales y los trabajos que inicialmente no hayan sido aprobados y que después hayan sido satisfactoriamente reparados deberán constar en el reporte de inspección.

Inspección visual de soldadura

La Inspección Visual de Soldadura deberá ser el método básico para confirmar que los procedimientos, materiales y mano de obra incorporados en la construcción sean aquellos que hayan sido aprobados y especificados para el proyecto. Como mínimo, las tareas deberán ser las que se presentan en las Tablas de la Sección 13 (Tareas de Inspección Visual antes de Soldar y Tareas de Inspección Visual durante la Soldadura) en los apéndices.

Ensayos no destructivos (end) de soldaduras

El uso de ensayos no destructivos es recomendado para verificar la idoneidad de las soldaduras sometidas a cargas de tracción como parte del Sistema Resistente a Cargas Sísmicas (SRCS), o para verificar que ciertos elementos críticos no contengan discontinuidades que puedan causar fallas.

El ensayo de Ultrasonido (UT) es capaz de detectar serias discontinuidades contenidas en las soldaduras de ranura en todas las configuraciones estándar de uniones soldadas. Este ensayo no es adecuado para la mayoría de las soldaduras de filete y no es confiable en la detección de discontinuidades que sean superficiales o que estén cerca de la superficie.

El ensayo de partículas magnéticas es capaz de detectar serias discontinuidades en o cerca de la superficie de todos los tipos de soldadura y debería ser utilizada para la inspección de uniones críticas con soldadura de filete y para la inspección de soldaduras de demanda crítica de ranura.

El uso de ensayos de tintas penetrantes no es recomendado para inspecciones generales de soldadura, pero puede ser usada para la detección de fisuras en puntos específicos tales como soldaduras en agujeros de acceso y en la zona "k" de perfiles soldados.

Los Ensayos No Destructivos de Soldadura deberán ser realizados por personal de la empresa de Garantía de Calidad (PGC).

Procedimientos

- Los Ensayos de Ultrasonido deberán ser ejecutados por la empresa de Garantía de Calidad (PGC), según los procedimientos indicados en la Sección [11.1](#)
- Los Ensayos de Partículas Magnéticas deberán ser ejecutados por la empresa de Garantía de Calidad (PGC), según los procedimientos indicados en la Sección [11.1](#)

El uso de ensayos no destructivos es recomendado para verificar la idoneidad de las soldaduras sometidas a cargas de tracción como parte del Sistema Resistente a Cargas Sísmicas (SRCS), o para verificar que ciertos elementos críticos no contengan discontinuidades que puedan causar fallas.

El ensayo de Ultrasonido (UT) es capaz de detectar serias discontinuidades contenidas en las soldaduras de ranura en todas las configuraciones estándar de uniones soldadas. Este ensayo no es adecuado para la mayoría de las soldaduras de filete y no es confiable en la detección de discontinuidades que sean superficiales o que estén cerca de la superficie.

El ensayo de partículas magnéticas es capaz de detectar serias discontinuidades en o cerca de la superficie de todos los tipos de soldadura y debería ser utilizada para la inspección de uniones críticas con soldadura de filete y para la inspección de soldaduras de demanda crítica de ranura.

El uso de ensayos de tintas penetrantes no es recomendado para inspecciones generales de soldadura, pero puede ser usada para la detección de fisuras en puntos específicos tales como soldaduras en agujeros de acceso y en la zona "k" de perfiles soldados.

Los Ensayos No Destructivos de Soldadura deberán ser realizados por personal de la empresa de Garantía de Calidad (PGC).

Procedimientos

- Los Ensayos de Ultrasonido deberán ser ejecutados por la empresa de Garantía de Calidad (PGC), según los procedimientos indicados en la Sección [11.1](#)
- Los Ensayos de Partículas Magnéticas deberán ser ejecutados por la empresa de Garantía de Calidad (PGC), según los procedimientos indicados en la Sección [11.1](#)

AWS D1.1, Tabla 5.2, donde t es el espesor de la parte sometida a esfuerzos de tracción en la totalidad de su sección transversal.

- **Ensayos No Destructivos (END) para agujeros de acceso.**

En empalmes soldados y conexiones, las superficies térmicamente cortadas en los extremos de vigas y en los agujeros de acceso deberán ser ensayados usando Ensayos de Partículas Magnéticas o Ensayos de Tintas Penetrantes, cuando el espesor del patín exceda de 38mm ($1\text{-}1/2$ pulg.) para perfiles laminados en caliente o cuando el espesor del alma exceda de 38mm ($1\text{-}1/2$ pulg.) para secciones soldadas a base de flejes.

- **Ensayos No Destructivos (END) para reparaciones en la Sección Reducida de Vigas (SRV).**

Los Ensayos de Partículas Magnéticas deberán ser ejecutados en las uniones soldadas reparadas, en el área adyacente a la formación de la rótula plástica de la Sección Reducida de Vigas (SRV). De igual forma deberán realizarse, en el metal base de la región de articulación plástica de las vigas de sección reducida, en el caso de que hayan sido retiradas discontinuidades por medio de dispositivos mecánicos.

- **Sitios donde han sido removidas las platinas de respaldo lateral (Weld Tabs).**

Los Ensayos de Partículas Magnéticas deberán ser ejecutados en el extremo de soldaduras en las cuales las platinas de apoyo hayan sido retiradas. Se exceptúa de estos ensayos las platinas de apoyo en soldadura de las placas de continuidad.

- **Reducción del porcentaje de Ensayos de Ultrasonido.**

Se permite reducir la cantidad de Ensayos de Ultrasonido si es que esta reducción es aprobada por el Fiscalizador de Estructuras y por la Autoridad competente. La relación de Ensayos de Ultrasonido para un soldador individual o un operario puede ser reducida al 25%, una vez que se demuestre que la tasa de rechazo de las soldaduras ensayadas sea 5% o menor. Deberá ser realizado un muestreo de al menos 40 soldaduras completas para un trabajo a fin de evaluar la posibilidad de reducción. La tasa de rechazo es el número de soldaduras rechazadas dividido para el número de soldaduras completadas. Para evaluar la tasa de rechazo de soldaduras continuas de más de 1000 mm (3 pies) de largo, donde el espesor de la garganta efectiva sea 25mm (1 pulg.) o menor, se considerará como una soldadura completa cada 300 mm (12 pulg.).

Inspección visual de soldadura

TAREAS DE INSPECCIÓN VISUAL ANTES DE SOLDAR	CONTROL(PCC)		GARANTIA(PGC)	
	TAREA	REGISTRO	TAREA	REGISTRO
IDENTIFICACION DEL MATERIAL (TIPO/GRADO)	O	-	O	-
Soldaduras de ranura (Incluyendo la geometría de la junta)				
* Preparación de Junta				
* Dimensiones (alineación, apertura de la raíz, cara de la raíz, bisel)				
* Limpieza (condición de las superficies de acero)				
* Remate (calidad y ubicación de la soldadura de prearmado)				
* Tipo de respaldo y ajustes (si es aplicable)				
* Configuración y acabado de los agujeros de acceso	O	-	O	-
Soldaduras de filete				
* Dimensión (la alineación, las diferencias en la raíz)				
* Limpieza (condición de las superficies de acero)	E/O**	-	O	-
* Remate (calidad y ubicación de la soldadura de prearmado)				

** Esta tarea de inspección será realizada haciendo un seguimiento de 10 soldaduras ejecutadas por un soldador determinado. Cuando dicho soldador demuestre un adecuado entendimiento de los requerimientos solicitados y tenga las destrezas y herramientas para realizar dichas tareas, la designación de Ejecutar (E) puede cambiar a observar (O). Si el Inspector determina que el soldador ha descontinuado su rendimiento, la tarea retornará a (E) hasta el momento en que el Inspector considere que el soldador ha reestablecido la garantía en la ejecución de sus tareas.

TAREAS DE INSPECCIÓN VISUAL DURANTE LA SOLDADURA	CONTROL(PCC)		GARANTIA(PGC)	
	TAREA	REGISTRO	TAREA	REGISTRO
WPS	O	-	O	-
* Ajustes del equipo de soldadura				
* Velocidad de desplazamiento				
* Materiales de soldadura seleccionados				
* Tipo de Gas de protección de tipo / velocidad de flujo				
* Pre calentamiento aplicado				
* Temperatura mantenida interpasos (min. / máx.)				
* Posición apropiada (Plana, Vertical, Horizontal, Sobrecabeza)				
* Evitar mezclar metales de aportación, a menos que sean aprobados				
Utilización de soldadores calificados	O	-	O	-
Control y manipulación de consumibles de soldadura	O	-	O	-
* Embalaje				
* Control a la exposición				
Condiciones ambientales	O	-	O	-
* Velocidad del viento dentro de los límites				
* Lluvias y temperatura				
Técnicas de soldadura	O	-	O	-
* Interpasos y limpieza final				
* Cada pasada dentro de las limitaciones de la sección.				
* Cada pasada cumple los requisitos de calidad				
No soldar sobre soldaduras de prearmado agrietadas.	O	-	O	-

Tabla 6: Tareas de Inspección Visual durante la Soldadura

ANEXO 4 CODIGO DE SOLDADURA AWS D1.1/1M:2020

AWS D1.1/D1.1M:2020
Una Norma Nacional Estadounidense



**Código de
soldadura
estructural —
Acero**



4.	Diseño de conexiones soldadas	17
4.1	Alcance.....	17
	<i>Parte A—Requisitos comunes para el diseño de conexiones soldadas (miembros tubulares y no tubulares)</i> . . .	17
4.2	Generalidades.....	17
4.3	Planos y especificaciones del contrato.....	17
4.4	Áreas efectivas.....	18
	<i>Parte B—Requisitos específicos para el diseño de conexiones no tubulares (cargadas estática o cíclicamente)</i> .21	
4.5	Generalidades.....	21
4.6	Esfuerzos.....	21
4.7	Configuración y detalles de junta.....	23
4.8	Configuración y detalles de junta—Soldaduras en ranura.....	23
4.9	Configuración y detalles de junta—Juntas soldadas en filete.....	24
4.10	Configuración y detalles de junta—Soldaduras de tapón y en ranura.....	25
4.11	Placas de relleno.....	25
4.12	Miembros armados.....	25
	<i>Parte C—Requisitos específicos para el diseño de conexiones no tubulares (cargadas cíclicamente)</i>	26
4.13	Generalidades.....	26
4.14	Limitaciones.....	26
4.15	Cálculo de esfuerzos.....	26
4.16	Esfuerzos y rangos de esfuerzo admisibles.....	26
4.17	Detalles, fabricación y montaje.....	28
4.18	Juntas y soldaduras prohibidas.....	29
4.19	Inspección.....	30
5.	Precalificación de las WPS	62
5.1	Alcance.....	62
	<i>Parte A—Desarrollo de la WPS</i>	62
5.2	Requisitos generales de WPS.....	62

4.7 Configuración y detalles de junta

4.7.1 Consideraciones generales. Las conexiones soldadas deben estar diseñadas para cumplir con los requisitos de resistencia y rigidez o flexibilidad de las especificaciones generales.

4.7.2 Conexiones y empalmes en miembros de compresión

4.7.2.1 Conexiones y empalmes diseñados para soportar conexiones que no sean a las placas base. Excepto que se especifique lo contrario en los documentos del contrato, los empalmes de columna que están terminados para soportar conexiones deben estar conectados por soldaduras en ranura con PJP o por soldaduras en filete suficientes para mantener las partes en su lugar. Donde los miembros en compresión estén acabados para soportar carga en empalmes o soldaduras de conexión no sean columnas, deben estar diseñados para mantener todas las partes alineadas y deben estar proporcionados al 50 % de la fuerza del miembro. Deben aplicarse los requisitos de la Tabla 5.5 o Tabla 7.7.

4.7.2.2 Conexiones y empalmes no terminados para soportar conexiones excepto a las placas base. Las soldaduras que unen empalmes en columnas y los empalmes y conexiones en otros miembros en compresión que no estén acabados para soportar carga deben estar diseñados para transmitir la fuerza en los miembros, a menos que en los documentos del contrato o en las especificaciones aplicables se especifiquen soldaduras con CJP o requisitos más restringidos. Deben aplicarse los requisitos de la Tabla 5.5 o Tabla 7.7.

4.7.2.3 Conexiones a placas base. En las placas base de columnas y otros miembros en compresión, la conexión debe ser la adecuada para mantener a los miembros fijos en su lugar.

4.7.3 Carga de metal base en todo el espesor. Las juntas en T y en esquina cuya función es transmitir esfuerzo normal a la superficie de una parte conectada, especialmente cuando el espesor del metal base del miembro de rama o el tamaño requerido de la soldadura sea de 3/4 pulgadas [20 mm] o mayor deben recibir especial atención durante el diseño, la selección del metal base y el detallado. Deben usarse detalles de junta que minimicen la intensidad de esfuerzo en el metal base sometido a esfuerzos en la dirección a través del espesor cuando sea factible. Debe evitarse especificar tamaños de la soldadura más grandes de lo necesario a fin de transmitir el esfuerzo calculado.

4.7.4 Combinaciones de soldaduras. Excepto por lo provisto en el presente documento, si se combinan dos o más soldaduras de diferente tipo (en ranura, filete, tapón o en broche) para compartir la carga en una sola conexión, la capacidad de la conexión debe calcularse como la suma de las soldaduras individuales determinadas con relación a la dirección de la carga aplicada. Este método de agregar capacidades individuales de las soldaduras no se aplica a las soldaduras en filete que refuerzan soldaduras en ranura con PJP (ver Figuras 4.3, 4.4 y 4.6).

4.7.5 Contorno de superficie de juntas a tope, en esquina y en T. Las soldaduras en filete pueden aplicarse sobre soldaduras en ranura con CJP y PJP en juntas a tope que unan piezas de ancho o espesor desigual, en esquina y juntas en T para contornear la cara de la soldadura o para reducir las concentraciones de esfuerzos. Cuando tales soldaduras en filete que contornean la superficie se utilizan en aplicaciones cargadas estáticamente, el tamaño no debe ser mayor de 5/16 pulgadas [8 mm]. El refuerzo en filete en la superficie de soldaduras en ranura de juntas en esquina y en T que se produce de manera natural no debe ser causa de rechazo ni es necesario eliminarlo, siempre y cuando no interfiera con otros elementos de la construcción. No será necesario proporcionar un radio mínimo de contorno.

4.7.6 Orificios de acceso a la soldadura. Cuando se requieran orificios de acceso a la soldadura, estos se deben dimensionar para que proporcionen los espacios necesarios para la deposición del metal de soldadura sin imperfecciones. Deben aplicarse los requisitos de forma y tamaño de 7.16.1. El diseñador y el delineante deben reconocer que los orificios del tamaño mínimo requerido pueden afectar el área neta máxima disponible en el metal base conectado.

4.7.7 Soldaduras con remaches o pernos. Se deben permitir las conexiones que están soldadas a un miembro y empalmadas o remachadas al otro. Cuando los pernos y las soldaduras comparten la carga en una superficie de contacto en común, se debe considerar la compatibilidad de deformación entre pernos y soldaduras (ver comentario).

4.8 Configuración y detalles de junta—Soldaduras en ranura

4.8.1 Transiciones de espesor y ancho. Para estructuras cargadas estáticamente no es necesario proporcionar soldaduras en filete que contornean la superficie. Cuando el Ingeniero exija soldaduras en filete que contornean la superficie, deben especificarse en los documentos del contrato (ver Figura 4.8).

4.8.2 Prohibición de soldadura en ranura con CJP de longitud parcial. Las soldaduras en ranura con CJP intermitentes o de longitud parcial deben prohibirse, excepto los miembros armados de elementos conectados por soldaduras en filete que puedan tener soldaduras en ranura de longitud limitada en los puntos de aplicación de cargas localizadas para participar en la transferencia

de la carga localizada. La soldadura en ranura debe extenderse a un tamaño uniforme por al menos la longitud requerida para transferir la carga. Más allá de esta longitud, la ranura debe realizarse con una transición de la profundidad hasta cero sobre una distancia no menor de cuatro veces la profundidad. La ranura debe llenarse al ras antes de la aplicación de la soldadura en filete.

4.8.3 Prohibición de soldadura en ranura con CJP de longitud parcial. Las soldaduras en ranura con PJP intermitentes, de bisel abocinadas y las soldaduras en ranura abocinadas pueden usarse para transferir el esfuerzo de cizallamiento entre piezas conectadas.

4.8.4 Eliminación de la lengüeta de soldadura. En las estructuras no tubulares cargadas estáticamente no es necesario eliminar las lengüetas de soldadura. Cuando se requiera la eliminación o cuando los requisitos de terminación de la superficie difieran de los descritos en 7.14.8, estos requisitos deben estar especificados en los documentos del contrato.

4.9 Configuración y detalles de junta—Juntas soldadas en filete

4.9.1 Juntas traslapadas

4.9.1.1 Soldaduras en filete transversal. Las soldaduras en filete transversales en juntas traslapadas que transfieren esfuerzos entre piezas cargadas axialmente deben estar soldadas con doble filete (ver Figura 4.9), excepto donde la deflexión de la junta esté suficientemente restringida para impedir la apertura bajo carga.

4.9.1.2 Traslape mínimo. El traslape mínimo de piezas en las juntas traslapadas sometidas a esfuerzo debe ser cinco veces el espesor de la parte más delgada, pero no menos de 1 pulgada [25 mm]. A menos que se evite la deflexión fuera de plano de las piezas, se deben soldar con doble filete (ver Figura 4.9) o unir por al menos dos líneas transversales de soldaduras de tapón o en ranura o dos o más soldaduras longitudinales en filete o en ranura.

4.9.2 Soldaduras en filete longitudinal. Si se usan soldaduras en filete longitudinales solas en juntas traslapadas de conexiones de extremo de barras planas o miembros de placa, la longitud de cada soldadura en filete no debe ser menor que la distancia perpendicular entre ellas (ver Figura 4.10). El espaciado transversal de soldaduras en filete longitudinales utilizado en conexiones de extremo no debe exceder de 16 veces el espesor de la pieza conectada más delgada, excepto que se realice una provisión adecuada (mediante soldaduras intermedias de tapón o en ranura) para prevenir el pandeo o la separación de las piezas. Las soldaduras en filete longitudinal se pueden hacer en los bordes del miembro o en ranuras. El diseño de conexiones que usen soldaduras en filete longitudinal para miembros que no sean secciones transversales de barras planas deben cumplir con lo dispuesto en las especificaciones generales de diseño.

4.9.3 Terminaciones de soldaduras en filete

4.9.3.1 Generalidades. Las terminaciones de soldadura en filete pueden extenderse hasta los extremos o lados de las piezas, pueden detenerse antes o pueden tener remates, excepto según lo delimitado en los siguientes casos:

4.9.3.2 Juntas traslapadas sometidas a tracción. En las juntas traslapadas en las que una parte se extiende más allá del borde o lado de una pieza sometida al esfuerzo de tracción calculado, las soldaduras en filete deben terminar a una distancia no menor que el tamaño de la soldadura desde el comienzo de la extensión (ver Figura 4.11).

4.9.3.3 Longitud máxima del remate. Las juntas soldadas deben tener una distribución que permita la flexibilidad establecida en el diseño de la conexión. Si las piernas sobresalientes del metal base de conexión están unidas a las soldaduras de remate, la longitud del remate no debe exceder de cuatro veces el tamaño nominal de la soldadura (ver Figura 4.12 para ejemplos de conexiones flexibles).

4.9.3.4 Soldaduras de refuerzo transversal. Excepto donde los extremos de los rigidizadores estén soldados a la brida, las soldaduras en filete que unen rigidizadores transversales a las almas de las vigas deben comenzar o terminar a no menos de cuatro veces ni más de seis veces el espesor del alma desde el pie del alma hasta las soldaduras alma-ala.

4.9.3.5 Lados opuestos de un plano común. Las soldaduras en filete en lados opuestos de un plano común deben interrumpirse en la esquina común a ambas soldaduras (ver Figura 4.13), a excepción de lo siguiente:

4.10. Estas soldaduras en filete pueden traslaparse sujeto a las limitaciones de las disposiciones de 4.4.4.4. Las soldaduras en filete en orificios o ranuras no deben considerarse soldaduras de tapón o en ranura.

4.9.5 Soldaduras en filete intermitentes. Las soldaduras en filete intermitentes pueden usarse para transferir el esfuerzo entre piezas conectadas.

4.10 Configuración y detalles de junta—Soldaduras de tapón y en ranura

4.10.1 Espaciado mínimo (soldaduras de tapón). El espaciado mínimo de centro a centro de las soldaduras de tapón debe ser cuatro veces el diámetro del orificio.

4.10.2 Espaciado mínimo (soldaduras en ranura). El espaciado mínimo de centro a centro de las líneas de soldaduras en ranura en una dirección transversal a su longitud debe ser cuatro veces el ancho de la ranura. El espaciado mínimo de centro a centro en una dirección longitudinal debe ser dos veces la longitud de la ranura.

4.10.3 Dimensiones precalificadas. Las dimensiones para soldaduras de tapón y en ranura precalificadas se describen en 4.4.5 y 5.4.4.

4.10.4 Prohibición en aceros revenidos y templados. Se deben prohibir las soldaduras de tapón y en ranura en aceros revenidos y templados con un F_y mínimo especificado mayor de 70 ksi [490 MPa].

8. Inspección	216
<i>Parte A—Requisitos generales</i>	216
§.1 Alcance	216
§.2 Inspección de materiales y equipos	218
§.3 Inspección de las WPS	218
§.4 Inspección de las calificaciones del soldador, operario de soldadura y soldador de punteado	218
§.5 Inspección de trabajos y registros	218
<i>Parte B—Responsabilidades del Contratista</i>	219
§.6 Obligaciones del Contratista	219
<i>Parte C—Criterios de aceptación</i>	219
§.7 Alcance	219
§.8 Aprobación del Ingeniero de criterios de aceptación alternativos	219
§.9 Inspección visual	219
§.10 Ensayo de penetración (PT) y ensayo de partícula magnética (MT)	219
§.11 Ensayos no destructivos (NDT)	220
§.12 Pruebas radiográficas (RT)	220
§.13 Prueba por ultrasonido (UT)	221
<i>Parte D—Procedimientos NDT</i>	222
§.14 Procedimientos	222
§.15 Alcance de los ensayos	223
<i>Parte E—Pruebas radiográficas (RT)</i>	223
§.16 RT de soldaduras en ramura en juntas a tope	223
§.17 Procedimientos de RT	224
§.18 Evaluación, informe y disposición de las radiografías	226
<i>Parte F—Prueba por ultrasonido (UT) de soldaduras en ramura</i>	227
§.19 Generalidades	227
§.20 Requisitos de calificación	227
§.21 Equipos UT	228
§.22 Normas de referencia	228
§.23 Calificación del equip	229
§.24 Calibración para ensayos	229
§.25 Procedimientos de ensayo	230
§.26 Preparación y disposición de informes	231
§.27 Calibración de la unidad UT con bloques tipo IIW u otros bloques de referencia aprobados (Apéndice G)	232
§.28 Procedimientos de calificación del equipo	233
§.29 Procedimientos de evaluación del tamaño de la discontinuidad	235
§.30 Patrones de escaneo	235
§.31 Ejemplos de certificación de precisión de dB	236
<i>Parte G—Otros métodos de evaluación</i>	236
§.32 Requisitos generales	236
§.33 Sistemas de procesamiento de imágenes por radiación	236
§.34 Sistemas ultrasónicos avanzados	237
§.35 Requisitos adicionales	237

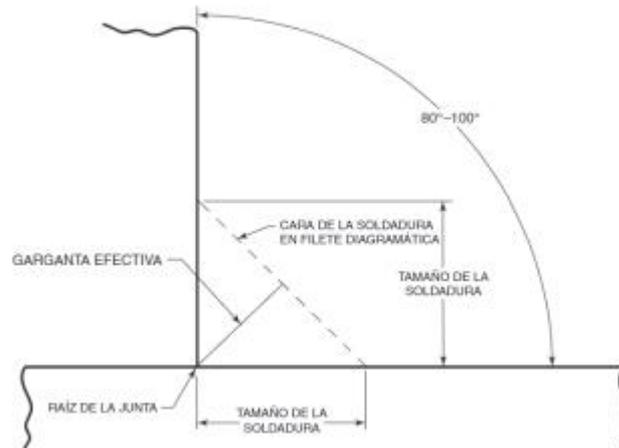


Figura 4.1—Soldadura en filete (ver 4.4.2.6)

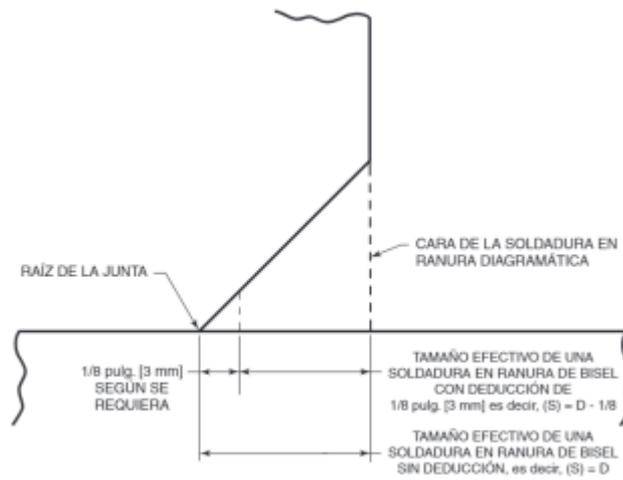


Figura 4.2—Soldadura en ranura de bisel sin refuerzo (ver 4.4.2.7)

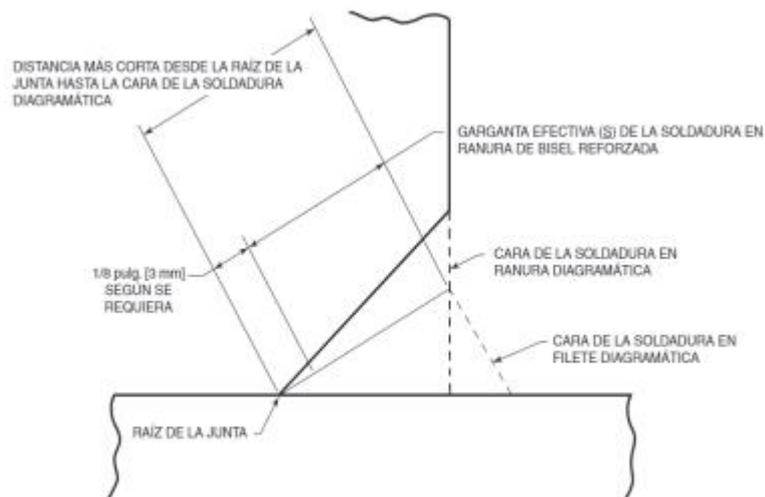


Figura 4.3—Soldadura en ranura de bisel con soldadura en filete reforzada (ver 4.4.2.7)

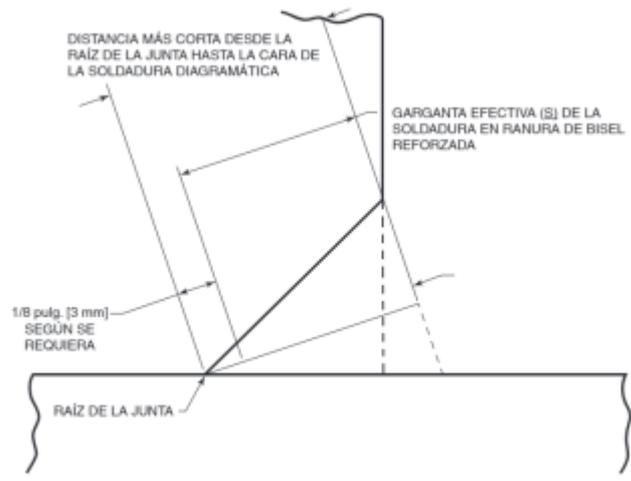


Figura 4.4—Soldadura en ranura de bisel con soldadura en filete reforzada (ver 4.4.2.7)

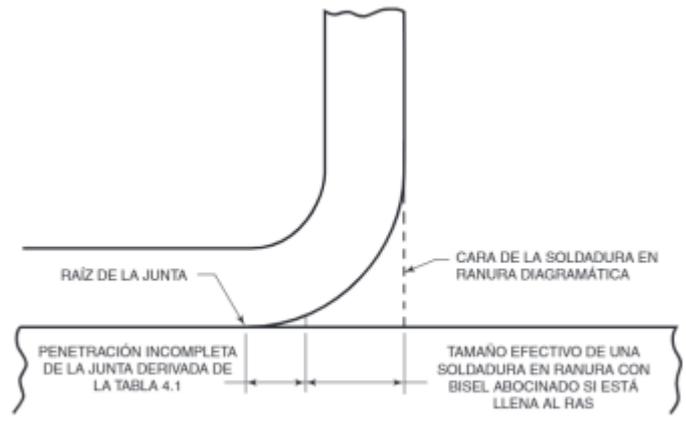


Figura 4.5—Soldadura en ranura abocinada de bisel sin refuerzo (ver 4.4.2.7)

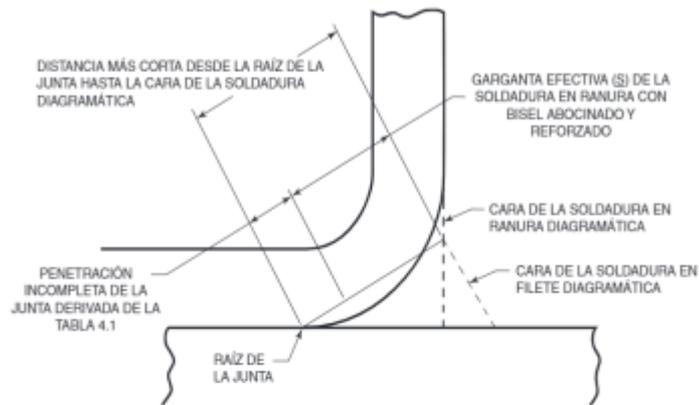


Figura 4.6—Soldadura en ranura de bisel abocinado con soldadura en filete reforzada (ver 4.4.2.7)



Figura 4.7—Tamaño máximo de la soldadura en filete a lo largo de los bordes de las juntas traslapadas (ver 4.4.2.9)

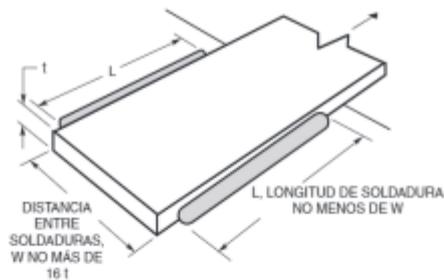


Figura 4.10—Longitud mínima de soldaduras de filete longitudinales en el extremo de la placa o barras planas (ver 4.9.2)

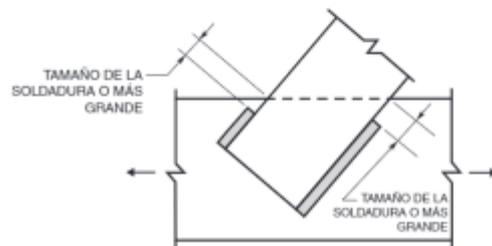


Figura 4.11—Terminación de soldaduras cerca de bordes sometidos a tracción (ver 4.9.3.2)

5. Precalificación de WPS

5.1 Alcance

Esta sección contiene requisitos para las especificaciones de procedimiento de soldadura precalificadas (WPS). Estas WPS están eximidas de los ensayos requeridos para la calificación de WPS según la Sección 6.

Se divide en ocho partes de la siguiente manera:

Parte A – Desarrollo de la WPS

Parte B – Metal Base

Parte C – Juntas soldadas

Parte D – Procesos de soldadura

Parte E – Metales de aporte y gases de protección

Parte F – Temperaturas de precalentamiento y entre pasadas

Parte G – Requisitos de WPS

Parte H – Tratamiento térmico posterior a la Soldadura

La precalificación de WPS (Especificaciones del proceso de soldadura) se define como eximida de los ensayos de calificación de WPS requeridos en la Sección 6. Todas las WPS precalificadas deben estar escritas. Para que una WPS esté precalificada se requiere el cumplimiento de todos los requisitos aplicables de la Sección 5. Las WPS que no cumplan con los requisitos de la Sección 5 pueden ser calificadas por ensayos según la Sección 6. Para mayor comodidad, el Apéndice P enumera las disposiciones que deben ser incluidas en una WPS precalificada y que deberían ser abordadas en el programa de soldadura del fabricante o del Contratista.

Los soldadores, operarios de soldadura y soldadores punteadores que utilicen las WPS precalificadas deben estar calificados según la Sección 6, Parte C o la Sección 10, Parte D para tubulares.

Parte A ***Desarrollo de la WPS***

5.2 Requisitos generales de WPS

Se debe cumplir con todos los requisitos de la Tabla 5.1 para WPS precalificadas.

El fabricante o Contratista debe preparar por escrito las WPS precalificadas que vayan a ser utilizadas. La WPS escrita puede seguir cualquier formato conveniente (ver ejemplos en el Apéndice J). Los parámetros de soldadura establecidos en la Tabla 5.2 deben estar especificados en las WPS escritas y dentro del rango mostrado para las variables con límites. Los cambios de las variables esenciales, más allá de los permitidos por la Tabla 5.2, exigirán una WPS precalificada nueva o revisada o que la WPS se califique mediante ensayos de acuerdo con la Sección 6.

5.2.2 Combinación de WPS. Se puede utilizar una combinación de WPS calificadas y precalificadas sin necesidad de calificación de la combinación, siempre que se observe la limitación de las variables esenciales aplicables a cada uno de los procesos.

Parte B ***Metal base***

5.3 Metal base

En las WPS precalificadas solamente se podrán utilizar los metales base y metales de aporte listados en la Tabla 5.3. (Para ver la calificación de los metales base listados y los metales base no listados en la Tabla 5.3, consulte 6.2.1.)

5.3.1 Aprobación del Ingeniero para accesorios auxiliares. Como alternativa para la calificación de WPS, es posible utilizar materiales no enumerados para accesorios auxiliares que se encuentren dentro del rango de composición química de un acero incluido en la Tabla 5.3 en una WPS precalificada cuando el Ingeniero lo apruebe. El metal base de la Tabla 5.4 y el precalentamiento mínimo deben cumplir con 5.7 sobre la base de similar resistencia de material y composición química.

Parte C Juntas soldadas

5.4 Juntas soldadas

5.4.1 Detalles de soldadura en ranura con penetración de junta completa (CJP).

Las soldaduras en ranura con penetración de junta completa que pueden utilizarse sin realizar el ensayo de calificación de WPS descrito en la Sección 6 deben cumplir con los detalles de la Figura 5.1 y están sujetas a las limitaciones descritas en 5.4.1.1.

5.4.1.1 Dimensiones de juntas. Las dimensiones de las soldaduras en ranura especificadas en 5.4.1 pueden variar en el diseño o en los detalles de los dibujos dentro de los límites o las tolerancias mostradas en la columna "como se detalla" de la Figura 5.1.

5.4.1.2 Respaldo. Las soldaduras en ranura con CJP precalificadas realizadas de un solo lado, excepto según se permita para estructuras tubulares, deben tener respaldo de acero.

5.4.1.3 Las soldaduras en ranura con CJP precalificadas detalladas sin espaciadores ni respaldo de acero pueden usar un respaldo que no sea de acero, según lo detallado en 7.9.3 cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- (1) El respaldo se retira después de la soldadura, y
- (2) La parte trasera de la soldadura está ramurada del lado opuesto al metal sólido y soldada por el respaldo.

Los procedimientos de soldadura para juntas con respaldo que no sea de acero, en el cual la soldadura se deja en las condiciones en que fue soldada sin ramurado del lado opuesto y soldadura del otro lado, no están precalificados.

5.4.1.4 Preparación de ranura de doble lado. Las ranuras en J y en U y el otro lado de las ranuras parcialmente soldadas en doble V y doble bisel pueden prepararse antes o después del montaje. Después del ramurado del lado opuesto, el otro lado de las juntas parcialmente soldadas en doble V o doble bisel deberían parecerse a una configuración de junta precalificada en U o en J en la raíz de la junta.

5.4.1.5 FCAW/GMAW en juntas SMAW. Las preparaciones de las ranuras detalladas para juntas SMAW precalificadas pueden usarse para GMAW o FCAW precalificadas.

5.4.1.6 Preparación de juntas en esquina. La preparación de la ranura externa para las juntas en esquina puede ser en cualquiera de los dos o en ambos miembros siempre que no se cambie la configuración básica de la ranura y se mantenga una distancia de borde adecuada para sostener las operaciones de soldadura sin fusión excesiva.

5.4.1.7 Aberturas de la raíz. Las aberturas de la raíz de la junta pueden variar como se menciona en 5.4.1.1 y 5.4.1.8. Sin embargo, en las soldaduras automáticas o mecanizadas que utilicen procesos FCAW, GMAW y SAW, la variación máxima de la abertura de la raíz (abertura mínima a máxima en el acoplamiento) no debe exceder de 1/8 pulg. [3mm]. Las variaciones superiores a 1/8 pulg. [3 mm] deben ser corregidas localmente antes de la soldadura automática o mecanizada.

5.4.1.8 Tolerancias de acoplamiento. Las tolerancias de acoplamiento de la Figura 5.1 pueden aplicarse a las dimensiones mostradas en el dibujo de detalle.

5.4.1.9 Preparación de la ranura en J y en U. Las ranuras en J y en U pueden prepararse antes o después del montaje.

5.4.2 Detalles de soldadura en ranura con penetración de junta parcial (PJP). Las WPS para soldaduras PJP que pueden utilizarse sin realizar el ensayo de calificación de WPS descrito en la Sección 6 deben cumplir con los detalles de la Figura 5.2 y están sujetas a las limitaciones descritas en 5.4.2.

5.4.2.1 Definición. Excepto por lo dispuesto en 10.10.2 y Figura 5.1 (B-I-S), las soldaduras en ranura sin respaldo de acero, soldadas de un lado y las soldaduras en ranura soldadas de ambos lados pero sin ramurado del lado opuesto se consideran soldaduras en ranura con penetración de junta parcial (PJP).

5.4.2.2 Dimensiones de juntas. Las dimensiones de las soldaduras en ranura especificadas en 5.4.2 pueden variar en el diseño o en los detalles de los dibujos dentro de los límites o las tolerancias mostradas en la columna “como se detalla” de la Figura 5.2.

5.4.2.3 Tamaños de soldadura precalificada. El tamaño de soldadura (S) de una ranura con PJP precalificada debe ser como se muestra en la Figura 5.2 para el proceso de soldadura específico, la designación de junta, el ángulo de ranura y la posición de soldadura propuestos para utilizar en la fabricación de soldaduras.

(1) El tamaño mínimo de soldadura con PJP en V simple o doble, biselada y en ranura en J y en U, tipos 2 a 9, debe ser según se muestra en la Tabla 5.5. El espesor del metal base debe ser suficiente para incorporar los requisitos de los detalles de la junta seleccionada, cumpliendo con las variaciones descritas en 5.4.2.2 y los requisitos de la Tabla 5.5.

(2) El espesor máximo del metal base no debe estar limitado.

(3) Los tamaños mínimos de la soldadura en ranura con PJP en escuadra B-P1 y de la soldadura de bisel abocinada BTC-P10 y B-P11 deben calcularse a partir de la Figura 5.2.

(4) Los planos del taller o de trabajo deben especificar las profundidades “D” de diseño de las ranuras aplicables al tamaño de la soldadura “(S)” requerido por 5.4.2.2. (Observe que este requisito no se debe aplicar a los detalles B-P1, BTC-P10 y B-P11)

5.4.2.4 FCAW/GMAW en juntas SMAW. Las preparaciones de las ranuras detalladas para juntas SMAW precalificadas pueden usarse para GMAW o FCAW precalificadas.

5.4.2.5 Preparación de juntas en esquina. La preparación de la ranura externa para las juntas en esquina puede ser en cualquiera de los dos o en ambos miembros siempre que no se cambie la configuración básica de la ranura y se mantenga una distancia de borde adecuada para sostener las operaciones de soldadura sin fusión excesiva.

5.4.2.6 Aberturas de la raíz. Las aberturas de la raíz de la junta pueden variar como se menciona en 5.4.2.2 y 5.4.2.7. Sin embargo, en las soldaduras automáticas o mecanizadas que utilicen procesos FCAW, GMAW y SAW, la variación máxima de la abertura de la raíz (abertura mínima a máxima en el acoplamiento) no debe exceder de 1/8 pulg. [3 mm]. Las variaciones superiores a 1/8 pulg. [3 mm] deben ser corregidas localmente antes de la soldadura automática o mecanizada.

5.4.2.7 Tolerancias de acoplamiento. Las tolerancias de acoplamiento de la Figura 5.2 pueden aplicarse a las dimensiones mostradas en el dibujo de detalle. Sin embargo, el uso de tolerancias de acoplamiento no exime al usuario de cumplir con los requisitos mínimos de tamaño de soldadura de 5.4.2.3(1).

5.4.2.8 Preparación de la ranura en J y en U. Las ranuras en J y en U pueden prepararse antes o después del montaje.

5.4.3 Detalles de la soldadura de filete. Ver la Tabla 7.7 para conocer los tamaños mínimos de soldadura en filete y la Figura 5.3 para ver los detalles de la junta con soldadura en filete precalificada.

5.4.3.1 Detalles (no tubulares). Ver Figuras 4.1, 4.7 y 4.9 para conocer las limitaciones de soldaduras en filete precalificadas.

5.4.3.2 Juntas en T oblicuas. Las juntas en T oblicuas deben cumplir con la Figuras 5.4 y 5.5.

5.4.3.3 Limitaciones de ángulos diedros. El lado obtuso de las juntas en T oblicuas con ángulos diedros mayores de 100° deben prepararse como se muestra en la Figura 5.4, Detalle C, para permitir la colocación de una soldadura del tamaño requerido. La cantidad de amolado o esmerilado, etc. de la Figura 5.4, Detalle C, no debe ser mayor que la necesaria para lograr el tamaño de soldadura requerido (W).

5.4.3.4 Tamaño mínimo de soldadura para juntas en T oblicuas. En el caso de juntas en T oblicuas, el tamaño mínimo de la soldadura para los Detalles A, B y C de la Figura 5.4 debe cumplir con la Tabla 7.7.

5.4.4 Requisitos de soldaduras de tapón y en ranura. Los detalles de las soldaduras de tapón y en ranura realizadas con los procesos SMAW, GMAW (excepto GMAW-S) o FCAW se describen en 4.4.5.1, 4.4.5.2, 4.4.5.4 y 4.10 y pueden ser utilizados sin realizar la calificación de WPS descrita en la Sección 6, siempre que se cumplan las disposiciones de 7.24.

Parte D ***Procesos de soldadura***

5.5 Procesos de soldadura

5.5.1 Procesos precalificados. Las WPS de SMAW, SAW, GMAW (excepto GMAW-S) y FCAW que cumplan con todas las disposiciones de la Sección 5 deben considerarse precalificadas y están, en consecuencia, aprobadas para su uso sin realizar los ensayos de calificación de WPS para el proceso. Para la precalificación de WPS, se exige el cumplimiento de todas las disposiciones aplicables de la Sección 5 (ver 5.1).

5.5.2 Procesos aprobados por el código. Las soldaduras ESW, EGW, GTAW y GMAW-S pueden ser utilizadas siempre que las WPS estén calificadas según los requisitos de la Sección 6. Observe que las limitaciones de las variables básicas en la Tabla 6.5 para GMAW se deben aplicar también a GMAW-S.

5.5.3 Otros procesos de soldadura. Es posible utilizar otros procesos de soldadura no cubiertos por 5.5.1 y 5.5.2, siempre que las WPS estén calificadas por los ensayos aplicables descritos en la Sección 6.

5.5.4 Fuentes de alimentación para GMAW y FCAW. Las GMAW y FCAW realizadas con WPS precalificadas deben ser llevadas a cabo usando fuentes de alimentación de voltaje constante (CV).

5.5.5 Requisitos comunes para pasada de raíz GMAW seguida de SAW de electrodo paralelo y electrodo múltiple. Las soldaduras pueden realizarse también en la raíz de las soldaduras en ranura o en filete con GMAW, seguidas por arcos sumergidos de electrodo paralelo o múltiple, siempre que:

- (1) La GMAW cumple con los requisitos de esta sección, y
- (2) El espaciado entre el arco GMAW y el siguiente arco SAW no exceda 15 pulg. [380 mm].

ANEXO 5. ENCUESTAS REALIZADAS

ENCUESTA

Estimado (a) Estudiante:

La presente encuesta tiene como objetivo recopilar información sobre los conocimientos que poseen sobre la tecnología de soldadura, los resultados servirán para un modelo de negocio que brinde una guía de capacitación en formación de gestores de soldadura.

Marque con una (X) la opción que considere.

1. ¿Conocen la tecnología de soldadura?

SI	1	<input checked="" type="checkbox"/>
NO	2	<input type="checkbox"/>

2. ¿Cuáles son los procesos de soldadura que conoce?

ELECTRODO	1	<input checked="" type="checkbox"/>
MIG Y ELECTRODO	2	<input checked="" type="checkbox"/>
TIG, MIG/MAG, ARCO SUMERGIDO	3	<input type="checkbox"/>

3. ¿Le interesaría aprender la tecnología y operación de procesos de soldadura?

SI	1	<input checked="" type="checkbox"/>
NO	2	<input type="checkbox"/>

4. ¿Usted ha pensado desenvolverse como soldador calificado?

SI	1	<input type="checkbox"/>
NO	2	<input checked="" type="checkbox"/>

5. ¿Tiene alguna experiencia como soldador?

SI	1	<input type="checkbox"/>
NO	2	<input checked="" type="checkbox"/>

6. ¿Qué actividades cree que son importantes en el proceso de soldadura?

Electrodo porque es el más común que se tiene.	1	<input checked="" type="checkbox"/>
MIG por el tipo de acabado y logra una menor escoria.	2	<input type="checkbox"/>
No tengo una respuesta clara.	3	<input type="checkbox"/>

Gracias por su colaboración.

ENCUESTA

Estimado Señor:

La presente encuesta tiene como objetivo recopilar información sobre los conocimientos que poseen sobre la tecnología de soldadura, los resultados servirán para un modelo de negocio que brinde una guía de capacitación en formación de gestores de soldadura.

Marque con una (X) la opción que considere.

1. ¿Usted construye estructuras metálicas en su taller/empresa?

SI	1	<input checked="" type="checkbox"/>
NO	2	<input type="checkbox"/>

2. ¿Qué dificultades se han presentado cuando planifica la construcción de estructuras metálicas?

Se les complica realizar una proforma exacta y saber sus utilidades	1	<input type="checkbox"/>
Tiene problemas en la ubicación de las tomas de corriente	2	<input type="checkbox"/>
Tienen problemas al evaluar su calidad en la suelda con los inspectores	3	<input checked="" type="checkbox"/>

3. ¿Qué tipo de trabajos en soldadura realiza?

Carpintería metálica en general	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Estructuras como pórticos, techos y graderíos metálicos	2	<input checked="" type="checkbox"/>
Edificaciones estructurales para construcción.	3	<input checked="" type="checkbox"/>
Soldadura de relleno para reconstrucción de piezas metálicas	4	<input type="checkbox"/>

4. ¿Qué conocimiento tiene al respecto del desarrollo de ensayos destructivos y no destructivos para calificar la soldadura?

Ningún ensayo	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Tintas penetrantes y ultrasonido	2	<input type="checkbox"/>
Radiografía industrial, ultrasonido y tintas penetrantes	3	<input type="checkbox"/>

5. ¿Qué factores considera para cotizar un trabajo de soldadura?

Tiempo que me llevara la soldadura y material invertido	1	<input checked="" type="checkbox"/>
La facilidad de acceso al área a soldar y si requeriré un equipo adicional para realizarla	2	<input type="checkbox"/>
La calidad y las especificaciones mínimas, que ensayos tendré que realizar para garantizarla	3	<input type="checkbox"/>

6. ¿Qué actividades secundarias establece al momento de soldar?

Cortar el material	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Asegurar la posición de suekda del material	2	<input type="checkbox"/>

Preparación de la junta	3	X
Limpieza del área de suelda	4	X
Ubicación e instalación de los equipos de soldadura	5	X

7. ¿Qué actividades cree que son fundamentales para el desarrollo de procesos de soldadura?

Limpieza y preparación de la junta	1	X
Calentamiento del electrodo	2	
Puentear en posición las piezas a soldar	3	X
Cuidado de los ojos y piel del arco de la suelda	4	X

8. ¿Cómo garantiza la calidad del cordón de soldadura en sus trabajos?

Limpieza y preparación de la Junta	1	X
Calentamiento del electrodo	2	
Puentear en posición las piezas a soldar	3	X

Gracias por su colaboración.

ENCUESTA

Estimado (a) Docente:

La presente encuesta tiene como objetivo recopilar información sobre los conocimientos que poseen sobre la tecnología de soldadura, los resultados servirán para un modelo de negocio que brinde una guía de capacitación en formación de gestores de soldadura.

Marque con una (X) la opción que considere.

1. ¿Ha enseñado la tecnología de soldadura en algún nivel de estudios de su institución educativa?

SI	1	<input checked="" type="checkbox"/>
NO	2	<input type="checkbox"/>

2. ¿Cuántos años ha enseñado la tecnología en soldadura?

1 a 5 años	1	<input type="checkbox"/>
5 años a 10 años.	2	<input checked="" type="checkbox"/>
más de 10 años	3	<input type="checkbox"/>

3. ¿Enumere procesos de soldadura conoce?

TIG, MIG/MAG, Arco Sumergido.	1	<input checked="" type="checkbox"/>
MIG y electrodo	2	<input checked="" type="checkbox"/>
Electrodo	3	<input type="checkbox"/>

4. ¿Qué actividades cree que son importantes en el proceso de soldadura?

Calentar el electrodo en material aparte a la junta.	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Ángulos de la junta y separación de la Junta	2	<input checked="" type="checkbox"/>
Limpieza de las piezas a soldar	3	<input checked="" type="checkbox"/>
Calibración de amperaje de acuerdo a la junta	4	<input checked="" type="checkbox"/>

5. ¿Qué conocimiento tiene al respecto del desarrollo de ensayos destructivos y no destructivos para calificar la soldadura?

Tintas Penetrantes	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Ultrasonido	2	<input checked="" type="checkbox"/>
Partículas metálicas	3	<input type="checkbox"/>
Radiografía industrial	4	<input type="checkbox"/>

6. ¿Qué proceso de soldadura recomendaría para la construcción de estructuras metálicas?

Una buena preparación de la junta y limpieza	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Uso de personal calificado para la suelda	2	<input checked="" type="checkbox"/>
Estudiar los parámetros de la soldadura para una buena penetración	3	<input type="checkbox"/>

Utilización de máquinas de soldar con amperaje real y no trucado	4	
Seguridad del soldador en el momento de soldar	5	

7. ¿Qué procesos son esenciales para garantizar la calidad del cordón de suelda?

Limpieza de la junta a soldar.	1	X
Calidad de los electrodos a soldar y su precalentamiento	2	
Preparación de la junta y buena penetración	3	X
Soldador capacitado para la soldadura	4	X
Control de parámetros como comodidad al momento de soldar	5	X

Gracias por su colaboración.