



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGIENERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGIENERIA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGIENERO CIVIL**

TEMA

**VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA AWS D1.1 EN LA
CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS DE
ALTURA EN EL NORTE DE GUAYAQUIL.**

TUTOR

Mgtr. July Herrera Valencia

AUTORES

CAÑIZARES VILLAGRAN MARIANO VICENTE

VILLACRÉS GARCÍA DAVID MARCELO

GUAYAQUIL

2023

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS		
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Verificación del cumplimiento de la norma AWS D1.1 en la construcción y montaje de estructuras metálicas de altura en el norte de Guayaquil		
AUTOR/ES: Cañizares Villagrán Mariano Vicente Villacrés García David Marcelo	TUTOR: Mgtr. Jully Herrera Valencia	
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero Civil.	
FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION	CARRERA: INGIENERIA CIVIL	
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2023	N. DE PÁGS: 183	
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción.		
PALABRAS CLAVE: Visualización de datos, Normativa, Material de Construcción, Diseño estructural		
RESUMEN: Esta investigación tiene como objetivo elaborar un formulario para la inspección visual que se ejecutará a diez obras con estructura metálica en proceso constructivo del norte de Guayaquil. Esta inspección permite evaluar y documentar el cumplimiento de la norma AWS D1.1 que en su sección dos determina todos requisitos obligatorios de la normativa, en su sección cinco enumera los requisitos para el proceso de soldadura, mientras que la sección seis describe los ensayos requeridos. Esta información permite plantear 30 puntos de inspección visual muy importantes para verificar si se acata o no la normativa en la ciudad.		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>

CONTACTO CON AUTOR/ES: Cañizares Villagrán Mariano Vicente Villacrés García David Marcelo	Teléfono: 0994563740 0979279792	E-mail: mcanizaresv@ulvr.edu.ec dvillacresg@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Mg. Genaro Gaibor E. Decano Teléfono: (04)2596500 Ext. 241 E-mail: ggaibore@ulvr.edu.ec Mgr. Alexis Valle B. Director Ingeniería Civil. Teléfono: (04)2596500 Ext. 242 E-mail: avalleb@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUD

2/8/23, 23:04

Turnitin - Informe de Originalidad - VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA AWS...

[Visualizador de documentos](#)

Turnitin Informe de Originalidad

Procesado el: 02-ago.-2023 22:43 -05
Identificador: 2140672574
Número de palabras: 41935
Entregado: 1

VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA AWS... Por Mariano Y David Cañizares Y Villacres

Índice de similitud	Similitud según fuente
5%	Internet Sources: 4% Publicaciones: 0% Trabajos del estudiante: 1%

excluir citas Excluir bibliografía excluir las coincidencias menores modo:
ver informe en vista quickview (vista clásica) imprimir actualizar descargar

1% match (trabajos de los estudiantes desde 24-ene.-2023)
[Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC on 2023-01-24](#) ✕

1% match (Internet desde 09-sept.-2021)
<http://16streets.com> ✕

1% match ()
[GUTIERREZ CHUQUISPUMA, ROGGERS JAMES. "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 TALARA", Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, 2017](#) ✕

1% match (Internet desde 24-sept.-2022)
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/48372/G%c3%b3mez_HWC-Bello_SCA-SD.pdf?isAllowed=y&sequence=1 ✕

1% match (Internet desde 18-dic.-2022)
https://kupdf.net/download/aws-d14-4_58ffb8a7dc0d60b07d959ed7_pdf ✕

<1% match (trabajos de los estudiantes desde 04-abr.-2023)
[Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC on 2023-04-04](#) ✕

<1% match ()
[Vargas Triveño, Jossep Jefferson. "Control De Calidad Aplicado A La Fabricación De Estructuras Metálicas Del Proyecto Modernización De La Refinería Talara \(Pmrt\) Guiado De La Norma Aws D1.1", Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, 2017](#) ✕

<1% match (Internet desde 09-ene.-2023)
https://kupdf.net/download/nrf-100-pemex-2009-pdf_5afb62f5e2b6f53d7b7badf9_pdf ✕

<1% match ()
<http://clerccenter2.gallaudet.edu> ✕

https://www.turnitin.com/newreport_classic.asp?lang=es&oid=2140672574&ft=1&bypass_cv=1

1/55

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados **Cañizares Villagrán Mariano Vicente, Villacrés García David Marcelo**, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, **Verificación del cumplimiento de la norma AWS D1.1 en la construcción y montaje de estructuras metálicas de altura en el norte de Guayaquil**, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores

Firma: 
Cañizares Villagrán Mariano Vicente

C.I.: 0916757990

Firma: 
Villacrés García David Marcelo

C.I.: 0913625497

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación **Verificación del cumplimiento de la norma AWS D1.1 en la construcción y montaje de estructuras metálicas de altura en el norte de Guayaquil**, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de **FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION** de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: **Verificación del cumplimiento de la norma AWS D1.1 en la construcción y montaje de estructuras metálicas de altura en el norte de Guayaquil** presentado por los estudiantes **Cañizares Villagrán Mariano Vicente, Villacrés García David Marcelo**, como requisito previo, para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:

Mgtr. Jully Herrera Valencia

C.C. 0916201569

AGRADECIMIENTO

Mi mayor agradecimiento es a Dios, a mis padres, a mis hijos, a mis profesores, a mis amigos, al Ing. Walter Egas quien me ha brindado su confianza y compartió sus conocimientos durante todo el tiempo que he laborado en su empresa Tecsa S.A.

Gracias a todos por su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento, son ellos en quien yo pude confiar y ellos confiar en mí, y así estar cumpliendo esta meta pero sé que este es un paso pequeño que estoy dando, aún hay mucho que hacer y muchas más metas por alcanzar.

Mariano Vicente Cañizares Villagrán

Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo. A mis padres, mis hermanos, mi hijo, mis tíos, mi esposa y de una manera muy especial y significativa a mi abuela Marina Apolo Carrión y a mi tío Arturo García Apolo quienes me apoyaron constante y persistentemente para lograr este objetivo, porque fomentaron en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida.

Espero contar siempre con todo su apoyo valioso e incondicional

David Marcelo Villacrés García

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres:

Sra. Leonor Marcela Villamar Veliz

Sr. Mariano Cañizares Rodríguez.

A mi madre por su apoyo, bendición y darme la seguridad emocional, por procurar mantenerme siempre por el lado correcto en la vida. Te quiero, te amo, eres la mejor mamá que Dios me pudo dar.

A mi padre por su fuerza para sobresalir en la vida, apoyo incondicional, por darme la confianza infinita porque pese a su discapacidad física siempre fue un ejemplo de vida y siempre estuvo cuando lo necesitaba.

A Mis hijos, Bryan, Kerly y Alejandro que son mis bendiciones.

Mariano Vicente Cañizares Villagrán

La presente tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera, a mis padres, hermanos, hijo, sobrinos, tíos, a mi esposa por darme su confianza y amor incondicional, a todos que estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y consejos para ser de mí una mejor persona. A mi abuela Marina Apolo Carrión que físicamente no está con nosotros pero desde el cielo nos cuida y nos protege

David Marcelo Villacrés García

“VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA AWS D1.1 EN LA CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS DE ALTURA EN EL NORTE DE GUAYAQUIL”

Autor(es): Mariano Vicente Cañizares Villagrán - David Marcelo Villacrés García

Tutor: Mgtr. July Herrera Valencia

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo elaborar un formulario para la inspección visual que se ejecutará a diez obras con estructura metálica en proceso constructivo del norte de Guayaquil. Esta inspección permite evaluar y documentar el cumplimiento de la norma AWS D1.1 que en su sección dos determina todos requisitos obligatorios de la normativa, en su sección cinco enumera los requisitos para el proceso de soldadura, mientras que la sección seis describe los ensayos requeridos. Esta información permite plantear 30 puntos de inspección visual muy importantes para verificar si se acata o no la normativa en la ciudad.

La inspección visual es un proceso que se debe realizar constantemente, para las estructuras metálicas, mucho más si están expuestas y no tienen el respectivo mantenimiento. De esta manera podemos brindar un criterio técnico que permita prolongar la vida útil de la estructura.

Palabras Claves: Visualización de datos, Normativa, Material de Construcción, Diseño estructural.

**“VERIFICATION OF COMPLIANCE WITH THE AWS D1.1 STANDARD IN
THE CONSTRUCTION AND ASSEMBLY OF TALL METAL STRUCTURES IN
THE NORTH OF GUAYAQUIL”**

Author(s): Mariano Vicente Cañizares Villagrán - David Marcelo Villacrés García

Advisor: Mgtr. July Herrera Valencia

ABSTRACT

The objective of this research is to develop a form for the visual inspection that will be carried out on ten works with a metallic structure in the construction process in the north of Guayaquil. This inspection makes it possible to evaluate and document compliance with the AWS D1.1 standard, which in section two determines all the mandatory requirements of the regulation, section five lists the requirements for the welding process, while section six describes the required tests. This information makes it possible to propose 30 very important visual inspection points to verify whether or not the regulations are followed in the city.

Visual inspection is a process that must be carried out constantly, for metal structures, much more if they are exposed and do not have the respective maintenance. In this way we can provide a technical criterion that allows prolonging the useful life of the structure.

Keywords: Data visualización, Regulations, Construction material, Structural design.

2.2.2.3.2 Detalles de soldadura en ranura con penetración de junta parcial.	47
2.2.2.3.3 Detalles de la soldadura de filete.	49
2.2.2.3.4 Requisitos de soldaduras de tapón y en ranura	53
2.2.2.4 Parte D – Procesos de soldadura	54
2.2.2.5 Parte E – Metales de aporte y gases de protección	54
2.2.2.5.1 Resistencia del metal de aporte.	55
2.2.2.5.2 Requisitos del acero resistente al ambiente (corrosión atmosférica)	55
2.2.2.5.3 Gas de protección.	56
2.2.2.6 Parte F – Temperaturas de precalentamiento y entre pasadas	58
2.2.2.6.1 Requisitos mínimos de temperatura de precalentamiento y entre pasadas.	58
2.2.2.6.2 Combinación metal base/espesor.	59
2.2.2.6.3 Temperaturas alternativas de precalentamiento y entre pasadas en SAW.	60
2.2.2.6.3.1 Requisitos de dureza.	60
2.2.2.7 Parte G – Requisitos de WPS	61
2.2.2.7.1 Requisitos generales de WPS.	61
2.2.2.7.1.1 Requisitos de soldadura vertical ascendente.	61
2.2.2.7.1.2 Limitación de variables.	61
2.2.2.8 Parte H – Tratamiento térmico posterior a la Soldadura	62
2.2.3 La sección 6	63
2.2.3.1 Alcance	63
2.2.3.2 Generalidades	63
2.2.3.2.1 Especificación del procedimiento de soldadura (WPS).	63
2.2.3.2.2 Calificación de desempeño del personal de soldadura.	64
2.2.3.2.3 Periodo de efectividad.	65
2.2.3.3 Requisitos comunes para calificación de la WPS y de personal de soldadura	65
2.2.3.3.1 Calificación según ediciones previas.	65
2.2.3.3.2 Envejecimiento.	66
2.2.3.3.3 Registros.	66
2.2.3.3.4 Posiciones de las soldaduras.	66

2.2.3.4 Posiciones calificadas de soldadura de producción	70
2.2.3.5 Tipo de ensayos de calificación	70
2.2.3.6 Tipos de soldadura para la calificación de WPS	72
2.2.3.7 Preparación de WPS	72
2.2.3.8 Variables esenciales	72
2.2.3.8.1 SMAW, SAW, GMAW, GTAW y FCAW.	72
2.2.3.8.2 ESW y EGW.	76
2.2.3.8.3 Calificación de metal base.	77
2.2.3.8.4 Temperaturas de precalentamiento y entre pasadas.	81
2.2.3.8.5 Entrada de calor.	81
2.2.3.8.6 Entrada de calor máxima para WPS de múltiples posiciones.	83
2.2.3.8.7 Medición de la energía o potencia instantánea total.	83
2.2.3.9 Requisitos de WPS para soldadura de producción utilizando WPS existentes sin forma de onda o con forma de onda	83
2.2.3.10 Métodos de ensayo y criterios de aceptación para la calificación de la WPS	84
2.2.3.10.1 Inspección visual de las soldaduras.	88
2.2.3.10.2 NTD.	89
2.2.3.10.2 Ensayos mecánicos.	90
2.2.3.10.3 Prueba de macroataque.	94
2.2.3.10.4 Repetición del ensayo.	95
2.2.3.11 Soldaduras en ranura con CJP	96
2.2.3.12 Soldaduras en ranura con PJP	96
2.2.3.12.1 Calificación de WPS de PJP: Método 1.	96
2.2.3.12.2 Calificación de WPS de PJP: Método 2.	97
2.2.3.12.3 Calificación de WPS de PJP: Método 3.	98
2.2.3.12.4 Calificación de una WPS de PJP para soldadura en ranura abocinada.	98
2.2.3.13 Soldaduras en filete	99
2.2.3.13.1 Tipo y cantidad de probetas.	99
2.2.3.13.2 Ensayo de soldadura en filete.	99
2.2.3.13.3 Ensayo de verificación de consumibles.	100
2.2.3.14 Soldaduras de tapón y en ranura.	103
2.2.3.15 Procesos de soldadura que requieren calificación	103

2.2.3.15.1 GTAW, GMAW-S, ESW y EGW.....	103
2.2.3.15.2 Otros procesos de soldadura.	104
2.2.3.16 Calificación de desempeño	104
2.2.3.16.1 Posiciones calificadas de la soldadura para la producción	105
2.2.3.16.2 Espesores y diámetros de producción calificados	105
2.2.3.17 Tipo de ensayos de calificación requeridos.....	107
2.2.3.17.1 Soldadores y operarios de soldadura.....	107
2.2.3.18 Tipos de soldadura para la calificación de desempeño de soldadores y operarios de soldadura	113
2.2.3.20 Variables esenciales	114
2.2.3.21 Soldaduras en ranura con CJP para conexiones tubulares	114
2.2.3.21.1 Placas de calificación del soldador.	115
2.2.3.21.2 Placas de ensayo para la calificación del operario de soldadura	115
2.2.3.22 Alcance de la calificación	116
2.2.3.22.1 Soldaduras en ranura con PJP para conexiones no tubulares.	116
2.2.3.22.2 Soldaduras en filete para conexiones no tubulares.	116
2.2.3.22.3 Soldaduras de tapón y en ranura.	116
2.2.3.23 Métodos de ensayo y criterios de aceptación para la calificación de soldadores y operarios de soldadura	116
2.2.3.23.1 Inspección visual.....	116
2.2.3.23.2 Prueba de macroataque.....	116
2.2.3.23.3 RT.....	117
2.2.3.23.4 Prueba de rotura de soldadura en filete.	118
2.2.3.24 Método de ensayo y criterios de aceptación para la calificación del soldador de punteado	120
2.2.3.24.1 Criterios de aceptación visual.	120
2.2.3.24.2 Criterios de aceptación para ensayos destructivos.	120
2.2.3.25 Repetición del ensayo.....	121
2.2.3.25.1 Requisitos para volver a realizar las pruebas del soldador y el operario de soldadura.....	121
2.2.3.25.2 Requisitos de la repetición de la prueba del soldador punteador	122

2.2.3.26 Generalidades: Ensayo con el péndulo de Charpy	122
2.2.3.26.1 Aplicación.	122
2.2.3.26.2 Normas de prueba.	122
2.2.3.26.3 Requisitos de la prueba.	123
2.2.3.27 Ensayos CVN	124
2.2.3.27.1 Ubicaciones de ensayo.	124
2.2.3.27.2 Cantidad de probetas.	125
2.2.3.27.3 Tamaño de la probeta.	125
2.2.3.27.4 Procedimiento para ubicar la muesca.	126
2.2.3.27.5 Temperatura de ensayo con el péndulo de Charpy (CVN).	127
2.2.3.27.6 Uso de probetas de CVN de tamaño inferior	127
2.2.3.27.7 Criterios de aceptación.	128
2.2.3.27.8 Repeticiones de ensayos.	128
2.2.3.28 Combinación de soldaduras por arco con electrodo de núcleo fundente auto protegida (FCAW-S) con Otros Procesos de Soldadura en una Junta simple	129
2.2.3.28.1 Variables del metal de aporte.	129
2.2.3.28.2 Detalles de la placa de ensayo.	129
2.2.3.28.3 Soldadura de la placa de ensayo.	130
2.2.3.28.4 Probetas de ensayo requeridas.	130
2.2.3.28.5. Ubicación de la probeta de CVN.	130
2.2.3.28.6. Criterios de aceptación.	131
2.2.3.29 Tratamiento térmico posterior a la soldadura	131
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO.....	132
3.1 Enfoque de la investigación	132
3.2 Alcance de la investigación.	132
3.3 Técnica e instrumentos	132
3.4 Población y muestra	132
3.5 Encuesta.....	133
CAPÍTULO IV PROPUESTA O INFORME	138
4.1 Presentación y análisis de resultados	142
4.1.1 Punto 1 Tiene WPS para los procesos de soldadura	142
4.1.2 Punto 2 Los soldadores tienen certificados técnicos	142
4.1.3 Punto 3 Existen planos con el diseño estructural	143

4.1.4 Punto 4 Montaje estructural acorde a planos	143
4.1.5 Punto 5 Realizan inspecciones continuamente	144
4.1.6 Punto 6 Realizaron ensayos en el proceso constructivo	144
4.1.7 Punto 7 Electrodo SMAW certificados.....	145
4.1.8 Punto 8 Material respaldo acorde a espesores de la normativa	145
4.1.9 Punto 9 Espesor nominal para sección HSS.....	146
4.1.10 Punto 10 Perímetro exterior para sección HSS.....	146
4.1.11 Punto 11 Soldadura en condiciones estables	147
4.1.12 Punto 12 Metal base con Superficies uniformes	147
4.1.13 Punto 13 Limpieza antes de comenzar a soldar.....	148
4.1.14 Punto 14 Correcto almacenado de electrodos	148
4.1.15 Punto 15 Electrodo de bajo hidrogeno en recipientes	149
4.1.16 Punto 16 Soldadores tienen conocimiento del WPS	149
4.1.17 Punto 17 Respaldos de acero soldados de forma continua	150
4.1.18 Punto 18 Corte térmico dentro de las líneas prescritas	150
4.1.19 Punto 19 Orificios de acceso para transición suave	151
4.1.20 Punto 20 Apuntados no removidos son visualmente inspeccionados	151
4.1.21 Punto 21 Dirección de soldadura desde partes fijas	152
4.1.22 Punto 22 Alineamiento de los componentes	152
4.1.23 Punto 23 No se realiza Martillado en la raíz o en la capa superficial de la soldadura.....	153
4.1.24 Punto 24 Soldadura termina en el extremo de la unión.....	153
4.1.25 Punto 25 Soldadura a tope tienen acabado nivelado	154
4.1.26 Punto 26 Respaldos no deben ubicarse en las esquinas	154
4.1.27 Punto 27 Para eliminar o reparar se aplican procesos aceptados por la norma AWS D1.1	155
4.1.28 Punto 28 Caras de soldaduras filete pueden ser ligeramente convexas	155
4.1.29 Punto 29 Grietas en las soldaduras	156
4.1.30 Punto 30 Retiro de escoria y cepillado de soldadura	156
CONCLUSIONES	157
RECOMENDACIONES	158
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Propiedades a tensión.....	10
Tabla 2	Requisitos de WPS precalificadas.....	28
Tabla 3	Metales base aprobados para WPS precalificadas Grupo I.....	30
Tabla 4	Metales base aprobados para WPS precalificadas Grupo II.....	30
Tabla 5	Metales base aprobados para WPS precalificadas Grupo III.....	31
Tabla 6	Soldadura en ranura en escuadra con junta a tope 1.....	34
Tabla 7	Soldadura en ranura en escuadra con junta a tope 2.....	35
Tabla 8	Soldadura en ranura en escuadra con junta en esquina a tope.....	35
Tabla 9	Soldadura en ranura de doble V con junta a tope.....	36
Tabla 10	Soldadura en ranura con bisel simple en T con junta a tope.....	36
Tabla 11	Soldadura en ranura con doble bisel junta en T a tope.....	37
Tabla 12	Soldadura simple de ranura en U con junta a tope.....	37
Tabla 13	Soldadura en ranura de doble U con junta a tope.....	38
Tabla 14	Soldadura simple en ranura en J con junta T en la esquina a tope..	38
Tabla 15	Soldadura en ranura de doble J con junta en T a tope.....	39
Tabla 16	Soldadura en ranura con bisel abocinado con junta en esquina a tope	40
Tabla 17	Soldadura en ranura abocinada en V con junta a tope.....	40
Tabla 18	Soldadura en ranura en escuadra con junta a tope.....	41
Tabla 19	Soldadura en ranura en escuadra con junta a tope.....	41
Tabla 20	Soldadura simple en ranura en V con junta a tope en esquina.....	42
Tabla 21	Soldadura en ranura de doble V con junta a tope.....	42
Tabla 22	Soldadura en ranura con bisel simple con junta en esquina T a tope	43
Tabla 23	Soldadura en ranura con doble bisel con junta en T a tope.....	43
Tabla 24	Soldadura simple de ranura en U con junta a tope.....	44
Tabla 25	Soldadura simple de ranura en U con junta a tope.....	44
Tabla 26	Soldadura simple en ranura en J con junta a tope.....	45
Tabla 27	Soldadura en ranura de doble J con junta en esquina a tope.....	45
Tabla 28	Soldadura en ranura con bisel abocinado con junta a tope.....	46

Tabla 29 Soldadura en ranura con bisel abocinado con junta a tope	47
Tabla 30 Tamaño mínimo precalificado de las soldaduras en ranura con PJP	48
Tabla 31 Tamaños mínimos de soldaduras en filete	50
Tabla 32 Detalles de la junta de soldadura en filete precalificada	50
Tabla 33 Metales de aporte y gases de protección	54
Tabla 34 Relaciones de resistencia metal base/metal.....	55
Tabla 35 Requisitos de metal de aporte para aplicaciones descubiertas expuestas para aceros	55
Tabla 36 Temperatura precalificada mínima de precalentamiento y entre pasadas Categoría A	57
Tabla 37 Temperatura precalificada mínima de precalentamiento y entre pasadas Categoría B	58
Tabla 38 Temperatura precalificada mínima de precalentamiento y entre pasadas Categoría C	58
Tabla 39 Temperatura precalificada mínima de precalentamiento y entre pasadas Categoría D	59
Tabla 40 Temperatura precalificada mínima de precalentamiento y entre pasadas Categoría E	59
Tabla 41 Calificación de la WPS—Soldaduras en ranura con CJP: Número y tipo de probetas de ensayo y rango de espesor calificado	70
Tabla 42 Soldaduras en ranura con PJP: Número y tipo de probetas de ensayo y rango de espesor calificado.....	71
Tabla 43 Soldaduras en filete: Número y tipo de probetas de ensayo y rango de espesor calificado	71
Tabla 44 Cambios de variables esenciales de Registro de la Calificación del Procedimiento (PQR) que requieren recalificación de la WPS para los procesos SMAW, SAW, GMAW, FCAW y GTAW.....	72
Tabla 45 Cambios de variables esenciales complementarias de PQR para aplicaciones de ensayo con el péndulo de Charpy (CVN) que requieren recalificación de la WPS para los procesos SMAW, SAW, GMAW, FCAW, GTAW y ESW/EGW.....	75
Tabla 46 Cambios de variables esenciales de PQR que requieren recalificación de la WPS para ESW o EGW	76
Tabla 47 Aceros no enumerados calificados por PQR	78

Tabla 48 Metales base y metales de aporte aprobados por el código que requieren calificación según la Sección 6.....	78
Tabla 49 Calificación del soldador y operario de soldadura—Posiciones de soldadura de producción calificadas por ensayos de placa	105
Tabla 50 Calificación del soldador y operario de soldadura—Cantidad y tipo de probetas y rango de espesor y diámetro calificados (dimensiones en pulgadas)	106
Tabla 51 Cambios de variables esenciales del desempeño del personal de soldadura que requiere recalificación	114
Tabla 52 Reducción de la temperatura del ensayo con el péndulo de Charpy (CVN).....	126
Tabla 53 Criterios de aceptación para ensayo de Charpy entalla en V para varias probetas de tamaño reducido	128
Tabla 54 Variables esenciales de los metales de aporte—Sustrato/Raíz de FCAW	129
Tabla 55 Edificaciones a encuesta visual.....	133
Tabla 56 Formato para la inspección visual de trabajos de soldaduras en estructuras metálicas	137
Tabla 57 Resultados de la Inspección visual a las obras	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cinturón de Fuego del Pacífico.	2
Figura 2 Soldadura arco eléctrico protegido.....	15
Figura 3 Detalle de soldadura por arco eléctrico	15
Figura 4 Partes de un electrodo	16
Figura 5 Proceso de soldadura Oxiacetilénica	17
Figura 6 Descripción del proceso de soldadura por resistencia eléctrica.....	19
Figura 7 Esquema de una máquina de soldar por puntos	20
Figura 8 Esquema de la soldadura de costura	20
Figura 9 Esquema de la soldadura a tope.....	21
Figura 10 Soldadura en filete	51
Figura 11 Tamaño máximo de la soldadura en filete a lo largo de los bordes de las juntas traslapadas	51

Figura 12 Soldaduras de filete cargadas transversalmente	51
Figura 13 Detalles de la junta en T oblicua precalificada (no tubular)	52
Figura 14 Junta en esquina, en T y en ranura con CJP precalificada	53
Figura 15 Cordón de soldadura en donde la profundidad y el ancho exceden el ancho de la cara de soldadura.	62
Figura 16 Posiciones de soldaduras en ranura	67
Figura 17 Posiciones de soldaduras en filete	68
Figura 18 Posiciones de placas de ensayo para soldaduras en ranura	69
Figura 19 Posiciones de placas de ensayo para soldaduras en filete.....	69
Figura 20 Ubicación de probetas en placas de ensayo soldadas—ESW y EGW— Calificación de la WPS	84
Figura 21 Ubicación de probetas en placas de ensayo soldadas de más de 3/8 pulgadas [10 mm] de espesor—Calificación de la WPS.....	85
Figura 22 Ubicación de probetas en placas de ensayo soldadas de 3/8 pulgadas [10 mm] de espesor y menos—Calificación de la WPS	85
Figura 23 Probetas de doblado de cara y raíz.....	86
Figura 24 Probetas de doblado lateral	87
Figura 25 Probetas de tracción de sección reducida	87
Figura 26 Probetas de tracción de metal de soldadura	88
Figura 27 Plantilla guía para ensayo de doblado guiado	90
Figura 28 Plantilla guía para ensayo de doblado guiado envolvente alternativa	91
Figura 29 Plantilla guía para ensayo de doblado guiado alternativo con rodillos para expulsión de la probeta por la parte inferior	92
Figura 30 Conjuntos de prueba de macroataque para la determinación del tamaño de la soldadura con PJP.....	97
Figura 31 Ensayos de solidez de la soldadura en filete para calificación de la WPS	100
Figura 32 Ubicación de la probeta en placa de ensayo soldada de 1 pulgada [25 mm].....	101
Figura 33 Placa de ensayo para espesor ilimitado—Calificación del operario soldador y ensayos de verificación de consumibles de soldadura en filete	102
Figura 34 Placa de ensayo para espesor ilimitado—Calificación del soldador y ensayos de verificación de consumibles de soldadura en filete.....	108

Figura 35 Placa de ensayo opcional para espesor ilimitado—Posición horizontal	109
Figura 36 Placa de ensayo para espesor limitado—Todas las posiciones	109
Figura 37 Placa de ensayo opcional para espesor limitado—Posición horizontal	110
Figura 38 Placa de ensayo de doblado de la raíz de soldadura en filete	111
Figura 39 Junta a tope para calificación del operario de soldadura—ESW y EGW	112
Figura 40 Probeta de rotura de soldadura en filete—Calificación del soldador de punteado	113
Figura 41 Placa de ensayo de rotura de soldadura en filete y macroataque—Calificación del soldador o del operario de soldadura	119
Figura 42 Método de rotura de probeta—Calificación del soldador de punteado	120
Figura 43 Ubicaciones de la probeta de ensayo de CVN	125
Figura 44 Formato de Inspección Visual	134
Figura 45 Tareas de Inspección de empernado	134
Figura 46 Tareas de Inspección durante el empernado	135
Figura 47 Tareas de Inspección Visual durante la Soldadura.....	135
Figura 48 Formato de Inspección Visual.	136

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1 Análisis Punto 1	142
Gráfico 2 Punto 2 Los soldadores tienen certificados técnicos	142
Gráfico 3 Punto 3 Existen planos con el diseño estructural	143
Gráfico 4 Punto 4 Montaje estructural acorde a planos	143
Gráfico 5 Punto 5 Realizan inspecciones continuamente	144
Gráfico 6 Punto 6 Realizaron ensayos en el proceso constructivo	144
Gráfico 7 Punto 7 Electrodo SMAW certificados.....	145
Gráfico 8 Punto 8 Material respaldo acorde a espesores de la normativa	145
Gráfico 9 Punto 9 Espesor nominal para sección HSS.....	146
Gráfico 10 Punto 10 Perímetro exterior para sección HSS.....	146
Gráfico 11 Punto 11 Soldadura en condiciones estables	147

Gráfico 12 Punto 12 Metal base con Superficies uniformes	147
Gráfico 13 Punto 13 Limpieza antes de comenzar a soldar	148
Gráfico 14 Punto 14 Correcto almacenado de electrodos	148
Gráfico 15 Punto 15 Electrodo de bajo hidrogeno en recipientes	149
Gráfico 16 Punto 16 Soldadores tienen conocimiento del WPS	149
Gráfico 17 Punto 17 Respaldos de acero soldados de forma continua	150
Gráfico 18 Punto 18 Corte térmico dentro de las líneas prescritas	150
Gráfico 19 Punto 19 Orificios de acceso para transición suave	151
Gráfico 20 Punto 20 Apuntados no removidos son visualmente inspeccionados	151
Gráfico 21 Punto 21 Dirección de soldadura desde partes fijas	152
Gráfico 22 Punto 22 Alineamiento de los componentes	152
Gráfico 23 Punto 23 No se realiza Martillado en la raíz o en la capa superficial de la soldadura	153
Gráfico 24 Punto 24 Soldadura termina en el extremo de la unión	153
Gráfico 25 Punto 25 Soldadura a tope tienen acabado nivelado	154
Gráfico 26 Punto 26 Respaldos no deben ubicarse en las esquinas	154
Gráfico 27 Punto 27 Para eliminar o reparar se aplican procesos aceptados por la norma AWS D1.1	155
Gráfico 28 Punto 28 Caras de soldaduras filete pueden ser ligeramente convexas	155
Gráfico 29 Punto 29 Grietas en las soldaduras	156
Gráfico 30 Punto 30 Retiro de escoria y cepillado de soldadura	156

INTRODUCCIÓN

Ecuador está ubicado en una zona con alto nivel de actividad sísmica, por lo que sus construcciones deben ser tratar de mitigar los efectos de estos posibles desastres naturales. Pero el sistema constructivo ha evolucionado con técnicas y métodos que brindan ventajas en costos y tiempos de ejecución de la obra, como lo es al trabajar con estructura metálica.

Para las construir con estructura metálico se debe cumplir con varias normas antes, durante y después del trabajo, que deben pasar por una inspección técnica para verificar el cumplimiento de las normativas, razón por la cual se plantea este trabajo de investigación para verificar del cumplimiento de la Norma AWS D1.1 en la construcción y montaje de estructuras metálicas de altura en el norte de Guayaquil.

Este proyecto investigativo consiste en revisar las secciones de la norma para elaborar un formulario que permita documentar el cumplimiento de las secciones dos, cinco y seis de la norma AWS D1.1 mediante una inspección visual a 10 obras en el norte de la ciudad.

Después de la inspección visual a las obras y la verificación de la norma AWS D1.1 en 30 puntos del formulario para inspección visual que se elaboró, tenemos que de las 10 construcciones con estructura metálica del norte de la ciudad, deja como resultado 169/300 puntos que Cumplen con la normativa, esto es un 56.33% de cumplimiento.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Verificación del cumplimiento de la Norma AWS D1.1 en la construcción y montaje de estructuras metálicas de altura en el norte de Guayaquil.

1.2 Planteamiento del Problema:

Ecuador es uno de los países que están sobre el Cinturón de Fuego del Pacífico, llamado así porque abarca toda la costa sobre el océano del mismo nombre iniciando al sur del continente americano en Chile, avanza por Centroamérica, recorre México y Estado Unidos hasta el continente asiático por Rusia, Japón y las Filipinas llegando al continente las costas de Nueva Zelanda en el continente australiano, como se puede ver el recorrido en la Figura 1.

Figura 1
Cinturón de Fuego del Pacífico.



Fuente: (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2020)

Debido a esto, Ecuador debe reforzar sus técnicas constructivas y tratar de mitigar lo más posible los efectos de los desastres naturales como el terremoto que sufrió la zona costera del país en abril del 2016, pero esta tarea se inicia recopilando información, evaluando datos, creando estadísticas y de esta manera establecer normas de construcción que resguarden la integridad de las personas.

En la actualidad las construcciones en el país se ejecutan con el sistema de estructura metálica para presupuestos y programaciones de la obra siendo de gran utilidad para los constructores. Pero existen normas como las AWS D1.1 para los edificios que se construyen con elementos estructurales metálicos que se sueldan en altura, que fue incluida en el reglamento técnico ecuatoriano mediante la “resolución No. 058-2009 del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)” (Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), 2016)

Con lo mencionado se genera el proyecto de “Verificación del cumplimiento de la Norma AWS D1.1 en la construcción y montaje de estructuras metálicas de altura en el norte de Guayaquil”. Para elaborar el formato guía para la inspección visual de las juntas soldadas, para facilitar el trabajo a los agentes del control.

1.3 Formulación del Problema:

En las construcciones con estructuras metálicas soldadas en altura del norte de Guayaquil. ¿Es posible elaborar una tabla de control visual que compruebe técnicamente el cumplimiento de las secciones dos, cinco y seis de la norma AWS D1.1.?

1.4 Objetivo General

Elaborar un formulario de chequeo visual que permita verificar el cumplimiento de la norma AWS D1.1. sección dos, cinco y seis en la construcción y montaje de estructuras metálicas soldadas de altura en el sector norte de Guayaquil.

1.5 Objetivos Específicos

- Analizar la Norma AWS D1.1, secciones: dos, cinco y seis.
- Elaborar formulario de chequeo para inspección visual para las construcciones de altura según la norma AWS D1.1, secciones: dos, cinco y seis.

- Realizar el proceso de inspección visual en construcciones seleccionadas en base a la guía y formulario de chequeo.
- Presentar cuadro estadístico del análisis a la información de la inspección visual.

1.6 Idea a Defender

Con este proyecto podríamos comprobar que se cumpla con la norma AWS D1.1 en las construcciones con estructuras metálicas con trabajos de soldadura en altura, con lo que podemos dar referencias de lo que en la actualidad se está realizando, y así poder aportar para que el incremento de las construcciones de estructuras metálicas de una manera más seguras y confiables.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Dominio: Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables.

Línea Institucional: Línea 3. Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.

Línea de Facultad: Territorio.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico:

Dentro de la investigación titulada “Análisis del impacto de la aplicación del sistema de gestión de la calidad en base a la norma AWS D1.1 para las inspecciones de uniones soldadas en los últimos 10 años”, elaborada en el año 2019 por Luis Ángel Chuquipoma Quilcat, que le permite concretar el título de Bachiller en Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte, en Trujillo-Perú. Sostiene:

La información recolectada presenta un resultado positivo para realizar el tema de investigación, ya que al implementar el código AWS D1.1 mejora la gestión de calidad en uniones soldadas, teniendo mejores productos para la industria porque estas uniones soldadas aumentarían su vida útil siendo un beneficio para las empresas que lo implementan. Se ha encontrado información de distintos lugares (Chuquipoma Quilcat, 2019).

La investigación titulada “Verificación del cumplimiento de la norma AWS D1.1 en la construcción y montaje de estructuras metálicas de altura del Distrito Metropolitano de Quito”, realizada por Víctor Hugo Guardera Morocho, de la Universidad de la Fuerzas Armadas (ESPE), para optar el título como Ingeniero Mecánico en el año 2016. Manifestó mediante la evaluación estadística de datos obtenidos a través de una encuesta de inspección visual a las obras metálicas con el objetivo de verificar de forma técnica el cumplimiento en la práctica de las necesidades y requerimientos de la norma AWS D1.1. a la vez que aporta los formularios que se aplicaron a varias construcciones con estructura metálica de la ciudad de Quito, dando como resultado principal que solo el “38% de las mismas cumplen con el mínimo referencial establecido para fabricación y montaje de juntas soldadas” (Guarderas Morocho, 2016).

La investigación titulada “Vademécum sobre errores y soluciones durante los procesos constructivos en estructuras mixtas”, realizada por los estudiantes

Héctor Joel Benavides Obregón y Jorge Israel Flores Sánchez, en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil (ULVR), para titularse como Ingeniero Civil en el año 2021. De acuerdo con los autores (Benavides Obregón & Flores Sánchez, 2021) determinan que “Es un estudio exploratorio sobre los problemas o errores constructivos que se presentan frecuentemente en la construcción de estructuras mixtas”, mediante la investigación bibliográfica para identificar dichos errores en la construcción, fortaleciendo el trabajo con la investigación de campo, visitando obras para determinar los problemas en las construcciones y su afectación al comportamiento estructural de la edificación. Demostrando los escasos conocimientos técnicos de conexión con soldadura estructural en construcciones metálicas.

En la investigación titulada “Aplicación del código AWS D1.1/D1.1m:2015 en la inspección de juntas soldadas de las estructuras metálicas del proyecto ampliación del mercado municipal del distrito de Chancay”, elaborado en el 2019 por Irvin Joel Diaz Rodríguez de la Universidad José Faustino Sánchez Carrión de Perú, para titularse como Ingeniero Metalúrgico:

Aplica a la inspección visual de todas las juntas soldadas que se realizarán en las etapas de fabricación y montaje del proyecto de Ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay, de acuerdo con los requerimientos del Código AWS D1.1, destacando la importancia que aplicación de la norma durante los trabajos, porque con la inspección que se realizan a las juntas soldadas de las estructuras metálicas en la construcción del proyecto de ampliación del Mercado Municipal del Distrito de Chancay, se genera un proyecto estructural con mayor resistencia y vida útil (Diaz Rodriguez, 2019)

En la tesis “Elaboración de los procedimientos de fabricación y montaje de una estructura de acero para edificio tipo”, los autores Ana Maricela Subía Sánchez y Ana Carolina Gavidia González, para optar el título de Ingeniero Mecánico en la Escuela Politécnica Nacional, presenta estadísticas que se generan a partir de ensayos de laboratorio que se hicieron como pruebas para elaborar elementos metálicos de uso estructural, su proceso de fabricación y

tipos de montajes porque señalan que “las técnicas de construcción para edificaciones se han basado principalmente en el empleo de hormigón. En los últimos años la tendencia ha cambiado por el uso de acero estructural dada las ventajas en peso, costos y facilidad de montaje, sobre todo en diseño arquitectónicos complejos”. (Gavidia González & Subía Sánchez, 2015)

A lo largo de la historia de la construcción de obras civiles, el método de construcción de estructuras ha ido evolucionando en relación al tiempo. Sin duda alguna el aumento de la tecnología ha ayudado a tener un abanico amplio de posibles procesos constructivos y materiales para las mismas. Los dos principales tipos de estructuras utilizadas son las estructuras metálicas o acero estructural y estructuras en hormigón armado, para cada una de las cuales se manejan diferentes procesos constructivos. (Benavides Obregón & Flores Sánchez, 2021)

El trabajo investigativo titulado: “Optimización de las propiedades mecánicas a fractura para juntas soldadas a tope bajo proceso SMAW (AWS D1.1) utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas en la compañía Semadije Ltda.”, elaborada por los ingenieros: Diego Fernando Reyes Pérez y Juan Gilberto Paredes Salinas, de la Universidad Técnica de Ambato UTA, para obtener el grado académico de Magister en Mecánica Mención Manufactura. presentan:

Un análisis de combinación de variables más influyentes en el proceso de soldadura y se comprobó sus propiedades mecánicas mediante ensayos de tracción, de propagación de grieta y de impacto. El material base utilizado para esta investigación fue el acero ASTM A572 grado 50, con materiales de aporte de tipo E-6010, E-6011 y E-7018, empleando diferentes porcentajes de estos últimos para cada combinación. Respecto a las juntas soldadas se utilizó el proceso de soldadura SMAW, mismo que cumple con los requerimientos del código AWS D1.1, y que es ampliamente utilizado en la fabricación de estructuras metálicas. (Paredes Salinas & Reyes Pérez, 2021)

Este trabajo explica el uso de métodos en ensayos no destructivos para la valorización de cordones de soldadura por medio de las tintas penetrantes, gammagrafía industrial y ultrasonido avanzado; los problemas que presenta cada método para realizar la inspección a la soldadura, enseñan los diferentes procedimientos en soldadura que se califica un soldador, el uso de electrodos para cada procedimiento, los lineamientos utilizados para la inspección visual. El uso de normativas internacionales para un buen desarrollo en la realización del proyecto como las Normas API1104, ASME B31.3, AWS D1.1 entre otras. Los diferentes tipos de materiales en tubería con la especificación técnica del proyecto, uso de tuberías según el servicio y las diferentes presiones en operación y prueba. El cambio de gammagrafía por ultrasonido en inspección de soldadura para diámetros mayores o iguales a tres pulgadas debido a las discontinuidades presentes en la película gammagráfica, liberándolas por medio de una reinspección con ultrasonido y la disminución de defectos presentes en las soldaduras. Propuestas para elevar los niveles de productividad y calidad en el proceso de liberación de soldadura (Suárez Pozo, 2018)

El objetivo del presente proyecto técnico fue la elaboración de una metodología para inspección visual en el proceso de soldadura SMAW en tuberías de acero al carbono ASTM A106 grado B. Para lo cual se elaboraron 3 probetas de distinto diámetro y espesor, cada una de ellas cuenta con 2 juntas de soldadura, con una unión a tope en V y un ángulo de ranura de 60°. Simultáneamente, se elaboró una especificación del proceso de soldadura (WPS) en el cual se especifican los parámetros de soldadura, características del material de aporte y material base junto con un esquema que detalla el tipo de junta y sus dimensiones. A continuación, se aplicaron distintas técnicas de inspección visual como videoscopía, tintas penetrantes y partículas magnéticas, las mismas que se emplearon bajo la norma ASME Sección V para posteriormente realizar reportes de inspección por cada técnica empleada, estos reportes se realizaron para cada cordón de soldadura en donde se detallan las características del equipo o material empleado, las discontinuidades encontradas en cada

cordón de soldadura, el criterio de aceptación y rechazo según las normas API 1104 y AWS D1.1 (Buñay Pagalo & Rodríguez Paredes, 2022)

Con la finalidad de brindar una alternativa al método tradicional de traslape entre varillas de acero de refuerzo, se pretende analizar algunos procesos de soldadura aplicables para unir varillas de acero de refuerzo en el presente trabajo. El material base corresponde al acero de refuerzo ASTM A706 el mismo que es comercializado a nivel nacional por las principales acerías y cuya principal característica es su buena soldabilidad. Los procesos de soldadura empleados fueron los procesos SMAW, GMAW y FCAW, y las juntas empleadas fueron juntas a tope con bisel simple y doble para un diámetro de varilla de 14 mm. Los cordones de soldadura fueron realizados por un soldador calificado y los procesos de soldadura fueron calificados por un inspector de soldadura. Los ensayos destructivos realizados fueron los ensayos de tensión y macrografía, mientras que el ensayo no destructivo realizado fue el ensayo de tintas penetrantes, mismos que se los hizo en base al código de soldadura para acero estructural y en base al código de soldadura para acero de refuerzo. Una vez tabulados los datos el tipo de junta que presentó las mejores propiedades mecánicas para el proceso FCAW fue la junta a tope con bisel en V doble, mientras que para el proceso SMAW se obtuvieron buenos resultados para ambos tipos de bisel, sin embargo, después de realizar el análisis de costos de soldadura el tipo de junta a tope con bisel en V doble fue el que alcanzó la mejor relación costo-beneficio, a pesar que comparado con los otros procesos fue el más costoso; un beneficio adicional de este proceso es que no necesita un gas de protección externo. El proceso GMAW a pesar de cumplir con los requerimientos del código no obtuvo buen resultado en el porcentaje de elongación; en cuanto al proceso FCAW se realizaron probetas adicionales para realizar los ensayos macrográficos, debido a que si no se realiza una correcta limpieza entre pases y no se usan los parámetros correctos en la soldadura se obtiene falta de fusión entre el metal base y el metal de aporte. (Vaca Ortega & Armas Real, 2022)

2.1.1 Acero estructural

En el país contamos con tres tipos de aceros para la construcción de infraestructuras como muelles, puentes, edificios y otros. El acero estructural como todo elemento tiene propiedades específicas, razón por la cual se coloca como un excelente material para construcciones por su ductilidad y resistencia.

Tabla 1
Propiedades a tensión

Especificaciones técnicas Astm	Esfuerzo de fluencia (fy) (ksi)	Resistencia a la tensión (fu) (ksi)
Astm A 36	36	58-80
Astm A 527 gr 50	50	65
Astm A 588 gr 50	50	70

Fuente: (NEC-SE-AC, 2015)

2.1.2 Soldadura

La soldadura es un proceso de fabricación o escultural que sirve para unir, usualmente dos metales o inclusive polímeros termoplásticos, mediante la fusión del material base y por lo general, la adición de un material de relleno. Este material de relleno se agrega para formar un pozo de material fundido que luego se solidificará al enfriar y formar de esta manera una unión más resistente que el material base. La unión soldada, por lo general requiere protección para los materiales de relleno y así se evite que estos se puedan contaminar u oxidar. (Ollarves, 2017)

La ingeniería ha buscado continuamente desarrollar y mejorar el área de la soldadura. El primer proceso de soldadura moderno fue el de Soldadura de Arco con Electrodo de Carbón; su principio era establecer un arco eléctrico entre un electrodo de carbón puro, no consumible y el metal base. Luego, aparecería el SMAW; el cual suple la necesidad de suministrar aporte metálico en la soldadura, mientras el soldador dirige el arco eléctrico con ambas manos y forma un cordón de soldadura de buenas características. Este proceso implementa así un electrodo metálico consumible y un revestimiento de fundente; por ello, toma el nombre de "Soldadura de Arco con Electrodo Revestido". (Chan Pozo, 2005)

Con el pasar del tiempo, buscando superar las limitaciones existentes, se fueron adoptando distintas ideas innovadoras y surgieron nuevos procesos; uno de ellos fue el GMAW, en el cual se utiliza un electrodo consumible continuo para evitar los frecuentes cambios de palillo y las consecuentes paradas del proceso. (Chan Pozo, 2005)

Para construir edificaciones con estructuras metálicas de calidad, fuertes y seguras es necesario cumplir con códigos y normas nacionales e internacionales en sus principales etapas que son: diseño, fabricación, montaje y control de calidad de los mismos. Este proyecto se concentra en la inspección de la soldadura en la fase de montaje de edificaciones con estructuras metálicas y la evaluación de las conexiones soldadas. Es fundamental en la etapa de montaje: el diseño de conexiones, procedimientos de soldadura calificados y la utilización de mano de obra certificada para ejecutar soldaduras apropiadas, cumpliendo con los requerimientos básicos de códigos y normas nacionales e internacionales (Urgilés Pauta, 2018).

Un proceso versátil que permite la unión de metales por medio de un material de aporte de la misma composición a los del material base, es un proceso muy ocupado en las industrias en conjunto con los empernados, remaches, etc. En lo que se diferencia principalmente con otros procesos, es que la soldadura utiliza la energía calorífica para la unión de los materiales en contacto, dándose un aporte externo de un material metálico o no metálico (Cornejo Herrera, 2021)

La soldadura como una coalescencia de metales, las cuales se originan por el calentamiento de temperaturas correctas, con o sin presión del material de aporte, re cristalizándose en una fusión mecánica resistente, entre dos o más piezas diferentes, pudiendo unirse hasta alcanzar el estado plástico, las cuales pueden ser deformada por la acción de golpes, obteniéndose una unión de piezas metálicas mediante distintos medios, pudiendo utilizarse sistemas de calentamiento por combustión como

oxígeno, rellenando las partes o elementos a soldar (Pilatasig Plasencia, 2020)

La soldadura tiene 2 tipos más usados puede ser: de Ranura que puede ser de penetración completa o parcial y se caracteriza por rellenar con material de aporte una ranura entre bordes, extremos o superficies adyacentes que se desean unir. Usualmente esta soldadura se usa en juntas a tope, en “T” o de esquina. y Filete. Tiene una sección transversal triangular y generalmente es utilizada en juntas traslapadas, en “T”, esquina, borde (Vallejo Ricaurte, 2021)

Una soldadura según la AWS (American Welding Society), es una coalescencia localizada de metal (unión de metales en uno), formando una sola pieza única, producida por el calentamiento del material a una temperatura suficientemente alta y requerida por el material para causar el reblandecimiento o fusión. (Romero Tello, 2019)

Es un proceso de fabricación que consiste en un metal fundido uniendo dos piezas, ya sea por ranura o filete usando diferentes tipos de corriente. Las piezas son adheridas al derretirse fundiendo a altas temperaturas, agregando un material de relleno como plástico o metal, el cual posee un punto de fusión menor al de la pieza a soldar. Cuando las piezas se enfrían, estas se transforman en una articulación fuerte y resistente (Quispe Cabana, 2022)

La inspección de soldadura pretende incluir calidad, control, dominio del tiempo y confianza en los formularios de establecimiento en hardware y marco. A pesar del hecho de que el ingeniero de soldadura, según su perfil especializado, está asociado con todos los períodos del patrón de existencia de un recurso físico (estructura, ensamblaje, recolección y mantenimiento), la revisión de soldadura es particularmente significativa en la etapa de ensamblaje en la que garantiza que las uniones soldadas se liberen de las entregas y, a lo largo de estas líneas, respalda. Por otra parte, se entiende como inspector de soldadura (Levi, 2011) a la persona

calificada para ejercer actividades de control de un proceso de fabricación y/o construcción soldada. (Mayta Conza, 2021)

Uno de los apartados más importantes que afecta al éxito de la soldadura, es la de un buen diseño de las uniones. Muchos de los problemas de ejecución o calidad de la soldadura normalmente pueden ser causa de un diseño erróneo en la preparación de los bordes. El diseño de las uniones es determinado por los requerimientos de la resistencia, espesores de los materiales, aleaciones, tipos y posiciones, los accesos y el proceso a utilizar de soldadura. Los bordes en una soldadura es una abertura entre dos piezas a soldar, preparada para facilitar el espacio para contener la soldadura. Estos bordes pueden tener diversas geometrías dependiendo de los espesores de las piezas a soldar, el proceso de soldadura que se quiere utilizar y la aplicación de ésta. (Vilda Muxi, 2020)

Es un proceso de unión de materiales en el cual se funden las superficies de contacto de dos (o más) partes mediante la aplicación conveniente de calor o presión. La integración de las partes que se unen mediante soldadura se denomina un ensamble soldado. Muchos procesos de soldadura se obtienen solamente por calor, sin aplicar presión; otros mediante una combustión de calor y presión; y unos más únicamente por presión, sin aportar calor externo. En algunos casos se agrega un material de aporte o relleno para facilitar la fusión. La soldadura se asocia por lo regular con partes mecánicas, pero el proceso también se usa para unir plástico. (Días del Castillo Rodriguez, 2018)

➤ **Clasificación de la soldadura.**

De acuerdo con la investigación de los alumnos del 4º Semestre Turno Vespertino, del Instituto Politécnico Nacional de la ciudad de México, la soldadura se considera un proceso de unión de materiales en el cual se funden parcialmente las piezas a través de la aplicación de calor y/o presión. Muchos procesos usan solamente calor sin aplicar presión; otros combinando calor y presión. Si las partes en contacto de las piezas

estuvieran libres de óxidos y de humedad, con el simple acto de sobreponerlas se efectuaría la unión. Sin embargo, al presentar la superficie a nivel microscópico crestas y valles, impiden el acercamiento de los átomos periféricos, por lo que es necesario el aporte de la energía calorífica. (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

La energía calorífica funde los bordes de los materiales metálicos logrando conformar una sola pieza con una nueva red cristalina, si en vez de calor se aplica presión, la ruptura de la capa de óxido entre las crestas y valles se nivelan por la deformación plástica permitiendo el contacto de las superficies a unir. Lo anterior es referencia para clasificar a la soldadura en dos tipos: Por fusión y por presión. (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

Existen muchos métodos y procesos de soldadura que van desde los que utilizan material de aporte y los que no, así como también, aquellos que sirven para materiales metálicos y no metálicos. La gran mayoría necesita de energía calórica con altas temperaturas, muchas de las veces con generación de llama de tal forma que se pueda conseguir la unión de los elementos. (García Salinas, 2018)

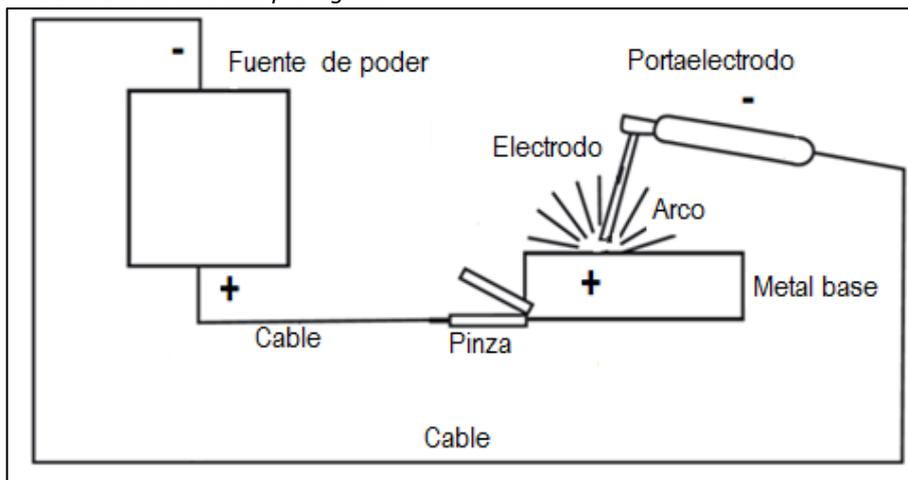
2.1.2.1 Soldadura por Fusión.

Esta soldadura utiliza calor en su proceso de unión de los materiales, utilizando un segundo material que aporte para igualar o mejorar “las propiedades de la unión. Los procesos representativos son: El arco eléctrico protegido y la soldadura oxiacetilénica.” (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

2.1.2.1.1 Soldadura arco eléctrico protegido.

En la ciudad de México los alumnos del 4° Semestre Turno Vespertino, del (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.) indican: “Este proceso de soldadura toma como referencia el calentamiento de las partes a unir a través de un arco eléctrico que se establece entre el metal de aporte y las piezas a unir.”

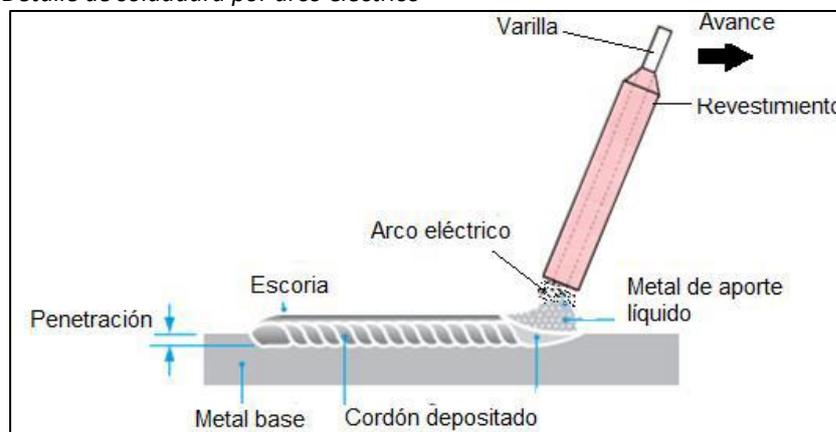
Figura 2
Soldadura arco eléctrico protegido.



Fuente: (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

La Sociedad Americana de Soldadura A.W.S. (American, Welding, Society) denomina con las siglas S.M.A.W. (Shielded, Metal, Arc, Welding) a la soldadura de arco metálico protegido con electrodo revestido y la define como la unión de dos partes metálicas mediante un material de aporte conocido como electrodo revestido. La transferencia del electrodo hacia el metal base es a través de una zona eléctrica generada por la intensidad de corriente o amperaje. (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

Figura 3
Detalle de soldadura por arco eléctrico

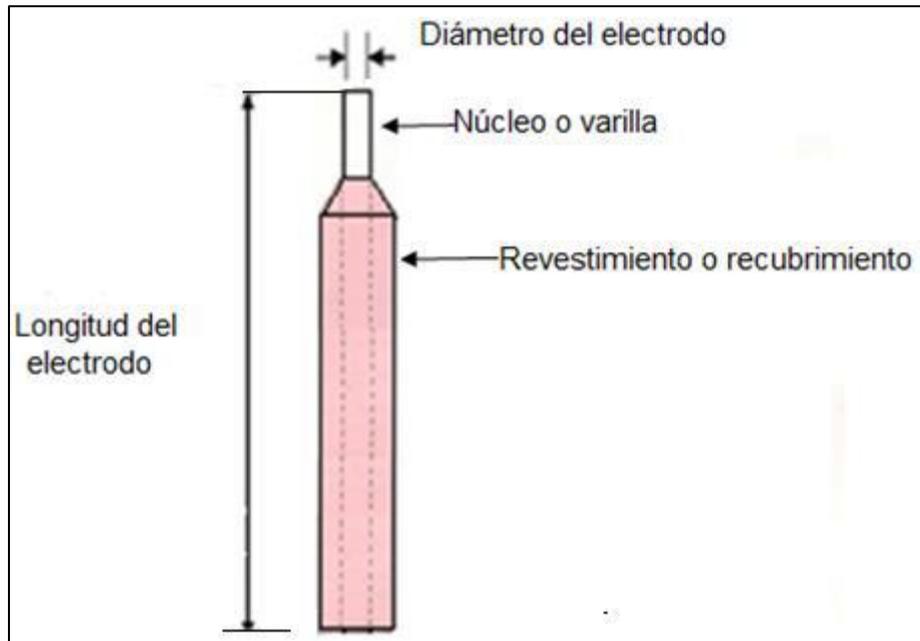


Fuente: (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

“La A.W.S., A.S.M.E. y la A.S.T.M., establecen normas para los electrodos revestidos, entre las especificaciones se incluyen: Propiedades mecánicas,

físicas y químicas del metal depositado; dimensiones y porcentaje de aleación.”
(Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

Figura 4
Partes de un electrodo



Fuente: (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

“Un electrodo para arco eléctrico se distingue básicamente por los siguientes tipos de revestimiento:” (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

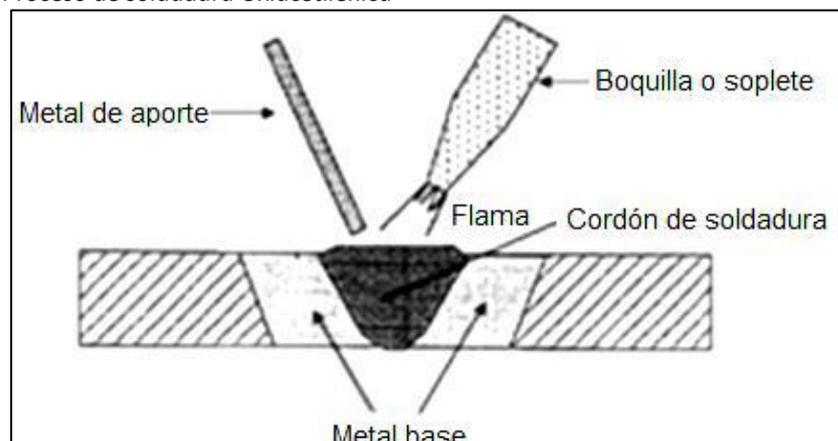
- **Celulosa.** Se conocen así por el alto contenido de celulosa que llevan en el revestimiento, siendo sus características: Máxima penetración, solidificación rápida, excelentes características de resistencia, elasticidad y ductilidad. (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)
- **Rutilo.** Presentan en su revestimiento alto contenido de rutilo u óxido de titanio. Sus principales características son: Penetración regular, arco suave, gran resistencia y excelente presentación de la soldadura. (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

- **Minerales.** Contienen en su revestimiento óxido de hierro y manganeso. Sus características son: Excelentes propiedades mecánicas del depósito y presentación regular. (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)
- **Básicos o de bajo hidrógeno.** Existe una ausencia absoluta de humedad en su revestimiento y sus características principales son: Alta ductilidad, excelente resistencia al impacto a baja temperatura, depósito adecuado y penetración mediana. (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)
- **Hierro en polvo.** A esta clasificación pertenecen los electrodos cuyo revestimiento contiene una cantidad balanceada de hierro en polvo que incrementa el rendimiento, suaviza la energía del arco, mejora la presentación del cordón y eleva la ductilidad. (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

2.1.2.1.2 Soldadura oxiacetilénica.

“Es un proceso de unión en el que se utiliza gas combustible y oxígeno para producir una flama que funden los extremos de las piezas y con o sin aplicación de metal de aporte.” (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

Figura 5
Proceso de soldadura Oxiacetilénica



Fuente: (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

La A.W.S. identifica como O.A.W. (Oxy, Acetylene, Welding) a la soldadura oxiacetilénica. Es un proceso de unión en donde la mezcla de oxígeno y acetileno produce una flama que alcanza una temperatura de aproximadamente 3 100° centígrados; funde las piezas metálicas sin necesidad de aplicar presión mecánica. Cuando se requiere, se usa metal de aporte con características similares al metal base. (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

2.1.2.2 Soldadura por Presión.

En este tipo de soldadura, la unión se obtiene mediante una presión aplicada a las superficies a unir previamente calentadas a determinada temperatura. Entre los procesos comunes de este tipo se encuentran la soldadura por fragua y la soldadura por resistencia eléctrica. (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

2.1.2.2.1 Soldadura por Fragua.

Según los alumnos del 4° Semestre Turno Vespertino del (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.) “También se conoce como soldadura por forja; consiste en calentar las piezas en una fragua, después por medio de presión o golpeteo con un mazo y yunque se unen las piezas.”

2.1.2.2.2 Soldadura por Resistencia Eléctrica.

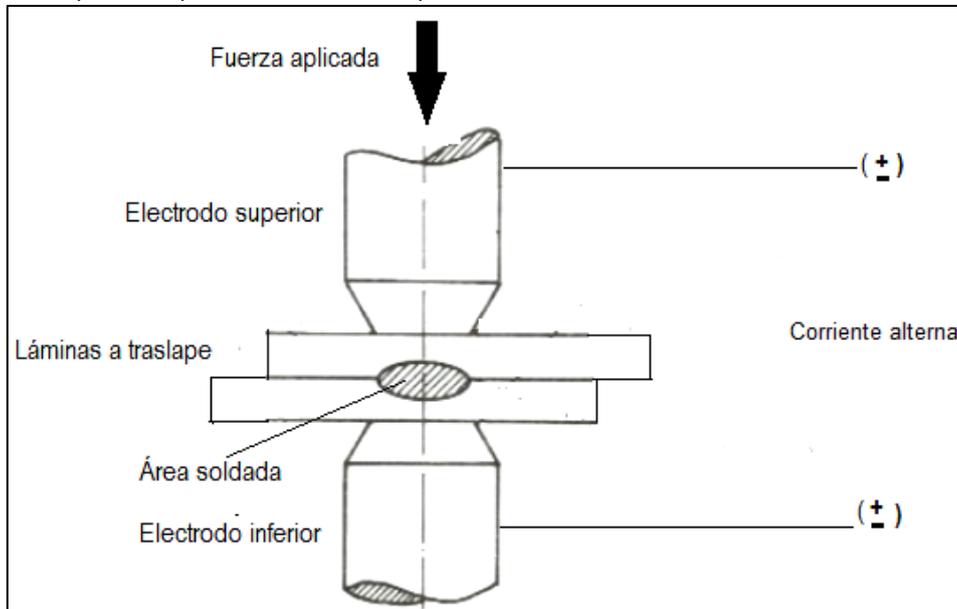
Según los alumnos del 4° Semestre Turno Vespertino del (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.) “Este proceso, utiliza una combinación de calor y presión para obtener la unión. El calor se genera a través de una resistencia eléctrica y la presión a través de elementos mecánicos que presenta la máquina de soldar.”

Este proceso de soldadura se basa principalmente en la resistencia que ofrecen los materiales al flujo de la corriente eléctrica. El calentamiento de las piezas a soldar se realiza por la punta de los electrodos de cobre generando el incremento de la resistencia eléctrica y la diferencia de conductividad eléctrica. Durante el calentamiento, los bordes de las piezas

son llevados al estado pastoso para aplicarles una fuerza externa, lo anterior origina que las moléculas de las piezas se mezclen entre sí obteniendo una unión homogénea y resistente. (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

Figura 6

Descripción del proceso de soldadura por resistencia eléctrica

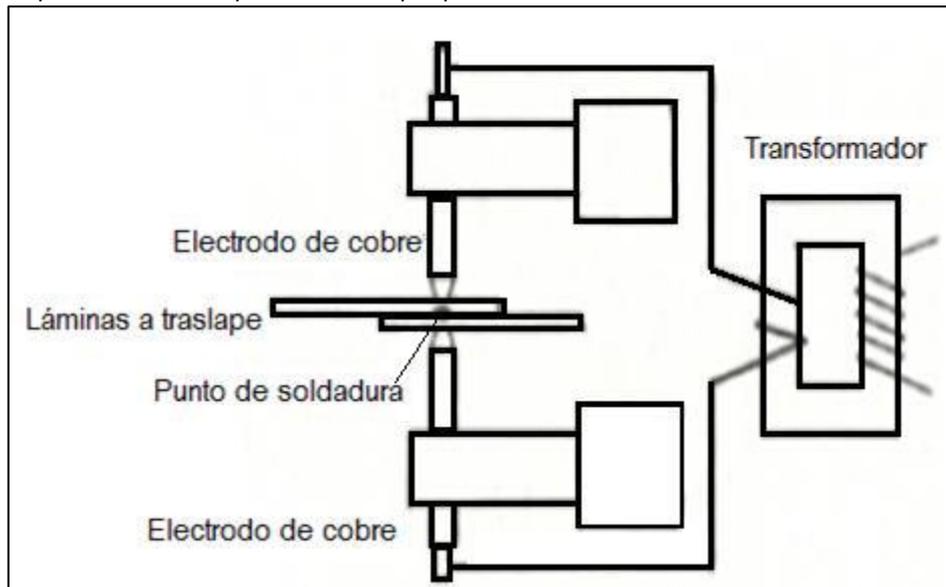


Fuente: (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

El electrodo usado en esta operación es de cobre debido a que tiene una resistencia eléctrica baja y una conductividad térmica elevada, por lo que se asegura que el calor es generado en la pieza de trabajo. Con base en el electrodo, la soldadura por resistencia eléctrica se clasifica en los siguientes tipos: (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

- **Soldadura por puntos.** Es un proceso de soldadura sin metal de aporte, en donde la corriente eléctrica atraviesa en un tiempo determinado la resistencia de contacto de dos piezas colocadas a traslape. La fuente calorífica generada por el efecto Joule es aplicada en la unión mediante el uso de electrodos de cobre especiales que transmiten al mismo tiempo una fuerza externa (Lheureux y Bellotte, 1968:41). (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

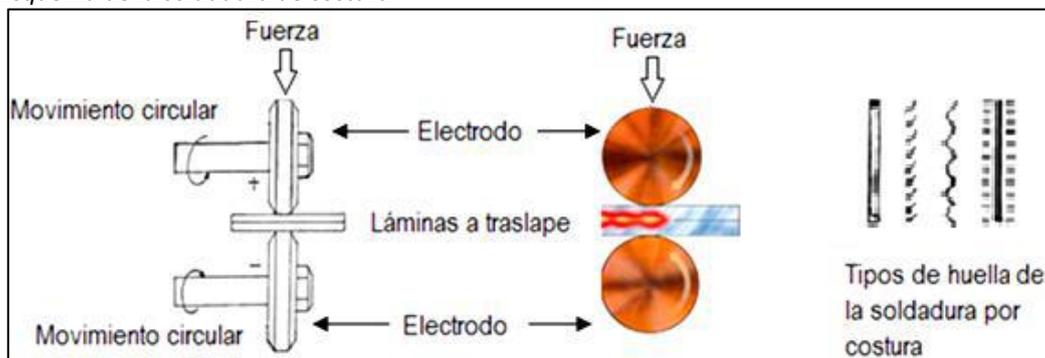
Figura 7
Esquema de una máquina de soldar por puntos



Fuente: (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

- **Soldadura por costura.** Este procedimiento es similar al anterior, la única variante es la forma del electrodo; en este caso es circular y gira en forma continua para realizar la unión. La huella que presentan el electrodo en su costado será la reflejada en el metal base por lo que está en función de las necesidades de la soldadura. La velocidad de los electrodos circulares se puede ajustar de acuerdo al espesor de las láminas a unir. (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

Figura 8
Esquema de la soldadura de costura

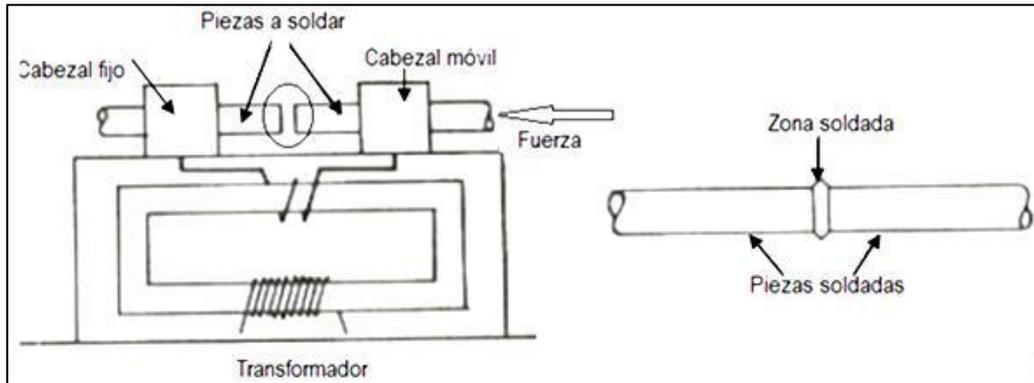


Fuente: (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

- **Soldadura a tope.** En este tipo de soldadura, las superficies se aprietan una con otra durante el calentamiento. El calentamiento se obtiene por la resistencia eléctrica generada en las superficies que hacen contacto.

Cuando las superficies a unir se han calentado a una temperatura abajo del punto de fusión, se incrementa la fuerza que presiona a las partes una contra otra, produciendo la unión en el punto de contacto. se puede ajustar de acuerdo al espesor de las láminas a unir. (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

Figura 9
Esquema de la soldadura a tope.



Fuente: (Instituto Politécnico Nacional (IPM), s.f.)

2.2 Marco Legal:

La Sociedad Americana de Soldadura o American Welding Society por sus siglas en inglés (AWS), es la encargada de establecer normas para trabajos de soldadura estructural, de donde tomamos la norma AWS D1.1, que determina las exigencias necesarias para ejecutar trabajos de soldadura en todos los tipos de aceros utilizados comúnmente en las construcciones con estructura metálica. La norma consta de 11 secciones donde “se constituyen un conjunto de reglas para la regulación de la soldadura en la construcción de acero.” (AWS, 2019)

2.2.1 La sección 2

Se refiere a “los siguientes documentos aparecen como referencia en esta publicación y son obligatorios según lo especificado en el presente.” (AWS, 2019)

- **AWS A2.4**, Standard Symbols for Welding, Brazing, and Nondestructive Examination (Símbolos estándar para la soldadura, la soldadura fuerte y los exámenes no destructivos) (AWS, 2019)

- **AWS A3.0M/A3.0**, Standard Welding Terms and Definitions Including Terms for Adhesive Bonding, Brazing, Soldering, Thermal Cutting, and Thermal Spraying (Definiciones y términos estándar de las soldaduras incluidos los términos para junta adhesiva, soldadura fuerte, soldadura blanda, corte térmico y termorrociado) (AWS, 2019)
- **AWS A4.3**, Standard Methods for Determination of the Diffusible Hydrogen Content of Martensitic, Bainitic, and Ferritic Steel Weld Metal Produced by Arc Welding (Métodos estándar para la determinación del contenido de hidrógeno difusible del metal de soldadura de acero martensítico, bainítico y ferrítico producido por soldadura por arco) (AWS, 2019)
- **AWS A5.01M/A5.01:2013 (ISO 14344:2010 MOD)**, Procurement Guidelines for Consumables—Welding and Allied Processes—Flux and Gas Shielded Electrical Welding Processes (Pautas de adquisición de consumibles—Procesos de soldadura y afines—Procesos de soldadura eléctrica con fundente y gas de protección) (AWS, 2019)
- **AWS A5.1/A5.1M:2012**, Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding (Especificación para electrodos de acero al carbono para soldadura por arco con electrodo metálico revestido) (AWS, 2019)
- **AWS A5.5/A5.5M:2014**, Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding (Especificación para electrodos-de acero de baja aleación para soldadura por arco con electrodo metálico revestido) (AWS, 2019)
- **AWS A5.12M/A5.12:2009 (ISO 6848:2004 MOD)**, Specification for Tungsten and Oxide Dispersed Tungsten Electrodes for Arc Welding and Cutting (Especificación de electrodos de tungsteno y tungsteno con óxido disperso para soldadura y corte por arco) (AWS, 2019)
- **AWS A5.17/A5.17M-97 (R2007)**, Specification for Carbon Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding (Especificación para fundentes y electrodos de acero al carbono para soldadura por arco sumergido) (AWS, 2019) (AWS, 2019)
- **AWS A5.18/A5.18M:2005**, Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding (Especificación para varillas y

electrodos de acero al carbono para soldadura por arco con gas de protección) (AWS, 2019)

- **AWS A5.20/A5.20M:2005**, Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding (Especificación para electrodos de acero al carbono para soldadura por arco con núcleo de fundente) (AWS, 2019)
- **AWS A5.23/A5.23M:2011**, Specification for Low-Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding (Especificación para fundentes y electrodos de acero de baja aleación para soldadura por arco sumergido) (AWS, 2019)
- **AWS A5.25/A5.25M-97 (R2009)**, Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Electroslag Welding (Especificación para fundentes y electrodos de carbono y acero de baja aleación para soldadura de electroescoria) (AWS, 2019)
- **AWS A5.26/A5.26M-97 (R2009)**, Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Electrodes for Electrode Gas Welding (Especificación para electrodos de carbono y acero de baja aleación para soldadura por electrogás) (AWS, 2019)
- **AWS A5.28/A5.28M:2005**, Specification for Low-Alloy Steel Filler Metals for Gas Shielded Arc Welding (Especificación para metales de aporte de acero de baja aleación para soldadura por arco con gas de protección) (AWS, 2019)
- **AWS A5.29/A5.29M:2010**, Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding (Especificación para electrodos de acero de baja aleación para soldadura por arco con núcleo de fundente) (AWS, 2019)
- **AWS A5.30/A5.30M:2007**, Specification for Consumable Inserts (Especificación para insertos consumibles) (AWS, 2019)
- **AWS A5.32M/A5.32:2011 (ISO 14175:2008 MOD)**, Welding Consumables—Gases and Gas Mixtures for Fusion Welding and Allied Processes (Consumibles de soldadura—Gases y mezclas de gases para soldadura por fusión y procesos afines) (AWS, 2019)
- **AWS A5.36/A5.36M:2012**, Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Flux Cored Electrodes for Flux Cored Arc Welding and Metal Cored Electrodes for Gas Metal Arc Welding (Especificación para electrodos

con núcleo de fundente de carbono y acero de baja aleación para soldadura por arco con núcleo de fundente y electrodos con núcleo de metal para soldadura a gas y arco con electrodo metálico) (AWS, 2019)

- **AWS B5.1**, Specification for the Qualification of Welding Inspectors (Especificación para la calificación de Inspectores de soldadura) (AWS, 2019)
- **AWS B4.0**, Standard Methods for Mechanical Testing of Welds (Métodos estándar para pruebas mecánicas de soldaduras) (AWS, 2019)
- **AWS C4.1-77 (R2010)**, Criteria for Describing Oxygen-Cut Surfaces and Oxygen Cutting Surface Roughness Gauge (Criterios para describir las superficies de corte con oxígeno y el medidor de rugosidad de la superficie en el corte con oxígeno) (AWS, 2019)
- **AWS D1.0**, Code for Welding in Building Construction (Código para soldadura en construcción de edificios) (AWS, 2019)
- **AWS D1.8/D1.8M**, Structural Welding Code—Seismic Supplement (Código de soldadura estructural—Suplemento sísmico) (AWS, 2019)
- **AWS D2.0**, Specification for Welded Highway and Railway Bridges (Especificación para puentes soldados para autopistas y ferrocarriles) (AWS, 2019)
- **AWS QC1**, Standard for AWS Certification of Welding Inspectors (Norma para la certificación de Inspectores de soldaduras de la AWS) (AWS, 2019)
- **ANSI Z49.1**, Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes (Seguridad en los procesos de soldadura, corte y otros procesos afines) (AWS, 2019)

Normas del American Institute of Steel Construction (AISC): (AWS, 2019)

- **ANSI/AISC 360**, Specification for Structural Buildings (Especificación para construcciones estructurales) (AWS, 2019)

Estándares del Instituto Americano del Petróleo (API): (AWS, 2019)

- **API 2W**, Specification for Steel Plates for Offshore Structures, Produced by Thermo-Mechanical Control Processing (Especificación para placas

de acero en estructuras marinas, producidas mediante procesamiento de control termomecánico) (AWS, 2019)

- **API 2Y**, Specification for Steel Plates, Quenched and- Tempered, for Offshore Structures (Especificación para placas de acero, revenidas y templadas, para estructuras marinas) (AWS, 2019)

Estándares de la American Society of Mechanical Engineers (ASME):
(AWS, 2019)

- **ASME** Boiler and Pressure Vessel Code (Código de Calderas y Recipientes a Presión), Sección V, Artículo 2 (AWS, 2019)
- **ASME B46.1**, Surface Texture (Surface Roughness, Waviness, and Lay) (Textura de la superficie (aspereza, ondulación y fallas de una superficie)) (AWS, 2019)

Estándares de la American Society for Nondestructive Testing (ASNT):
(AWS, 2019)

- **ASNT CP-189**, ASNT Standard for Qualification and Certification of Nondestructive Personnel (Standard Norma ASNT para calificación y certificación de personal para ensayos no destructivos) (AWS, 2019)
- **ASNT** Recommended Practice No. SNT-TC-1A, Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing (Práctica recomendada N.º SNT-TC-1A, Calificación y certificación de personal para ensayos no destructivos) (AWS, 2019)

Estándares de la American Society for Testing and Materials (ASTM):
(AWS, 2019)

Todos los metales base de ASTM que figuran en las Tablas 5.3 y 6.9 se encuentran en ASTM 01.04, Steel—Structural, Reinforcing, Pressure Vessel Railway (Acero—Vías férreas estructurales, reforzadas, con recipientes a presión), ASTM 01.03, Steel-Plate, Sheet, Strip, Wire; Stainless Steel Bar (Placa, lámina, tira, alambre de acero; barra de acero inoxidable) y ASTM 01.01, Steel-Piping, Tubing, Fittings (Tuberías, tubos, accesorios de acero) (AWS, 2019)

- **ASTM A6**, Standard Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling (Especificación estándar para requisitos generales para barras, placas, formas y tablestacas de acero laminado estructural) (AWS, 2019)
- **ASTM A109**, Standard Specification for Steel, Strip, Carbon, (0.25 Maximum Percent), Cold–Rolled (Especificación estándar para acero, fleje, carbono, (0.25 de porcentaje máximo), laminado en frío) (AWS, 2019)
- **ASTM A370**, Mechanical Testing of Steel Products (Ensayos mecánicos de productos de acero) (AWS, 2019)
- **ASTM A435**, Specification for Straight Beam Ultrasonic Examination of Steel Plates (Especificación para inspección ultrasónica de haz recto en placas de acero) (AWS, 2019)
- **ASTM A673**, Specification for Sampling Procedure for Impact Testing of Structural Steel (Especificación para procedimiento de muestreo para ensayos de impacto de acero estructural) (AWS, 2019)
- **ASTM E23**, Standard Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials, for Type A Charpy (Simple Beam) Impact Specimen (Métodos estándar para ensayos de impacto en probeta entallada de materiales metálicos, para probeta de impacto Charpy tipo A (haz único)) (AWS, 2019)
- **ASTM E92**, Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials (Método de ensayo para dureza Vickers de materiales metálicos) (AWS, 2019)
- **ASTM E94**, Standard Guide for Radiographic Examination Using Industrial Radiographic Film (Guía estándar para el examen radiográfico con película radiográfica industrial) (AWS, 2019)
- **ASTM E140**, Hardness Conversion Tables for Metals (Tablas de conversión de dureza para metales) (AWS, 2019)
- **ASTM E165**, Test Method for Liquid Penetrant Examination (Método de ensayo para inspección mediante líquidos penetrantes) (AWS, 2019)
- **ASTM E709**, Guide for Magnetic Particle Inspection (Guía para inspección por partículas magnéticas) (AWS, 2019)

- **ASTM E747**, Controlling Quality of Radiographic Testing Using Wire Parameters (Control de calidad de pruebas radiográficas usando parámetros de alambre) (AWS, 2019)
- **ASTM E1032**, Radiographic Examination of Weldments Using Industrial X-Ray Film (película radiográfica industrial) (AWS, 2019)
- **ASTM E1254**, Standard Guide for Storage of Radiographs and Unexposed Industrial Radiographic Films (Guía estándar para el almacenamiento de radiografías y películas radiográficas industriales no expuestas) (AWS, 2019)
- **ASTM E2033**, Standard Practice for Radiographic Examination using Computed Radiology (Photostimulable Luminescence Method) (Práctica estándar para el examen radiográfico utilizando radiología computada (método de luminiscencia fotoestimulable)) (AWS, 2019)
- **ASTM E2445**, Standard Practice for Performance Evaluation and Long-Term Stability of Computed Radiology Systems (Práctica estándar para la evaluación del desempeño y la estabilidad a largo plazo de los sistemas de radiología computada) (AWS, 2019)
- **ASTM E2698**, Standard Practice for Radiological Examination Using Digital Detector Arrays (Práctica estándar para el examen radiológico utilizando matrices de detectores digitales) (AWS, 2019)
- **ASTM E2699**, Standard Practice for Digital Imaging and Communication in Nondestructive Evaluation (DICONDE) for Digital Radiographic (DR) Test Methods (Práctica estándar para imágenes digitales y comunicación en ensayos no destructivos (DICONDE) para métodos de prueba de radiografía digital (DR). (AWS, 2019)
- **ASTM E2737**, Standard Practice for Digital Detector Array Performance Evaluation and Long-Term Stability (Práctica estándar para la evaluación del rendimiento de la matriz de detectores digitales y la estabilidad a largo plazo) (AWS, 2019)

Normas de la Asociación Canadiense de Normas (CSA): (AWS, 2019)

- **CSA W178.2**, Certification of Welding Inspectors (Certificación de Inspectores de soldadura) (AWS, 2019)

Bloque de referencia ultrasónico del Instituto Internacional de Soldadura (IIW) (AWS, 2019)

Estándares de la Society for Protective Coatings (SSPC): (AWS, 2019)

- **SSPC-SP2**, Hand Tool Cleaning (Limpieza de herramientas manuales) (AWS, 2019)

2.2.2 La sección 5

Precalificación de WPS, contiene requisitos específicos para “el procedimiento de soldadura precalificadas (WPS) y están eximidas de los ensayos requeridos para la calificación de según la Sección 6. Se divide en ocho partes de la siguiente manera” (AWS, 2019)

2.2.2.1 Parte A – Requisitos generales de WPS

Se debe cumplir con todos los requisitos de la Tabla 2: (AWS, 2019)

Tabla 2
Requisitos de WPS precalificadas

Variable	Posición	Tipo de soldadura	SAW			GMAW/ FCAW
			SMAW	Único	Paralelo	
Diámetro máximo del electrodo	Plana	Filete	5/16" [8,0 mm]		1/4" [6,4 mm]	1/8 pulg. [3.2 mm]
		Ranura	1/4" [6,4 mm]			
		Pasada de raíz	3/16" [4,8 mm]			
	Horizontal	Filete	1/4" [6,4 mm]	1/4" [6,4 mm]		1/8 pulg. [3.2 mm]
		Ranura	3/16" [4,8 mm]	Requiere ensayo de calificación de la WPS		
		Todo	3/16" [4,8 mm]			
Sobre cabeza	Todo	3/16" [4,8 mm]			3/32" [2,4 mm]	
	Todo	Filete	1000 A		1200 A	
Corriente máxima	Todo	Pasada de raíz de la soldadura de ranura con abertura	Dentro del rango de operación recomendado por el fabricante del metal de aporte.	600 A	700 A	Dentro del rango de operación recomendado por el fabricante del metal de aporte.
		Pasada de raíz de la soldadura de			900 A	
						Ilimitado

			ranura sin abertura				
			Pasadas de relleno de soldadura en ranura			1200 A	
			Pasada de cobertura de soldadura en ranura			Ilimitado	
Espesor máximo de pasada de raíz	Plana	Todo	3/8" [10 mm]			Ilimitado	3/8" [10 mm]
	Horizontal		5/16" [8,0 mm]				5/16" [8,0 mm]
Espesor máximo de pasada de relleno	Vertical	Todo	1/2 pulg. [12 mm]			Ilimitado	1/2 pulg. [12 mm]
	Sobre cabeza		5/16" [8,0 mm]				5/16" [8,0 mm]
Tamaño máximo de soldadura en filete de pasada única	Plana	Filete	3/8" [10 mm]	5/16" [8,0 mm]	5/16" [8,0 mm]	1/2 pulg. [12 mm]	1/2 pulg. [12 mm]
Ancho máximo de capa de pasada única	Horizontal		5/16" [8,0 mm]				5/16" [8,0 mm]
	Ancho máximo de capa de pasada única	Vertical	Cualquier capa de ancho w	1/2 pulg. [12 mm]	Dividir capas si w > 5/8 pulg. [16 mm]	Separe las capas con electrodos en tándem si w 5/8 pulg. [16 mm]	Separe las capas si w > 1 pulg. [25 mm]
Sobre cabeza		5/16" [8,0 mm]		5/16" [8,0 mm]			
		Apertura de la raíz > 1/2 pulg. [12 mm]		Capas divididas	Electrodos desplazados lateralmente o capa dividida	Capas divididas	Capas divididas
	Todos (para GMAW/FCAW) F & H (para SAW)						(Nota al pie g)

Fuente: (AWS, 2019)

2.2.2.2 Parte B – Metal Base

(AWS, 2019) “En las WPS precalificadas solamente se podrán utilizar los metales base y metales de aporte listados” en las siguientes tablas:

Tabla 3*Metales base aprobados para WPS precalificadas Grupo I*

Requisitos de la especificación del acero					
Especificación del acero		Punto/límite elástico mínimo		Rango de tracción	
		ksi	MPa	ksi	MPa
ASTM A36	≤ 3/4 pulg. [20 mm]	36	250	58-80	400-550
ASTM A53	Grado B	35	240	60 min.	415 min.
ASTM A106	Grado B	34	240	60 min.	415 min.
ASTM A131	Grado A, B, D, E	34	235	58-75	400-520
ASTM A139	Grado B	35	240	60 min.	415 min.
ASTM A381	Grado Y35	35	240	60 min.	415 min.
ASTM A500 (cuadrado/rectangular)	Grado A	39	270	45 min.	310 min.
	Grado B	46	315	58 min.	400 min.
	Grado C	50	345	62 min.	425 min.
ASTM A500 (redondo)	Grado A	33	230	45 min.	310 min.
	Grado B	42	290	58 min.	400 min.
	Grado C	46	315	62 min.	425 min.
ASTM A501	Grado A	36	250	58 min.	400 min.
ASTM A516	Grado 55	30	205	55-75	380-515
	Grado 60	32	220	60-80	415-550
ASTM A524	Grado I	35	240	60-85	415-586
	Grado II	30	205	55-80	380-550
ASTM A573	Grado 65	35	240	65-77	450-530
	Grado 58	32	220	58-71	400-490
ASTM A709	Grado 36 ≤ 3/4" [20mm]	36	250	58-80	400-550
ASTM A1008 SS	Grado 30	30	205	45 min.	310 min.
	Grado 33 Tipo 1	33	230	48 min.	330 min.
	Grado 40 Tipo 1	40	275	52 min.	360 min.
ASTM A1011SS	Grado 30	30	205	49 min.	340 min.
	Grado 33	33	230	52 min.	360 min.
	Grado 36 Tipo 1	36	250	53 min.	365 min.
	Grado 40	40	275	55 min.	380 min.
ASTM A1018SS	Grado 45 Tipo 1	45	310	60 min.	410 min.
	Grado 30	30	205	49 min.	340 min.
	Grado 33	33	230	52 min.	360 min.
ASTM A1018SS	Grado 36	36	250	53 min.	365 min.
	Grado 40	40	275	55 min.	380 min.
	Grado B	35	241	60 min.	414 min.
API 5L	Grado X42	42	290	60 min.	414 min.
ABS	Grado A, B, D, E	34	235	58-75	400-520

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 4*Metales base aprobados para WPS precalificadas Grupo II*

Requisitos de la especificación del acero					
Especificación del acero		Punto/límite elástico mínimo		Rango de tracción	
		ksi	MPa	ksi	MPa
ASTM A36	Todos los espesores	36	250	58-80	400-550
ASTM A131	Grados AH32, DH32, EH32	46	315	64-85	440-590
	Grados AH36, DH36, EH33	51	355	71-90	490-620
ASTM A501	Grado B	50	345	70 min.	485 min.
ASTM A516	Grado 65	35	240	65-85	450-585
	Grado 70	38	260	70-90	485-620
ASTM A529	Grado 70	50	345	65-100	450-690

	Grado 55	55	380	70-100	485-690
ASTM A537 Clase 1	≤ 2 ½ pulg. [≤ 65 mm]	50	345	70-90	485-620
	> 2 ½ [65 mm] ≤ 4 pulg. [100 mm]	45	310	65-85	450-585
ASTM A572	Grado 42	42	290	60 min.	415 min.
	Grado 50	50	345	65 min.	450 min.
	Grado 55	55	380	70 min.	485 min.
ASTM A588	≤ 4 pulg. [100 mm]	50	345	70 min.	485 min.
	> 4 pulg. [100 mm] ≤ 5 pulg. [125 mm]	46	315	67 min.	460 min.
	> 5 pulg. [125 mm] ≤ 8 pulg. [200 mm]	42	290	63 min.	435 min.
ASTM A595	Todas las formas	50	345	70 min.	485 min.
	Grado A	55	380	65 min.	450 min.
ASTM A618	Grados B y C	60	410	70 min.	480 min.
	Grados lb, II pared ≤ ¾ pulg. [19 mm]	50	345	70 min.	485 min.
	Grados lb, II pared > ¾ pulg. ≤ 1-1/2 pulg. [> 19 mm ≤ 38 mm]	46	315	67 min.	460 min.
ASTM A633	Grado III	50	345	65 min.	450 min.
	Grado A	42	290	63-83	430-570
ASTM A709	Grados C, D	50	345	70-90	685-620
	≥ 2-1/2 pulg. [65 mm]				
	Placas Grado 36 ≤ 4 pulg. [100 mm]	36	250	58-80	400-550
	Perfiles Grado 36 ≤ 3 pulg. [75 mm]	36	250	58-80	400-550
	Perfiles Grado 36 > 3 pulg. [75 mm]	36	250	58 min.	400 min.
	Grado 50	50	345	65 min.	450 min.
ASTM A710	Grado 50W	50	345	70 min.	485 min.
	Grado 50S	50-65	345	65 min.	450 min.
	Grado HPS 50W	50	345	70 min.	485 min.
	Grado A, Clase 2 > 2 pulg. ≤ 4 pulg. [> 50 mm ≤ 100 mm]	55	380	65 min.	450 min.
ASTM A847	> 4 pulg. [100 mm]	50	345	60 min.	415 min.
		50	345	70 min.	485 min.
ASTM A913	Grado 50	50	345	65 min.	450 min.
ASTM A992		50-65	345	65 min.	450 min.
ASTM A1008 HSLAS	Grado 45 Clase 1	45	310	60 min.	410 min.
	Grado 45 Clase 2	45	310	55 min.	380 min.
	Grado 50 Clase 1	50	340	65 min.	450 min.
	Grado 50 Clase 2	50	340	60 min.	410 min.
	Grado 55 Clase 1	55	380	70 min.	480 min.
ASTM A1008 HSLAS-F	Grado 55 Clase 2	55	380	65 min.	450 min.
	Grado 50	50	340	60 min.	410 min.

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 5
Metales base aprobados para WPS precalificadas Grupo III

Requisitos de la especificación del acero					
Especificación del acero	Punto/límite elástico mínimo		Rango de tracción		
	ksi	MPa	ksi	MPa	
ASTM A1011 HSLAS	Grado 45 Clase 1	45	310	60 min.	410 min.
	Grado 45 Clase 2	45	310	55 min.	380 min.
	Grado 50 Clase 1	50	340	65 min.	450 min.
	Grado 50 Clase 2	50	340	60 min.	410 min.
	Grado 55 Clase 1	55	380	70 min.	480 min.
	Grado 55 Clase 2	55	380	65 min.	450 min.
ASTM A1011 HSLAS-F	Grado 50	50	340	60 min.	410 min.
ASTM A1011 SS	Grado 50	50	340	65 min.	450 min.
	Grado 55	55	380	70 min.	480 min.
ASTM A1018 HSLAS	Grado 45 Clase 1	45	310	60 min.	410 min.
	Grado 45 Clase 2	45	310	55 min.	380 min.
	Grado 50 Clase 1	50	340	65 min.	450 min.
	Grado 50 Clase 2	50	340	60 min.	410 min.

	Grado 55 Clase 1	55	380	70 min.	480 min.
	Grado 55 Clase 2	55	380	65 min.	450 min.
ASTM A1018					
HSLAS-F	Grado 50	50	340	60 min.	410 min.
ASTM A1066	Grado 50	50	345	65 min.	450 min.
ASTM A1085		50-70	345-485	65 min.	450 min.
API 2H	Grado 42	42	289	62-85	427-565
	Grado 50	50	345	70-90	483-620
ASTM 2MTI	Grado 50	50	345	65-90	488-620
API 2W	Grado 42	42-67	290-462	62 min.	427 min.
	Grado 50	50-75	345-517	65 min.	448 min.
	Grado 50T	50-80	345-552	70 min.	483 min.
API 2Y	Grado 42	42-67	290-462	62 min.	427 min.
	Grado 50	50-75	345-517	65 min.	448 min.
	Grado 50T	50-80	345-552	70 min.	483 min.
API 5L	Grado X52	52	359	66 min.	455 min.
ABS	Grados AH32, DH32, EH32	46	315	64-85	440-590
	Grados AH36, DH36, EH36	51	355	71-90	490-620
API 2W	Grado 60	60-90	414-621	75 min.	517 min.
API 2Y	Grado 60	60-90	414-621	75 min.	517 min.
ASTM A537 Clase 2	≤ 2 ½ pulg. [65 mm]	60	415	80-100	550-690
	≤ 2 ½ pulg. [65 mm]	55	380	75-95	515-655
	> 100 mm ≤ [150 mm]	46	315	70-90	485-620
ASTM A572	Grado 60	60	415	75 min.	520 min.
	Grado 65	65	450	80 min.	550 min.
ASTM A633 Grado E	≤ 4 pulg. [100 mm]	60	415	80-100	550-690
	> 100 m] ≤ 150mm	55	380	75-95	515-655
ASTM A710	Grado A, Clase 2 ≤ 20 mm	65	450	72 min.	495 min.
	Grado A, Clase 2 > 1 ≤ 2 pulg.	60	415	72 min.	495 min.
	Grado A, Clase 3 > 2 pulg	65	450	75 min.	515 min.
	Grado A, Clase 3 > 100mm	60	415	70 min.	485 min.
ASTM A913	Grado 60	60	415	75 min.	520 min.
	Grado 65	65	450	80 min.	550 min.
ASTM A1018	Grado 60 Clase 2	60	410	70 min.	480 min.
HSLAS	Grado 70 Clase 2	70	480	80 min.	550 min.
ASTM A1018	Grado 60 Clase 2	60	410	70 min.	480 min.
HSLAS-F	Grado 70 Clase 2	70	480	80 min.	550 min.
ASTM A1066	Grado 60	60	415	75 min.	520 min.
	Grado 65	65	450	80 min.	550 min.
ASTM A709	Grado HPS70W	70	485	85-110	585-760
ASTM A913	Grado 70	70	485	90 min.	620 min.
ASTM A1066	Grado 70	70	485	85 min.	585 min.

Fuente: (AWS, 2019)

2.2.2.3 Parte C – Juntas soldadas

2.2.2.3.1 Detalles de soldadura en ranura con penetración de junta completa.

Están sujetas a las limitaciones a continuación descritas: (AWS, 2019)

- **Dimensiones de juntas.** Las dimensiones de las soldaduras 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” (AWS, 2019)

- **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. Mientras que las precalificadas detalladas sin espaciadores ni respaldo de acero deben usar un respaldo que no sea de acero que cumpla con las siguientes condiciones: (AWS, 2019)
 - respaldo se retira después de la soldadura (AWS, 2019)
 - la parte trasera de la soldadura está ranurada del lado opuesto al metal sólido y soldada por el respaldo. (AWS, 2019)

- **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 ranurado 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. (AWS, 2019)

- **FCAW/GMAW en juntas SMAW.** Las preparaciones de las ranuras detalladas para juntas SMAW precalificadas pueden usarse para GMAW o FCAW precalificadas (AWS, 2019)

- **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. (AWS, 2019)

- **Aberturas de la raíz.** Las aberturas de la raíz de la junta pueden variar como se menciona en. Sin embargo, en las soldaduras automáticas o mecanizadas que utilicen procesos FCAW,

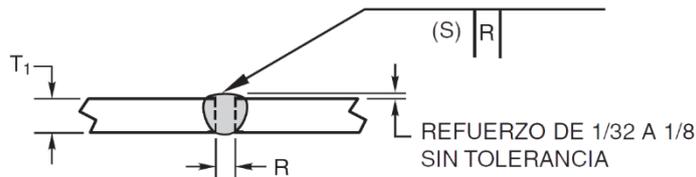
GMAW y SAW, la variación máxima de la abertura de la raíz (abertura mínima a máxima en el acoplamiento) no debe exceder de 1/8 pulg. [3mm]. Las variaciones superiores a 1/8 pulg. [3 mm] deben ser corregidas localmente antes de la soldadura automática o mecanizada. (AWS, 2019)

- **Tolerancias de acoplamiento.** Las tolerancias de acoplamiento de la pueden aplicarse a las dimensiones mostradas en el dibujo de detalle. (AWS, 2019)
- **Preparación de la ranura en J y en U.** Las ranuras en J y en U pueden prepararse antes o después del montaje y se pueden utilizarse sin realizar el ensayo de calificación de WPS descrito en la Sección 6 deben cumplir con los detalles siguientes: (AWS, 2019)

Tabla 6

Soldadura en ranura en escuadra con junta a tope 1

Soldadura en ranura en escuadra (1)
Junta a tope (B)



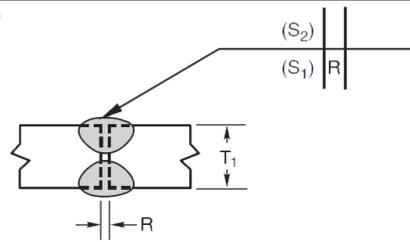
Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	B-P1a	1/8	-	R = 0 a 1/16	+1/16, -0	±1/16	Todo	T1 - 1/32	b
	B-P1c	1/4 max.	-	R = T1/2 mín.	+1/16, -0	±1/16	Todo	T1/2	b
GMAW FCAW	B-P1a-GF	1/8	-	R = 0 a 1/16	+1/16, -0	±1/16	Todo	T1 - 1/32	b, e
	B-P1c-GF	1/4 max.	-	R = T1/2 mín.	+1/16, -0	±1/16	Todo	T1/2	b, e

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 7

Soldadura en ranura en escuadra con junta a tope 2

Soldadura en ranura en escuadra (1)
Junta a tope (B)



S1 + S2 NO DEBE EXCEDER 3T1/4

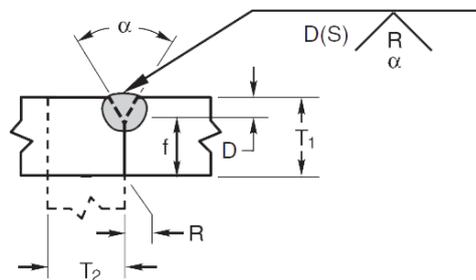
Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	B-P1b	1/4 max.	-	R = T1/2	+1/16, -0	±1/16	Todo	T1/2	
GMAW FCAW	B-P1b-GF	1/4 max.	-	R = T1/2	+1/16, -0	±1/16	Todo	T1/2	e

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 8

Soldadura en ranura en escuadra con junta en esquina a tope

Soldadura simple en ranura en V (2)
Junta a tope (B)
Junta en esquina (C)



Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	BC-P2	1/4 mín.	U	R = 0 f = 1/32 mín. α = 60°	+1/16, -0 +U, -0 +10°, 0°	+1/8, -1/16 ±1/16 +10°, -5°	Todo	<u>D</u>	b, e, f, j
GMAW FCAW	BC-P2-GF	1/4 mín.	U	R = 0 f = 1/8 mín. α = 60°	+1/16, -0 +U, -0 +10°, 0°	+1/8, -1/16 ±1/16 +10°, -5°	Todo	<u>D</u>	b, e, f, j
SAW	BC-P2-S	7/16 mín.	U	R = 0 f = 1/4 mín. α = 60°	±0 +U, -0 +10°, -0°	+1/16, -0 ±1/16 +10°, -5°	F	<u>D</u>	b, f, j

Fuente: (AWS, 2019)

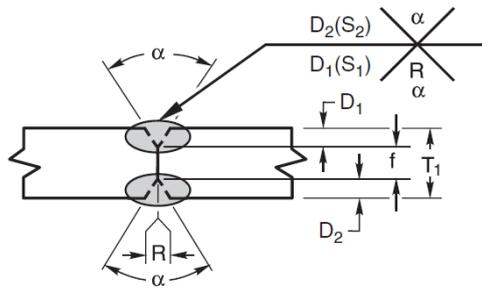
Tabla 9

Soldadura en ranura de doble V con junta a tope

Soldadura simple en ranura en V (2)

Junta a tope (B)

Junta en esquina (C)



Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	BC-P3	1/2 mín.	-	R = 0 f = 1/8 mín. α = 60°	+1/16, -0 +U, -0 +10°, 0°	+1/8, -1/16 ±1/16 +10°, -5°	Todo	<u>D1 + D2</u>	a, f, i, j
GMAW FCAW	BC-P3-GF	1/2 mín.	-	R = 0 f = 1/8 mín. α = 60°	+1/16, -0 +U, -0 +10°, 0°	+1/8, -1/16 ±1/16 +10°, -5°	Todo	<u>D1 + D3</u>	e, f, i, j
SAW	BC-P3-S	3/4 mín.	-	R = 0 f = 1/4 mín. α = 60°	±0 +U, -0 +10°, -0°	+1/16, -0 ±1/16 +10°, -5°	F	<u>D1 + D4</u>	f, i, j

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 10

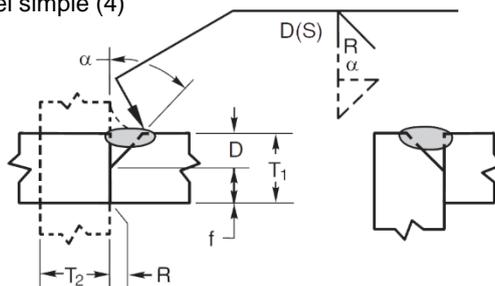
Soldadura en ranura con bisel simple en T con junta a tope

Soldadura en ranura con bisel simple (4)

Junta a tope (B)

Junta en T (T)

Junta en esquina ©



Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	BC-P4	U	-	R = 0 f = 1/8 mín. α = 45°	+1/16, -0 +U, -0 +10°, 0°	+1/8, -1/16 ±1/16 +10°, -5°	Todo	<u>D1 - 1/8</u>	b, e, f, g, j, k
GMAW FCAW	BC-P4-GF	1/4 mín.	-	R = 0 f = 1/8 mín. α = 45°	+1/16, -0 +U, -0 +10°, 0°	+1/8, -1/16 ±1/16 +10°, -5°	F, H V, OH	<u>D1</u> <u>D-1/8</u>	a, b, f, g, j, k
SAW	BC-P4-S	7 mín.	16	R = 0 f = 1/4 mín. α = 45°	±0 +U, -0 +10°, -0°	+1/16, -0 ±1/16 +10°, -5°	F	<u>D</u>	b, f, g, j, k

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 11

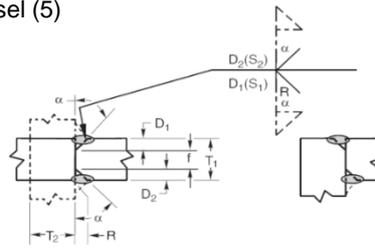
Soldadura en ranura con doble bisel junta en T a tope

Soldadura en ranura con doble bisel (5)

Junta a tope (B)

Junta en T (T)

Junta en esquina ©



Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	BC-P5	5/16 mín.	U	R = 0 f = 1/8 mín. $\alpha = 45^\circ$	+1/16, -0 +U, -0 +10°, 0°	+1/8, -1/16 $\pm 1/16$ +10°, -5°	Todo	$\frac{D1+}{D2-}$ 1/8	e, f, g, i, j, k
GMAW FCAW	BC-P5-GF	1/2 mín.	U	R = 0 f = 1/8 mín. $\alpha = 45^\circ$	+1/16, -0 +U, -0 +10°, 0°	+1/8, -1/16 $\pm 1/16$ +10°, -5°	F, H V, OH	$\frac{D1+}{D2}$ $\frac{D+D}{2-1/4}$	a, f, g, i, j, k
SAW	BC-P5-S	3/4 mín.	U	R = 0 f = 1/4 mín. $\alpha = 45^\circ$	± 0 +U, -0 +10°, -0°	+1/16, -0 $\pm 1/16$ +10°, -5°	F	$\frac{D1+}{D2}$	f, g, i, j, k

Fuente: (AWS, 2019)

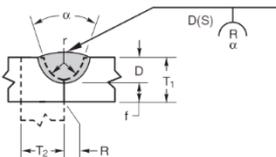
Tabla 12

Soldadura simple de ranura en U con junta a tope

Soldadura simple de ranura en U (6)

Junta a tope (B)

Junta en esquina (C)



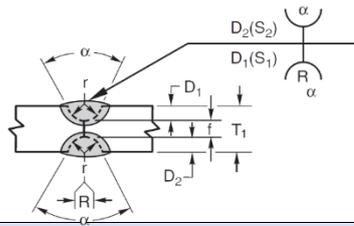
Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	BC-P6	1/4 mín.	U	R = 0 f = 1/32 mín. r = 1/4 $\alpha = 45^\circ$	+1/16, -0 +U, -0 +1/4, -0 +10°, -0°	+1/8, -1/16 $\pm 1/16$ $\pm 1/16$ +10°, -5°	Todo	\underline{D}	b, e, f, j
GMAW FCAW	BC-P6-GF	1/4 mín.	U	R = 0 f = 1/8 mín. r = 1/4 $\alpha = 20^\circ$	+1/16, -0 +U, -0 +1/4, -0 +10°, -0°	+1/8, -1/16 $\pm 1/16$ $\pm 1/16$ +10°, -5°	Todo	\underline{D}	a, b, f, j
SAW	BC-P6-S	7/16 mín.	U	R = 0 f = 1/4 mín. r = 1/4 $\alpha = 20^\circ$	± 0 +U, -0 +1/4, -0 +10°, -0°	+1/8, -1/16 $\pm 1/16$ $\pm 1/16$ +10°, -5°	F	\underline{D}	b, f, j

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 13

Soldadura en ranura de doble U con junta a tope

Soldadura en ranura de doble U (7)
Junta a tope (B)



Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	BC-P7	1/2 mín.	-	R = 0 f = 1/8 mín. r = 1/4 α = 45°	+1/16, -0 +U, -0 +1/4, -0 +10°, -0°	+1/8, -1/16 ±1/16 ±1/16 +10°, -5°	Todo	<u>D1+</u> <u>D2</u>	e, f, i, j
GMAW FCAW	BC-P7-GF	1/2 mín.	-	R = 0 f = 1/8 mín. r = 1/4 α = 20°	+1/16, -0 +U, -0 +1/4, -0 +10°, -0°	+1/8, -1/16 ±1/16 ±1/16 +10°, -5°	Todo	<u>D1+</u> <u>D2</u>	a, f, i, j
SAW	BC-P7-S	3/4 mín.	-	R = 0 f = 1/4 mín. r = 1/4 α = 20°	±0 +U, -0 +1/4, -0 +10°, -0°	+1/16, -0 ±1/16 ±1/16 +10°, -5°	F	<u>D1+</u> <u>D2</u>	f, i, j

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 14

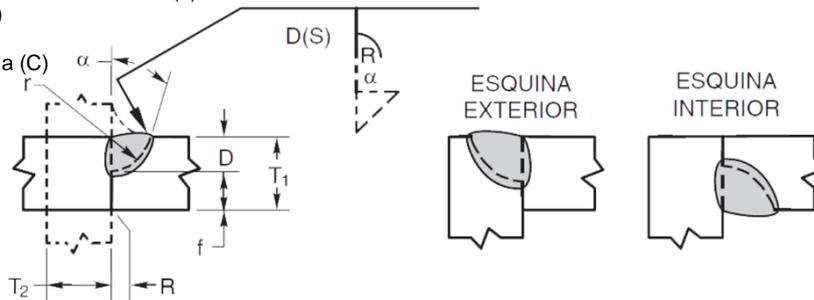
Soldadura simple en ranura en J con junta T en la esquina a tope

Soldadura simple en ranura en J (8)

Junta a tope (B)

Junta en T (T)

Junta en esquina (C)



Proceso de soldadura	Designación de	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	BC-P8	1/4 mín.	-	R = 0 f = 1/8 mín. r = 3/8 α = 30°	+1/16, -0 +U, -0 +1/4, -0 +10°, -0°	+1/8, -1/16 ±1/16 ±1/16 +10°, -5°	Todo	<u>D</u>	e, f, g, j, k
	TC-P8	1/4 mín.	U	R = 0 f = 1/8 mín. r = 3/8 αoc = 30°** αic = 45°**	+1/16, -0 +U, -0 +1/4, -0 +10°, -0° +10°, -0°	+1/8, -1/16 ±1/16 ±1/16 +10°, -5° +10°, -5°	Todo	<u>D</u>	e, f, g, j, k
GMAW FCAW	BC-P8	1/4 mín.	-	R = 0 f = 1/8 mín.	+1/16, -0 +U, -0	+1/8, -1/16 ±1/16	Todo	<u>D</u>	a, f, g, j, k

SAW	TC-P8-	1/4 mín.	U	$r = 3/8$	$+1/4, -0$	$\pm 1/16$	Todo	<u>D</u>	a, f, g, j, k
				$\alpha = 30^\circ$	$+10^\circ, -0^\circ$	$+10^\circ, -5^\circ$			
				$R = 0$	$+1/16, -0$	$+1/8, -1/16$			
	BC-P8-	7/16 mín.	-	$f = 1/8$ mín.	$+U, -0$	$\pm 1/16$	F	<u>D</u>	f, g, j, k
				$r = 3/8$	$+1/4, -0$	$\pm 1/16$			
				$\alpha = 30^\circ$ **	$+10^\circ, -0^\circ$	$+10^\circ, -5^\circ$			
TC-P8-S	7/16 mín.	U	$R = 0$	± 0	$+1/16, -0$	F	<u>D</u>	f, g, j, k	
			$f = 1/4$ mín.	$+U, -0$	$\pm 1/16$				
			$r = 1/2$	$+1/4, -0$	$\pm 1/16$				
				$\alpha = 20^\circ$ **	$+10^\circ, -0^\circ$	$+10^\circ, -5^\circ$			
				$\alpha = 45^\circ$ **	$+10^\circ, -0^\circ$	$+10^\circ, -5^\circ$			

Fuente: (AWS, 2019)

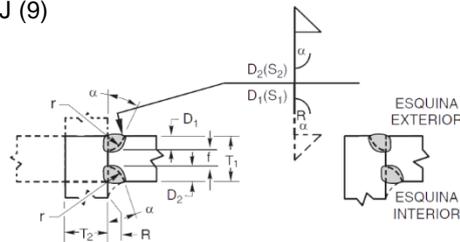
Tabla 15 Soldadura en ranura de doble J con junta en T a tope

Soldadura en ranura de doble J (9)

Junta a tope (B)

Junta en T (T)

Junta en esquina ©



Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	BC-P9	1/2 mín.	-	$R = 0$ $f = 1/8$ mín. $r = 3/8$ $\alpha = 30^\circ$	$+1/16, -0$ $+U, -0$ $+1/4, -0$ $+10^\circ, -0^\circ$	$+1/8, -1/16$ $\pm 1/16$ $\pm 1/16$ $+10^\circ, -5^\circ$	Todo	<u>D1 + D2</u>	e, f, g, i, j, k
	TC-P9	1/2 mín.	U	$R = 0$ $f = 1/8$ mín. $r = 3/8$ $\alpha = 30^\circ$ ** $\alpha = 45^\circ$ **	$+1/16, -0$ $+U, -0$ $+1/4, -0$ $+10^\circ, -0^\circ$ $+10^\circ, -0^\circ$	$+1/8, -1/16$ $\pm 1/16$ $\pm 1/16$ $+10^\circ, -5^\circ$ $+10^\circ, -5^\circ$	Todo	<u>D1 + D2</u>	e, f, g, i, j, k
GMAW FCAW	BC-P9-GF	1/2 mín.	-	$R = 0$ $f = 1/8$ mín. $r = 3/8$ $\alpha = 30^\circ$	$+1/16, -0$ $+U, -0$ $+1/4, -0$ $+10^\circ, -0^\circ$	$+1/8, -1/16$ $\pm 1/16$ $\pm 1/16$ $+10^\circ, -5^\circ$	Todo	<u>D1 + D2</u>	a, f, g, i, j, k
	TC-P9-GF	1/2 mín.	U	$R = 0$ $f = 1/8$ mín. $r = 3/8$ $\alpha = 30^\circ$ ** $\alpha = 45^\circ$ **	± 0 $+U, -0$ $+1/4, -0$ $+10^\circ, -0^\circ$ $+10^\circ, -0^\circ$	$+1/16, -0$ $\pm 1/16$ $\pm 1/16$ $+10^\circ, -5^\circ$ $+10^\circ, -5^\circ$	Todo	<u>D1 + D2</u>	a, f, g, i, j, k
SAW	BC-P9-S	3/4 mín.	-	$R = 0$ $f = 1/4$ mín. $r = 1/2$ $\alpha = 20^\circ$	± 0 $+U, -0$ $+1/4, -0$ $+10^\circ, -0^\circ$	$+1/16, -0$ $\pm 1/16$ $\pm 1/16$ $+10^\circ, -5^\circ$	F	<u>D1 + D2</u>	f, g, i, j, k
	TC-P9-S	7/16 mín.	U	$R = 0$ $f = 1/4$ mín. $r = 1/2$ $\alpha = 20^\circ$ ** $\alpha = 45^\circ$ **	± 0 $+U, -0$ $+1/4, -0$ $+10^\circ, -0^\circ$ $+10^\circ, -0^\circ$	$+1/16, -0$ $\pm 1/16$ $\pm 1/16$ $+10^\circ, -5^\circ$ $+10^\circ, -5^\circ$	F	<u>D1 + D2</u>	f, g, i, j, k

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 16

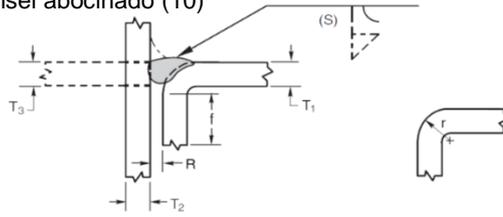
Soldadura en ranura con bisel abocinado con junta en esquina a tope

Soldadura en ranura con bisel abocinado (10)

Junta a tope (B)

Junta en T (T)

Junta en esquina ©



Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)			Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	T3	Abertura de la raíz	Tolerancias				
						Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	BC-P10	3/16 mín.	U	T1 mín.	R = 0 f = 3/16 mín. r = 3T1/2 mín.	+1/16, -0 +U, -0 +U, -0	+1/8, -1/16 +U, -1/16 +U, -0	Todo	5/16 r	e, g, j, l
GMAW FCAW	BC-P10-GF	3/16 mín.	U	T1 mín.	R = 0 f = 3/16 mín. r = 3T1/2 mín.	+1/16, -0 +U, -0 +U, -0	+1/8, -1/16 +U, -1/16 +U, -0	Todo	5/8 r	a, g, j, l, m
SAW	BC-P10-S	1/2 mín.	N/A	1/2 mín.	R = 0 f = 1/2 mín. r = 3T1/2 mín.	±0 +U, -0 +U, -0	+1/16, -0 +U, -1/16 +U, -0	F	5/16 r	g, j, l, m

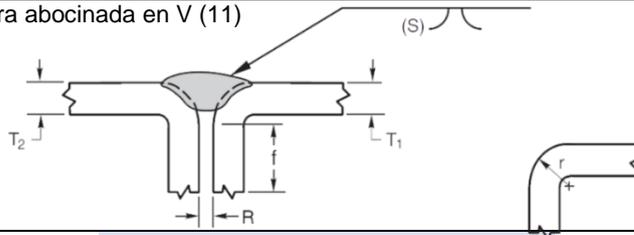
Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 17

Soldadura en ranura abocinada en V con junta a tope

Soldadura en ranura abocinada en V (11)

Junta a tope (B)



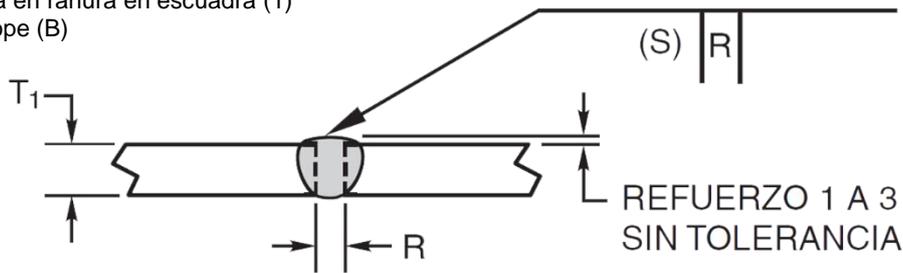
Proceso de soldadura	Designación de	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	BC-	3/16 mín.	T1 mín.	R = 0 f = 3/16 mín. r = 3T1/2 mín.	+1/16, -0 +U, -0 +U, -0	+1/8, -1/16 +U, -1/16 +U, -0	Todo	5/16 r	e, j, l, m, n
GMAW	BC-	3/16 mín.	T1 mín.	R = 0 f = 3/16 mín. r = 3T1/2 mín.	+1/16, -0 +U, -0 +U, -0	+1/8, -1/16 +U, -1/16 +U, -0	Todo	3/4 r	a, j, l, m, n
SAW	BC-	1/2 mín.	T1 mín.	R = 0 f = 3/16 mín. r = 3T1/2 mín.	±0 +U, -0 +U, -0	+1/16, -0 +U, -1/16 +U, -0	F	1/2 r	j, l, m, n

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 18

Soldadura en ranura en escuadra con junta a tope

Soldadura en ranura en escuadra (1)
Junta a tope (B)



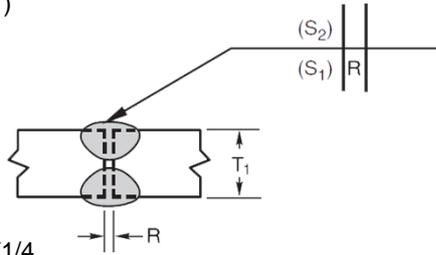
Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	B-P1a	3	-	R = 0 a 2	+2, -0	±2	Todo	T1 - 1	e, f, g, j, k
	B-P1c	6 mín.	-	R = T1/2mín	+2, -0	±2	Todo	T1/2	e, f, g, j, k
GMAW	B-P1a-GF	3	-	R = 0 a 2	+2, -0	±2	Todo	T1 - 1	a, f, g, j, k
	FCAW	B-P1c-GF	6 mín.	-	R = T1/2mín	+2, -0	±2	Todo	T1 / 2

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 19

Soldadura en ranura en escuadra con junta a tope

Soldadura en ranura en escuadra (1)
Junta a tope (B)



(S1) +(S2) NO DEBE EXCEDER 3T1/4

Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	B-P1b	6 máx.	-	R = T1/2	+2, -0	±2	Todo	3T1/4	
GMAW	B-P1b-GF	6 máx.	-	R = T1/2	+2, -0	±2	Todo	3T1/4	e
FCAW									

Fuente: (AWS, 2019)

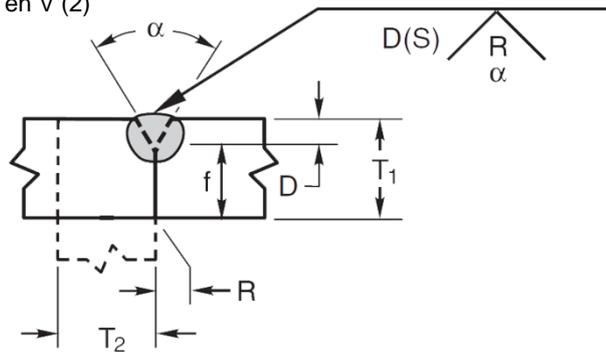
Tabla 20

Soldadura simple en ranura en V con junta a tope en esquina

Soldadura simple en ranura en V (2)

Junta a tope (B)

Junta en esquina ©



Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	BC-P2	6 min.	U	R = 0 f = 1 mín. $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +U, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 +10°, -5°	Todo	<u>D</u>	b, e, f, j
GMAW FCAW	BC-P2-GF	6 min.	U	R = 0 f = 1 mín. $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +U, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 +10°, -5°	Todo	<u>D</u>	a, b, f, j
SAW	BC-P2-S	11 min.	U	R = 0 f = 6 mín. $\alpha = 60^\circ$	± 0 +U, -0 +10°, -0°	+2, -0 ± 2 +10°, -5°	F	<u>D</u>	b, f, j

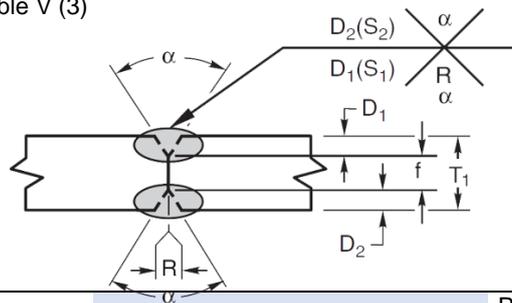
Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 21

Soldadura en ranura de doble V con junta a tope

Soldadura en ranura de doble V (3)

Junta a tope (B)



Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	BC-P3	12 min.	-	R = 0 f = 3 mín. $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +U, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 +10°, -5°	Todo	<u>D1 + D2</u>	e, f, i, j
GMAW FCAW	BC-P3-GF	12 min.	-	R = 0 f = 3 mín. $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +U, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 +10°, -5°	Todo	<u>D1 + D3</u>	a, f, i, j
SAW	BC-P3-S	20 min.	-	R = 0 f = 6 mín. $\alpha = 60^\circ$	± 0 +U, -0 +10°, -0°	+2, -0 ± 2 +10°, -5°	F	<u>D1 + D4</u>	f, i, j

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 22

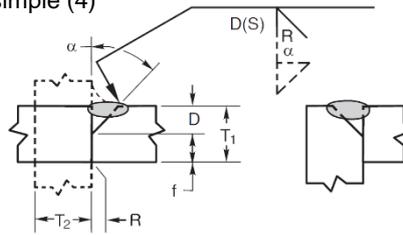
Soldadura en ranura con bisel simple con junta en esquina T a tope

Soldadura en ranura con bisel simple (4)

Junta a tope (B)

Junta en T (T)

Junta en esquina ©



Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	BC-P4	U	U	R = 0 f = 3 min. $\alpha = 45^\circ$	+2, -0 +U -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 +10°, -5°	Todo	<u>D-3</u>	b, e, f, g, j, k
GMAW FCAW	BC-P4- GF	6 min.	U	R = 0 f = 3 min. $\alpha = 45^\circ$	+2, -0 +U -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 +10°, -5°	F,H V,OH	<u>D</u> <u>D-3</u>	a, b, f, g, j, k
SAW	BC-P4- S	11 min.	U	R = 0 f = 6 mín. $\alpha = 60^\circ$	± 0 +U, -0 +10°, -0°	+2, -0 ± 2 +10°, -5°	F	<u>D</u>	b, f, g, j, k

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 23

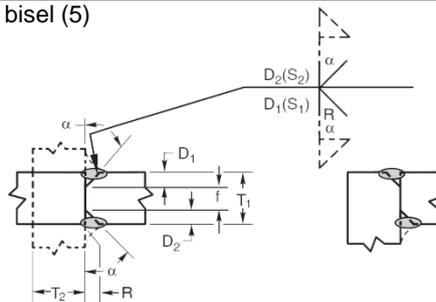
Soldadura en ranura con doble bisel con junta en T a tope

Soldadura en ranura con doble bisel (5)

Junta a tope (B)

Junta en T (T)

Junta en esquina ©



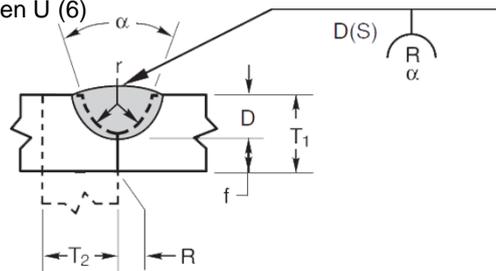
Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	BC-P5	8 min.	U	R = 0 f = 3 min. $\alpha = 45^\circ$	+2, -0 +U -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 +10°, -5°	Todo	<u>D1 + D2-6</u>	e, f, g, i, j, k
GMAW FCAW	BC- P5-GF	12 min.	U	R = 0 f = 3 min. $\alpha = 45^\circ$	+2, -0 +U -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 +10°, -5°	F,H V,OH	<u>D1 + D2</u> <u>D1 + D2-6</u>	a, f, g, i, j, k
SAW	BC- P5-S	20 min.	U	R = 0 f = 6 mín. $\alpha = 60^\circ$	± 0 +U, -0 +10°, -0°	+2, -0 ± 2 +10°, -5°	F	<u>D1 + D2</u>	f, g, i, j, k

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 24

Soldadura simple de ranura en U con junta a tope

Soldadura simple de ranura en U (6)
 Junta a tope (B)
 Junta en esquina ©



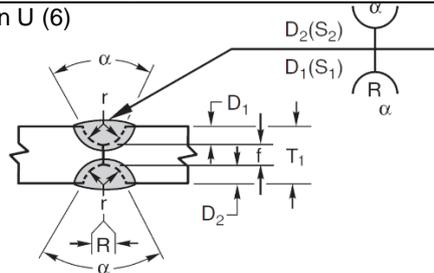
Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
				Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	BC-P6	6 min.	U	R = 0 f = 1 mín. r = 6 $\alpha = 45^\circ$	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 ± 2 +10°, -5°	Todo	<u>D</u>	b, e, f, j
GMAW FCAW	BC-P6-GF	6 min.	U	R = 0 f = 3 mín. r = 6 $\alpha = 20^\circ$	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 ± 2 +10°, -5°	Todo	<u>D</u>	a, b, f, j
SAW	BC-P6-S	11 min.	U	R = 0 f = 6 mín. r = 6 $\alpha = 20^\circ$	± 0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 ± 2 ± 2 +10°, -5°	F	<u>D</u>	b, f, j

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 25

Soldadura simple de ranura en U con junta a tope

Soldadura simple de ranura en U (6)
 Junta a tope (B)
 Junta en esquina ©



Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
				Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	BC-P7	12 min.	-	R = 0 f = 3 mín. r = 6 $\alpha = 45^\circ$	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 ± 2 +10°, -5°	Todo	<u>D1 + D2</u>	e, f, i, j
GMAW FCAW	BC-P7-GF	12 min.	-	R = 0 f = 3 mín. r = 6 $\alpha = 20^\circ$	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 ± 2 +10°, -5°	Todo	<u>D1 + D2</u>	a, f, i, j
SAW	BC-P7-S	20 min.	-	R = 0 f = 6 mín. r = 6 $\alpha = 20^\circ$	± 0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 ± 2 ± 2 +10°, -5°	F	<u>D1 + D2</u>	f, i, j

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 26

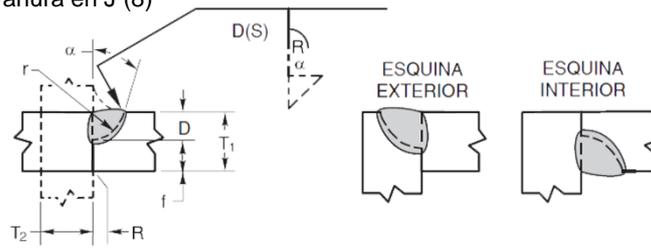
Soldadura simple en ranura en J con junta a tope

Soldadura simple en ranura en J (8)

Junta a tope (B)

Junta en T (T)

Junta en esquina ©



Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	B-P8	6 mín.	-	R = 0 f = 3 mín. r = 10 $\alpha = 30^\circ$	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 ± 2 +10°, -5°	Todo	<u>D</u>	e, f, g, j, k
	TC-P8	6 mín.	U	R = 0 f = 3 mín. r = 10 $\alpha = 30^{**}$ $\alpha = 45^{***}$	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0° +10°, -0°	+3, -2 ± 2 ± 2 +10°, -5° +10°, -5°	Todo	<u>D</u>	e, f, g, j, k
GMAW FCAW	B-P8-GF	6 mín.	-	R = 0 f = 3 mín. r = 10 $\alpha = 30^\circ$	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 ± 2 +10°, -5°	Todo	<u>D</u>	a, f, g, j, k
	TC-P8-GF	6 mín.	U	R = 0 f = 3 mín. r = 10 $\alpha = 30^{**}$ $\alpha = 45^{***}$	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0° +10°, -0°	+3, -2 ± 2 ± 2 +10°, -5° +10°, -5°	Todo	<u>D</u>	a, f, g, j, k
SMAW	B-P8-S	11 mín.	-	R = 0 f = 6 mín. r = 12 $\alpha = 20^\circ$	± 0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 ± 2 ± 2 +10°, -5°	F	<u>D</u>	f, g, j, k
	TC-P8-S	11 mín.	U	R = 0 f = 6 mín. r = 12 $\alpha = 20^{**}$ $\alpha = 45^{***}$	± 0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0° +10°, -0°	+2, -0 ± 2 ± 2 +10°, -5° +10°, -5°	F	<u>D</u>	f, g, j, k

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 27

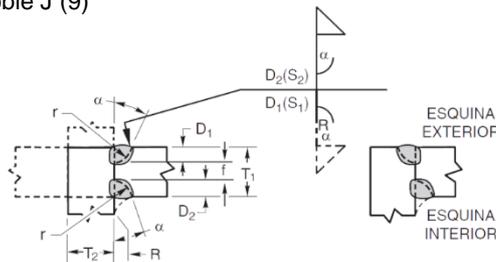
Soldadura en ranura de doble J con junta en esquina a tope

Soldadura en ranura de doble J (9)

Junta a tope (B)

Junta en T (T)

Junta en esquina ©



Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura		Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias			

		T1	T2		Según lo detallado	Como ajuste	soldadura permitidas		
SMAW	B-P9	12 min.	-	R = 0 f = 3 mín. r = 10 $\alpha = 30^\circ$	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 ± 2 +10°, -5°	Todo	<u>D1 + D2</u>	e, f, g, i, j, k
	TC-P9	12 min.	U	R = 0 f = 3 mín. r = 10 $\alpha_{oc} = 30^{o*}$ $\alpha_{ic} = 45^{o**}$	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0° +10°, -0°	+3, -2 ± 2 ± 2 +10°, -5° +10°, -5°	Todo	<u>D1 + D2</u>	e, f, g, i, j, k
GMAW FCAW	B-P9-GF	6 min.	-	R = 0 f = 3 mín. r = 10 $\alpha = 30^\circ$	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 ± 2 +10°, -5°	Todo	<u>D1 + D2</u>	a, f, g, i, j, k
	TC-P9-GF	6 min.	U	R = 0 f = 3 mín. r = 10 $\alpha_{oc} = 30^{o*}$ $\alpha_{ic} = 45^{o**}$	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0° +10°, -0°	+3, -2 ± 2 ± 2 +10°, -5° +10°, -5°	Todo	<u>D1 + D2</u>	a, f, g, i, j, k
SMAW	B-P9-S	20 mín.	-	R = 0 f = 6 mín. r = 12 $\alpha = 20^\circ$	± 0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 ± 2 ± 2 +10°, -5°	F	<u>D1 + D2</u>	f, g, i, j, k
	TC-P9-S	20 mín.	U	R = 0 f = 6 mín. r = 12 $\alpha_{oc} = 20^{o*}$ $\alpha_{ic} = 45^{o**}$	± 0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0° +10°, -0°	+2, -0 ± 2 ± 2 +10°, -5° +10°, -5°	F	<u>D1 + D2</u>	f, g, i, j, k

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 28

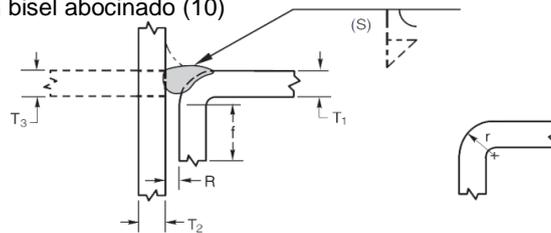
Soldadura en ranura con bisel abocinado con junta a tope

Soldadura en ranura con bisel abocinado (10)

Junta a tope (B)

Junta en T (T)

Junta en esquina ©



Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)			Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	T3	Abertura de la raíz	Tolerancias				
						Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	BC-P10	5 min.	U	T1 mín.	R = 0 f = 5 mín. r = 3T1/4 mín.	+2, -0 +U, -0 +U, -0	+3, -2 +U, -2 +U, -0	Todo	<u>5/16 r</u>	e, g, j, l
GMAW FCAW	BC-P10-GF	5 min.	U	T1 mín.	R = 0 f = 5 mín. r = 3T1/4 mín.	+2, -0 +U, -0 +U, -0	+3, -2 +U, -2 +U, -0	Todo	<u>5/8 r</u>	a, g, j, l, m
SAW	BC-P10-S	12 mín.	12 mín.	N/A	R = 0 f = 5 mín. r = 3T1/4 mín.	± 0 +U, -0 +U, -0	+2, -0 +U, -2 +U, -0	F	<u>5/16 r</u>	g, j, l, m

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 29

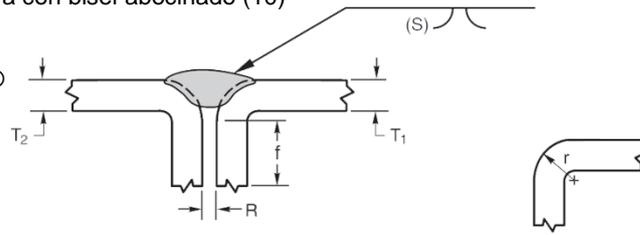
Soldadura en ranura con bisel abocinado con junta a tope

Soldadura en ranura con bisel abocinado (10)

Junta a tope (B)

Junta en T (T)

Junta en esquina ©



Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T1	T2	Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detallado	Como ajuste			
SMAW	BC-P11	5 mín.	T1 mín.	R = 0 f = 5 mín. r = 3T1/4 mín.	+2, -0 +U, -0 +U, -0	+3, -2 +U, -2 +U, -0	Todo	<u>5/8 r</u>	e, j, l, m, n
GMA W FCAW	BC-P11-GF	5 mín.	T1 mín.	R = 0 f = 5 mín. r = 3T1/4 mín.	+2, -0 +U, -0 +U, -0	+3, -2 +U, -2 +U, -0	Todo	<u>3/4 r</u>	a, j, l, m, n
SAW	BC-P11-S	12 mín.	T1 mín.	R = 0 f = 5 mín. r = 3T1/4 mín.	±0 +U, -0 +U, -0	+2, -0 +U, -2 +U, -0	F	<u>1/2 r</u>	j, l, m, n

Fuente: (AWS, 2019)

2.2.2.3.2 Detalles de soldadura en ranura con penetración de junta parcial.

Las WPS para soldaduras PJP que pueden utilizarse sin realizar el ensayo de calificación de WPS descrito en la Sección 6 y deben cumplir con los detalles de las Tablas 6 a la Tabla 29 y están sujetas a las limitaciones descritas: (AWS, 2019)

- **Definición.** las soldaduras en ranura sin respaldo de acero, soldadas de un lado y las soldaduras en ranura soldadas de ambos lados, pero sin ranurado del lado opuesto se consideran soldaduras en ranura con penetración de junta parcial (PJP). (AWS, 2019)
- **Dimensiones de juntas.** Las dimensiones de las soldaduras en ranura especificadas en 2.2.2.3.2 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 (AWS, 2019)
- **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. (AWS, 2019)

Tabla 30

Tamaño mínimo precalificado de las soldaduras en ranura con PJP

Espesor del metal base (T) a	Tamaño mínimo de la soldadura b	
	pulg. [mm]	pulg. [mm]
1/8 [3] a 3/16 [5] incl.	1/16	2
Más de 3/16 [5] a 1/4 [6] incl.	1/8	3
Más de 1/4 [6] a 1/2 [12] incl.	3/16	5
Más de 1/2 [12] a 3/4 [20] incl.	1/4	6
Más de 3/4 [20] a 1-1/2 [38] incl.	5/16	8
Más de 1-1/2 [38] a 2-1/4 [57] incl.	3/8	10
Más de 2-1/4 [57] a 6 [150] incl.	1/2	12
Más de 6 [150]	5/8	16

Fuente: (AWS, 2019)

- 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 30. 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 30. (AWS, 2019)
- El espesor máximo del metal base no debe estar limitado. (AWS, 2019)
- 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 Tablas 6 a la Tabla 29. (AWS, 2019)
- 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 2.2.2.3.2 (Observe que este requisito no se debe aplicar a los detalles B-P1, BTC-P10 y B-P11) (AWS, 2019)

- **FCAW/GMAW en juntas SMAW.** Las preparaciones de las ranuras detalladas para juntas SMAW precalificadas pueden usarse para GMAW o FCAW precalificadas. (AWS, 2019)

- **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. (AWS, 2019)

- **Aberturas de la raíz.** Las aberturas de la raíz de la junta pueden variar como se menciona en 2.2.2.3.2 y 2.2.2.3.3 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. (AWS, 2019)

- **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. (AWS, 2019)

- **Preparación de la ranura en J y en U.** Las ranuras en J y en U pueden prepararse antes o después del montaje. (AWS, 2019)

2.2.2.3.3 Detalles de la soldadura de filete.

Ver la Tabla 31 para conocer los tamaños mínimos de soldadura en filete y la Tabla 32 para ver los detalles de la junta con soldadura en filete precalificada. (AWS, 2019)

Tabla 31

Tamaños mínimos de soldaduras en filete

Espesor del metal base (T) a		Tamaño mínimo de soldadura en filete b	
5	[mm]	pulg.	[mm]
$T \leq 1/4$	$T \leq 6$	1/8c	3c
$1/4 < T \leq 1/2$	$6 < T \leq 12$	3/16	5
$1/2 < T \leq 3/4$	$12 < T \leq 20$	1/4	6
$3/4 < T$	4	5/16	8

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 32

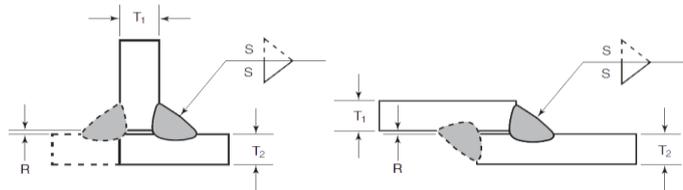
Detalles de la junta de soldadura en filete precalificada

Soldadura en filete (12)

Junta en T (T)

Junta en esquina (C)

Junta traslapada (L)

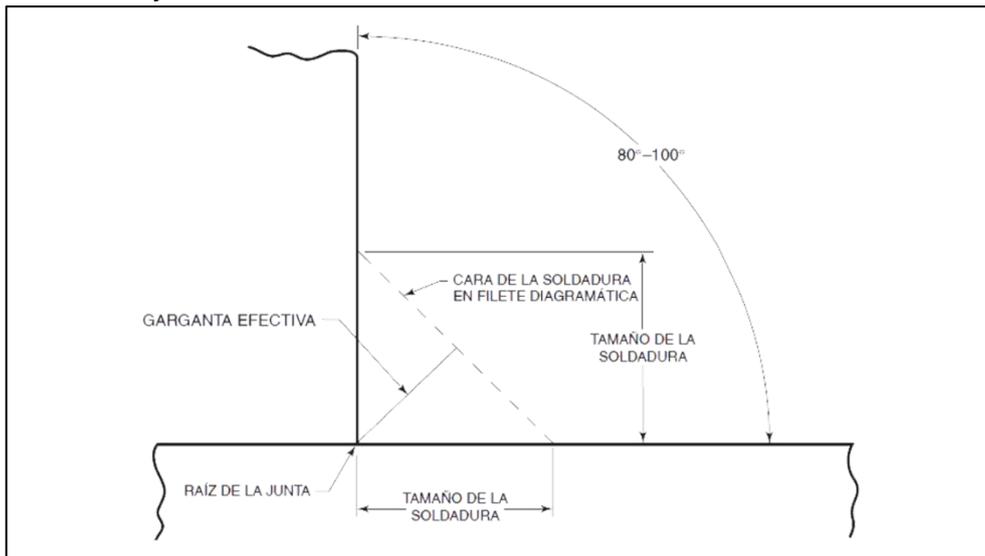


Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado) T1 o T2	Diseño/Geometría de la junta		Posiciones de soldadura permitidas	Notas	
			Abertura de la raíz	Tolerancias			
				Según lo detallado			Como ajuste
SMAW	TC-F12	< 3	R = 0	+1/16, -0	Todo	a, b, d	
	TC-F12a	≥ 3				3/16 máx.	a, b, d
	L-F12	< 3				5/16 máx.	a, b, c
	L-F12a	≥ 3				3/16 máx.	a, b, c
GMAW FCAW	TC-F12-GF	< 3	R = 0	+1/16, -0	Todo	a, b, d	
	TC-F12a-GF	≥ 3				3/16 máx.	a, b, d
	L-F12-GF	< 3				5/16 máx.	a, b, c
	L-F12a-GF	≥ 3				3/16 máx.	a, b, c
SAW	TC-F12-S	< 3	R = 0	+1/16, -0	Todo	a, b, d	
	TC-F12a-S	≥ 3				3/16 máx.	a, b, d
	L-F12-S	< 3				5/16 máx.	a, b, c
	L-F12a-S	≥ 3				3/16 máx.	a, b, c

Fuente: (AWS, 2019)

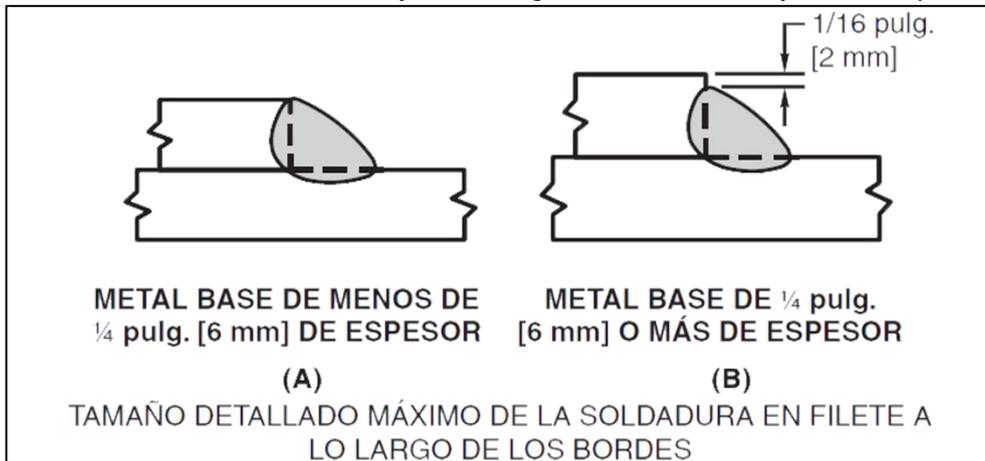
- **Detalles (no tubulares).** Ver Figuras 10, 11 y 12 para conocer las limitaciones de soldaduras en filete precalificadas. (AWS, 2019)

Figura 10
Soldadura en filete



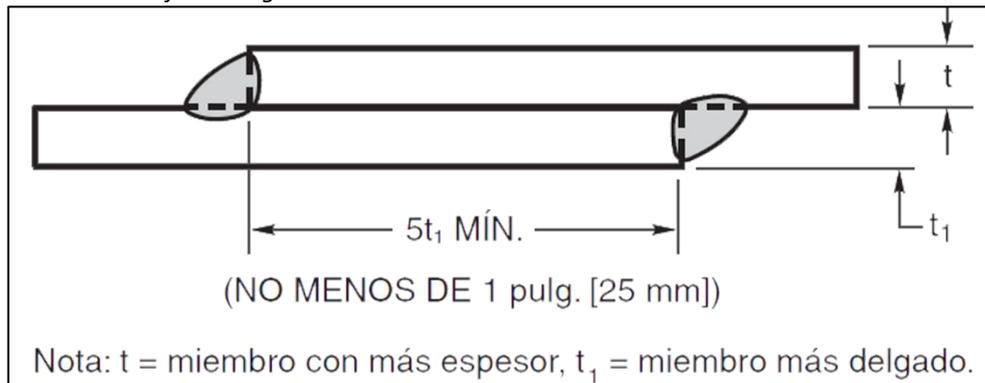
Fuente: (AWS, 2019)

Figura 11
Tamaño máximo de la soldadura en filetea lo largo de los bordes de las juntas traslapadas



Fuente: (AWS, 2019)

Figura 12
Soldaduras de filete cargadas transversalmente

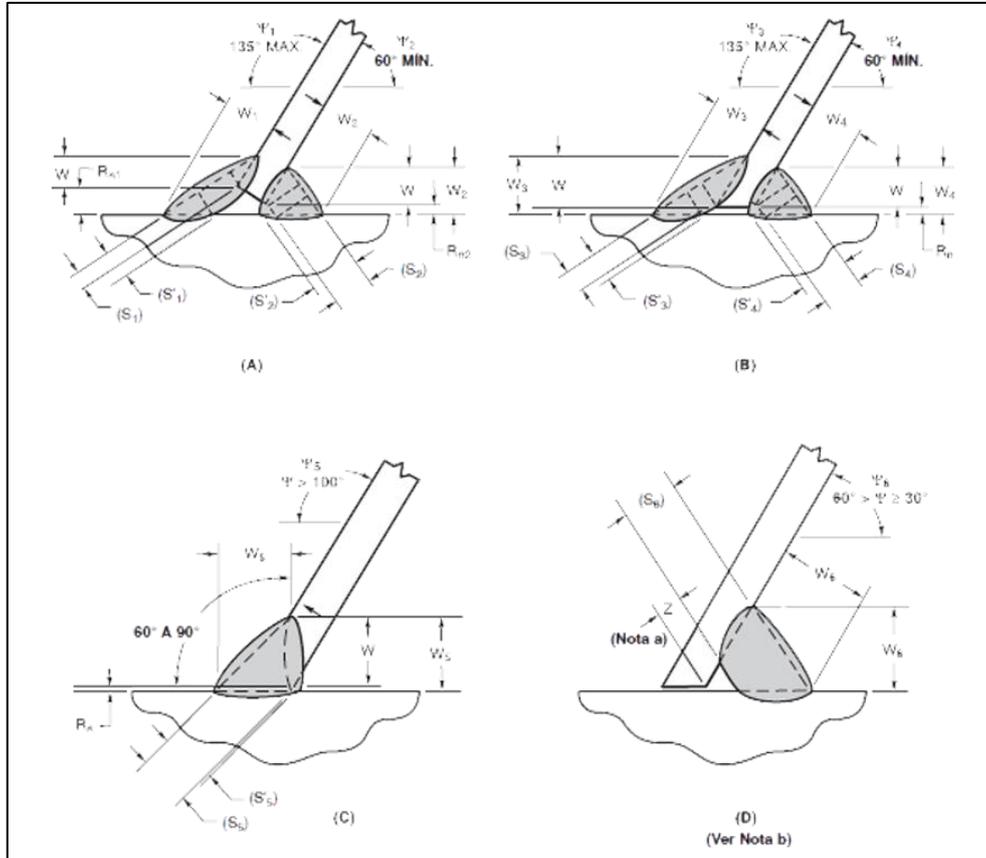


Fuente: (AWS, 2019)

- **Juntas en T oblicuas.** Las juntas en T oblicuas deben cumplir con la Figuras 13 y 14. (AWS, 2019)

Figura 13

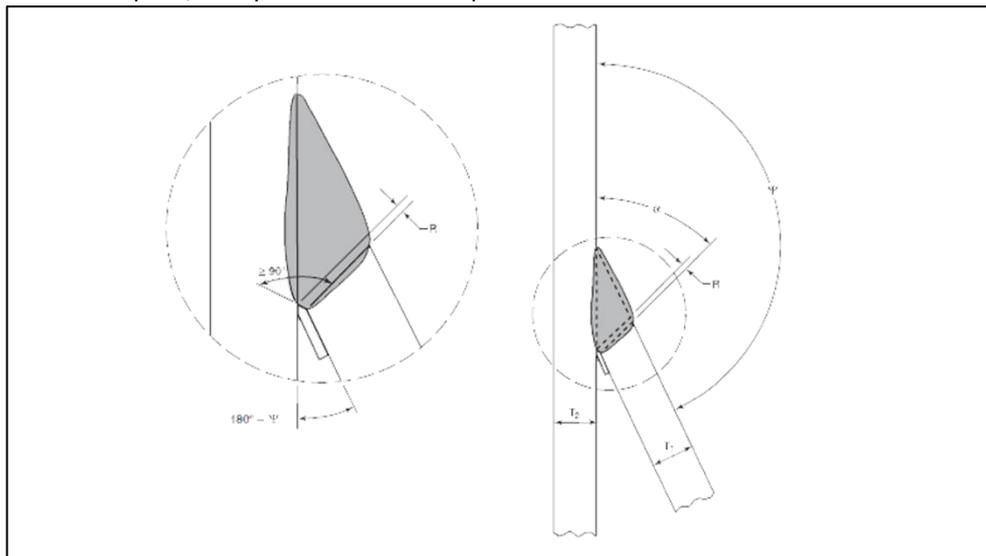
Detalles de la junta en T oblicua precalificada (no tubular)



Fuente: (AWS, 2019)

Figura 14

Junta en esquina, en T y en ranura con CJP precalificada



Fuente: (AWS, 2019)

- **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). (AWS, 2019)
- **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. (AWS, 2019)

2.2.2.3.4 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. (AWS, 2019)

2.2.2.4 Parte D – Procesos de soldadura

Las WPS de SMAW, SAW, GMAW (excepto GMAW-S) y FCAW que cumplan con todas las disposiciones de esta sección deben considerarse precalificadas y en consecuencia aprobadas para su uso sin realizar los ensayos de calificación de WPS para el proceso descritos en la Sección 6. (AWS, 2019)

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). Además, los 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 la GMAW cumple con los requisitos de esta sección, y el espaciamiento entre el arco GMAW y el siguiente arco SAW no exceda 15 pulgadas. (AWS, 2019)

2.2.2.5 Parte E – Metales de aporte y gases de protección

En las WPS precalificadas solamente se podrán utilizar los metales de aporte listados y los metales de aporte no listados en la Tabla 33. (AWS, 2019)

Tabla 33

Metales de aporte y gases de protección

Metales de aporte para las resistencias coincidentes, metales de los Grupos I, II, III y IV—SMAW y SAW					
Grupo de metal base	Especificación de AWS del electrodo	SMAW		SAW	
		A5.1, Acero al carbono	A5. 5a, Acero de baja aleación	A5.17, Acero al carbono	A5.23c, Acero de baja aleación
I	Clasificación del electrodo de AWS	E60XX E70XX	E70XX-X	F6XX-EXXX F6XX-ECXXX F7XX-EXXX F7XX-ECXXX	F7XX-EXXX-XX F7XX-ECXXX-XX
II	Clasificación del electrodo de AWS	E7015 E7016 E7018 E7028	E7015-X E7016-X E7018-X	F7XX-EXXX F7XX-ECXXX	F7XX-EXXX-XX F7XX-ECXXX-XX
III	Clasificación del electrodo de AWS	N/A	E8015-X E8016-X	N/A	F8XX-EXXX-XX F8XX-ECXXX-XX
IV	Clasificación del electrodo de AWS	N/A	E8018-X E9015-X E9016-X E9018-X E9018M	N/A	F9XX-EXXX-XX F9XX-ECXXX-XX

Fuente: (AWS, 2019)

2.2.2.5.1 Resistencia del metal de aporte.

Las siguientes relaciones de resistencia metal base/metal de aporte se deben utilizar junto con las Tabla 34 para establecer si se requieren metales de aporte de la misma resistencia o de resistencia menor. (AWS, 2019)

Tabla 34

Relaciones de resistencia metal base/metal

Relación	Metal(es) base	Relación de resistencia requerida del metal de aporte
Igual resistencia	Cualquier acero a sí mismo o cualquier acero a otro en el mismo grupo	Cualquier metal de aporte enumerado en el mismo grupo
	Cualquier acero en un grupo a cualquier acero en otro	Cualquier metal de aporte listado para cualquiera de los grupos de resistencia. Los electrodos SMAW deben corresponder a la clasificación de bajo hidrógeno
De menor resistencia	Cualquier acero con cualquier acero de cualquier grupo	Cualquier metal de aporte enumerado en un grupo de resistencia por debajo del grupo de menor resistencia. Los electrodos SMAW deben corresponder a la clasificación de bajo hidrógeno

Fuente: (AWS, 2019)

2.2.2.5.2 Requisitos del acero resistente al ambiente (corrosión atmosférica)

Requisitos del acero resistente al ambiente (corrosión atmosférica) que requieran metal de soldadura con resistencia a la corrosión atmosférica y características de color similares a las del metal base, la combinación de electrodo o fundente de electrodo debe cumplir con la Tabla 35. Con las siguientes excepciones:

Tabla 35

Requisitos de metal de aporte para aplicaciones descubiertas expuestas para aceros

Requisitos de metal de aporte para aplicaciones descubiertas expuestas para aceros resistentes al ambiente		
Proceso	Especificación de AWS para metal de aporte	Electrodos aprobados a
SMAW	A5.5/A5.5M	Todos los electrodos que depositan metal de soldadura y cumplen con un análisis B2L, C1, C1L, C2, C2L, C3 o WX según A5.5/A5.5M. Todas las combinaciones de electrodo-fundente que depositan metal de soldadura con un análisis Ni1, Ni2, Ni3, Ni4 o WX según A5.23/ A5.23M.
SAW	A5.23/A5.23M	Todos los electrodos que depositan metal de soldadura con un análisis B2L, K2, Ni1, Ni2, Ni3, Ni4 o WX según A5.29/A5.29M o A5.36/ A5.36M.
FCAW	A5.29/A5.29M y A5.36/A5.36M	Todos los electrodos que cumplen con los requisitos de composición del metal de aporte del análisis B2L, Ga, Ni1, Ni2, Ni3, según A5.28/ A5.28M o A5.36/A5.36M.
GMAW	A5.28/A5.28M y A5.36/A5.36M	

Fuente: (AWS, 2019)

- **Soldaduras en ranura de pasada única.** - Son realizadas con una pasada única a cada lado, pueden realizarse utilizando cualquiera de los metales de aporte para los metales base del Grupo II en la Tabla 33. (AWS, 2019)
- **Soldaduras en filete de pasada única.** - hasta los siguientes tamaños pueden ser realizadas utilizando cualquiera de los metales de aporte para los metales base del Grupo II listados en la Tabla 33: (AWS, 2019)

SMAW	1/4 pulg. [6 mm]
SAW	5/16 pulg. [8 mm]
GMAW/FCAW	5/16 pulg. [8 mm]

2.2.2.5.3 Gas de protección.

Los gases de protección para GMAW y FCAW-G deben cumplir con AWS A5.32M/A5.32 y uno de los siguientes: (AWS, 2019)

- El gas de protección debe ser el utilizado para la clasificación de electrodos según las especificaciones aplicables AWS A5, AWS A5.18/A5.18M, A5.20/A5.20M, A5.28/A5.28M o A5.29/A5.29M. (AWS, 2019)
- Según AWS A5.36/A5.36M, las clasificaciones fijas de FCAW y GMAW de acero al carbono protegido por gas y FCAW de acero de baja aleación calificado con gas de protección M21 se limitan a los requisitos del gas de protección mezclado de AWS A5.18/A5.18M, A5.20/A5.20M o A5.29/A5.29M, M21-ArC-20/25(SG-AC-20-25). (AWS, 2019)
- El gas de protección de clasificación para todas las clasificaciones abiertas AWS A5.36/A5.36M se deben limitar a la designación de gas de protección usada para la clasificación o las clasificaciones y no al rango de la clasificación de gas de protección. (AWS, 2019)

- Para electrodos clasificados según AWS A5.18/A5.18M, la Tabla 5.7 proporciona gases de protección o mezclas de gases aceptables para la soldadura de producción (AWS, 2019).
- La combinación de electrodo/gas de protección deberá haber sido probada de acuerdo con la especificación de metal de aporte A5 aplicable. Los ensayos deberán demostrar que la combinación de electrodo/gas de protección es capaz de cumplir con todos los requisitos de propiedades mecánicas y químicas y NDT para la clasificación del electrodo. Para los electrodos compuestos FCAW-G y GMAW (metálicos con núcleo), se deben realizar ensayos de la marca y el nombre comercial de cada fabricante de electrodos que se utilizarán. El ensayo será realizado por el fabricante del metal de aporte o el productor del gas. Para FCAW-G, el metal de aporte debe haber sido clasificado por el fabricante del metal de aporte como un producto “-M” (es decir, gas mixto) (AWS, 2019)

Tabla 36

Temperatura precalificada mínima de precalentamiento y entre pasadas Categoría A

Especificación del acero	Proceso de soldadura	Espesor de la parte más gruesa del punto de soldadura		Temperatura mínima de precalentamiento y entre pasadas		
		Pulg.	mm	°F	°C	
ASTM A36						
ASTM A53	Grado B					
ASTM A106	Grado B					
ASTM A131	Grado A, B, D, E					
ASTM A139	Grado B					
ASTM A381	Grado Y35					
ASTM A500	Grado A, B, C					
ASTM A501	Grado A					
ASTM A516	Grados 58, 50	SMAW con electrodos que no sean debajo hidrógeno	1/8 a 3/4	3 a 20	32a	0°
ASTM A524	Grado I, II		incl.	incl.		
ASTM A709	Grado 36		Más de 3/4	Mayor de 20		
ASTM A1008 SS	Grado 30		hasta 1-1/2	hasta 38	150	65
	Grado 33 Tipo 1		incl.	incl.		
	Grado 40 Tipo 1		Más de 1-1/2	Mayor de 38		
ASTM A1011SS	Grado 30, 33		hasta 2-1/2	hasta 65	225	110
	Grado 36 Tipo 1		incl.	incl.		
	Grado 40		Más de 2-1/2	Más de 65	300	150
	Grado 45 Tipo 1					
ASTM A1018SS	Grado 30, 33, 36, 40					
API 5L	Grado B, X42					
ABS	Grado A, B, D, E					

Fuente: (AWS, 2019)

2.2.2.6 Parte F – Temperaturas de precalentamiento y entre pasadas

2.2.2.6.1 Requisitos mínimos de temperatura de precalentamiento y entre pasadas.

Se debe utilizar la Tablas 36, 37, 38, 39 y 40 para determinar las temperaturas mínimas de precalentamiento y entre pasadas para aceros listados en el código. (AWS, 2019)

Tabla 37

Temperatura precalificada mínima de precalentamiento y entre pasadas Categoría B

Especificación del acero	Proceso de soldadura	Espesor de la parte más gruesa del punto de soldadura		Temperatura mínima de precalentamiento y entre pasadas		
		pulg.	mm	°F	°C	
ASTM A36						
ASTM A53						
ASTM A106		1/8 a 3/4	3 a 20	32a	0°	
ASTM A131	Grados A, B, D, E H32, 36 DH32, 36 EH32, 36					
ASTM A139	Grado B	SMAW con electrodos de bajo hidrógeno, SAW, GMAW, FCAW	incl. Más de 3/4	incl. Mayor de 20	50	10
ASTM A381	Grado Y35		hasta 1-1/2	hasta 38		
ASTM A500	Grado A, B, C		incl.	incl.		
ASTM A501	Grado A, B		Más de 1-1/2	Mayor de 38	150	65
ASTM A516	Grado 55, 60		hasta 2-1/2	hasta 65		
ASTM A524	Grado I, II		incl.	incl.		
ASTM A529	Grado 50, 55		Más de 2-1/2	Más de 65	225	110
ASTM A537	Clase 1, 2					
ASTM A572	Grado 42, 50, 55					
ASTM A573	Grado 58, 65					
ASTM A588						
ASTM A595	Grado A, B, C					

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 38

Temperatura precalificada mínima de precalentamiento y entre pasadas Categoría C

Especificación del acero	Proceso de soldadura	Espesor de la parte más gruesa del punto de soldadura		Temperatura mínima de precalentamiento y entre pasadas	
		pulg.	mm	°F	°C
ASTM A572	Grados 60, 65				
ASTM A633	Grado E	1/8 a 3/4	3 a 20	50	10
ASTM A709b	Grado HPS70W	incl.	incl.		
ASTM A710	Grado A, Clase 2 ≤ 2 pulg. [50 mm]	Más de 3/4	Mayor de 20		
ASTM A710	Grado A, Clase 3 ≤ 2 pulg. [50 mm]	hasta 1-1/2	hasta 38	150	65
ASTM A913	Grados 60, 65, 70	incl.	incl.		
ASTM A1018 HSLAS	Grado 60 Clase 2 Grado 70 Clase 2	Más de 1-1/2	Mayor de 38		
ASTM A1018 HSLAS-F	Grado 60 Clase 2 Grado 70 Clase 2	hasta 2-1/2	hasta 65	225	110
ASTM A1066	Grados 60, 65, 70	incl.	incl.		
API 2W	Grados 60	Más de 2-1/2	Más de 65	300	150
API 2Y	Grados 60				
API 5L	Grado X52				

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 39*Temperatura precalificada mínima de precalentamiento y entre pasadas Categoría D*

Especificación del acero	Proceso de soldadura	Espesor de la parte más gruesa del punto de soldadura		Temperatura mínima de precalentamiento y entre pasadas	
		pulg.	mm	°F	°C
ASTM A710 Grado A (todas las clases)	SMAW, SAW, GMAW y FCAW con electrodos o combinación de electrodo-fundente capaces de depositar el metal de soldadura con un contenido máximo de hidrógeno difusible de 8 ml/100 g (H8), cuando se ensaya según AWS A4.3.	Todos los espesores Más de 1/8 pulg.	Todos los espesores Más de [3 mm]	32a	0a
ASTM A913 Grados 50, 60, 65					

*Fuente: (AWS, 2019)***Tabla 40***Temperatura precalificada mínima de precalentamiento y entre pasadas Categoría E*

Especificación del acero	Proceso de soldadura	Espesor de la parte más gruesa del punto de soldadura		Temperatura mínima de precalentamiento y entre pasadas	
		pulg.	mm	°F	°C
ASTM A1066 Grados 50, 60, 65	SMAW, SAW, GMAW y FCAW con electrodos o combinaciones electrodo-fundente capaces de depositar el metal de soldadura con un contenido máximo de hidrógeno difusible de 8 ml/100 g (H8), cuando se ensaya según AWS A4.3.	1/8 a 1 incl.	3 a 25 incl.	50	10
		Más de 1	Mayor de 25	120	50

*Fuente: (AWS, 2019)***2.2.2.6.2 Combinación metal base/espesor.**

La temperatura mínima de precalentamiento o entre pasadas aplicada a una junta compuesta por metales base con diferentes temperaturas mínimas de precalentamiento en las Tablas 36, 37, 38, 39 y 40 (según la categoría y el espesor) debe ser la más alta de estas temperaturas mínimas de precalentamiento. (AWS, 2019)

2.2.2.6.3 Temperaturas alternativas de precalentamiento y entre pasadas en SAW.

Las temperaturas de precalentamiento y entre pasadas para una SAW de electrodo paralelo o múltiple deben seleccionarse según las Tablas 36, 37, 38, 39 y 40. En el caso de soldaduras en ranura o en filete de pasada única, combinaciones de los metales que estén siendo soldados y la entrada de calor involucrada y con la aprobación del Ingeniero, se pueden establecer las temperaturas de precalentamiento y entre pasadas que sean suficientes para reducir la dureza en la HAZ del metal base a menos de 225 Vickers para aceros con una resistencia a la tracción mínima especificada en miembros fabricados de acero revenido y templado con un límite elástico especificado mayor de 70 ksi [485 no mayor de 60 ksi [415 MPa] y 280 Vickers para aceros con una resistencia a la tracción mínima especificada mayor de 60 ksi [415 MPa], pero no mayor de 70 ksi [485 MPa] (AWS, 2019)

El número de dureza de Vickers debe determinarse según ASTM E92. Si se utilizara otro método de dureza, el número de dureza equivalente debe determinarse según ASTM E140 y se debe realizar el ensayo según la especificación ASTM aplicable (AWS, 2019)

2.2.2.6.3.1 Requisitos de dureza.

La determinación de dureza de la HAZ debe realizarse en: (AWS, 2019)

- Secciones transversales con macroataque inicial de una muestra de prueba. (AWS, 2019)
- La superficie del miembro durante el avance del trabajo. La superficie se debe esmerilar antes del ensayo de dureza: (AWS, 2019)
- La frecuencia de la evaluación de la HAZ debe ser por lo menos de un área de prueba por soldadura del metal más grueso involucrado en una junta cada 50 pies [15 m] de soldaduras en ranura o par de soldaduras en filete. (AWS, 2019)

- Estas determinaciones de dureza pueden discontinuarse después de que se haya establecido el procedimiento y la discontinuación haya sido aprobada por el Ingeniero. (AWS, 2019)

2.2.2.7 Parte G – Requisitos de WPS

2.2.2.7.1 Requisitos generales de WPS.

Se debe cumplir con todos los requisitos de la Tabla 33 para WPS precalificadas. (AWS, 2019)

2.2.2.7.1.1 Requisitos de soldadura vertical ascendente.

La progresión para todas las pasadas de soldadura en posición vertical debe ser hacia arriba, con las siguientes excepciones: (AWS, 2019)

- La socavación puede ser reparada verticalmente de manera descendente cuando el precalentamiento cumpla con las Tablas 36, 37, 38, 39 y 40, pero no sea inferior a 70 °F [20 °C]. (AWS, 2019)
- Cuando se sueldan productos tubulares, la progresión de la soldadura vertical puede ser ascendente o descendente, pero solo en la dirección o las direcciones para las cuales el soldador está calificado. (AWS, 2019)

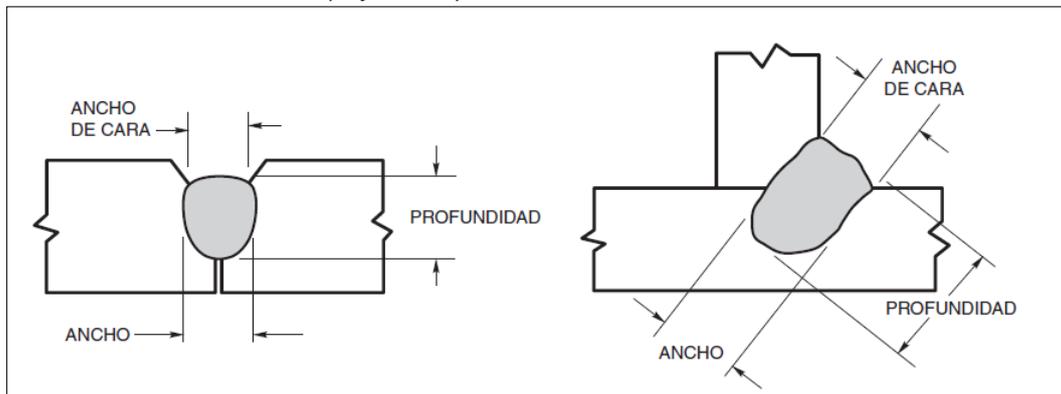
2.2.2.7.1.2 Limitación de variables.

La Tabla 5.1 enumera los requisitos y limitaciones de las variables WPS por posición, tipo de soldadura y proceso. (AWS, 2019)

- **Limitación de ancho/profundidad de la pasada.** Ni la profundidad ni el ancho máximo en la sección transversal del metal de soldadura depositado en cada pasada de soldadura deben exceder el ancho de la superficie de la pasada de soldadura. (AWS, 2019)

Figura 15

Cordón de soldadura en donde la profundidad y el ancho exceden el ancho de la cara de soldadura.



Fuente: (AWS, 2019)

2.2.2.8 Parte H – Tratamiento térmico posterior a la Soldadura

El tratamiento térmico posterior a la soldadura (PWHT) debe ser precalificado siempre que sea aprobado por el Ingeniero y se cumpla con las siguientes condiciones (AWS, 2019).

- El límite elástico mínimo especificado del metal base no debe exceder de 50 ksi [345 MPa]. (AWS, 2019)
- El metal base no debe estar fabricado por medio de templado y revenido (Q&T), templado y auto-revenido (Q&ST), procesamiento termo-mecánico controlado (TMCP) o si se utilizara trabajo en frío para alcanzar propiedades mecánicas superiores (por ejemplo: algunos grados de tuberías ASTM A500). (AWS, 2019)
- No debe haber requisitos de ensayos de tenacidad a la entalla del metal base, HAZ o metal de soldadura. (AWS, 2019)
- Debe haber datos disponibles que demuestren que el metal de soldadura tendrá la resistencia y ductilidad adecuadas en la condición PWHT (ejemplo: según puede encontrarse en la especificación y clasificación relevante del metal de aporte AWS A5.X o del fabricante del metal de aporte) (AWS, 2019).
- El PWHT debe realizarse sección 7 (AWS, 2019).

2.2.3 La sección 6

2.2.3.1 Alcance

Esta sección contiene los requisitos para el ensayo de calificación de las especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS) y del personal de soldadura. Se divide en cuatro partes de la siguiente manera: (AWS, 2019)

- **Parte A—Requisitos generales.** Esta parte cubre los requisitos generales para la WPS y para el desempeño del personal de soldadura. (AWS, 2019)
- **Parte B—Calificación de la especificación del procedimiento de soldadura (WPS)** Esta parte cubre la calificación de una WPS que no está clasificada como precalificada según la Sección 5. (AWS, 2019)
- **Parte C—Calificación del desempeño.** Esta parte cubre los ensayos de calificación de desempeño requeridos por el código para determinar la capacidad de un soldador, un operario de soldadura o un soldador punteador para producir soldaduras sin imperfecciones. (AWS, 2019)
- **Parte D—Requisitos para los ensayos de tenacidad con el péndulo de Charpy (CVN).** Esta parte cubre los requisitos y procedimientos generales para los ensayos CVN cuando así se especifiquen en los documentos del contrato (AWS, 2019).

2.2.3.2 Generalidades

En esta sección se describen los requisitos para el ensayo de calificación de las WPS y el personal de soldadura (definidos como soldadores, operadores de soldadura y soldadores punteadores) (AWS, 2019).

2.2.3.2.1 Especificación del procedimiento de soldadura (WPS).

A excepción de las WPS precalificadas según los requisitos de la Sección 5, la WPS para uso en soldaduras de producción deben estar calificados de acuerdo con la Sección 6, Parte B. Es posible utilizar evidencia correctamente documentada de calificaciones de WPS anteriores (AWS, 2019).

- **Responsabilidad de la calificación.** Todos los fabricantes o Contratistas deben realizar los ensayos requeridos por este código para calificar la WPS. Las WPS adecuadamente documentadas calificadas de acuerdo con las disposiciones de este código por una empresa que luego cambie de nombre debido a la acción voluntaria o consolidación con una empresa matriz pueden utilizar el nuevo nombre en los documentos de las WPS siempre que se guarden los registros de calificación PQR con el antiguo nombre de la empresa (AWS, 2019).
 - **WPS Calificación de WPS con otras normas.** La aceptabilidad de calificación según otras normas es responsabilidad del Ingeniero, y debe realizarse sobre la base ya sea de una estructura específica o de las condiciones de servicio o ambas. La serie AWS B2.1- X-XXX de Especificación del procedimiento de soldadura estándar puede, de este modo, ser aceptada para uso en este código. (AWS, 2019)
 - **Requisitos del ensayo CVN.** Cuando así se requiere en los documentos del contrato, los ensayos con el péndulo de Charpy (CVN) deben estar incluidos en la calificación WPS. Los ensayos, requisitos y procedimientos CVN deben cumplir con las disposiciones de la Parte D de esta sección o con lo especificado en los documentos del contrato. (AWS, 2019)

2.2.3.2.2 Calificación de desempeño del personal de soldadura.

Los soldadores, operarios de soldadura y soldadores de punteado que vayan a ser empleados para soldar según este código y utilizando los procesos SMAW, SAW, GMAW, GTAW, FCAW, ESW, o EGW, deben haber sido calificados por los ensayos aplicables descritos en la Parte C de esta sección. (AWS, 2019)

- **Calificación del desempeño previo.** Los ensayos previos para calificación de desempeño de soldadores, operarios de soldadura y soldadores de punteado que están adecuadamente documentados son

aceptables con la aprobación del Ingeniero. La aceptabilidad de calificación de desempeño según otras normas es responsabilidad del Ingeniero, y debe realizarse sobre la base ya sea de una estructura específica o de las condiciones de servicio o ambas (AWS, 2019)

- **Responsabilidad de la calificación.** Cada fabricante o Contratista es responsable de la calificación de soldadores, operarios de soldadura y soldadores de punteado, ya sea que la calificación la realice el fabricante, el Contratista o una agencia de pruebas independiente (AWS, 2019)

2.2.3.2.3 Periodo de efectividad.

- **Periodo de efectividad.** La calificación del soldador u operario de soldadura según se especifica en este código debe considerarse de efecto indefinido a menos que: (AWS, 2019)
 - el soldador no realice un proceso de soldadura para el que el soldador u operario de soldadura esté calificado durante un período mayor a seis meses o (AWS, 2019)
 - exista una razón específica para cuestionar la capacidad de un soldador o de un operario de soldadura. (AWS, 2019)
- **Soldadores de punteado.** Un soldador de punteado que apruebe el examen descrito en la Parte C o los exámenes requeridos para la calificación del soldador debe ser considerado apto para realizar la soldadura de punteado indefinidamente en las posiciones y con el proceso para el cual está calificado el soldador de punteado, excepto que exista una razón específica para cuestionar la capacidad del soldador de punteado. (AWS, 2019)

2.2.3.3 Requisitos comunes para calificación de la WPS y de personal de soldadura

2.2.3.3.1 Calificación según ediciones previas.

Las calificaciones que fueron realizadas según AWS D1.1 o AWS D1.0 o AWS D2.0 y que cumplieron con los requisitos de ediciones anteriores

mientras dichas ediciones estaban en vigencia, son válidas y pueden utilizarse. Se debe prohibir el uso de ediciones anteriores para nuevas calificaciones en lugar de las ediciones vigentes, salvo que la edición anterior específica esté especificada en los documentos del contrato (AWS, 2019)

2.2.3.3.2 Envejecimiento.

Cuando lo permita la especificación del metal de aporte aplicable al metal de soldadura que esté siendo probado, las probetas de ensayo de calificación completamente soldadas pueden ser envejecidas a una temperatura entre 200°F y 220°F [95°C a 105°C] durante 48 ± 2 horas. (AWS, 2019)

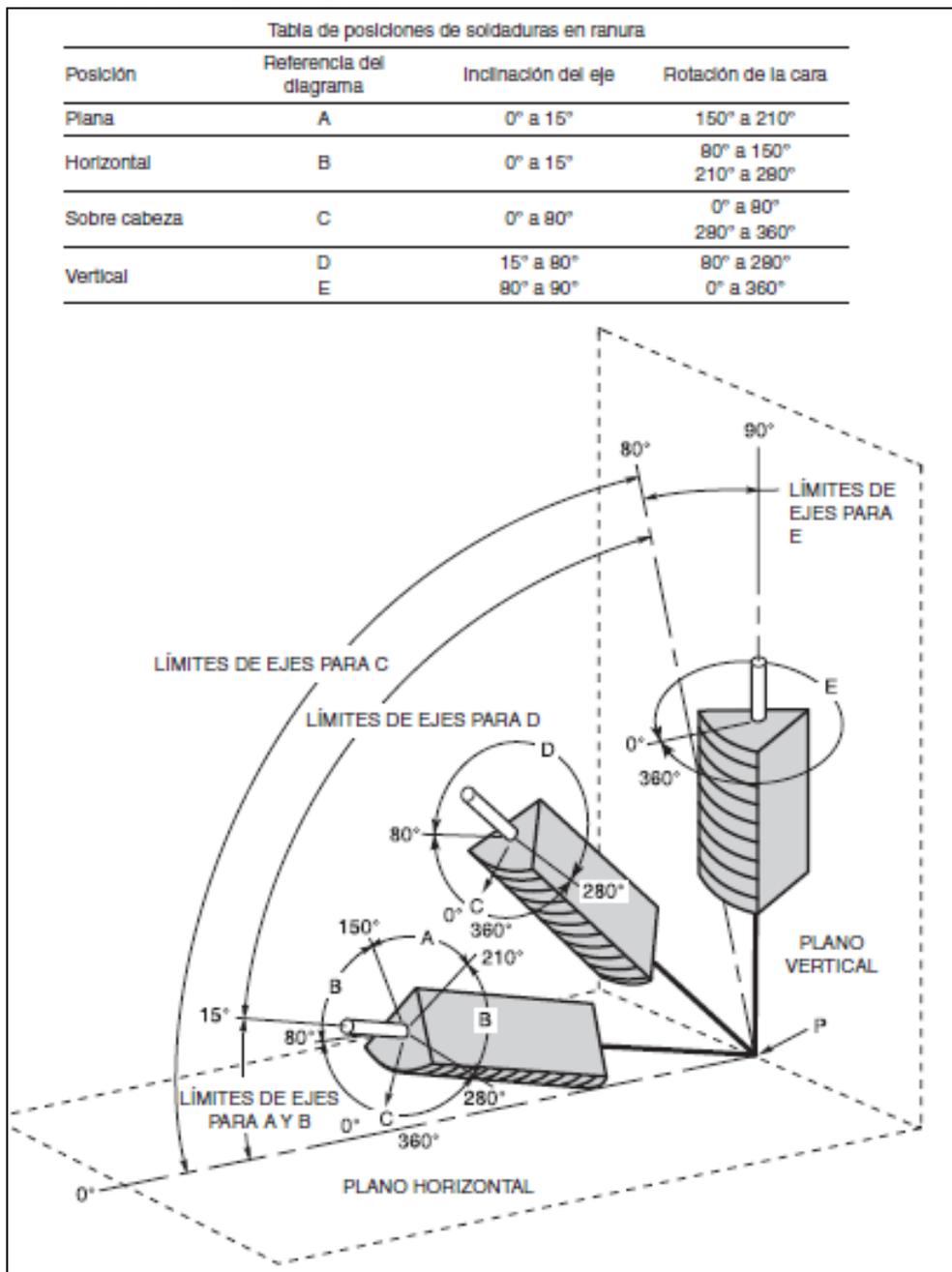
2.2.3.3.3 Registros.

El fabricante o el Contratista debe mantener los registros de los resultados de ensayo y ponerlos a disposición para que los examinen las personas autorizadas (AWS, 2019).

2.2.3.3.4 Posiciones de las soldaduras.

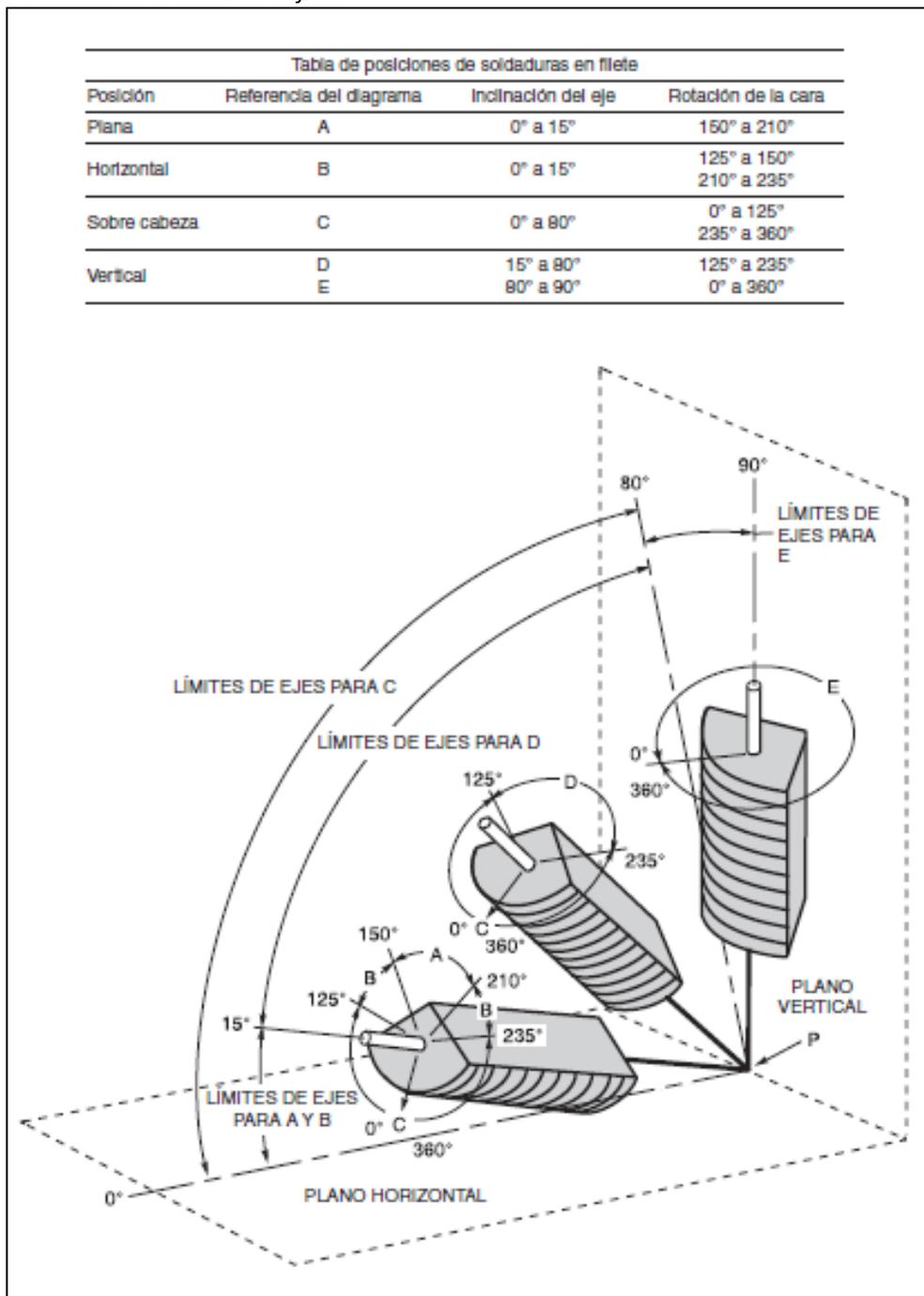
Las soldaduras se clasifican como planas (F), horizontales (H), verticales (V) o sobre cabeza (OH), de acuerdo con las definiciones que se muestran en las Figuras 16 y 17 (AWS, 2019).

Figura 16
 Posiciones de soldaduras en ranura



Fuente: (AWS, 2019)

Figura 17
 Posiciones de soldaduras en filete

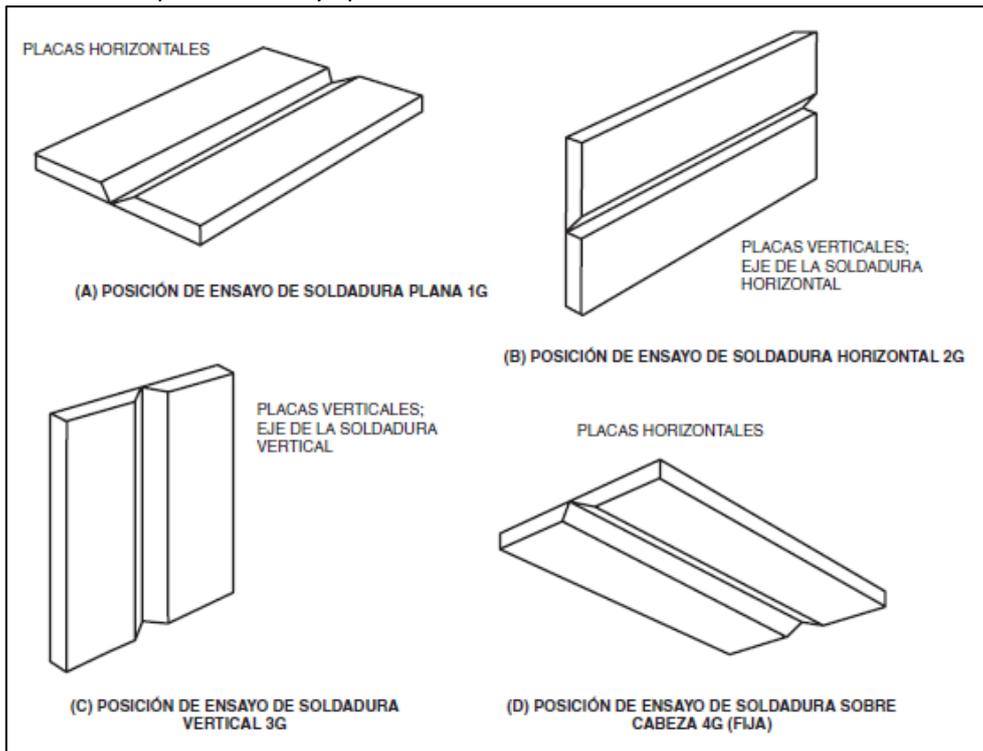


Fuente: (AWS, 2019)

Las posiciones de montaje del ensayo se muestran en Figuras 18 y 19
 (AWS, 2019)

Figura 18

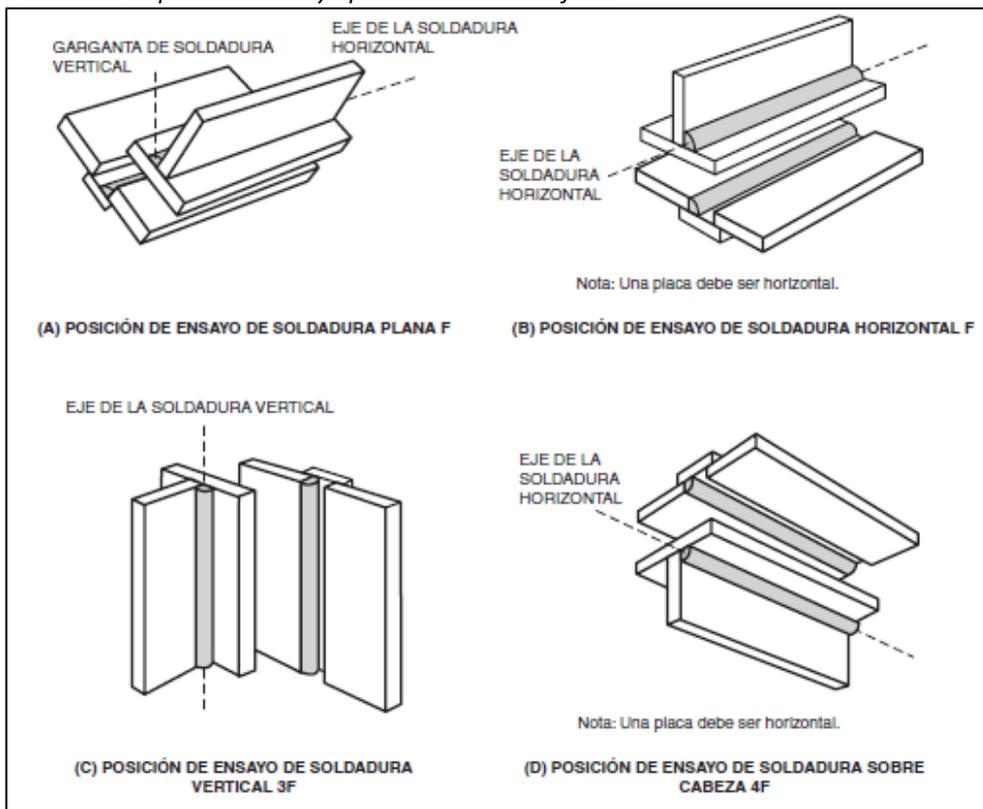
Posiciones de placas de ensayo para soldaduras en ranura



Fuente: (AWS, 2019)

Figura 19

Posiciones de placas de ensayo para soldaduras en filete



Fuente: (AWS, 2019)

2.2.3.4 Posiciones calificadas de soldadura de producción

Las posiciones de la soldadura de producción, calificadas por un ensayo de placa, deben cumplir con los requisitos de la Sección 6. Las posiciones de la soldadura de producción, calificadas por un ensayo de tubular, deben cumplir con los requisitos de la Sección 10 (AWS, 2019).

2.2.3.5 Tipo de ensayos de calificación

El tipo y la cantidad de ensayos de calificación necesarios para calificar una WPS para un determinado espesor o diámetro o ambos, deben cumplir con la Tabla 41, Tabla 42 o Tabla 43. Los detalles de los requisitos de los ensayos mecánicos y NDT individuales se encuentran en las siguientes subsecciones: (AWS, 2019).

Tabla 41

Calificación de la WPS—Soldaduras en ranura con CJP: Número y tipo de probetas de ensayo y rango de espesor calificado

1. Ensayos en placa a						
Espesor nominal de placa (T) probado, pulg. [mm]	Cantidad de probetas				Espesor nominal del metal base calificado, pulg. [mm]	
	Tracción en sección reducida	Doblado de raíz	Doblado de cara	Doblado lateral	Mín.	Máx.b
1/8 ≤ T ≤ 3/8 [3 ≤ T ≤ 10]	2	2	2	Nota al pie	1/8	2T
3/8 < T < 1 [10 < T < 25]	2	-	-	4	1/8	2T
1 y más [25 y más]	2	-	-	4	1/8	Ilimitado
2. Pruebas en ESW y EGW c						
Espesor nominal de placa (T) probado, pulg. [mm]	Cantidad de probetas			Doblado lateral	Espesor nominal del metal base calificado, pulg. [mm]	
	Tracción en sección reducida	Tracción del metal de soldadura			Mín.	Máx.b
T	2	1		4	0.5T	1.1T

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 42**Soldaduras en ranura con PJP: Número y tipo de probetas de ensayo y rango de espesor calificado**

Ranura de prueba Profundidad, D pulg [mm]	Cantidad de probetas					Rangos de calificación		
	Macroataque para el tamaño de la soldadura	Tracción en sección reducida	Doblado de raíz	Doblado de cara	Doblado lateral	Profundidad máxima de la ranura	Espesor nominal de la placa, pulg. [mm]	
							Mín.	Máx.b
$1/8 \leq D \leq 3/8$ [$3 \leq D \leq 10$]	3	2	2	2	-	D	1/8	2T
$3/8 < D \leq 1$ [$10 < D \leq 25$]	3	2	-	-	4	D	1/8	Ilimitado

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 43**Soldaduras en filete: Número y tipo de probetas de ensayo y rango de espesor calificado**

Probeta de ensayo	Tamaño del filete	Probetas de ensayo requeridas				Tamaño calificado	
		Cantidad de soldaduras por WPS	Macroataque	Tracción del metal de la soldadura	Doblado lateral	Espesor de placa/conducto	Tamaño del filete
Ensayo de placa en T	Pasada única, tamaño máximo a usar en construcción	1 pulgada en cada posición a ser usada	3 caras	-	-	Ilimitado	Menor que el mayor ensayado, pasada única
	Pasada múltiple, tamaño min. A ser usado en construcción	1 pulgada en cada posición a ser usada	3 caras	-	-	Ilimitado	Mayor que el menor ensayado, pasada múltiple
Ensayo de verificación de consumibles	-	1 en posición 1G	-	1	2	Califica a los consumibles de soldadura que se usarán en el ensayo T más arriba	

Fuente: (AWS, 2019)

- Inspección visual
- NDT
- Doblado de cara, raíz y lado
- Tracción en sección reducida
- Tracción en todo el metal de soldadura
- Macroataque

2.2.3.6 Tipos de soldadura para la calificación de WPS

Para los fines de la calificación de WPS, los tipos de soldadura deben clasificarse como sigue (AWS, 2019):

- Soldaduras en ranura con CJP para conexiones tubulares (AWS, 2019)
- Soldaduras en ranura con PJP para conexiones tubulares (AWS, 2019)
- Soldaduras en filete (AWS, 2019)
- Soldaduras en ranura con CJP para conexiones tubulares (AWS, 2019)
- Soldaduras en ranura con PJP para conexiones tubulares en T-, Y- y K- y juntas a tope (AWS, 2019)
- Soldaduras de tapón y en ranura (AWS, 2019)

2.2.3.7 Preparación de WPS

El fabricante o Contratista debe preparar una WPS por escrito que especifique todas las variables esenciales aplicables a las que hace referencia en 6.8. Los valores específicos para estas variables de WPS se deben obtener del registro de calificación del procedimiento (PQR) que debe servir como una confirmación escrita de una calificación exitosa de la WPS (AWS, 2019).

2.2.3.8 Variables esenciales

2.2.3.8.1 SMAW, SAW, GMAW, GTAW y FCAW.

Los cambios más allá de las limitaciones de las variables esenciales del PQR para los procesos SMAW, SAW, GMAW, GTAW y FCAW mostrados en la Tabla 44 y la Tabla 45 (cuando se especifica el ensayo CVN) deben exigir la recalificación de la WPS (AWS, 2019).

Tabla 44

Cambios de variables esenciales de Registro de la Calificación del Procedimiento (PQR) que requieren recalificación de la WPS para los procesos SMAW, SAW, GMAW, FCAW y GTAW

Cambios de variables esenciales de PQR que requieren recalificación	SMAW	SAW	GMAW	FCAW	GTAW
Metal de aporte					
1) Aumento en la resistencia de la clasificación del metal de aporte	x		x	x	

2) Cambio de electrodos SMAW de bajo hidrógeno por hidrógeno no bajo	x				
(3) Cambio de clasificación de fundente electrodo o de un electrodo a cualquier clasificación de fundente-electrodo u otro electrodo		x		x	x
(4) Cambio a una clasificación de fundente electrodo o electrodo b no abarcado en:	AWS A5.1 o A5.5	AWS A5.17 o A5.23	AWS A5.18, A5.28, o A5.36	AWS A5.20, A5.29, o A5.36	AWS A5.18 o A5.28
5) Agregado o eliminación de metal de aporte					x
6) Cambio de alimentador de alambre frío a alimentador de alambre caliente o viceversa					x
7) Incorporación o eliminación de metal de aporte granular, en polvo complementario o alambre cortado		x			
8) Aumento en la cantidad de metal de aporte granular, en polvo complementario o alambre		x			
9) Si el contenido de la aleación de metal de soldadura depende en gran medida del metal de aporte en polvo complementario, todo cambio en la WPS que resulte en un depósito de soldadura con los elementos importantes de la aleación que no cumplan con los requisitos de la composición química de la WPS		x			
10) Cambio en el diámetro nominal del metal de aporte en:	incremento de > 1/32 pulgadas [0,8 mm]	Todo incremento	Todo incremento o disminución	Todo incremento	incremento o disminución de > 1/16 pulgadas [1,6 mm]
11) Cambio en la cantidad de electrodos		x	x	x	x
Parámetros del proceso					
12) Cambio de amperaje para cada diámetro usado de:	A un valor no recomendado por el fabricante	> 10 % de incremento o disminución	> 10 % de incremento o disminución	> 10 % de incremento o disminución	> 25 % de incremento o disminución
13) Cambio del tipo de corriente (CA o CC) o de polaridad (electrodo positivo o negativo para la corriente CC)	x	x	x	x	x
14) Cambio en el modo de transferencia			x		
15) Cambio de salida CV a CC			x	x	
16) Cambio en el voltaje de cada diámetro usado de:		> 7% de incremento o disminución	> 7% de incremento o disminución	> 7% de incremento o disminución	
17) Un incremento o disminución en la velocidad del alimentador de alambre para el diámetro de cada electrodo (si el amperaje no está controlado) de:		> 10%	> 10%	> 10%	

	> 15 % de incremento o disminución	> 25 % de incremento o disminución	> 25 % de incremento o disminución	> 50 % de incremento o disminución
(18) Cambio de velocidad de desplazamiento d en:				
GAS DE PROTECCIÓN				
19) Cambio de gas de protección de un gas único a cualquier otro gas único o mezcla de gases, o en la composición porcentual nominal especificada de la mezcla de gas, o sin gas		X	X	X
20) Cambio en el caudal total de gas de:		Aumento > 50 % Disminución > 20 %	Aumento > 50 % Disminución > 20 %	Aumento > 50 % Disminución > 20 %
21) Cambio de la clasificación real del gas de protección no abarcado en:		AWS A5.18, A5.28 o A5.36. Para las clasificaciones abiertas y fijas A5.36, las variaciones en el rango de clasificación del gas de protección se limitan al gas de protección específico de ensayo o al indicador usado para la clasificación de los electrodos.	AWS A5.18, A5.28 o A5.36. Para las clasificaciones abiertas y fijas A5.36, las variaciones en el rango de clasificación del gas de protección se limitan al gas de protección específico de ensayo o al indicador usado para la clasificación de los electrodos.	
Parámetros de SAW				
(22) Cambio en > 10 %, o 1/8 pulgadas [3 mm], el que sea superior, en el espaciamiento longitudinal de los arcos		X		
(23) Cambio en > 10 %, o 1/8 pulgadas [3 mm], el que sea superior, en el espaciamiento lateral de los arcos		X		
24) Un incremento o disminución de más de 10° en la orientación angular de cualquier electrodo paralelo		X		
25) Para SAW mecanizada o automática; un incremento o una disminución en más de 3° en el ángulo del electrodo		X		
26) Para SAW mecanizada o automática, un incremento o disminución en más de 5° en la dirección normal de desplazamiento		X		

(27) Cambio de posición no calificado	X	X	X	X	X
(28) Cambio en el diámetro, en el espesor o en ambos,	X	X	X	X	X
(29) Cambio en el metal base o en la combinación de metales base no enumerado en PQR	X	X	X	X	X
30) Soldadura vertical: Para cualquier pasada de arriba hacia abajo o viceversa	X		X	X	X
(31) Un cambio en el tipo de ranura (por ej., en V simple a V doble), excepto la calificación de cualquier soldadura en ranura con CJP que califica para los detalles de la ranura y que cumpla con los requisitos	X	X	X	X	X
32) Un cambio en el tipo de ranura a ranura en escuadra y viceversa	X	X	X	X	X
(33) Cambio que exceda las tolerancias de, que involucra: a) Una disminución en el ángulo de la ranura b) Una disminución en la abertura de la raíz c) Un incremento en la cara de la raíz para soldaduras en ranura con CJP	X	X	X	X	X
34) La omisión, sin inclusión, de respaldo o ranurado del lado opuesto	X	X	X	X	X
(35) Disminución de la temperatura de pre calentamiento e de:	> 25°F [15°C]	> 25°F [15°C]	> 25°F [15°C]	> 25°F [15°C]	> 100°F [55°C]
(36) Disminución de la temperatura entre pasadas e de:	> 25°F [15°C]	> 25°F [15°C]	> 25°F [15°C]	> 25°F [15°C]	> 100°F [55°C]
37) Incorporación o eliminación de PWHT	X	X	X	X	X

Fuente: (AWS, 2019)

Tabla 45

Cambios de variables esenciales complementarias de PQR para aplicaciones de ensayo con el péndulo de Charpy (CVN) que requieren recalificación de la WPS para los procesos SMAW, SAW, GMAW, FCAW, GTAW y ESW/EGW

Variable	SMAW	SAW	GMAW	FCAW	GTAW	ESW/EGW
METAL BASE						
1) Cambio en el número de grupo	X	X	X	X	X	X
(2)(a) El espesor mínimo calificado es T o 5/8 pulg. [16 mm], el que sea menor, a menos que T sea menor a 1/4 pulg. [6mm], en ese caso el espesor mínimo calificado es de 1/8 pulg. [3 mm]	X	X	X	X	X	
(2)(b) El espesor mínimo calificado es 0.5T						X
Metal de aporte						
3) Cambio en la clasificación de AWS A5.X, o a la clasificación del metal de aporte o de soldadura no cubierta por las especificaciones A5.X. Deben ser aceptables los electrodos FCAW y GMAW de acero al carbono y de baja aleación con núcleo de metal antes clasificados según A5.18, A5.20, A5.28, o A5.29, y reclasificados según A5.36 sin cambios de fabricante o de marca y que cumplen con todos los requisitos de clasificaciones previas usados en la calificación CVN de PQR/WPS sin recalificación.	X	X	X		X	X

(4) Un cambio en la clasificación fundente/alambre		X				X
(5) Un cambio ya sea en el nombre comercial del fundente o del electrodo cuando no está clasificado por una especificación AWS		X				X
(6) Un cambio de fundente virgen a fundente de escoria triturada		X				X
(7) Cambio en el fabricante o el nombre de la marca del fabricante o el tipo de electrodo			X	X		
Temperatura de precalentamiento/entre pasadas						
(8) Un incremento de más de 100 °F [56 °C] en la temperatura de precalentamiento o entre pasadas máxima calificada	X	X	X	X	X	X
Tratamiento térmico posterior a la soldadura						
(9) Cambio en los rangos de tiempo y/o las temperaturas de PWHT. El ensayo PQR deberá someterse a un 80% del tiempo acumulado a estas temperaturas. El tiempo total se puede aplicar en señal o en varios ciclos de calentamiento.	X	X	X	X	X	X
Características eléctricas						
(10) Un aumento en la entrada de calor sobre el calificado, excepto cuando se aplica un tratamiento térmico austenitizante de refinación de granos después de la soldadura.	X	X	X	X	X	X
OTRAS VARIABLES						
(11) En la posición vertical, un cambio de recto a tejido	X		X	X	X	
(12) Cambio de pasada múltiple por lado a pasada única por lado	X	X	X	X	X	
(13) Un cambio que exceda en un ±20 % las variables de oscilación en soldadura mecanizada o automática		X	X	X	X	X

Fuente: (AWS, 2019)

2.2.3.8.2 ESW y EGW.

Ver en la Tabla 46 los cambios de variables esenciales de PQR que requieran recalificación de la WPS para los procesos EGW y ESW. Las variables esenciales suplementarias (cuando se especifican las pruebas de CVN) se muestran en la Tabla 45 (AWS, 2019).

Tabla 46

Cambios de variables esenciales de PQR que requieren recalificación de la WPS para ESW o EGW

Cambios de variables esenciales de PQR que requieren recalificación	Recalificación por ensayo de WPS	Recalificación por RT o UT a
Metal de aporte		
1) Cambio “significativo” en la composición del metal guía consumible o el metal de aporte	X	
Zapatas de moldeo (fijas o móviles)		
2) Un cambio de metálico a no metálico o viceversa		X
3) Un cambio de fusión a no fusión o viceversa		X
4) Una reducción en la dimensión transversal o en el área de una zapata sólida sin fusión > 25 %		X
5) Un cambio en el diseño de sólido sin fusión a agua enfriada o viceversa	X	
Oscilación del metal de aporte		
6) Un cambio en la velocidad transversal de oscilación > 10 ipm (4 mm/s)		X

7) Un cambio en el tiempo de exposición transversal de oscilación > 2 segundos (excepto que sea necesario para compensar variaciones en las aberturas de las juntas)		X
8) Un cambio en la longitud transversal de oscilación que afecta en más de 1/8 pulg. [3 mm], la proximidad del metal de aporte a las zapatas de moldeo		X
Complementos de metal de aporte		
(9) Un cambio en el área transversal del núcleo de metal de la guía de consumibles > 30 % X	X	
10) Un cambio en el sistema fundente, por ej., con núcleo, electrodo magnético, externo, etc. X	X	
11) Un cambio en la composición del fundente, que incluye el revestimiento de la guía de consumibles	X	
(12) Un cambio en la carga del fundente > 30 %		X
Diámetro del metal de aporte/electrodo		
13) Incremento o disminución del diámetro del electrodo > 1/32 pulgadas [1 mm]		X
14) Un cambio en la cantidad de electrodos usados	X	
Amperaje de los electrodos		
(15) Un incremento o una disminución del amperaje > 20 %	X	
16) Un cambio en el tipo de corriente (CA o CC) o de polaridad		X
Voltaje del arco de electrodos		
(17) Un incremento o una disminución del voltaje > 10 %		X
Características del proceso		
18) Un cambio a una combinación con cualquier otro proceso de soldadura	X	
19) Un cambio de pasada única a pasada múltiple y viceversa	X	
20) Un cambio de corriente constante a voltaje constante y viceversa		X
Velocidad de alimentador de alambre		
(21) Un incremento o una disminución en la velocidad de alimentación del alambre > 40 %	X	
Velocidad de desplazamiento		
(22) Un incremento o una disminución en la velocidad de desplazamiento (si no es una función automática de la longitud del arco o la tasa de deposición) > 20 % (excepto si es necesario para compensar la variación en la abertura de la junta)		X
Protección de electrodos (solo EGW)		
(23) Un cambio en la composición del gas de protección de cualquier componente > 5 % del flujo total	X	
(24) Un incremento o una disminución en el caudal total de protección > 25 %		X
Posición para soldar		
(25) Un cambio en la posición vertical del > 10 %		X
Tipo de ranura		
26) Un incremento en el área transversal (para ranuras que no sean en escuadra)	X	
27) Una disminución en el área transversal (para ranuras que no sean en escuadra)		X
(28) Un cambio en el espesor de la junta de PQR, T fuera de los límites de 0.5T-1.1T	X	
29) Un incremento o una disminución > 1/4 pulgadas [6 mm] en la abertura de la raíz de la ranura en escuadra		X
Tratamiento térmico posterior a la soldadura		
30) Un cambio en PWHT	X	

Fuente: (AWS, 2019)

2.2.3.8.3 Calificación de metal base.

Las pruebas de calificación del procedimiento que usan metales base enumerados en las Tablas 3, 4 y 5, también calificarán las WPS que usan

metales base de otros grupos, como se especifica en la Tabla 47. Las WPS para metales base no enumerados en la Tablas 3, 4 y 5 o Tabla 48 deben calificarse según la Sección 6 (AWS, 2019).

Tabla 47

Aceros no enumerados calificados por PQR

Tabla 3, Tabla 4, Tabla 5, Tabla 48 y aceros no enumerados calificados por PQR	
Metal base PQR	Combinaciones de Grupo de metales base de WPS permitidos por PQR
Cualquier acero del Grupo I por cualquier acero del Grupo I	Cualquier acero del Grupo I por cualquier acero del Grupo I
Cualquier acero del Grupo II por cualquier acero del Grupo II	Cualquier acero del Grupo I por cualquier acero del Grupo I Cualquier acero del Grupo II por cualquier acero del Grupo I Cualquier acero del Grupo II por cualquier acero del Grupo II
Cualquier acero específico de la Tabla 6.9 o del Grupo III por cualquier acero del Grupo I	El acero específico de la Tabla 48 o del Grupo III PQR de ensayo por cualquier acero del Grupo I
Cualquier acero específico de la Tabla 6.9 o del Grupo III por cualquier acero del Grupo II	El acero específico de la Tabla 48 o del Grupo III PQR de ensayo por cualquier acero del Grupo I o del Grupo II
Cualquier acero del Grupo III por el mismo o cualquier otro acero del Grupo III o cualquier acero del Grupo IV por el mismo o cualquier otro acero del Grupo IV o cualquier acero de la Tabla 6.9 por el mismo o cualquier otro acero de la Tabla 48	Los aceros deben tener la misma especificación de material, grado/tipo y límite elástico mínimo de los aceros enumerados en PQR
Cualquier combinación de aceros del Grupo III, IV, y de la Tabla 48	Solo la combinación específica de aceros enumerada en PQR
Cualquier acero no listado por cualquier acero no listado o cualquier acero listado en la Tablas 3, 4 y 5 o en la Tabla 48	Solo la combinación específica de aceros enumerada en PQR

Fuente: (AWS, 2019)

Las WPS con aceros listados en la Tabla 48 calificarán también los aceros de Tablas 3, 4 y 5 o Tabla 48 de acuerdo con la Tabla 47. La Tabla 48 también contiene recomendaciones para el metal de aporte de resistencia similar y temperaturas mínimas de precalentamiento y entre pasadas para los materiales de la tabla (AWS, 2019).

Tabla 48

Metales base y metales de aporte aprobados por el código que requieren calificación según la Sección 6

Especificación	Metal base		Metal de aporte de resistencia similar				Temperatura mínima de precalentamiento y entre pasadas			
	Punto/límite elástico mínimo	Rango de tracción	Proceso	Especificación de electrodos de AWSa	Clasificación del electrodo	Espesor del metal base, T				
						pulg.	mm	°F	°C	
	ksi	Mpa	ksi	Mpa						

										E8015-X				
										E8016-X				
										E8018-X				
						SMAW	A5.5							
										F8XX-				
										EXXX-XX				
										F8XX-				
						SAW	A5.23			ECXXX-XX				
										ER80S-XXX				
ASTM A871,					520					E80C-XXX				
Grado 60	60	415	75 min.	min.						E8TX-				
Grado 65	65	450	80 min.	550						XAX-XXX				
				min.		GMA	A5.28							
						W	A5.36			E8TX-X				
										E8TX-XC				
										E8TX-XM				
										E8TX-AX-				
							A5.29			XXX				
										E8TX-				
						FCAW	A5.36			XAX-XXX	Hasta	Hast		
ASTM A514										E10015-X	3/4	a 20		
Más de 2-1/2										E10016-X	Más	Más		
pulg. [65				100-	690-					E10018-X	de	de		
mm]	90	620	130	895		SMAW	A5.5			E10018M	3/4	20		
ASTM A709											hasta	hast		
Grado HPS											1-1/2	a 38	50	10
100W [HPS											Más	Más	125	50
690W] Más											de	de	175	80
de 2-1/2										F10XX-	1-1/2	38	225	110
pulg. a 4 pulg.										EXXX-XX	hasta	hast		
[65 mm a 100				100-	690-					F10XX-	2-1/2	a 65		
mm]	90	620	130	895		SAW	A5.23			ECXXX-XX	Más	Más		
ASTM A710											de	de		
Grado A,											2-1/2	65		
Clase 1 5/16														
pulg. [8 mm]														
y menos Más										ER100S-				
de 5/16 pulg.					620mi					XXX				
a 3/4 pulg.					n.					E100C-				
incl. [8 mm a	85	585	90min.	620mi		GMA	A5.28			XXX				
20 mm incl.]	80	550	90min.	n.		W	A5.36			E10TX-				
										XAX-XXX				
ASTM A710														
Grado A,														
Clase 3 1-1/4														
pulg. [[30														
mm] y menos														
Más de 1-1/4					585mi					E10TX-XC				
pulg. a 2 pulg.					n.					E10TX-				
incl. [30 mm	80	550	85min.							XM				
a 50 mm					585mi					E10TX-				
incl.]	75	515	85min.	n.		FCAW	A5.36			XAX-XXX				
ASTM A514														
2-1/2 pulg.										E11015-X	Hasta	Hast		
[65 mm] y										E11016-X	3/4	a 20		
menor	100	690	130	760-						E11018-X	Mayor	Más		
				895		SMAW	A5.5			E11018M	de	de		
										F11XX-	3/4	20		
										EXXX-XX	hasta	hast	50	10
										F11XX-	1-1/2	a 38	125	50
ASTM A517										ECXXX-XX	Mayor	Más	175	80
2-1/2 pulg.						SAW	A5.23			ER110S-	de	de	225	110
[65 mm] y										XXX	1-1/2	38		
menor Más										E110C-	hasta	hast		
de 2-1/2				115-	795-					XXX	2-1/2	a 65		
pulgadas [65	100	690	105-	135	930					E11TX-	incl.	Más		
mm]	90	620	135	930		GMA	A5.36			XAX-XXX	Más	Más		
						W								

ASTM A709								E11TX-XC	de	de			
Grado HPS								E11TX-	2-1/2	65			
100W [HPS						A5.29		XM					
690W] 2-1/2			110-	760-				E11TX-					
pulgadas [65	100	690	130	895	FCAW	A5.36		XAX-XXX					
								E7015					
								E7016					
							A5.1	E7018					
								E7028					
								E7015-X					
								E7016-X					
					SMAW	A5.5		E7018-X					
								F7XX-EXXX					
								F7XX-					
								ECXXX					
								A5.23					
								F7XX-					
							A5.17	EXXX-XX					
								F7XX-					
					SAW	A5.23		ECXXX-XX					
								ER70S-X					
								E70C-XC					
								E70C-XM					
								E70C-6M					
ASTM								E7XT15-					
A1043/A1043	36-	250-		400mi				XAX-CS1					
M	52	360	58min.	n.				E7XT15-	Hasta	Hast			
Grado 36	50-	345-	65min.	450mi				XAX-CS2	3/4	a 20			
Grado 50	65	450		n.				E7XT16-	Mayor	Más			
								XAX-CS1	de	de			
								E7XT16-	3/4	20			
								XAX-CS2	hasta	hasta			
								ER70S-XXX	1-1/2	a 38	50	10	
								E70C-XXX	Mayor	Más	125	50	
								E7XT-X	de	de	175	80	
								E7XT-XC	1-1/2	38	225	110	
								E7XT-XM	hasta	hasta			
								E7XT-1C	2-1/2	a 65			
								E7XT-1M	incl.	Más			
								E7XT-5C	Más	de			
								E7XT-5M	de	65			
								E7XT-9C	2-1/2				
								E7XT-9M					
								E7XT-12C					
								E70T-4					
								E7XT-6					
								E7XT-7					
								E7XT-8					
								E7XTX-	Hasta	Hast			
								XAX-CS1	3/4	a 20			
								E7XTX-	Mayor	Más			
								XAX-CS2	de	de			
								E7XTX-AX-	3/4	20			
								CS3	hasta	hasta	50	10	
ASTM	36-	250-		400mi				E7XTX-X	1-1/2	a 38	125	50	
A1043/A1043	52	360	58min.	n.				E7XTX-XC	Mayor	Más	175	80	
M	50-	345-	65min.	450mi	FACW	A5.29		E7XTX-XM	de	de	225	110	
	65	450		n.				E6XTX-AX-	1-1/2	38			
								XXX	hasta	hasta			
								E6XTX-	2-1/2	a 65			
								XAX-XXX	incl.	Más			
								E7XTX-AX-	Más				

Fuente: (AWS, 2019)

2.2.3.8.4 Temperaturas de precalentamiento y entre pasadas.

La temperatura mínima de precalentamiento y entre pasadas se debe establecer sobre la base de la composición del acero según se muestra en la Tabla de Temperatura precalificada mínima de precalentamiento y entre pasadas. En forma alternativa, es posible utilizar métodos de predicción o pautas reconocidas como las provistas en el Apéndice B u otros métodos. Pueden utilizarse temperaturas de precalentamiento y entre pasadas inferiores a las requeridas por la Tabla de Temperatura precalificada mínima de precalentamiento y entre pasadas o calculadas según el Apéndice B siempre que estén aprobadas por el Ingeniero y calificadas por el ensayo de WPS (AWS, 2019).

Los métodos del Apéndice B están basados en los ensayos de agrietamiento de laboratorio y pueden predecir temperaturas de precalentamiento más altas que la temperatura mínima mostrada en la Tabla de Temperatura precalificada mínima de precalentamiento y entre pasadas. El Apéndice B puede tener valor para identificar situaciones en las que el riesgo de agrietamiento se incrementa a causa de la composición, restricción, nivel de hidrógeno o aporte de calor de soldadura más bajo donde pueda requerirse un precalentamiento más alto. En forma alternativa, el Apéndice B puede ser de ayuda para la definición de las condiciones en las cuales el agrietamiento por hidrógeno es improbable y donde los requisitos mínimos de la Tabla de Temperatura precalificada mínima de precalentamiento y entre pasadas se puedan flexibilizar en forma segura (AWS, 2019)

2.2.3.8.5 Entrada de calor.

Cuando los documentos del contrato requieran pruebas de CVN, la entrada de calor se calculará de la siguiente manera (AWS, 2019):

- Cuando se va a utilizar soldadura sin control de forma de onda, la entrada de calor se calculará por cualquiera de los métodos que se muestran en 6.8.5.1 ecuaciones (1) a (3). (AWS, 2019)
- Cuando se va a utilizar soldadura controlada por forma de onda, la entrada de calor se calculará por cualquiera de los métodos que se muestran en 6.8.5.1 ecuación (2) o (3). (AWS, 2019)

Métodos de cálculo de entrada de calor. Las siguientes ecuaciones serán aplicables al cálculo de la entrada de calor. La selección de una ecuación dependerá de la capacidad de medición del equipo de soldadura y de si se está utilizando soldadura controlada por forma de onda (AWS, 2019).

$$\text{Entrada de calor (Julios/pulg. [Julios/mm])} = \frac{A \times \text{Volts} \times 60}{TS \left(\frac{\text{in}}{\text{min}}\right) \left(\frac{\text{mm}}{\text{min}}\right)}$$

donde:

A = corriente, amperios

Volts = voltaje

TS = Velocidad de desplazamiento, pulg. /mín. [mm/mín.]

$$\text{Entrada de calor (J/pulg. [J/mm])} = \frac{TIE}{L}$$

donde:

TIE = Energía instantánea total, J (medida por la fuente de alimentación)

L = Longitud del cordón de soldadura, pulg. [mm]

$$\text{Entrada de calor (J/pulg. [J/mm])} = \frac{(AIP \times T)}{L}$$

donde:

AIP = Potencia instantánea promedio, W (J/s) (medida en la fuente de alimentación)

T = tiempo de arco, s

L = longitud del cordón de soldadura, pulg. [mm]

2.2.3.8.6 Entrada de calor máxima para WPS de múltiples posiciones.

La entrada de calor máxima para una WPS de múltiples posiciones será establecida por el registro de la calificación del procedimiento (PQR) con la entrada de calor más alta. (AWS, 2019)

2.2.3.8.7 Medición de la energía o potencia instantánea total.

Los sistemas de soldadura, compuestos por fuentes de alimentación interconectadas y controladores de alimentación de alambre, deben mostrar la energía instantánea total o la potencia instantánea promedio usando uno de los siguientes (AWS, 2019):

- metros o pantallas incorporados en la fuente de alimentación/controlador de alimentación de alambre, (AWS, 2019)
- medidores externos con muestreo de alta frecuencia capaces de determinar y mostrar la energía instantánea total o la potencia instantánea promedio, o (AWS, 2019)
- actualizaciones o modificaciones al equipo de soldadura para facilitar la determinación y mostrar la energía instantánea total o la potencia instantánea promedio. (AWS, 2019)

2.2.3.9 Requisitos de WPS para soldadura de producción utilizando WPS existentes sin forma de onda o con forma de onda

- **WPS calificadas con fuentes de alimentación sin control de forma de onda.** Las WPS calificadas con soldadura no controlada por forma de onda y entrada de calor determinado por la ecuación 2.2.3.8.5 (1) deberán seguir calificadas para su uso en soldaduras de producción que utilizan equipos de soldadura controlados por forma de onda, siempre que la WPS se revise para requerir la determinación de la entrada de calor para las soldaduras de producción utilizando los métodos de cálculo de entrada de calor de la ecuación 2.2.3.8.5 (2) o (3) (AWS, 2019).

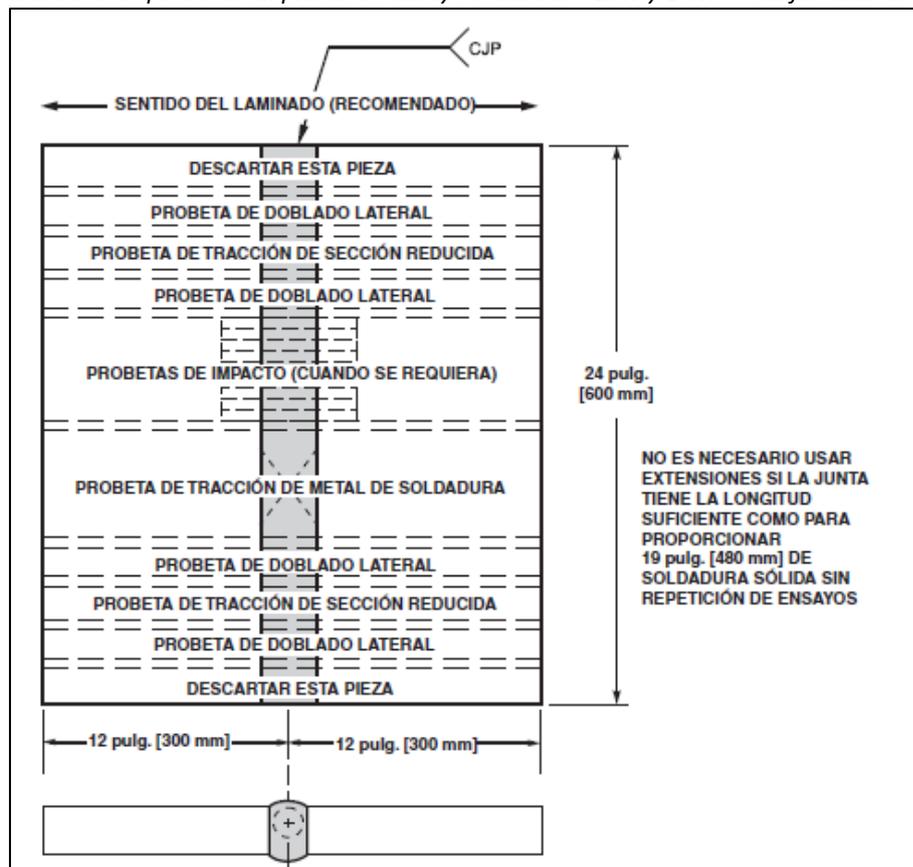
- **Soldaduras de producción hechas con equipos sin forma de onda utilizando WPS calificadas con equipos con forma de onda.** La entrada de calor de las soldaduras de producción determinadas por 2.2.3.8.5 ecuación (2) o (3). (AWS, 2019)

2.2.3.10 Métodos de ensayo y criterios de aceptación para la calificación de la WPS

Los conjuntos de ensayo de soldadura según 2.2.3.10 deben contar con probetas preparadas mediante el corte de la placa de ensayo como se muestra en las Figuras 20 a 22, la que sea aplicable. Las probetas deben prepararse para el ensayo de acuerdo con las Figuras 23,24,25 y 26, según corresponda. (AWS, 2019)

Figura 20

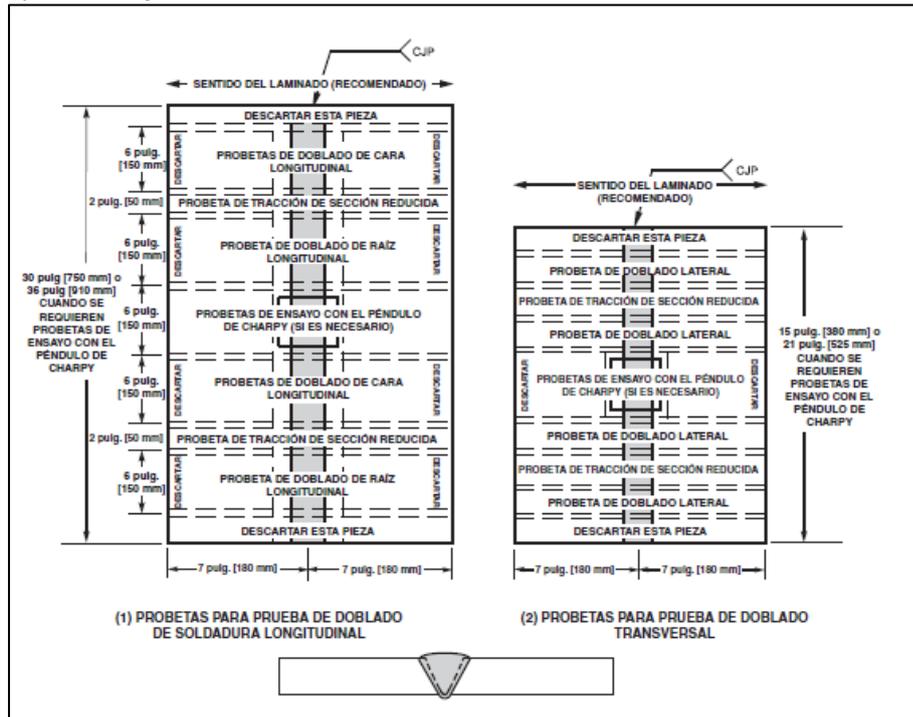
Ubicación de probetas en placas de ensayo soldadas—ESW y EGW— Calificación de la WPS



Fuente: (AWS, 2019)

Figura 21

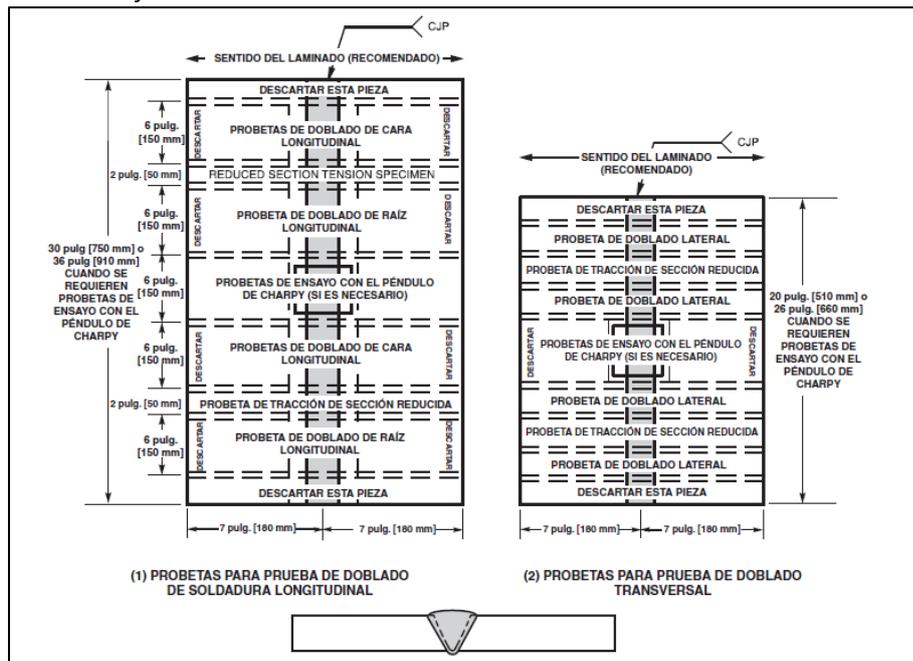
Ubicación de probetas en placas de ensayo soldadas de más de 3/8 pulgadas [10 mm] de espesor—Calificación de la WPS



Fuente: (AWS, 2019)

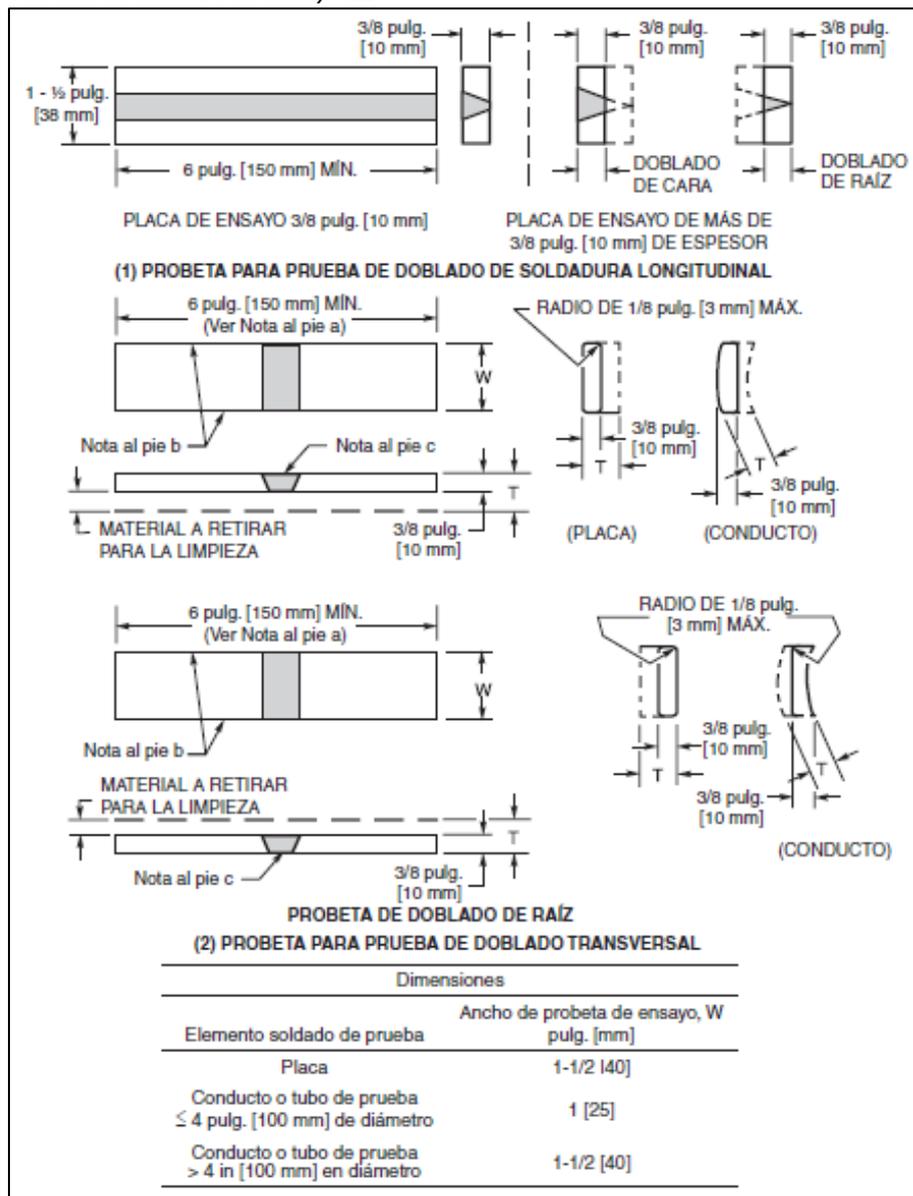
Figura 22

Ubicación de probetas en placas de ensayo soldadas de 3/8 pulgadas [10 mm] de espesor y menos—Calificación de la WPS



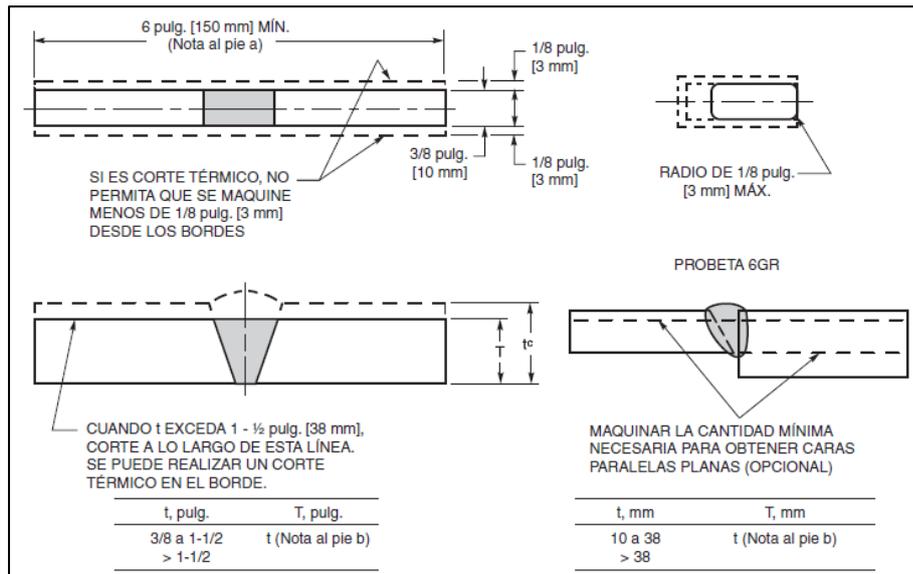
Fuente: (AWS, 2019)

Figura 23
Probetas de doblado de cara y raíz



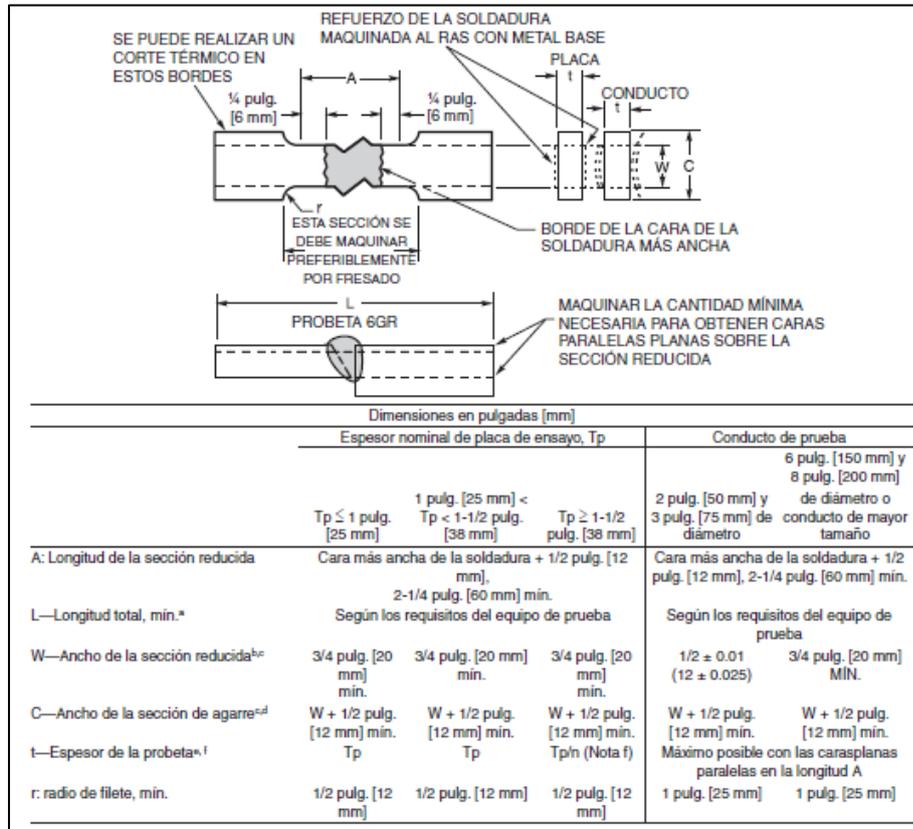
Fuente: (AWS, 2019)

Figura 24
Probetas de doblado lateral



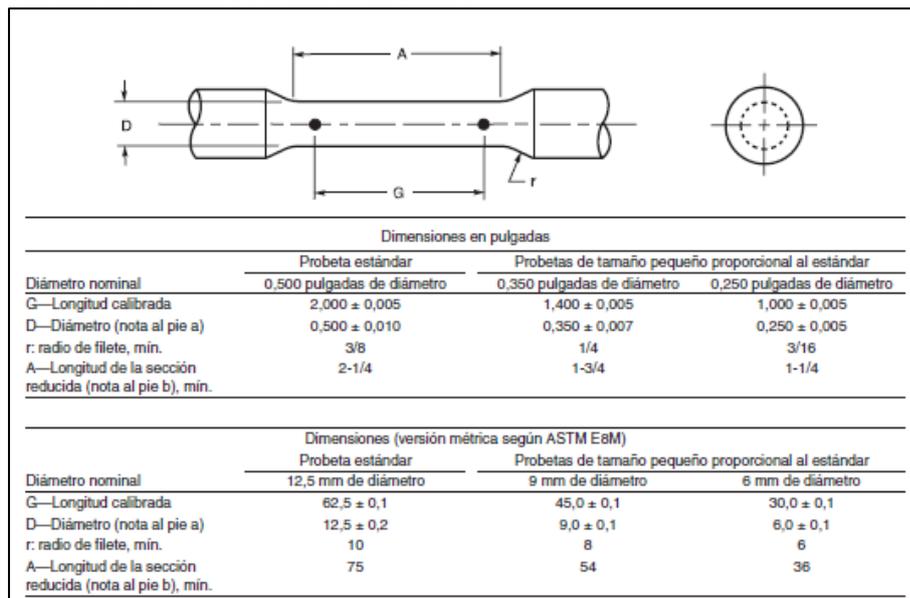
Fuente: (AWS, 2019)

Figura 25
Probetas de tracción de sección reducida



Fuente: (AWS, 2019)

Figura 26
Probetas de tracción de metal de soldadura



Fuente: (AWS, 2019)

2.2.3.10.1 Inspección visual de las soldaduras.

La calificación visual aceptable para la calificación de soldaduras en ranura y en filete (excluyendo lengüetas de soldadura) debe cumplir con los siguientes requisitos según corresponda (AWS, 2019):

- **Inspección visual de las soldaduras en ranura.** Las soldaduras en ranura deben cumplir con los siguientes requisitos: (AWS, 2019)
 - No se debe aceptar grieta alguna, independientemente del tamaño (AWS, 2019).
 - Se deben rellenar todos los cráteres hasta la sección transversal completa de la soldadura (AWS, 2019).
 - El refuerzo de la soldadura no debe exceder de 1/8 pulg. [3mm]. El perfil de la soldadura debe tener fusión completa (AWS, 2019).
 - La socavación no debe exceder de 1/32 pulg. [1 mm] (AWS, 2019).
 - Se debe inspeccionar la raíz de la soldadura de las ranuras con CJP y no deben tener ninguna grieta, fusión incompleta o penetración inadecuada de la junta (AWS, 2019).

- En el caso de ranuras con CJP soldadas desde un lado sin respaldo, la concavidad de la raíz o perforación por fusión debe cumplir con lo siguiente (AWS, 2019):
 - La máxima concavidad de la raíz debe ser de 1/16 pulg. [2 mm], siempre que el espesor total de la soldadura sea igual o superior al del metal base (AWS, 2019).
 - La perforación por fusión máxima debe ser de 1/8 pulg. [3 mm] (AWS, 2019).

- **Inspección visual de soldaduras en filete.**

Las soldaduras en filete deben cumplir con los siguientes requisitos (AWS, 2019):

- No se debe aceptar grieta alguna, independientemente del tamaño (AWS, 2019).
- Se deben rellenar todos los cráteres hasta la sección transversal completa de la soldadura (AWS, 2019).
- El tamaño de la pierna de la soldadura en filete no debe ser inferior a los tamaños de pierna requeridos (AWS, 2019).
- El perfil de soldadura debe cumplir con los requisitos (AWS, 2019).
- La socavación del metal base no debe exceder de 1/32 pulg. [1 mm] (AWS, 2019).

2.2.3.10.2 NTD.

Antes de preparar las probetas para el ensayo mecánico, se debe probar la solidez de la placa, el conducto o la tubería para la prueba de calificación con un ensayo no destructivo de la forma siguiente (AWS, 2019):

- **RT o UT. Se debe utilizar RT o UT.** La longitud total de la soldadura en las placas de ensayo, excepto las longitudes descartadas en cada extremo, deben examinarse de acuerdo con la Sección 8, Parte E o F, y la Sección 10, Parte F para tubulares (AWS, 2019).

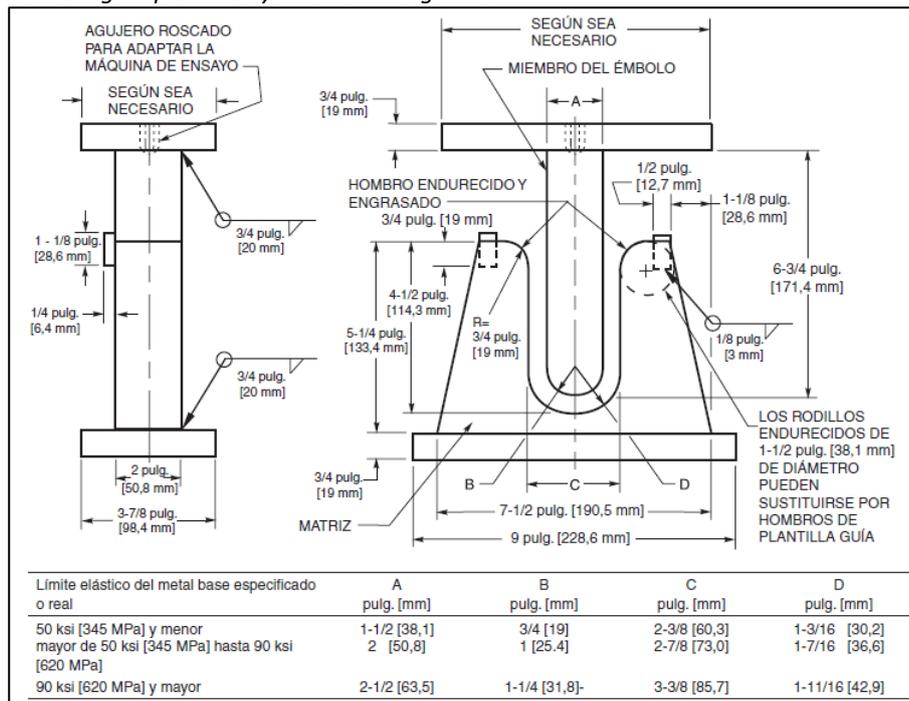
- **Criterios de aceptación de RT o UT.** Para que la calificación sea aceptable, la soldadura, según los resultados de RT o UT, debe cumplir con los requisitos de la Sección 8, Parte C o la Sección 10, Parte F, para tubulares (AWS, 2019).

2.2.3.10.2 Ensayos mecánicos.

Los ensayos mecánicos deben cumplir con lo siguiente: (AWS, 2019)

- **Probetas para doblado de raíz, cara y doblado lateral** (ver Figura 23 para doblado de raíz y cara y Figura 24 para doblado lateral). Todas las probetas deben doblarse en una plantilla guía de doblado que cumpla con los requisitos que se muestran en las Figuras 27 a 29 o que esté básicamente de acuerdo con dichas figuras, siempre que no se exceda el radio máximo de doblado. Se puede utilizar cualquier medio conveniente para mover el émbolo con relación a la matriz (AWS, 2019).

Figura 27
Plantilla guía para ensayo de doblado guiado

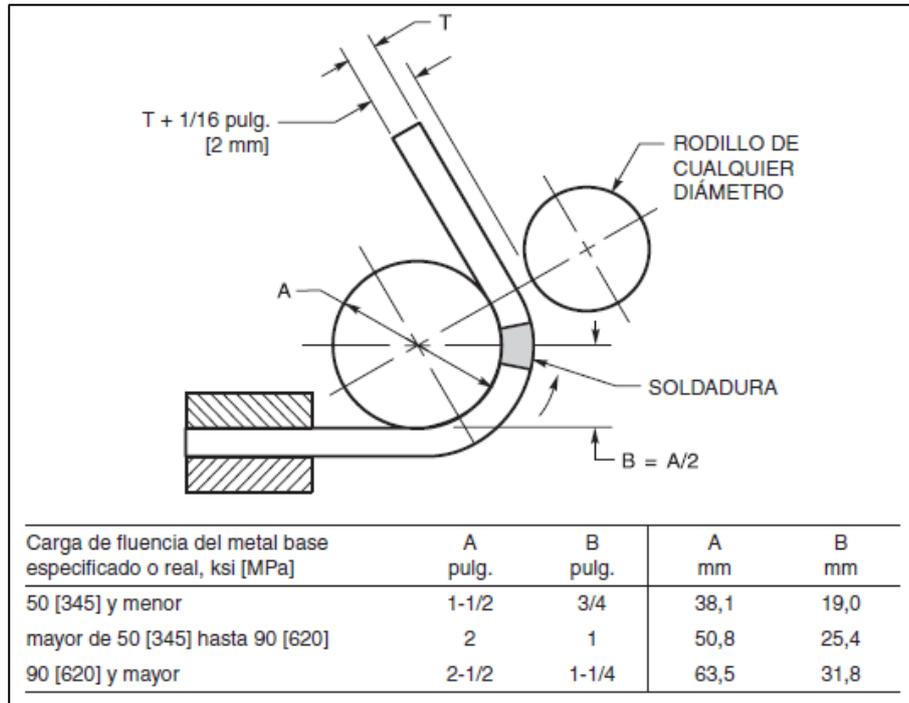


Fuente: (AWS, 2019)

Se debe colocar la probeta sobre la matriz de la plantilla guía con la soldadura en la mitad del vano. Las probetas de doblado de cara se

deben colocar con la cara de la soldadura dirigida hacia la abertura. Las probetas de doblado de raíz y de solidez de la soldadura en filete se deben colocar con la raíz de la soldadura hacia la abertura. Las probetas de doblado lateral se deben colocar con el lado que muestre la mayor discontinuidad, si existiera, hacia la abertura (AWS, 2019).

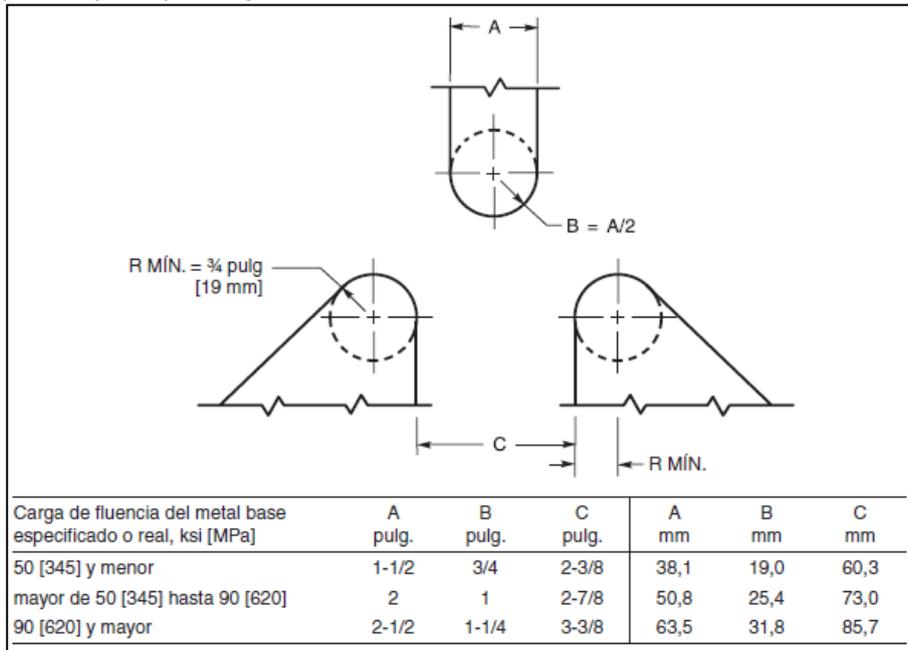
Figura 28
Plantilla guía para ensayo de doblado guiado envolvente alternativa



Fuente: (AWS, 2019)

Figura 29

Plantilla guía para ensayo de doblado guiado alternativo con rodillos para expulsión de la probeta por la parte inferior



Fuente: (AWS, 2019)

El émbolo debe forzar la probeta hacia la matriz hasta que la probeta tome forma de U. La soldadura y las HAZ deben estar centradas y completamente dentro de la parte doblada de la probeta después del ensayo. Cuando se utiliza la plantilla envolvente, la probeta debe estar firmemente sujeta en un extremo de manera que no se deslice durante la operación de doblado. La soldadura y las HAZ deben estar completamente dentro de la parte doblada de la probeta después del ensayo. Se deben retirar las probetas de ensayo de la plantilla guía cuando el rodillo externo se haya movido 180° desde el punto de partida (AWS, 2019).

- **Probetas para prueba de doblado de soldadura longitudinal.** Cuando las combinaciones de materiales difieren marcadamente en las propiedades de doblado mecánico, como entre dos materiales base o entre el metal de soldadura y el metal base, los ensayos de doblado longitudinal (cara y raíz) pueden utilizarse en lugar de los ensayos de doblado transversal de cara y de raíz. Los conjuntos de ensayo de soldadura según 2.2.3.10 deben contar con probetas preparadas

mediante el corte de la placa de ensayo como se muestra en las Figuras 21 o 22, la que sea aplicable. Las probetas para el ensayo de doblado longitudinal se deben preparar como se muestra en la Figura 23 (AWS, 2019).

- **Criterios de aceptación para las pruebas de doblado.** Se debe examinar visualmente la superficie convexa de la probeta de ensayo de doblado en busca de las discontinuidades de la superficie. Para su aceptación, la superficie no debe tener discontinuidades que excedan las siguientes dimensiones (AWS, 2019):
 - 1/8 pulg. [3 mm] medidas en cualquier dirección sobre la superficie (AWS, 2019).
 - 3/8 pulg. [10 mm]—la suma de las dimensiones más grandes de todas las discontinuidades que excedan de 1/32 pulg. [1 mm] pero inferiores o iguales a 1/8 pulg. [3 mm] (AWS, 2019).
 - 1/4 pulg. [6 mm]—la grieta máxima de esquina, excepto cuando la grieta de esquina resulta de una inclusión de escoria visible u otra discontinuidad de fusión, en cuyo caso se debe aplicar el máximo de 1/8 pulg. [3 mm] (AWS, 2019).

Las probetas con grietas de esquina que excedan de 1/4 pulg. [6 mm] sin evidencia de inclusiones de escoria u otra discontinuidad de fusión deben descartarse y se debe ensayar una probeta de reemplazo de la soldadura original (AWS, 2019).

- **Probetas de tracción de sección reducida** (ver Figura 25). Antes del ensayo se debe medir el ancho menor y el espesor correspondiente de la sección reducida. La probeta se debe romper bajo la carga de tracción y se debe determinar la carga máxima. Se debe obtener el área transversal multiplicando el ancho por el espesor. La resistencia a la tracción se debe obtener dividiendo la carga máxima por el área transversal (AWS, 2019).

- **Criterios de aceptación para ensayos de tracción de sección reducida.** La resistencia a la tracción no debe ser inferior al mínimo del rango de tracción especificado del metal base utilizado (AWS, 2019).
- **Probetas de tracción de todos los metales de soldadura** (ver Figura 26). La probeta de ensayo debe probarse según ASTM A370, *Mechanical Testing of Steel Products* (Ensayos mecánicos de productos de acero) (AWS, 2019).

2.2.3.10.3 Prueba de macroataque.

Las probetas de ensayo se deben preparar con un acabado adecuado para la prueba de macroataque. Se debe utilizar una solución adecuada para que el ataque proporcione una definición clara de la soldadura (AWS, 2019).

- **Criterios de aceptación para la prueba de macroataque.**

Para que la calificación sea aceptable, la probeta inspeccionada visualmente debe cumplir con los siguientes requisitos (AWS, 2019):

- En las soldaduras en ranura con PJP, el tamaño real de la soldadura debe ser igual o mayor que el tamaño de soldadura especificado, (S) (AWS, 2019).
- Las soldaduras en filete deben tener fusión a la raíz de la junta, pero no necesariamente más allá de ella (AWS, 2019).
- El tamaño mínimo de la pierna debe cumplir con el tamaño de la soldadura en filete especificado (AWS, 2019).
- Las soldaduras en ranura con PJP y las soldaduras en filete deben cumplir con lo siguiente (AWS, 2019):
 - ninguna grieta (AWS, 2019)
 - fusión completa entre las capas adyacentes del metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base (AWS, 2019)

- perfiles de soldadura que cumplan con los detalles especificados, pero con ninguna de las variaciones prohibidas (AWS, 2019)
- ninguna socavación que exceda de 1/32 pulg. [1 mm] (AWS, 2019)

2.2.3.10.4 Repetición del ensayo.

Si alguna de las probetas de ensayo, de todas las probadas, no cumple con los requisitos de ensayo de la Sección 2.2.3.10, la probeta de prueba se considerará como fallida. Las nuevas pruebas se pueden realizar en dos probetas de ensayo adicionales de acuerdo con una de las siguientes alternativas. Los resultados de ambas probetas de ensayo deben cumplir con los requisitos del ensayo (AWS, 2019).

- Si existe el material adecuado del cupón de prueba soldado original, las probetas de ensayo adicionales se retirarán lo más cerca posible de la ubicación de la probeta de ensayo original (AWS, 2019).
- Si no existe el material adecuado del cupón de prueba soldado original, se preparará un nuevo cupón de prueba siguiendo el PQR original lo más cerca posible. El nuevo cupón de prueba soldado solo necesita ser de longitud suficiente para proporcionar las dos probetas de ensayo requeridas. Si las nuevas probetas de ensayo aprueban, las variables esenciales y esenciales suplementarias se documentarán en el PQR (AWS, 2019).

Para material de más de 1-1/2 pulg. [38 mm] de espesor cuando se requieren múltiples probetas de ensayo para representar el espesor completo, la falla de una probeta de ensayo que representa una parte del espesor requerirá la prueba de todas las probetas de ensayo que representan el espesor completo de dos ubicaciones adicionales en la probeta de prueba (AWS, 2019).

2.2.3.11 Soldaduras en ranura con CJP

Vea en la Tabla 41 los requisitos para la calificación de una WPS de una soldadura con CJP en conexiones no tubulares. Consulte la placa de ensayo adecuada (AWS, 2019).

- **Juntas en esquina o en T.** Las probetas para soldaduras en ranura en juntas en esquina o en T deben ser juntas a tope con la misma configuración de soldadura en ranura como la junta en esquina o en T a ser utilizada en la construcción, excepto que la profundidad de la ranura no debe exceder de 1 pulg. [25 mm] (AWS, 2019).

2.2.3.12 Soldaduras en ranura con PJP

La calificación de una WPS de soldadura en ranura con PJP se realizará mediante uno de los siguientes métodos (AWS, 2019):

- Uso de una WPS de CJP calificada mediante pruebas para respaldar la calificación de una WPS de PJP utilizando cualquier detalle de las Tablas 6 a la 29 (AWS, 2019).
- Uso de una WPS de CJP calificada mediante pruebas para respaldar la calificación de una WPS de PJP utilizando un detalle de junta que no se muestra en las Tablas 6 a la 29 (AWS, 2019).
- Calificación de una WPS de PJP no compatible con una WPS de CJP (AWS, 2019).
- Calificaciones de soldaduras en ranura abocinada (AWS, 2019).

Toda calificación de PJP también debe calificar cualquier tamaño de soldadura en filete en cualquier espesor (AWS, 2019).

2.2.3.12.1 Calificación de WPS de PJP: Método 1.

La calificación de una WPS de CJP de acuerdo con la Sección 6 calificará las soldaduras en ranura con PJP de acuerdo con las Tablas 6 a la 29., siempre que las variables esenciales de la WPS de CJP calificada estén

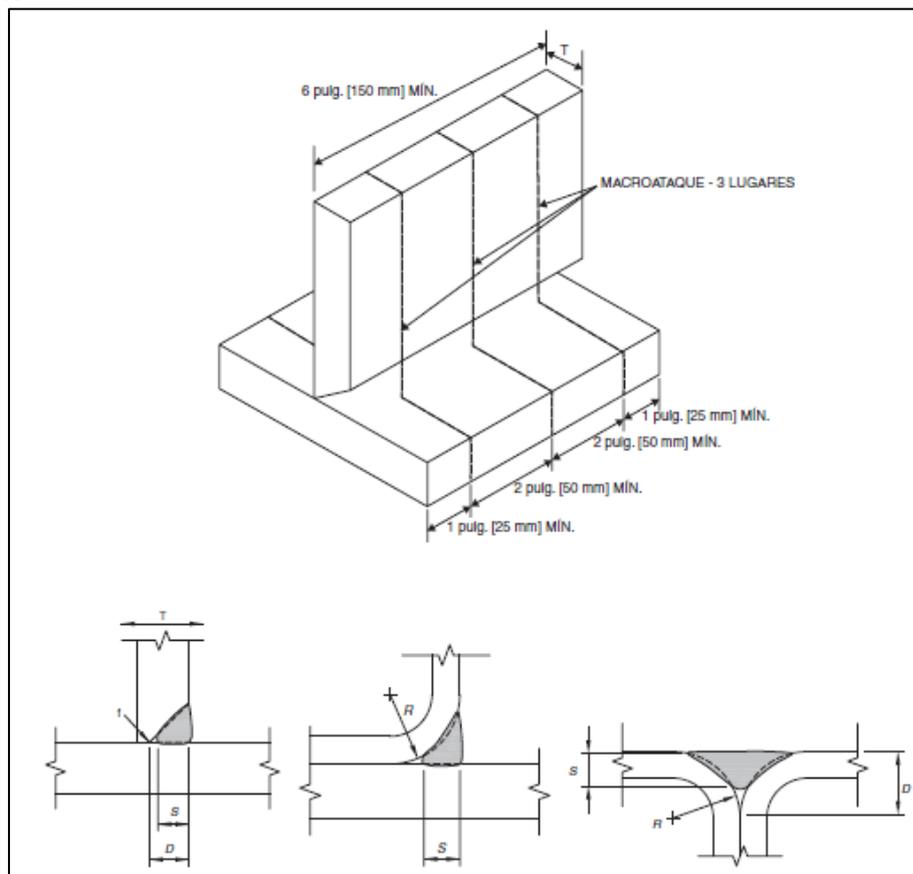
dentro de los límites enumerados en las Tablas 6.5 y 6.6 (cuando corresponda) (AWS, 2019).

2.2.3.12.2 Calificación de WPS de PJP: Método 2.

Cuando una WPS de CJP ha sido calificada y se utiliza para soportar un detalle de soldadura en ranura con PJP que no se muestra en las Tablas 6 a la 29, el tamaño de la soldadura con PJP calificada se determinará como se muestra a continuación (AWS, 2019):

Figura 30

Conjuntos de prueba de macroataque para la determinación del tamaño de la soldadura con PJP



Fuente: (AWS, 2019)

- Se soldará una placa de ensayo utilizando la abertura mínima de la raíz y el ángulo de la ranura mínimo que se indicará en la WPS. La placa de ensayo debe cumplir con la Figura 30 (Detalle A). Se puede usar cualquier metal base de acero (AWS, 2019).

- Se prepararán tres probetas de prueba de macroataque de sección transversal y se examinarán visualmente para demostrar que se cumple o se excede el tamaño de la soldadura especificado (AWS, 2019).
- El tamaño máximo de soldadura de la junta calificada será el valor mínimo de las tres probetas de macroataque (AWS, 2019).
- La WPS calificada debe estar preparada para especificar el tamaño máximo de soldadura con PJP diseñado en relación con la profundidad de ranura determinada en 2.2.3.12 y la abertura mínima de la raíz, ángulo mínimo de la ranura y profundidad de ranura calificada (AWS, 2019).

2.2.3.12.3 Calificación de WPS de PJP: Método 3.

Alternativamente, una WPS de PJP debe ser calificada y probada como se requiere en la Tabla 42. Si se va a usar una soldadura de bisel o ranura en J con PJP para juntas en T o juntas en esquinas interiores, la junta de prueba deberá tener una placa restrictiva temporal en el plano de la cara en escuadra para simular la configuración de junta restringida. Esta placa restrictiva se debe retirar antes de cortar las probetas de prueba mecánicas (AWS, 2019).

2.2.3.12.4 Calificación de una WPS de PJP para soldadura en ranura abocinada.

El tamaño efectivo de la soldadura calificado se determinará por lo siguiente (AWS, 2019):

- Se soldará una placa de ensayo de acuerdo con la Figura 30 Detalles B o C, según corresponda. Los parámetros de soldadura deben estar dentro de los especificados en la WPS de CJP. Se puede usar cualquier composición química de metal base de acero (AWS, 2019).
- Se debe preparar y examinar visualmente un mínimo de tres probetas de prueba de macroataque de sección transversal, cortadas con normalidad al eje de soldadura, para verificar que se cumple o se excede el tamaño de la soldadura especificado. Las secciones se tomarán de la longitud

media y cerca de los extremos de la soldadura como se muestra en la Figura 30 Detalles B o C (AWS, 2019).

- El tamaño máximo de soldadura calificado es el tamaño mínimo de soldadura de las tres secciones transversales de 2.2.3.12 arriba. El radio mínimo calificado es el probado (AWS, 2019).

2.2.3.13 Soldaduras en filete

2.2.3.13.1 Tipo y cantidad de probetas.

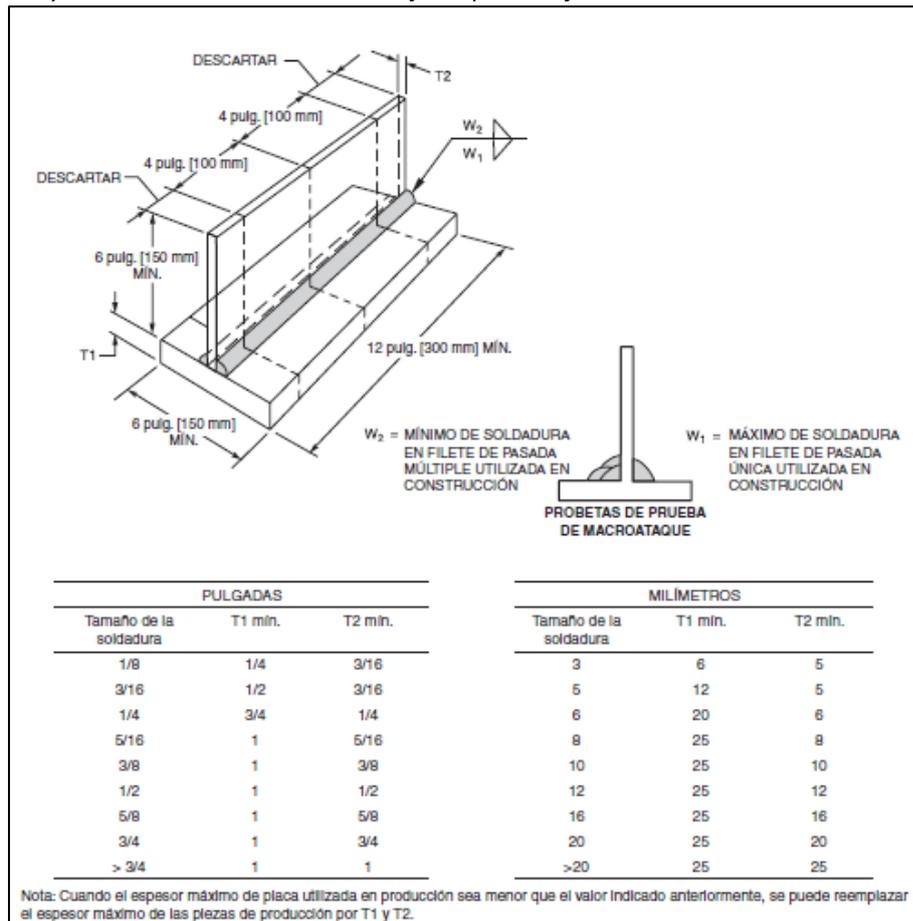
A excepción de lo permitido en otra parte de la Sección 6, el tipo y cantidad de probetas que deben ser ensayadas para calificar una WPS de soldadura en filete de una sola pasada y/o soldadura en filete de pasadas múltiples se muestran en la Tabla 43. El ensayo de calificación puede ser para una soldadura en filete de una sola pasada o para una soldadura en filete de pasadas múltiples o ambas (AWS, 2019).

2.2.3.13.2 Ensayo de soldadura en filete.

Se debe realizar una junta en T soldada en filete, como se muestra en la Figura 31 para las placas para conductos (Detalle A o Detalle B), para cada WPS y posición que se utilizará en la construcción. Se requiere la realización de ensayos para la soldadura en filete de una sola pasada de tamaño máximo y para soldadura en filete de pasadas múltiples de tamaño mínimo utilizadas en construcción. Estos dos ensayos de soldadura en filete pueden combinarse en un único conjunto soldado o montaje de ensayo o calificar en forma individual como calificaciones separadas. Cada soldadura debe cortarse perpendicular a la dirección de la soldadura en las ubicaciones que se muestran en la Figura 31 según corresponda. Las probetas que representan una cara de cada corte deben constituir probetas de ensayo de macroataque y probarse conforme a 2.2.3.10 (AWS, 2019).

Figura 31

Ensayos de solidez de la soldadura en filete para calificación de la WPS



Fuente: (AWS, 2019)

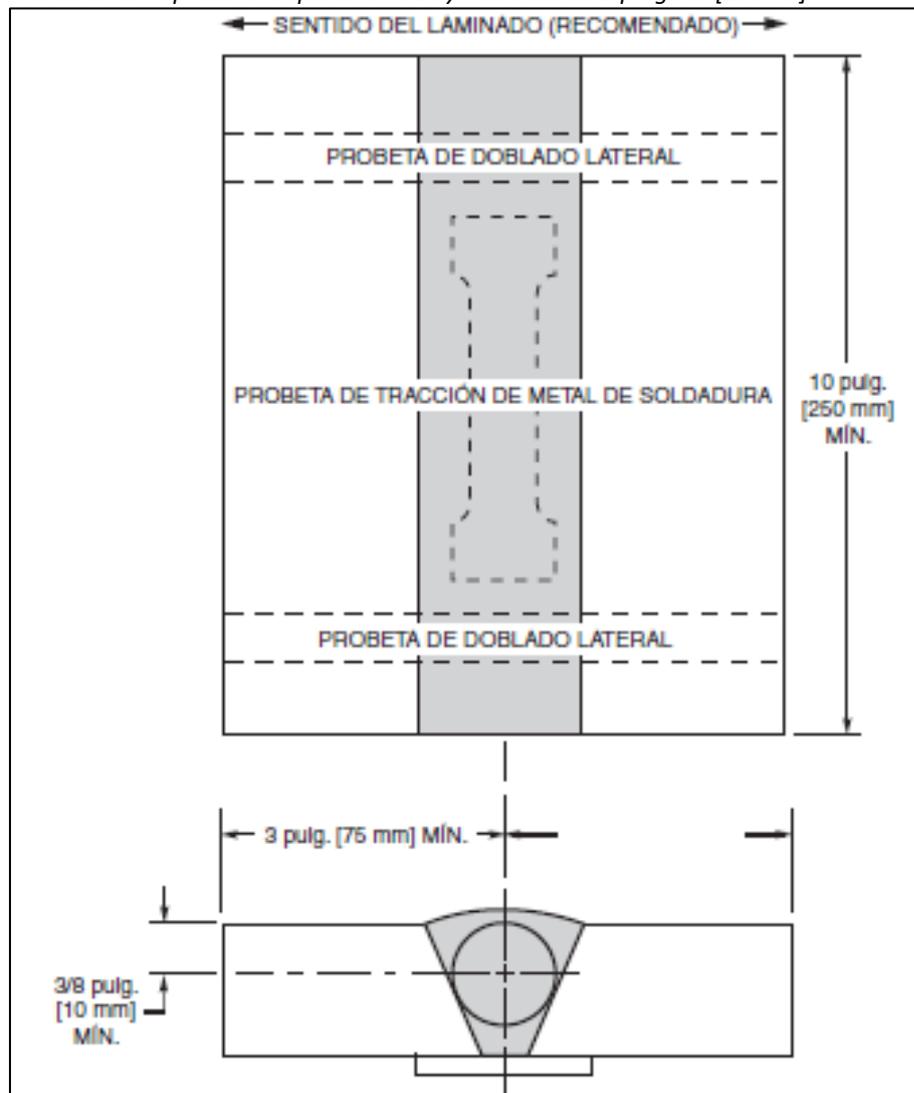
2.2.3.13.3 Ensayo de verificación de consumibles

- **Cuando se requiere un ensayo.** Un ensayo de verificación de consumibles se requiere cuando (AWS, 2019):
 - El consumible de soldadura no cumplen con las disposiciones precalificadas de la Sección 5, y (AWS, 2019).
 - La WPS que usa los consumibles propuestos no ha sido calificada según 2.2.3.11 o 2.2.3.12 (AWS, 2019).
- **Soldadura de placa de ensayo.** La placa de ensayo se debe soldar del siguiente modo (AWS, 2019):

- La placa de ensayo debe tener la configuración de ranura que se muestra en la Figura 32 (Figura 33 para SAW), con respaldo de acero (AWS, 2019).
- La placa debe ser soldada en posición 1G (plana) (AWS, 2019).
- La longitud de la placa debe ser la adecuada para proporcionar las probetas necesarias y estar orientada según se muestra en la Figura 32 (AWS, 2019).
- Las condiciones de corriente, voltaje, velocidad de desplazamiento y flujo de gas del ensayo de soldadura deben aproximarse tanto como sea posible a las que se utilizarán para la producción de las soldaduras en filete (AWS, 2019).

Figura 32

Ubicación de la probeta en placa de ensayo soldada de 1 pulgada [25 mm]

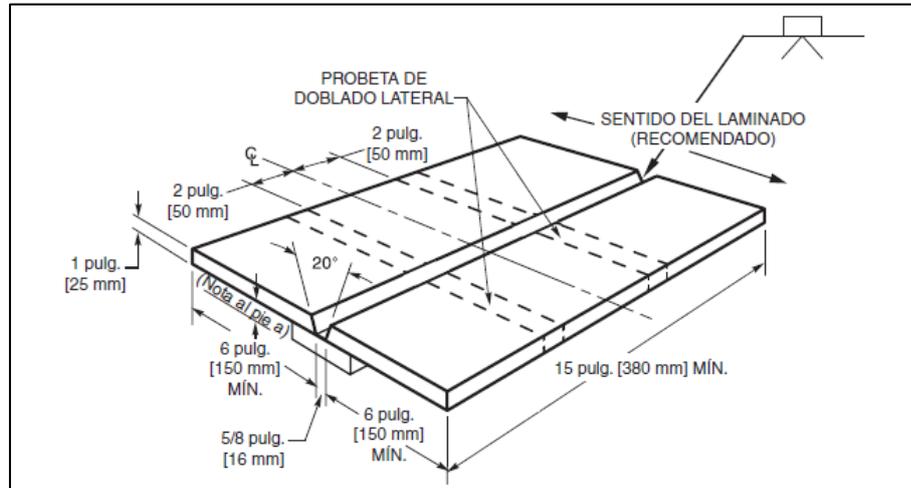


Fuente: (AWS, 2019)

Estas condiciones establecen la WPS a partir de la cual, cuando se realicen las soldaduras en filete de producción, se medirán los cambios en las variables esenciales de acuerdo con 2.2.3.8 (AWS, 2019).

Figura 33

Placa de ensayo para espesor ilimitado—Calificación del operario soldador y ensayos de verificación de consumibles de soldadura en filete



Fuente: (AWS, 2019)

- **Requisitos de la prueba.** La placa de ensayo debe probarse del siguiente modo (AWS, 2019):
 - Se deben extraer de la placa de ensayo dos probetas de doblado lateral (Figura 24) y una sola de metal de soldadura para ensayo de tracción (Figura 26) como se muestra en la Figura 32 (AWS, 2019).
 - Las probetas para ensayo de doblado deben probarse según 2.2.3.10.3. Los resultados del ensayo deben cumplir con los requisitos de 2.2.3.10.3 (AWS, 2019).
 - La probeta de ensayo de tracción debe probarse según 2.2.3.10.6. El resultado del ensayo determinará el nivel de resistencia para el consumible de soldadura que debe cumplir con los requisitos o con el nivel de resistencia del metal base que está siendo soldado (AWS, 2019).

2.2.3.14 Soldaduras de tapón y en ranura.

Cuando se especifican soldaduras de tapón y en ranura, la calificación de la WPS debe cumplir con 2.2.3.22 (AWS, 2019).

2.2.3.15 Procesos de soldadura que requieren calificación

2.2.3.15.1 GTAW, GMAW-S, ESW y EGW.

Se pueden usar GTAW, GMAW-S, ESW y EGW siempre que las WPS estén calificadas según los requisitos de la Sección 6 (AWS, 2019).

- **Requisitos de WPS (GMAW-S).** Antes de su uso, el Contratista debe preparar una o más WPS y calificar cada WPS de acuerdo con los requisitos de la Sección 6. Las limitaciones de las variables básicas en la Tabla 6.5 para GMAW se deben aplicar también a GMAW-S (AWS, 2019).
- **Requisitos de WPS (GTAW).** Antes de su uso, el Contratista debe preparar una o más WPS y calificar cada WPS de acuerdo con los requisitos de la Sección 6 (AWS, 2019).
- **Requisitos de WPS (ESW/EGW).**
 - **Antes de su uso, el Contratista debe preparar y calificar cada WPS de ESW o EGW** que se utilizará de acuerdo con los requisitos de la Sección 6. La WPS debe incluir los detalles de la junta, el tipo y diámetro del metal de aporte, el amperaje, el voltaje (tipo y polaridad), la velocidad de desplazamiento vertical si no es una función automática de la longitud del arco o de la tasa de deposición, la oscilación (velocidad de desplazamiento transversal, longitud y tiempo de exposición), el tipo de protección incluyendo el caudal de flujo y punto de rocío del gas o tipo de fundente, el tipo de zapata de moldeo, PWHT, si se utiliza, y otra información pertinente (AWS, 2019).
 - **Requisitos de ensayo de tracción de metal completamente soldado.** Antes de su uso, el Contratista debe demostrar por medio del ensayo descrito en la Sección 6 que cada combinación de protección y metal de aporte producirá un metal de soldadura con

las propiedades mecánicas especificadas en la edición más reciente de AWS A5.25, *Especificación de electrodos y fundentes de aceros al carbono y de baja aleación para soldadura por electroescoria* o en la edición más reciente de AWS A5.26, *Especificación de electrodos de aceros al carbono y de baja aleación para soldadura por electrogás*, según corresponda, cuando sean soldados según WPS (AWS, 2019).

- **Calificación previa.** Se pueden utilizar las WPS que hayan sido calificados previamente, siempre que exista documentación adecuada y que la apruebe el Ingeniero (AWS, 2019).

2.2.3.15.2 Otros procesos de soldadura.

Pueden utilizarse otros procesos de soldadura no enumerados en 5.5.1 o 6.15.1, siempre que las WPS se califiquen mediante ensayos. La limitación de las variables esenciales aplicables a cada proceso de soldadura debe ser establecida por el Contratista que desarrolla la WPS y aprobada por el Ingeniero. Los rangos de las variables esenciales deben estar basados en evidencia documentada de experiencia con el proceso o se deben realizar una serie de ensayos para establecer los límites de las variables esenciales. Todo cambio en las variables esenciales fuera del rango establecido exigirá una recalificación (AWS, 2019).

2.2.3.16 Calificación de desempeño

Los ensayos de calificación de desempeño requeridos por este código son ensayos concebidos específicamente para determinar la capacidad de un soldador, un operario de soldadura o un soldador punteador para producir soldaduras sólidas. Los ensayos de calificación no están previstos para ser utilizados como guía para la soldadura o soldadura de punteado durante la construcción real. Esta última debe realizarse de acuerdo con una WPS (AWS, 2019).

2.2.3.16.1 Posiciones calificadas de la soldadura para la producción

- **Soldadores y operarios de soldadura.** Las posiciones de soldadura de producción calificadas por un ensayo de placa para soldadores y operarios de soldadura deben cumplir con la Tabla 6.10. Las posiciones de soldadura de producción calificadas por un ensayo tubular para soldadores y operarios de soldadura deben cumplir con la Sección 10 de la norma (AWS, 2019).

Tabla 49

Calificación del soldador y operario de soldadura—Posiciones de soldadura de producción calificadas por ensayos de placa

Ensayo de calificación	Soldadura de placa de producción calificada					Soldadura de tubos de producción calificada					Soldadura de tubo rectangular de producción calificada				
	Tipo de soldadura a	Posiciones del ensayo c	Ranura		Filete d	Junta a tope b		Conexiones en T, Y, K			Junta a tope b		Conexiones en T, Y, K		
			CJP	PJP		CJP	PJP	CJ P	PJP	Filete d	CJP	PJP	CJ P	PJP	Filete d
PLACA	Ranura g	3G + 4G	o	o	Todo	o	o	Todo	Todo	o	o	Todo	Todo		
		1G	V	V	F, H	V	V	F, H	F, H	V	V	F, H	F, H		
		2G	F	F	F, H, V	F	F	F, H	F, H, V	F, H	F, H	V	F, H, V		
		3G	OH	OH	F, H	OH	OH	V	F, H	OH	OH	F, H	F, H		
		4G	Tod	Tod	OH	Tod	Tod	F, OH	OH	Tod	Tod	OH	OH		
	Filete	3F + 4F			Todo			Todo				Todo	Todo		
	1 F			F, H				F, H				F, H	F, H		
	2 F			F, H, V				F, H, V				F, H, V	F, H, V		
	3 F			F, H				F, H				F, H	F, H		
	4 F			OH				OH				OH	OH		
	Tapón	Califica la soldadura de tapón y en ranura solo para las posiciones de ensayo													

Fuente: (AWS, 2019)

- **Soldadores de punteado.** Un soldador de punteado debe estar calificado por una placa de ensayo en cada posición en la que se va a realizar la soldadura de punteado (AWS, 2019).

2.2.3.16.2 Espesores y diámetros de producción calificados

- **Soldadores u operarios de soldadura.** El rango de los espesores y diámetros calificados de soldadura de producción para los que un soldador u operario de soldadura está calificado debe cumplir con la Tabla 50 (AWS, 2019).

- **Soldadores de punteado.** La calificación del soldador de punteado debe ser para espesores mayores o iguales a 1/8 pulg. [3 mm] (AWS, 2019).
- **Calificación del soldador y del operario de soldadura a través de la calificación de WPS.** Un soldador u operario de soldadura puede calificarse también soldando una placa, conducto o tubería de ensayo de calificación de WPS que cumpla con los requisitos de 2.2.3.10. El soldador u operario de soldadura se califica de acuerdo con 2.2.3.16.1 y 2.23.16.2 (AWS, 2019).

Tabla 50

Calificación del soldador y operario de soldadura—Cantidad y tipo de probetas y rango de espesor y diámetro calificados (dimensiones en pulgadas)

(1) Ensayo en placa										
Soldaduras de tapón o en ranura de producción		Cantidad de probetas a					Dimensiones calificadas			
Tipo de soldadura de ensayo (Figuras aplicables)	Espesor nominal de la placa de ensayo (T), pulgadas	Doblado de cara b (Fig. 23)	Doblado de raiz b (Fig. 23)	Doblado lateral b (Fig. 24)	Macroataque	Espesor nominal de placa, conducto o tubo calificado, pulgadas		Ángulos diedros Tipo de soldadura calificados		
						Min.	Max.	Min.	Max.	
Groove (Fig. 6.20 o 6.21)	3/8	1	1	Nota al pie	-	1/8	3/4 max.			
Ranura (Fig. 6.16, 33, o 6.19)	3/8<T<1	-	-	2	-	1/8	2T max.			
Ranura (Fig. 6.16, 33, o 6.19)	1 o mas	-	-	2	-	1/8	Sin limte			
Tapón (Fig. 6.26)	3/8	-	-	-	2	1/8	Ilimitado			
Soldaduras en filete de producción (Junta en T y oblicua)		Cantidad de probetas a					Dimensiones calificadas		Ángulos diedros Tipo de soldadura calificados	
Tipo de soldadura calificados de ensayo (Figuras aplicables)	Espesor nominal de la placa de ensayo, T, pulgadas	Rotura de soldadura en filete	Macroataque	Doblado lateral b	Doblado de raiz b	Doblado de cara b	Espesor nominal de placa calificado, pulgadas		Ángulos diedros Tipo de soldadura calificados	
							Min.	Max.	Min.	Max.
Groove (Fig. 6.20 o 6.21)	3/8	-	-	Nota al pie	1	1	1/8	Ilimitado	30°	Ilimitado
Groove (Fig. 6.20 o 6.21)	3/8<T<1	-	-	2	-	-	1/8	Ilimitado	30°	Ilimitado
Ranura (Fig. 6.16, 6.17, o 6.19)	≥1	-	-	2	-	-	1/8	Ilimitado	30°	Ilimitado
Opción 1 de filete (Fig. 6.25)	1/2	1	1	-	-	-	1/8	Ilimitado	60°	135°
Opción 2 de filete (Fig. 6.22)	3/8	-	-	-	2	-	1/8	Ilimitado	60°	135°

Opción 3 de filete (Fig.10.16) [Cualquier diám. conducto]	>1/8	-	1	-	-	-	1/8	Ilimitado	30°	Ilimitado
---	------	---	---	---	---	---	-----	-----------	-----	-----------

(2) Ensayos de soldaduras por electroescoria y por electrogás

Soldaduras en ranura de placa de producción		Cantidad de probetas a	Espesor nominal de placa calificado, pulgadas	
Tipo de soldadura de ensayo	Espesor nominal de placa de ensayo, T, pulgadas	Doblado lateral (ver Fig. 24)	Min.	Max.
Ranura (Fig. 6.0.24)	<1-1/2	2	1/8	T
	1-1/2	2	1/8	Ilimitado

Fuente: (AWS, 2019)

2.2.3.17 Tipo de ensayos de calificación requeridos

2.2.3.17.1 Soldadores y operarios de soldadura.

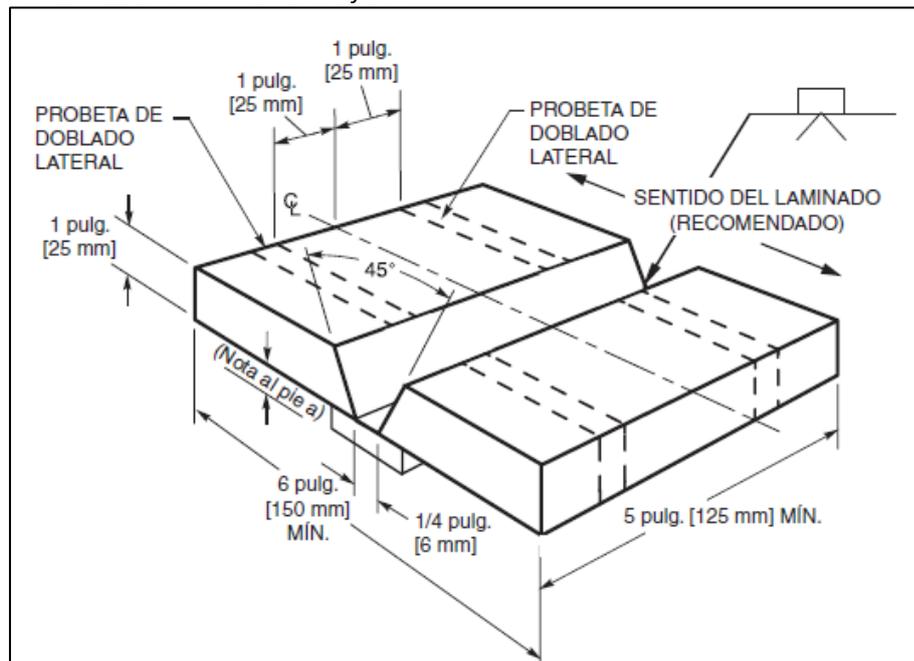
El tipo y la cantidad de ensayos de calificación necesarios para los soldadores y operarios de soldadura deben cumplir con la Tabla 50. Los detalles de los requisitos de los ensayos mecánicos y NDT individuales se encuentran en las siguientes subsecciones (AWS, 2019):

- Inspección visual (usar requisitos de WPS) (AWS, 2019).
 - Doblado de cara, raíz y doblado lateral (usar requisitos de WPS) (AWS, 2019).
 - Macroataque (AWS, 2019).
 - Rotura de soldadura en filete (AWS, 2019).
- **Sustitución de los ensayos de doblado guiados por RT.** A excepción de las juntas soldadas por GMAW-S, el examen radiográfico de una placa o conducto para ensayo de calificación de un soldador u operario de soldadura puede ser realizado en lugar de los ensayos de doblado descritos en 2.2.3.17.2 (ver 2.2.3.23.3 los requisitos de RT) (AWS, 2019).

En lugar de los ensayos mecánicos o los RT de los conjuntos de ensayos de calificación, un operario de soldadura puede calificarse por el RT de las primeras 15 pulg. [380 mm] de una soldadura en ranura de producción. El rango de espesor de material calificado será el que se muestra en la Tabla 50 (AWS, 2019).

- Ensayo de doblado guiado.** Se deben preparar las probetas para ensayos mecánicos cortando la placa, conducto o tubería de ensayo como se muestra en las Figuras 34, 35, 36, 37 y 38 para la calificación del soldador o en las Figuras 33, 37 o 39 para la calificación del operario de soldadura, según corresponda. Estas probetas de ensayo deben tener una sección transversal aproximadamente rectangular y estar preparadas para el ensayo según las Figuras 23, 24, 25 o 26, según corresponda (AWS, 2019).

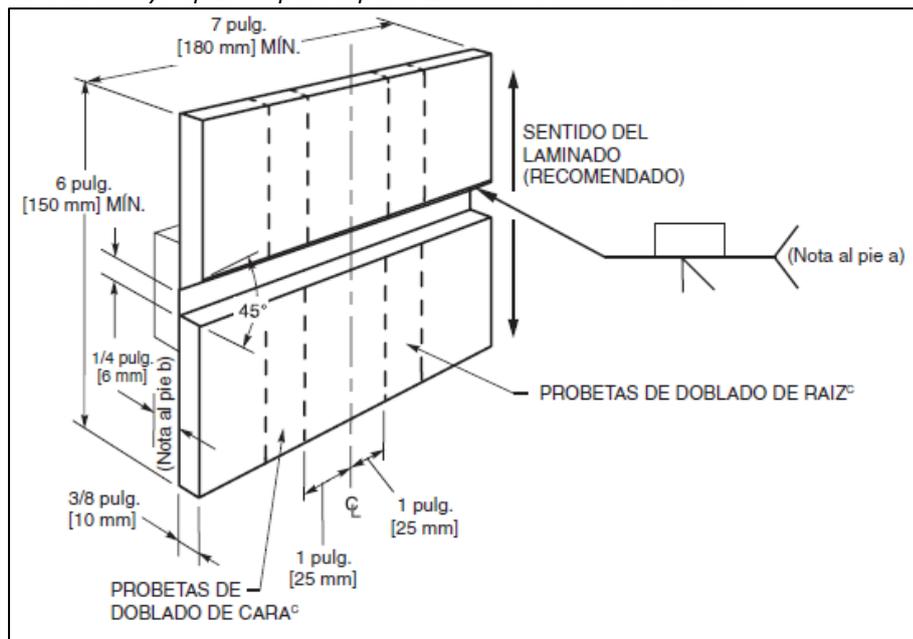
Figura 34
 Placa de ensayo para espesor ilimitado—Calificación del soldador y ensayos de verificación de consumibles de soldadura en filete



Fuente: (AWS, 2019)

Figura 37

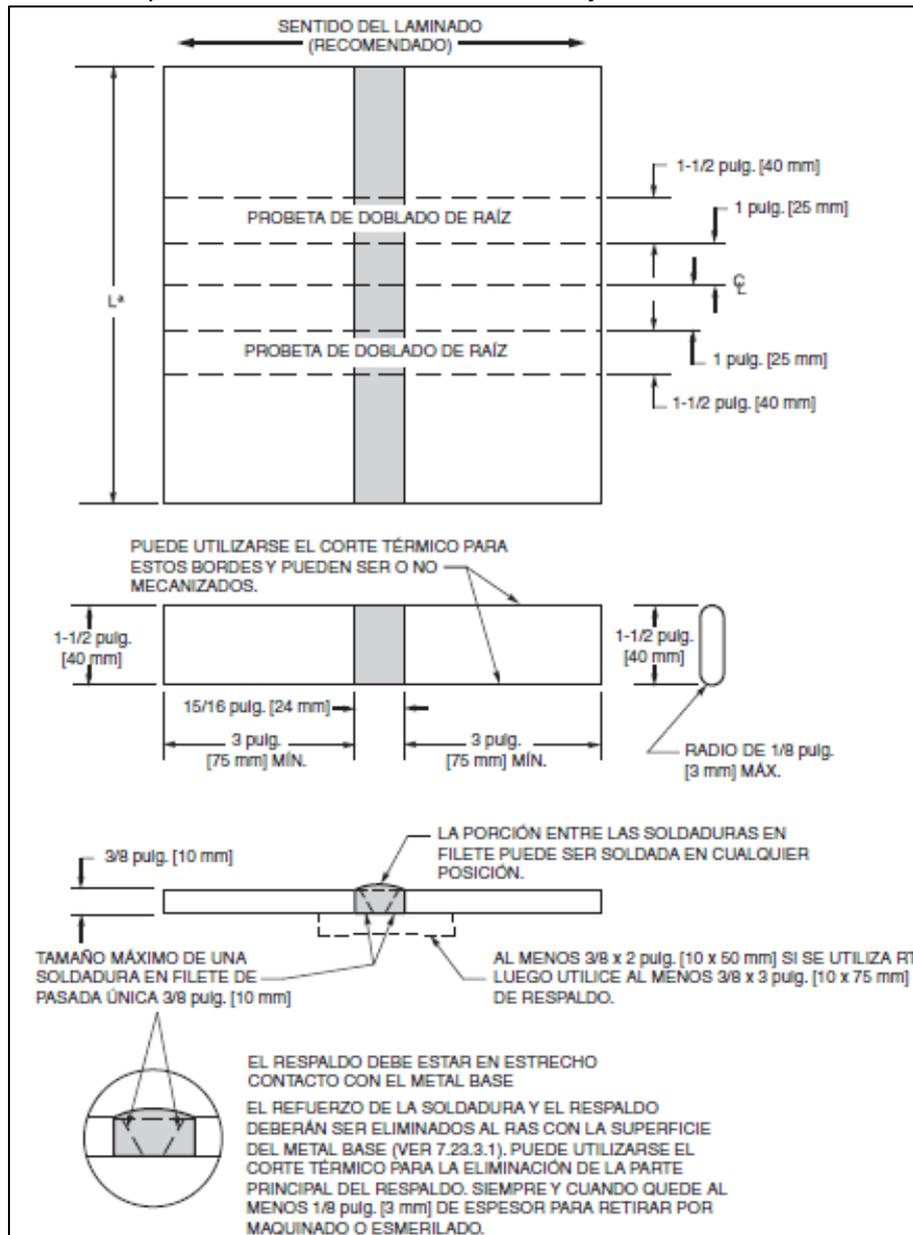
Placa de ensayo opcional para espesor limitado—Posición horizontal



Fuente: (AWS, 2019)

Figura 38

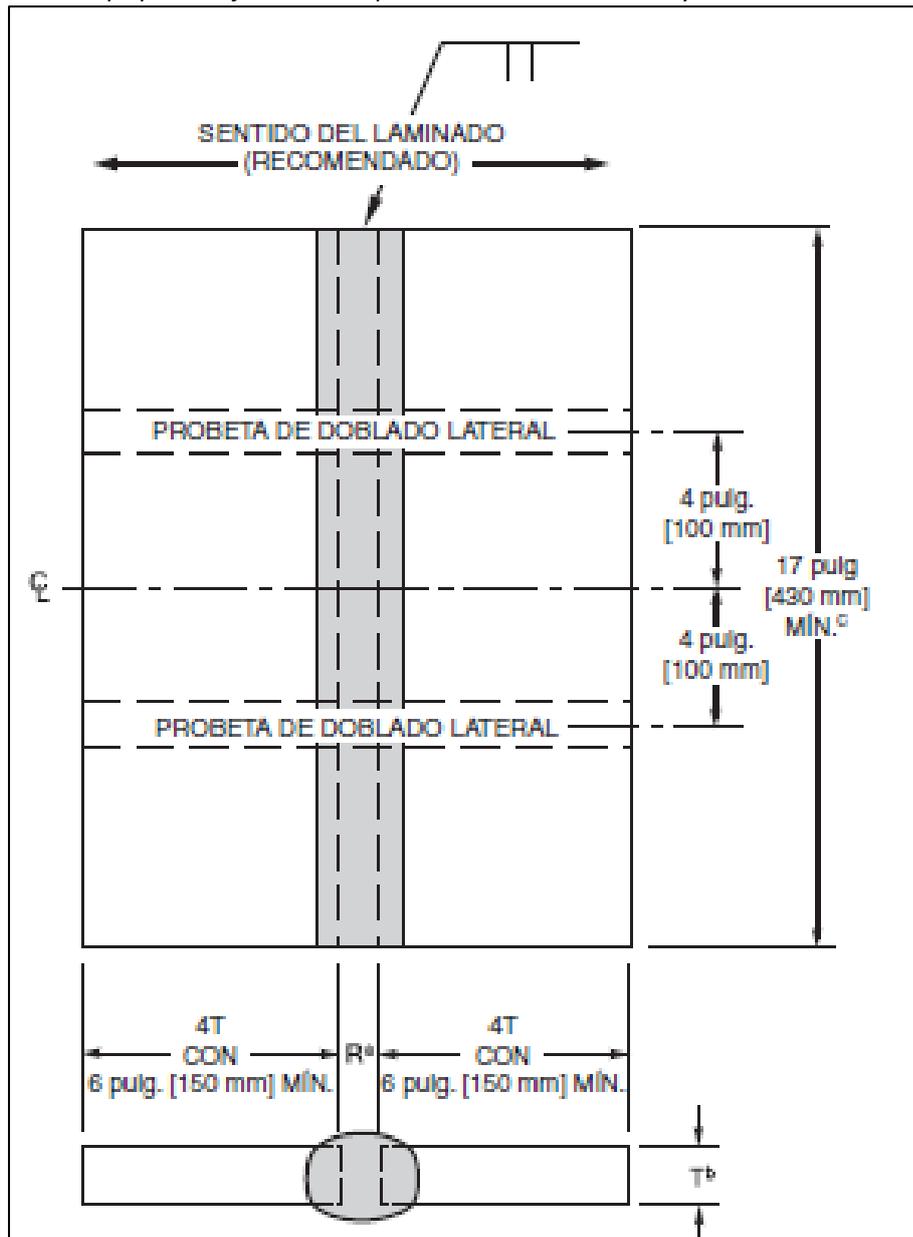
Placa de ensayo de doblado de la raíz de soldadura en filete



Fuente: (AWS, 2019)

Figura 39

Junta a tope para calificación del operario de soldadura—ESW y EGW



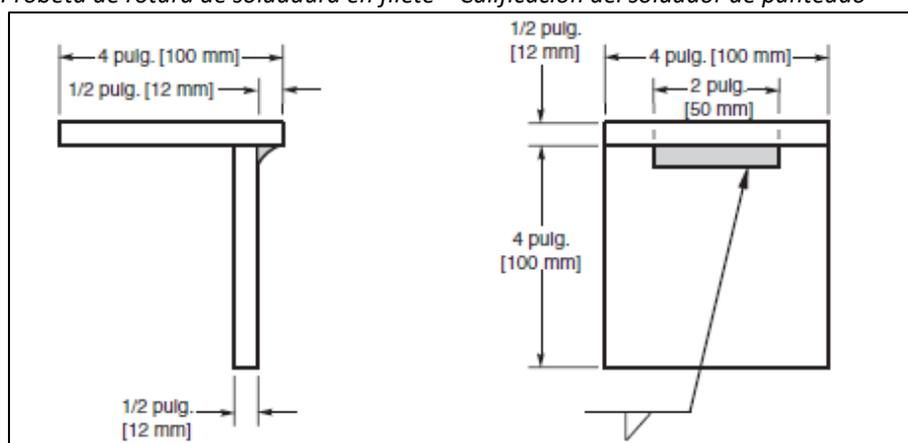
Fuente: (AWS, 2019)

2.2.3.17.2 Soldadores de punteado.

El soldador de punteado debe realizar una soldadura de punteado de un tamaño máximo de 1/4 pulg. [6 mm] y aproximadamente 2 pulg. [50 mm] de largo en la probeta de rotura de soldadura en filete como se muestra en la Figura 40 (AWS, 2019).

Figura 40

Probeta de rotura de soldadura en filete—Calificación del soldador de punteado



Fuente: (AWS, 2019)

- **Alcance de la calificación.** Un soldador de punteado que pase la prueba de rotura de la soldadura en filete estará calificado para soldar de punteado todos los tipos de juntas (excepto las soldaduras en ranura con CJP, soldadas de un lado sin respaldo, por ejemplo, juntas a tope y conexiones en T, Y, K) para el proceso y en la posición en la que el soldador de punteado esté calificado. Las soldaduras de punteado de la excepción anterior deben ser realizadas por soldadores completamente calificados para el proceso y en la posición en la que se debe realizar la soldadura (AWS, 2019).

2.2.3.18 Tipos de soldadura para la calificación de desempeño de soldadores y operarios de soldadura

A los fines de calificación de soldadores y operarios de soldadura, los tipos de soldadura deberán clasificarse como sigue (AWS, 2019):

- Soldaduras en ranura con CJP para conexiones tubulares (AWS, 2019).
- Soldaduras en ranura con PJP para conexiones tubulares (AWS, 2019).
- Soldaduras en filete para conexiones no tubulares (AWS, 2019).
- Soldaduras en ranura con CJP para conexiones tubulares (AWS, 2019).
- Soldaduras en ranura con PJP para conexiones tubulares (AWS, 2019).
- Soldaduras en filete para conexiones tubulares (AWS, 2019).
- Soldaduras de tapón y en ranura para conexiones tubulares y no tubulares (AWS, 2019).

2.2.3.19 Preparación de los formularios de calificación de desempeño

El personal de soldadura debe seguir una WPS aplicable para el ensayo de calificación requerido. Se deben aplicar todas las limitaciones de las variables esenciales de WPS de 2.2.3.8. además de las variables esenciales de desempeño 2.2.3.20 El Registro de calificación de desempeño de soldadura (WPQR) debe servir como una verificación escrita y debe enumerar todas las variables esenciales aplicables de la Tabla 51. Los formularios sugeridos se encuentran en el Apéndice J. de la normativa (AWS, 2019).

Tabla 51

Cambios de variables esenciales del desempeño del personal de soldadura que requiere recalificación

Cambios de variables esenciales de WPQR que requieren recalificación	Personal de soldadura		
	Soldadores	Operarios de soldadura a, b	Soldadores de punteado
(1) A un proceso no calificado (se considera GMAW-S como un proceso separado)	X	X	X
(2) A un electrodo SMAW con un número F (ver Tabla 6.13) superior al número F del electrodo WPQR	X		X
(3) A una posición no calificada	X	X	X
(4) A un diámetro o espesor no calificado	X	X	
(5) A un avance de la soldadura vertical no calificada (hacia arriba o hacia abajo)	X		
(6) La falta de respaldo (si se usa en el ensayo WPQR)	X	X	
(7) Para múltiples electrodos (si se usó un solo electrodo en el ensayo WPQR), pero no viceversa		X	

Fuente: (AWS, 2019)

2.2.3.20 Variables esenciales

Los cambios más allá de la limitación de las variables esenciales para los soldadores, operarios de soldadura o soldadores punteadores que se muestran en la Tabla 51 deben requerir recalificación (AWS, 2019).

2.2.3.21 Soldaduras en ranura con CJP para conexiones tubulares

Ver en la Tabla 49 los requisitos de posición para la calificación de soldadores u operarios de soldadura en conexiones no tubulares. Observe que la calificación en juntas con respaldo califica para la soldadura de

juntas de producción con ranurado del lado opuesto y soldadas del otro lado (AWS, 2019).

2.2.3.21.1 Placas de calificación del soldador.

Los siguientes números de figuras se aplican a los requisitos de posición y de espesor para soldadores (AWS, 2019).

- Figura 34—Todas las posiciones—Espesor ilimitado (AWS, 2019).
- Figura 35—Posición horizontal—Espesor ilimitado (AWS, 2019).
- Figura 36—Todas las posiciones—Espesor limitado (AWS, 2019).
- Figura 37—Posición horizontal—Espesor limitado (AWS, 2019).

2.2.3.21.2 Placas de ensayo para la calificación del operario de soldadura

- **Soldaduras distintas de EGW, ESW y soldaduras de tapón.** La placa de ensayo de calificación para un operario de soldadura que no utilice soldaduras EGW, ESW ni soldaduras de tapón debe cumplir con la Figura 33. Esto debe calificar a un operario de soldadura para soldaduras en ranura y en filete en materiales de espesor ilimitado para el proceso y la posición de ensayo (AWS, 2019).
- **Para ESW y EGW.** La placa de ensayo de calificación para un operario de soldadura ESW o EGW debe consistir en soldar una junta del espesor máximo del material a ser utilizado en la construcción, pero el espesor del material de la soldadura de ensayo no debe exceder de 1-1/2 pulg. [38 mm] (ver Figura 21). Si se realiza una soldadura de ensayo de 1-1/2 pulg. [38 mm] de espesor, no es necesario realizar una prueba para un espesor menor. El ensayo calificará a un operario para soldaduras en ranura y en filete en materiales de espesor ilimitado para el proceso y la posición de ensayo (AWS, 2019).

2.2.3.22 Alcance de la calificación

2.2.3.22.1 Soldaduras en ranura con PJP para conexiones no tubulares.

La calificación para soldaduras en ranura con CJP calificará para todas las soldaduras en ranura con PJP (AWS, 2019).

2.2.3.22.2 Soldaduras en filete para conexiones no tubulares.

La calificación para soldaduras en ranura con CJP calificará para las soldaduras en filete. Sin embargo, si se requiere solamente la calificación de soldadura en filete, consulte la Tabla 50 (AWS, 2019).

2.2.3.22.3 Soldaduras de tapón y en ranura.

La calificación para soldaduras en ranura con CJP en conexiones tubulares y no tubulares calificará para todas las soldaduras de tapón y en ranura. Ver la Tabla 49 solo para calificación de soldadura de tapón y en ranura. La junta debe constar de un orificio de 3/4 pulg. [20 mm] de diámetro en una placa de 3/8 pulg. [10 mm] de espesor con una placa de respaldo de un espesor mínimo de 3/8 pulg. [10 mm] (AWS, 2019).

2.2.3.23 Métodos de ensayo y criterios de aceptación para la calificación de soldadores y operarios de soldadura

2.2.3.23.1 Inspección visual.

Ver en 2.2.3.10. los criterios de aceptación (AWS, 2019).

2.2.3.23.2 Prueba de macroataque.

Las probetas de ensayo se deben preparar con un acabado adecuado para el examen de macroataque. Se debe utilizar una solución adecuada para que el ataque proporcione una definición clara de la soldadura (AWS, 2019).

- **Ensayos de macroataque para soldaduras de tapón y en filete.**

La cara del macroataque debe ser lisa para el ataque (AWS, 2019).

- Los ensayos de macroataque en soldaduras de tapón deben cortarse de las juntas de ensayo de acuerdo con (AWS, 2019):
 - Calificación del soldador (AWS, 2019).
 - Calificación del operario de soldadura (AWS, 2019).

- Los ensayos de macroataque en soldaduras en filete deben cortarse de las juntas de ensayo de acuerdo con (AWS, 2019):
 - Calificación del soldador (AWS, 2019).
 - Calificación del operario de soldadura (AWS, 2019).

- **Criterios de aceptación del ensayo de macroataque.** Para que la calificación sea aceptable, la probeta inspeccionada visualmente debe cumplir con los siguientes requisitos (AWS, 2019):
 - Las soldaduras en filete deben tener fusión a la raíz de la junta, pero no necesariamente más allá de ella (AWS, 2019).

 - El tamaño mínimo de la pierna debe cumplir con el tamaño de la soldadura en filete especificado (AWS, 2019).

 - Las soldaduras de tapón deben tener (AWS, 2019).
 - ninguna grieta (AWS, 2019).
 - Fusión completa al respaldo y a los lados del orificio (AWS, 2019).
 - Ninguna escoria visible que exceda de 1/4 pulg. [6 mm] de longitud total acumulada (AWS, 2019).

2.2.3.23.3 RT.

Si se utiliza RT en lugar de los ensayos de doblado indicados, no es necesario esmerilar ni alisar de otra forma el refuerzo de la soldadura para la inspección, salvo que la irregularidad de la superficie o la unión con el metal base pueda dar lugar a que las discontinuidades inaceptables no se

visualicen correctamente en la radiografía. Si se retira el respaldo para RT, se debe esmerilar la raíz al ras con el metal base (AWS, 2019).

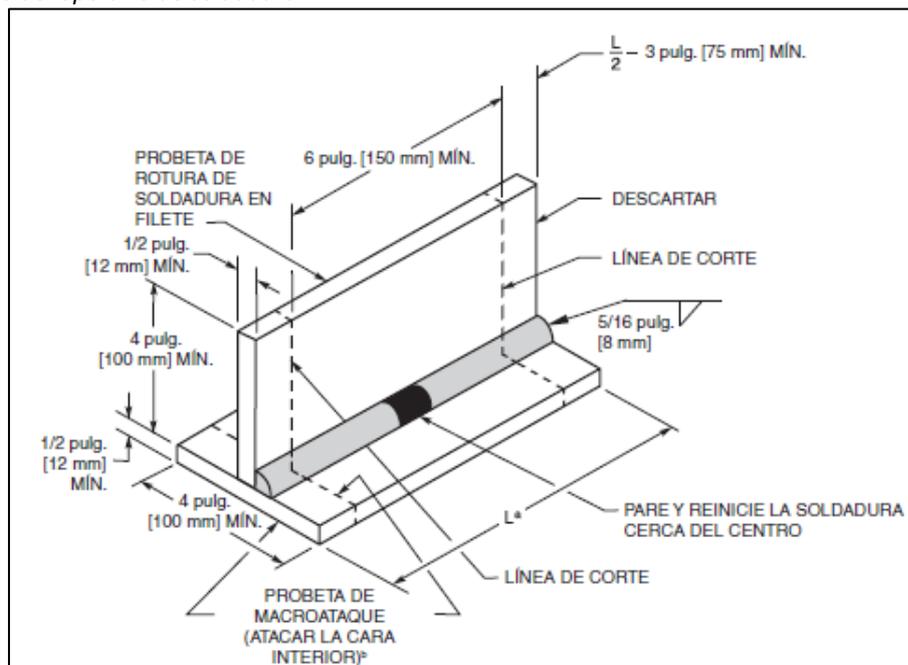
- **Procedimiento y técnica del ensayo radiográfico (RT).** El procedimiento y la técnica de RT deben cumplir con los requisitos de la Sección 8, Parte E y la Sección 10, Parte E para tubulares. Para la calificación del soldador se excluyen 1-1/4 pulg. [32 mm] en cada extremo de la soldadura de la evaluación del ensayo de la placa; para la calificación del operario de soldadura se excluyen 3 pulg. [75 mm] en cada extremo de la longitud de la placa de ensayo (AWS, 2019).
 - **Criterios de aceptación de RT.** Para que la calificación sea aceptable, la soldadura revelada por la radiografía debe cumplir con los requisitos, excepto que no sea aplicable (AWS, 2019).

2.2.3.23.4 Prueba de rotura de soldadura en filete.

Se debe examinar visualmente toda la longitud de la soldadura en filete y luego se debe cargar una probeta de 6 pulg. [150 mm] de largo (ver Figura 41) o un cuarto de sección del conjunto de soldadura en filete de la tubería de manera tal que la raíz de la soldadura esté sometida a tracción. Se debe ubicar como mínimo un comienzo y un final de soldadura dentro de la probeta de soldadura. La carga debe aumentarse o repetirse hasta que la probeta se fracture o se doble en forma plana sobre sí misma (AWS, 2019).

Figura 41

Placa de ensayo de rotura de soldadura en filete y macroataque— Calificación del soldador o del operario de soldadura



Fuente: (AWS, 2019)

- **Criterios de aceptación para el ensayo de rotura de soldaduras en filete.** Para aprobar el examen visual previo al ensayo de rotura, la soldadura debe presentar una apariencia razonablemente uniforme y estar libre de traslapes, grietas y socavación que exceda los requisitos de la sección 8. No debe haber porosidad visible sobre la superficie de la soldadura (AWS, 2019).

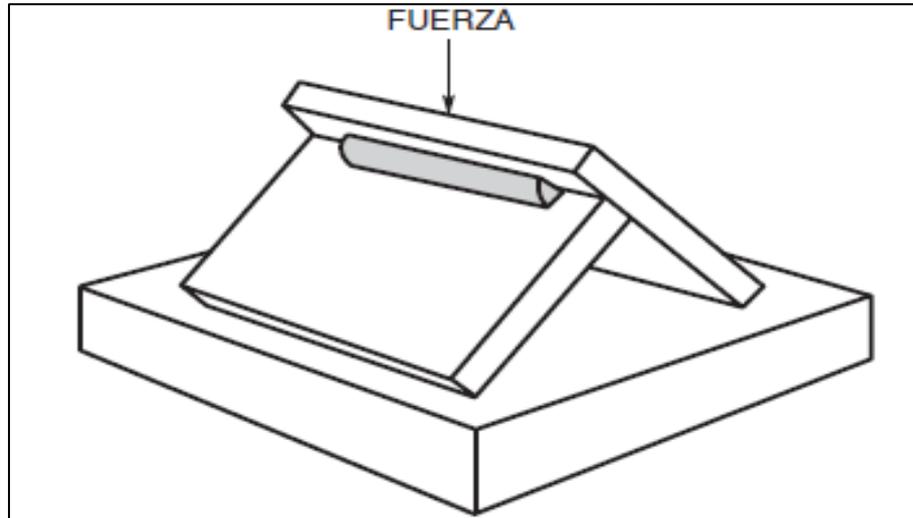
La probeta rota se debe aprobar si:

- La probeta se dobla sobre sí misma, o (AWS, 2019).
- La soldadura en filete, si se fractura, tiene una superficie fracturada que muestra la fusión completa de la raíz de la junta sin inclusión o porosidad mayor de 3/32 pulg. [2,5 mm] en la mayor dimensión, y (AWS, 2019).
- La suma de las mayores dimensiones de todas las inclusiones y la porosidad no excede de 3/8 pulg. [10 mm] en la probeta de 6 pulg. [150 mm] de largo (AWS, 2019)..

- **Probetas de raíz, cara y doblado lateral.** Ver en 2.2.3.10.3. los criterios de aceptación (AWS, 2019)..

Figura 42

Método de rotura de probeta—Calificación del soldador de punteado



Fuente: (AWS, 2019)

2.2.3.24 Método de ensayo y criterios de aceptación para la calificación del soldador de punteado

Se debe aplicar una fuerza a la probeta como se muestra en la Figura 42 hasta que se produzca la rotura. La fuerza puede ser aplicada mediante cualquier medio apropiado. La superficie de la soldadura y de la fractura debe ser examinada visualmente en busca de defectos (AWS, 2019).

2.2.3.24.1 Criterios de aceptación visual.

La soldadura de punteado debe presentar una apariencia razonablemente uniforme y debe estar libre de traslapes, grietas y socavación mayor de 1/32 pulg. [1 mm]. No debe haber porosidad visible sobre la superficie de la soldadura de punteado (AWS, 2019).

2.2.3.24.2 Criterios de aceptación para ensayos destructivos.

La superficie fracturada de la soldadura de punteado debe mostrar fusión a la raíz, pero no necesariamente más allá de ella y no debe mostrar una fusión incompleta a los metales base ni inclusiones o porosidad superior a 3/32 pulg. [2,5 mm] en la mayor dimensión (AWS, 2019).

2.2.3.25 Repetición del ensayo

Cuando un soldador, operario de soldadura o soldador de punteado no pasa una prueba de calificación o si existe una razón específica para cuestionar sus capacidades para soldar o ha caducado su período de vigencia, se debe aplicar lo siguiente (AWS, 2019):

2.2.3.25.1 Requisitos para volver a realizar las pruebas del soldador y el operario de soldadura

- **Repetición inmediata de la prueba.** Se puede realizar una repetición inmediata del ensayo que consiste en dos soldaduras de cada tipo y posición en las que el soldador o el operario de soldadura haya fallado. Todas las probetas de repetición del ensayo deben cumplir con todos los requisitos especificados (AWS, 2019).
- **Repetición del ensayo después de la capacitación o práctica adicional.** Es posible realizar una repetición del ensayo siempre que haya evidencia de que el soldador o el operario de soldadura haya tenido capacitación o práctica adicional. Se debe realizar una repetición completa de los ensayos del tipo y la posición en cuestión (AWS, 2019).
- **Repetición del ensayo después de transcurrido el período de efectividad de la calificación.** Cuando haya transcurrido el período de vigencia de calificación del soldador o del operario de soldadura se exigirá un ensayo de recalificación. Los soldadores tienen la opción de utilizar un espesor de ensayo de 3/8 pulg. [10 mm] para calificar en cualquier espesor de soldadura de producción mayor o igual a 1/8 pulg. [3 mm] (AWS, 2019).
- **Excepción—Falla de una repetición de la prueba de recalificación.** No se debe permitir la repetición del ensayo luego de la falla de la repetición del ensayo de recalificación. Se debe permitir una repetición del ensayo solo después de la capacitación y práctica adicional según 2.2.3.25.3 (AWS, 2019).

2.2.3.25.2 Requisitos de la repetición de la prueba del soldador punteador

- **Repetición de la prueba sin capacitación adicional.** En caso de no aprobar los requisitos del ensayo, el soldador de punteado puede realizar una repetición del ensayo sin capacitación adicional (AWS, 2019).
- **Repetición del ensayo después de la capacitación o práctica adicional.** Es posible realizar una repetición del ensayo siempre que el soldador de punteado haya tenido capacitación o práctica adicional. Se exigirá una repetición completa del ensayo (AWS, 2019).

2.2.3.26 Generalidades: Ensayo con el péndulo de Charpy

2.2.3.26.1 Aplicación.

Los requisitos de ensayo con el péndulo de Charpy y los procedimientos de ensayo incluidos en esta sección deben aplicarse cuando el ensayo CVN se especifique en los documentos del contrato o sea requerido por el código [ver 2.2.3.2.] (AWS, 2019).

- **Combinación de WPS.** Excepto por lo requerido en 6.26.1.2, múltiples WPS, cada una de las cuales han sido calificadas con ensayos CVN, pueden usarse en una sola junta sin más pruebas de calificación. Las WPS que han sido calificadas sin ensayos CVN pueden realizar ensayos CVN en un cupón de prueba soldado usando las variables esenciales de WPS y luego ser utilizados con WPS calificadas con ensayos CVN para depositar metal de soldadura en una sola junta (AWS, 2019).
- **FCAW-S.** Cuando se utilizan procesos de soldadura distintos de FCAW-S para depositar metal de soldadura sobre FCAW-S en una sola junta, se realizará un conjunto adicional de ensayos CVN de conformidad con 2.2.3.28 (AWS, 2019).

2.2.3.26.2 Normas de prueba.

Las probetas de ensayo con el péndulo de Charpy (CVN) deben ser maquinadas y ensayadas según ASTM E23, *Standard Methods for Notched*

Bar Impact Testing of Metallic Materials (Métodos estándar de ensayo de impacto de barras entalladas de materiales metálicos) para probetas de impacto de tipo A Charpy (viga simple), ASTM A370, *Standard Test Method and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products (Métodos y definiciones estándar para los ensayos mecánicos de productos de acero)* o AWS B4.0, *Standard Methods for Mechanical Testing of Welds (Métodos estándar para los ensayos mecánicos de las soldaduras)* (AWS, 2019).

2.2.3.26.3 Requisitos de la prueba.

Cuando se requiere que las WPS sean respaldadas con PQR con ensayos CVN, se requerirá lo siguiente (AWS, 2019):

- Una WPS deberá estar calificada con pruebas que incluyan ensayos CVN, o (AWS, 2019).
- Si existe una WPS calificada de acuerdo con los requisitos de la Sección 6, excepto que el PQR de respaldo no enumera los resultados del ensayo CVN, se preparará un cupón de prueba con los parámetros WPS de modo que la entrada de calor no exceda la entrada de calor de las WPS y probetas de prueba CVN existentes pueden extraerse de la placa de ensayo y analizarse (AWS, 2019).

Si se utiliza la opción (1), se escribirá una nueva WPS utilizando el PQR dentro de los límites de las Tablas 41, 44, más las variables esenciales suplementarias de PQR aplicables a los ensayos CVN (Tabla 45). Las probetas de ensayo CVN se eliminarán del cupón de prueba como se muestra en una de las figuras del cupón de prueba (Figuras 20, 21, 22 para placa) (AWS, 2019).

Si se usa la opción (2), los parámetros WPS existentes se usarán para soldar el cupón de prueba y no se excederá la entrada de calor de la WPS existente. El cupón deberá cumplir con los requisitos para la calificación de WPS (Parte B), excepto que no se requerirán pruebas mecánicas de tracción y doblado. La WPS original se revisará para acomodar las variables

esenciales suplementarias de PQR aplicables a los ensayos CVN (Tabla 45) y las variables esenciales de PQR (Tabla 44) (AWS, 2019).

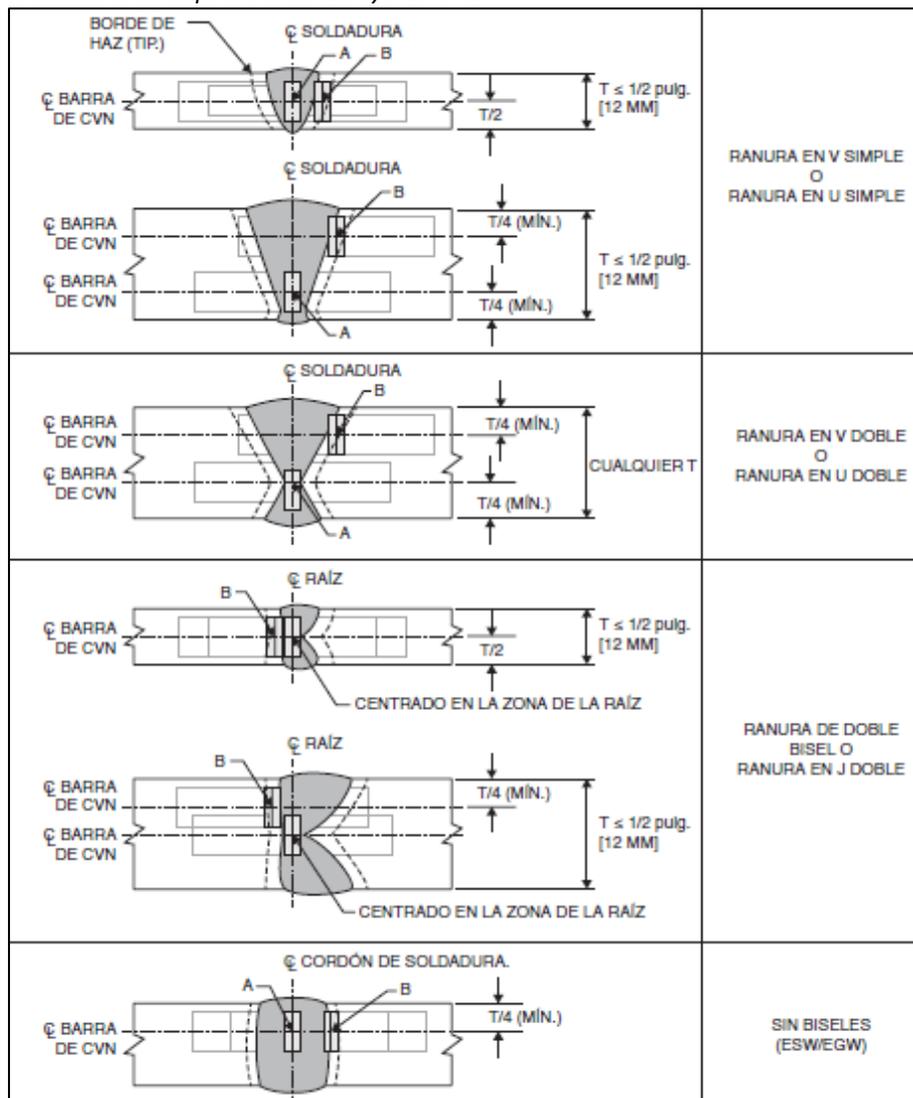
La opción (2) no se aplicará a las WPS precalificadas (AWS, 2019).

2.2.3.27 Ensayos CVN

2.2.3.27.1 Ubicaciones de ensayo.

Las ubicaciones de las probetas de prueba para el ensayo CVN deben estar en la línea central del metal de soldadura y en la HAZ cuando se especifique. A menos que se especifiquen las ubicaciones alternativas, las ubicaciones de las probetas dentro de la zona que se está probando y los detalles de la junta utilizados deben cumplir con la Figura 43 (AWS, 2019).

Figura 43
Ubicaciones de la probeta de ensayo de CVN



Fuente: (AWS, 2019)

2.2.3.27.2 Cantidad de probetas.

Se extraerán tres probetas de CVN de cada cupón de prueba. Alternativamente, se pueden eliminar cinco probetas de CVN de cada cupón de prueba y las probetas con los valores de CVN más altos y más bajos se descartarán antes de determinar la aceptación (AWS, 2019).

2.2.3.27.3 Tamaño de la probeta.

Se utilizarán probetas de tamaño completo (10 mm x 10 mm) cuando el material del cupón de prueba sea de 7/16 pulg. [11 mm] o más grueso y cuando la geometría general del cupón de prueba lo permita. Cuando el

cupón de prueba sea inferior a 7/16 pulg. [11 mm] o cuando la geometría del cupón evite probetas de tamaño completo, se utilizarán probetas de tamaño inferior. Cuando se usan probetas de tamaño inferior para la calificación de CVN, se deben hacer a uno de los tamaños estándar que se muestran en la Tabla 52. El tamaño de probeta estándar del menor tamaño más grande posible deberá ser mecanizadas a partir del cupón de prueba (AWS, 2019).

Tabla 52

Reducción de la temperatura del ensayo con el péndulo de Charpy (CVN)

Tamaño de barra de CVN	Reducción de temperatura		
	mm	°F	°C
Barra estándar de tamaño completo	10 x 10	0	0
	10 x 9	0	0
	10 x 8	0	0
Barra de 3/4	10 x 7.5	5	3
	10 x 7	8	4
Barra de 2/3	10 x 6.7	10	6
	10 x 6	15	8
Barra de 1/2	10 x 5	20	11
	10 x 4	30	17
Barra de 1/3	10 x 3.3	35	19
	10 x 3	40	22
Barra de 1/4	10 x 2.5	50	28

Fuente: (AWS, 2019)

2.2.3.27.4 Procedimiento para ubicar la muesca.

Las probetas de ensayo CVN deben cumplir con lo siguiente (AWS, 2019):

- Las probetas se mecanizarán a partir del cupón de prueba a la profundidad adecuada como se muestra en la Figura 43. Las probetas deben ser levemente más largas para permitir la ubicación exacta de la entalla (AWS, 2019).
- Las barras de muestra de prueba CVN se grabarán con un grabador suave, como 5% nital, para revelar la ubicación de la línea de fusión de soldadura y las HAZ (AWS, 2019).
- La línea central longitudinal de las muestras debe ser transversal al eje de soldadura. La muesca de CVN debe ser perpendicular (normal) a la superficie del cupón de prueba (AWS, 2019).

- La línea central de la muesca se ubicará en las probetas, como se muestra en la Figura 43 para el tipo de junta de soldadura que se califica (AWS, 2019).

Es posible que se requieran probetas en ubicaciones alternativas a las que se muestran en la Figura 6.28 cuando se requiera como se describe en 2.2.3.26 (AWS, 2019).

2.2.3.27.5 Temperatura de ensayo con el péndulo de Charpy (CVN).

La temperatura de ensayo de la probeta de ensayo CVN será la especificada en los documentos del contrato, excepto que, para las probetas de tamaño inferior, la temperatura de ensayo se modificará de acuerdo con 6.27.6 (AWS, 2019).

2.2.3.27.6 Uso de probetas de CVN de tamaño inferior

- **Espesor de la probeta de ensayo de 7/16 pulg. [11 mm] o superior.**
Cuando se requieran probetas de tamaño reducido y el ancho de la probeta en la entalla sea inferior al 80 % del espesor del metal base, la temperatura del ensayo debe reducirse según la Tabla 52. No se requiere reducción de temperatura si el ancho de la probeta a través de la muesca es del 80% o más del espesor del metal base. (Ver 2.2.3.27.1. para el cálculo de ejemplo.) (AWS, 2019).
- **Espesor de la probeta de ensayo menor de 7/16 pulg. [11 mm].**
Cuando se requieran probetas de tamaño reducido debido al espesor de la probeta de ensayo y el ancho de la probeta en la entalla es inferior al 80 % del espesor de la probeta del ensayo, la temperatura del ensayo debe reducirse en una cantidad igual a la diferencia (según la Tabla 6.14) entre la reducción de temperatura correspondiente al espesor de la probeta de ensayo y la reducción de temperatura correspondiente al ancho de la probeta CVN realmente comprobada. No se requiere reducción de temperatura si el ancho de la probeta a través de la muesca

es del 80% o más del espesor del metal base. (Ver C-6.27.6.2 para ver cálculos de ejemplos) (AWS, 2019).

2.2.3.27.7 Criterios de aceptación.

El Ingeniero especificará la energía promedio y la energía mínima de una sola probeta. La reducción en los valores mínimos de energía de aceptación para especímenes de tamaño reducido se determinará de conformidad con la Tabla 53 (AWS, 2019).

Tabla 53

Criterios de aceptación para ensayo de Charpy entalla en V para varias probetas de tamaño reducido

Tamaño completo, 10 × 10 mm		Tamaño 3/4, 10 × 7,5 mm		Tamaño 2/3, 10 × 6,7 mm		Tamaño 1/2, 10 × 5 mm		Tamaño 1/3, 10 × 3,3 mm		Tamaño 1/4, 10 × 2,5 mm	
Pies-libra fuerza	[J]	Pies-libra fuerza	[J]	Pies-libra fuerza	[J]	Pies-libra fuerza	[J]	Pies-libra fuerza	[J]	Pies-libra fuerza	[J]
40	[54]	30	[41]	27	[37]	20	[27]	13	[18]	10	[14]
35	[48]	26	[35]	23	[31]	18	[24]	12	[16]	9	[12]
30	[41]	22	[30]	20	[27]	15	[20]	10	[14]	8	[11]
25	[34]	19	[26]	17	[23]	12	[16]	8	[11]	6	[8]
20	[27]	15	[20]	13	[18]	10	[14]	7	[10]	5	[7]
16	[22]	12	[16]	11	[15]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
15	[20]	11	[15]	10	[14]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
13	[18]	10	[14]	9	[12]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
12	[16]	9	[12]	8	[11]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
10	[14]	8	[11]	7	[10]	5	[7]	3	[4]	2	[3]
7	[10]	5	[7]	5	[7]	4	[5]	2	[3]	2	[3]

Fuente: (AWS, 2019)

2.2.3.27.8 Repeticiones de ensayos.

Cuando no se cumplen los requisitos de 2.2.3.27., se puede realizar una nueva prueba. La nueva prueba consistirá en tres (3) probetas de CVN adicionales eliminadas del mismo cupón de prueba que las probetas de ensayo fallidas. El valor energético de cada probeta de CVN debe cumplir con los criterios mínimos de aceptación promedio especificados [ver 2.2.3.27.7.] (AWS, 2019).

Si no hay suficiente material de cupón para eliminar las tres probetas de CVN de la prueba repetida, se preparará un cupón de prueba completo y se realizarán todos los ensayos no destructivos (NDT), mecánicas y CVN requeridos por la Parte B de esta Sección (AWS, 2019).

2.2.3.28 Combinación de soldaduras por arco con electrodo de núcleo fundente auto protegida (FCAW-S) con Otros Procesos de Soldadura en una Junta simple

Esta subsección proporciona procedimientos de prueba utilizados para determinar la idoneidad de combinar FCAW-S con otros procesos de soldadura en una sola junta (AWS, 2019).

2.2.3.28.1 Variables del metal de aporte.

Las variables esenciales del metal de aporte para el ensayo CVN de mezcla intermedia se resumirán en la Tabla 54. Los cambios en estas variables esenciales requerirán una prueba adicional (AWS, 2019).

Tabla 54

Variables esenciales de los metales de aporte—Sustrato/Raíz de FCAW

	Sustrato/ Raíz		Relleno				
	FCAW-S	FCAW-S	FCAW-G	SMAW	GMAW	SAW	Otro
Clasificación de AWS	X		X	X	X	X	X
Fabricante	X		X	X		X	X
Marca del fabricante y nombre comercial	X		X	X		X	X
Diámetro			X	X	X	X	X

Fuente: (AWS, 2019)

2.2.3.28.2 Detalles de la placa de ensayo.

Se utilizará una placa de ensayo única de ASTM A36, A572 Grado 50 o A992 para evaluar las combinaciones de metal de aporte E70 [E49], y ASTM A572 Grado 65 o A913 Grado 65 para evaluar las combinaciones de metal de aporte E80 [E55]. ASTM A913 Grado 70 se utilizará para evaluar las combinaciones de metal de aporte E90 [E62]. La placa de ensayo debe tener un grosor de 3/4 pulg. [20 mm], con una abertura de raíz de 5/8 pulg. [16 mm] con un ángulo de la ranura incluido de 20°, o una abertura de raíz de 1/2 pulg. [12 mm] con un ángulo de la ranura incluido de 45°. La placa de ensayo y las probetas deben ser como se muestra en la Placa de ensayo de mezcla intermedia (AWS, 2019).

Alternativamente, se puede usar una placa de ensayo de PQR en la que las probetas de ensayo CVN se han tomado de la zona entremezclada Independientemente del método de prueba utilizado, la prueba deberá demostrar que se cumplen los criterios de aceptación de 2.2.3.28 (AWS, 2019).

2.2.3.28.3 Soldadura de la placa de ensayo.

La secuencia de colocación de los metales de soldadura será la misma que se empleará en la producción. El primer material se conocerá como sustrato/material de raíz, y el material posterior se conocerá como material de relleno. Aproximadamente un tercio del grosor de la junta de prueba debe soldarse con el sustrato/material de raíz. El equilibrio de la junta se soldará con el material de relleno (AWS, 2019).

2.2.3.28.4 Probetas de ensayo requeridas.

Se realizarán cinco o diez probetas de ensayo CVN a partir de la placa de ensayo, dependiendo de la cantidad requerida de pruebas. Las probetas de CVN se prepararán de acuerdo con AWS B4.0, Standard Methods for Mechanical Testing of Welds (Métodos estándar para pruebas mecánicas de soldaduras) (AWS, 2019).

2.2.3.28.5. Ubicación de la probeta de CVN.

La barra de impacto de CVN se ubicará de la siguiente manera (AWS, 2019):

- Las probetas transversales a partir de las cuales se van a mecanizar barras de CVN deben grabarse para revelar la sección transversal de la soldadura (AWS, 2019).
- Se debe escribir una línea en la sección transversal grabada, en la interfaz de los dos depósitos del proceso de soldadura (ver Figura Ubicación de la línea de desplazamiento de la interfaz) (AWS, 2019).

- La probeta de CVN se tomará principalmente del material depositado por el segundo proceso. La ubicación de la interfaz debe incluirse en la probeta, con el borde de la probeta dentro de 1/16 pulg. [1.5 mm] de la ubicación de la interfaz (AWS, 2019).

2.2.3.28.6. Criterios de aceptación.

Los valores más bajos y más altos obtenidos de las cinco probetas de ensayo no se tendrán en cuenta. Dos de los tres valores restantes deberán ser iguales o superiores a la energía absorbida mínima promedio especificada a la temperatura de prueba. Uno de los tres puede ser inferior, pero no inferior a 5 pies-libra fuerza [7 J] por debajo de la energía absorbida requerida. El promedio de los tres no deberá ser menor que la energía absorbida mínima requerida (AWS, 2019).

2.2.3.29 Tratamiento térmico posterior a la soldadura

El tratamiento térmico posterior a la soldadura (PWHT) debe ser precalificado siempre que sea aprobado por el Ingeniero y se cumpla con las siguientes condiciones (AWS, 2019).

- El límite elástico mínimo especificado del metal base no debe exceder de 50 ksi [345 MPa] (AWS, 2019).
- El metal base no debe estar fabricado por medio de templado y revenido (Q&T), templado y auto-revenido (Q&ST), procesamiento termo-mecánico controlado (TMCP) o si se utilizara trabajo en frío para alcanzar propiedades mecánicas superiores (por ejemplo: algunos grados de tuberías ASTM A500) (AWS, 2019).
- No debe haber requisitos de ensayos de tenacidad a la entalla del metal base, HAZ o metal de soldadura (AWS, 2019).
- Debe haber datos disponibles que demuestren que el metal de soldadura tendrá la resistencia y ductilidad adecuadas en la condición PWHT (ejemplo: según puede encontrarse en la especificación y clasificación relevante del metal de aporte AWS A5.X o del fabricante del metal de aporte) (AWS, 2019).
- El PWHT debe realizarse según sección 7 (AWS, 2019).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación

Este trabajo investigativo se desarrolla mediante una investigación de campo de tipo exploratoria de la norma AWS D1.1 y poder evidenciar que se cumpla con la normativa en las construcciones con estructuras metálicas en Guayaquil por lo cual el enfoque es cuantitativo para desarrollar estadísticas de las experiencias reales de las soldaduras realizadas en diferentes procesos que son datos para este proyecto investigativo.

3.2 Alcance de la investigación.

Esta es una investigación exploratoria que se desarrolla por la investigación de campo tiene como alcance descriptivo la presentación de los datos estadísticos obtenidos de las visitas a las obras con ejecución de soldadura estructural y la aplicación de la normativa en estudio.

3.3 Técnica e instrumentos

Es una investigación de campo cuantitativa que permite visitar construcciones con estructura metálica en proceso constructivo, para recopilar información a través de las siguientes técnicas:

- **Encuestas.** - con un cuestionario dirigido al personal técnico de obra para saber si tienen conocimiento de la normativa y su aplicación.
- **Observación.** - de los trabajos de soldadura mediante una guía de observación y verificar el cumplimiento de ejecución.

3.4 Población y muestra

La población es pequeña, porque no existe la cantidad exacta de obras con estructura metálica en Guayaquil, razón por la cual utilizamos las características del principio estadístico donde el número de proyectos se convierten en la muestra a utilizar. La muestra para esta investigación se realiza en 10 obras indicadas a continuación:

Tabla 55*Edificaciones a encuesta visual.*

Edificación	Ubicación	Responsabilidad Tecnica
1	Cerro Santa Ana Escalón 70	Arq. Zambrano
2	Barrio Las Peñas	SEDEMI
3	Santa Ana Lofts	PRONOBIS
4	Atarazana- Ampliación de Hospital Solca	Arq. Vidal
5	Aumento Mendiburu entre Rocafuerte y Córdova	Maestro López
6	Edificio Mendiburu entre Córdova y B. moreno	Maestro Pérez
7	Ampliación Ferrisariato Av. Fco. Orellana	ETINAR
8	Restaurante B. Moreno y Julián coronel	Maestro Tomalá
9	Edificio Las Américas	
10	Remodelación y Ampliación Vivienda	Arq.

Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

3.5 Encuesta

Una encuesta es la investigación más amplia de sujetos representativos con el contexto de la vida cotidiana, a través de preguntas específicas con el fin de obtener resultados cuantitativos de características objetivas para la investigación, gracias a la opinión pública.

Para seleccionar los principales puntos a ser inspeccionados de forma visual, es fundamental conocer las secciones dos, cinco y seis de la normativa en estudio, para escoger los puntos principales para la inspección visual, revisando la preparación del material base, juntas, soldadores, soldadura, aplicación de normas de seguridad y condiciones que se encuentran en el clima guayaquileño.

La norma AWS D1.1 en sus 11 secciones tiene formatos de inspección visual, técnicos y de ensayos que se deben realizar a las estructuras metálicas antes, durante y después de su ejecución.

De igual forma el Servicio Ecuatoriano de Normalización tiene un reglamento para inspeccionar los procesos de ejecución de los trabajos de soldaduras en estructuras metálicas, donde detalla recomendaciones antes de la inspección final.

Figura 44
Formato de Inspección Visual

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)				

Fuente: (NEC-SE-AC, 2015)

Figura 45
Tareas de Inspección de empernado

Inspección de tareas de empernado				
TAREAS DE INSPECCIÓN ANTES DEL EMPERNADO	CONTROL(PCC)		GARANTIA(PGC)	
	TAREA	REGISTRO	TAREA	REGISTRO
Pernos apropiados seleccionados para el detalle de junta.	O	-	O	-
Apropiado procedimiento de empernado para el detalle de junta	O	-	O	-
Los elementos a ser conectados están fabricados apropiadamente, incluyendo la preparación de la superficie y la preparación de los agujeros con los requisitos aplicables	O	-	O	-
Pruebas de verificación de Pre-instalación para grupos de pernos y métodos utilizados.	E	D	O	D
Adecuado almacenamiento para pernos, tuercas, arandelas y otros componentes de la conexión.	O	-	O	-

Fuente: (NEC-SE-AC, 2015)

Figura 46 Tareas de Inspección durante el empernado

TAREAS DE INSPECCIÓN DURANTE EL EMPERNADO	CONTROL(PCC)		GARANTIA(PGC)	
	TAREA	REGISTRO	TAREA	REGISTRO
Asegurar que los pernos estén debidamente colocados en los orificios y con sus respectivas arandelas (si fuesen necesarias) .	0	-	0	-
Junta llevadas a la condición de estricto apretado antes de la operación de pretensado.	0	-	0	-
Pernos no apretados por la llave impedida de rotar.	0	-	0	-
Los pernos son sistemáticamente pretensionados desde el punto más rígido hacia los borde libres.	0	-	0	-

Fuente: (NEC-SE-AC, 2015)

Figura 47 Tareas de Inspección Visual durante la Soldadura

TAREAS DE INSPECCIÓN VISUAL DURANTE LA SOLDADURA	CONTROL(PCC)		GARANTIA(PGC)	
	TAREA	REGISTRO	TAREA	REGISTRO
WPS				
* Ajustes del equipo de soldadura				
* Velocidad de desplazamiento				
* Materiales de soldadura seleccionados				
* Tipo de Gas de protección de tipo / velocidad de flujo	0	-	0	-
* Pre calentamiento aplicado				
* Temperatura mantenida interpases (min. / máx.)				
* Posición apropiada (Plana, Vertical, Horizontal, Sobrecabeza)				
* Evitar mezclar metales de aportación, a menos que sean aprobados				
Utilización de soldadores calificados	0	-	0	-
Control y manipulación de consumibles de soldadura				
* Embalaje	0	-	0	-
* Control a la exposición				
Condiciones ambientales				
* Velocidad del viento dentro de los límites	0	-	0	-
* Lluvias y temperatura				
Técnicas de soldadura				
* Interpases y limpieza final	0	-	0	-
* Cada pasada dentro de las limitaciones de la sección.				
* Cada pasada cumple los requisitos de calidad				
No soldar sobre soldaduras de prearmado agrietadas.	0	-	0	-

Fuente: (NEC-SE-AC, 2015)

La Organización Soldadura Latinoamericana, dedicada a investigar los procesos visuales y ensayos no destructivos de las soldaduras, elabora un formato de inspección visual cuyo objetivo es indicar si la soldadura es visualmente aceptable o no.

Tabla 56*Formato para la inspección visual de trabajos de soldaduras en estructuras metálicas*

Fecha:	No Aplica	0
Obra:	Cumple	1
Responsable Técnico:	No Cumple	2
Punto de Inspección	Parámetro	Calificación Observación
1 Tiene WPS para los procesos de soldadura	WPS es la especificación técnica	
2 Los soldadores tienen certificados técnicos	Personal debe estar preparado	
3 Existen planos con el diseño estructural	Se especifica diseño acorde a sección	2
4 Montaje estructural acorde a planos	Supervisión de personal calificado	
5 Realizan inspecciones continuamente	Documentar todo por personal calificado	
6 Realizaron ensayos en el proceso constructivo	Partículas magnéticas o tintas penetrantes	
7 Electrodo SMAW certificados	Propiedades visibles en los mismos	
8 Material respaldo acorde a espesores de la normativa	Lo que indica la norma para metal base	
9 Espesor nominal para sección HSS	No exceda los 16mm	
10 Perímetro exterior para sección HSS	No exceda los 163mm	
11 Soldadura en condiciones estables	Sin exposición a lluvias o vientos	
12 Metal base con Superficies uniformes	Superficie libre de grietas o escoria	
13 Limpieza antes de comenzar a soldar	Debe estar libre de escoria	
14 Correcto almacenado de electrodos	Deben estar secos para no afectar sus propiedades	
15 Electrodo de bajo hidrogeno en recipientes	En termo de almacenamiento de 12°C	
16 Soldadores tienen conocimiento del WPS	Trabajos se realizan de acuerdo al WPS	
17 Respaldos de acero soldados de forma continua	Metal totalmente fruncido con el respaldo	
18 Corte térmico dentro de las líneas prescritas	Equipo fácil de manipular y ajustar	
19 Orificios de acceso para transición suave	Libres de muecas o cortes	
20 Apuntados no removidos son visualmente inspeccionados	De igual manera que las soldaduras de ayuda	
21 Dirección de soldadura desde partes fijas	Relativamente fijas con menor libertad	
22 Alineamiento de los componentes	Sujetos con pernos, cuñas, cuerdas u otros	
23 No se realiza Martillado en la raíz o en la capa superficial de la soldadura	No se realiza en los bordes del metal base	
24 Soldadura termina en el extremo de la unión	Asegurando la calidad de la junta	
25 Soldadura a tope tienen acabado nivelado	Evitar reducción de anchos del diseño	
26 Respaldos no deben ubicarse en las esquinas	Aplica para secciones tubulares cuadradas	
27 Para eliminar o reparar se aplican procesos aceptados por la norma AWS D1.1	Proceso de maquinado, corte y otros aceptados por la norma AWS D1.1	
28 Caras de soldaduras filete pueden ser ligeramente convexas	Pueden ser planas o cóncavas	
29 Grietas en las soldaduras	Son inaceptables	
30 Retiro de escoria y cepillado de soldadura	Complemento de trabajo	

Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

CAPÍTULO IV

PROPUESTA O INFORME

La encuesta de observación o inspección visual es precisamente para este trabajo investigativo y verificar el cumplimiento de la Norma AWS D1.1 en las obras indicadas en la Tabla 55 demostrando en el formulario si cumple, no cumple o no aplica con lo establecido en la norma en los 30 puntos de inspección.

La obra 1 es una remodelación y ampliación de una vivienda de dos plantas en el cerro Santa Ana, a la altura de escalón No. 70, ejecutado por maestros bajo la supervisión de personal capacitado y responsable de la obra, el arquitecto Jonathan Zambrano, donde hicieron una ampliación hicieron una estructura metálica con tubos cuadrados y rectangulares que existen en el mercado, y cumple parcialmente con la normativa.

La obra 2 es una construcción nueva ubicada a orilla del río Guayas, en la calle Numa Pompilio Llona del histórico barrio Las Peñas, ejecutada por la Compañía Soluciones a la medida para proyectos de infraestructura SEDEMI, es un proyecto cuya cimentación es de hormigón armado debido a que está a nivel freático, sus cinco plantas son de estructura metálica prefabricada, y su personal calificado permite que cumpla con la norma y la inspección visual realizada.

La obra 3 esta ubica en el Puerto Santa Ana, es uno de los últimos edificios que implemento la compañía PRONOBIS, el Santa Ana Lofts es un edificio de 20 pisos con estructura metálica y su cimentación es de hormigón armado. Toda su estructura fue prefabricada en talleres, y soldada en sitio por personal capacitado, cumpliendo con la normativa, es un edificio terminado pero su puede verificar en el área de parqueos donde la estructura es vista y permite realizar la inspección.

La Obra 4 es la ampliación al área de medicina Nuclear de la Sociedad de Lucha contra el Cáncer SOLCA, es un trabajo con estructura mixta donde los elementos verticales son de hormigón armado y los elementos horizontales son de estructura metálica prefabricada e instalada por personal certificado para el mismo.

La Obra 5 es un aumento en vertical a un local comercial ubicado en Mendiburu entre Rocafuerte y Córdoba, donde se hizo una proyección arquitectónica por un profesional, pero la ejecución de obra la realizó un maestro con un soldador certificado pero al no existir supervisión técnica, no cumple con alto porcentaje de la normativa incluso dejando expuesta la estructura.

La Obra 6 es una edificación de cuatro plantas ubicada en Mendiburu entre Córdoba y Baquerizo Moreno, donde se hizo una proyección arquitectónica por un profesional, pero la ejecución de obra la realizó un maestro con un soldador certificado pero al existe baja supervisión técnica, su construcción es mixta con los elementos horizontales son de estructura metálica con tubos cuadrados y rectangulares que existen en el mercado.

La Obra 7 es un aumento en vertical a un local comercial ubicado en Baquerizo Moreno y Julián Coronel, es una obra totalmente empírica diseñada y ejecutada por un maestro constructor sin personal certificado de soldadura, no cumple con alto porcentaje de la normativa.

La Obra 8 es un anexo o ampliación al Ferrisariato de la Av. Francisco de Orellana, es un proyecto con estructura metálica prefabricada, ejecutado por personal certificado y supervisado por personal técnico que permite el cumplimiento de la norma.

La Obra 9 es una edificación en la avenida de Las Américas y Eleodor Arboleda Zabaleta, es un proyecto cuya cimentación es de hormigón armado debido a que está a nivel freático, sus plantas son de estructura metálica prefabricada, y su personal calificado permite que cumpla con la norma y la inspección visual realizada.

La Obra 10 es una ampliación y remodelación a una vivienda ubicada en la ciudadela Atarazana hacia la Av. Pedro Menéndez Gilbert entre el Pasaje 11NE y Dr. Oscar Pesada Alcívar. Es una obra con control técnico pero con personal que conoce su trabajo pero no de las normas que deben cumplir, es de estructura mixta donde los elementos verticales son de hormigón armado y los elementos horizontales son de estructura metálica prefabricada e instalada por personal certificado para el mismo.

Después de realizar la visita técnica a estas diez obras donde se realizó la respectiva inspección visual podemos demostrar que se trabaja con personal certificado y con conocimiento de soldadura, aunque muchos no tienen los planos del diseño estructural, tienen el criterio de limpiar antes, durante y después de su trabajo sin dejar grietas ni agujeros en la soldadura. Como podemos ver en la Tabla 57 .

Tabla 57
Resultados de la Inspección visual a las obras

Punto de Inspección	SIMBOLOGIA										0 No Aplica	1 Cumple	2 No Cumple	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Tiene WPS para los procesos de														
1 soldadura	0	1	1	1	2	2	1	2	1	2	1	5	4	
Los soldadores tienen certificados														
2 técnicos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0	9	1	
Existen planos con el diseño														
3 estructural	2	1	1	1	2	2	1	2	1	2	0	5	5	
4 Montaje estructural acorde a planos	2	1	1	1	2	2	1	2	1	2	0	5	5	
Realizan inspecciones														
5 continuamente	2	1	1	1	0	0	1	0	1	0	4	5	1	
Realizaron ensayos en el proceso														
6 constructivo	0	2	1	0	0	0	1	0	1	2	5	3	2	

7	Electrodos SMAW certificados	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	10	0
8	Material respaldo acorde a espesores de la normativa	1	1	1	1	2	2	1	2	1	2	0	6	4
9	Espesor nominal para sección HSS	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	0	7	3
10	Perímetro exterior para sección HSS	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	0	7	3
11	Soldadura en condiciones estables	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8	1
12	Metal base con Superficies uniformes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	10	0
13	Limpieza antes de comenzar a soldar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	10	0
14	Correcto almacenado de electrodos	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	0	8	2
15	Electrodos de bajo hidrogeno en recipientes	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	8	2	0
16	Soldadores tienen conocimiento del WPS	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	5	5	0
17	Respaldos de acero soldados de forma continua	2	1	1	1	2	2	1	2	1	2	0	5	5
18	Corte térmico dentro de las líneas prescritas	0	1	1	0	2	2	0	0	0	2	5	2	3
19	Orificios de acceso para transición suave	0	1	1	0	0	0	1	0	1	2	5	4	1
20	Apuntados no removidos son visualmente inspeccionados	1	0	0	0	0	1	0	2	1	0	6	3	1
21	Dirección de soldadura desde partes fijas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0	9	1
22	Alineamiento de los componentes	2	1	1	1	2	2	1	2	1	2	0	5	5
23	No se realiza Martillado en la raíz o en la capa superficial de la soldadura	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	7	2	1
24	Soldadura termina en el extremo de la unión	2	1	1	1	2	2	1	1	1	2	0	6	4
25	Soldadura a tope tienen acabado nivelado	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	0	8	2
26	Respaldos no deben ubicarse en las esquinas	2	1	1	0	2	2	1	2	1	2	1	4	5
27	Para eliminar o reparar se aplican procesos aceptados por la norma AWS D1.1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	8	1	1
28	Caras de soldaduras filete pueden ser ligeramente convexas	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	5	5	0
29	Grietas en las soldaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
30	Retiro de escoria y cepillado de soldadura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	10	0

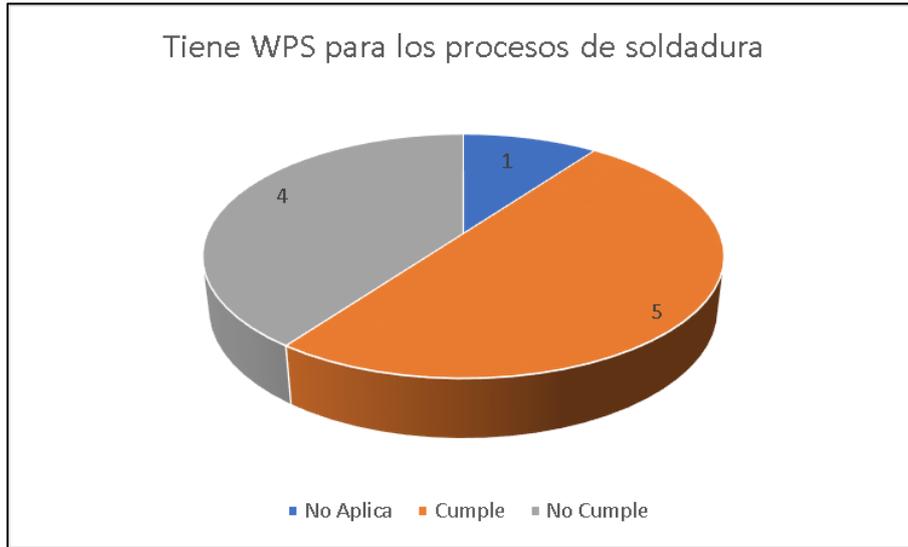
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

4.1 Presentación y análisis de resultados

4.1.1 Punto 1 Tiene WPS para los procesos de soldadura

Gráfico 1

Análisis Punto 1



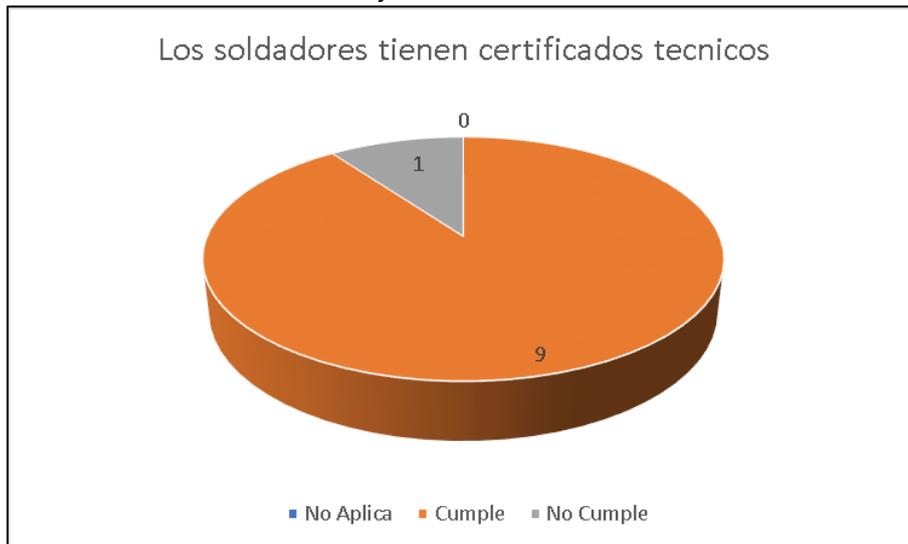
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 5 cumplen al tener WPS para los procesos de soldadura o especificaciones técnicas, 4 no cumplen y 1 no aplica.

4.1.2 Punto 2 Los soldadores tienen certificados técnicos

Gráfico 2

Punto 2 Los soldadores tienen certificados técnicos



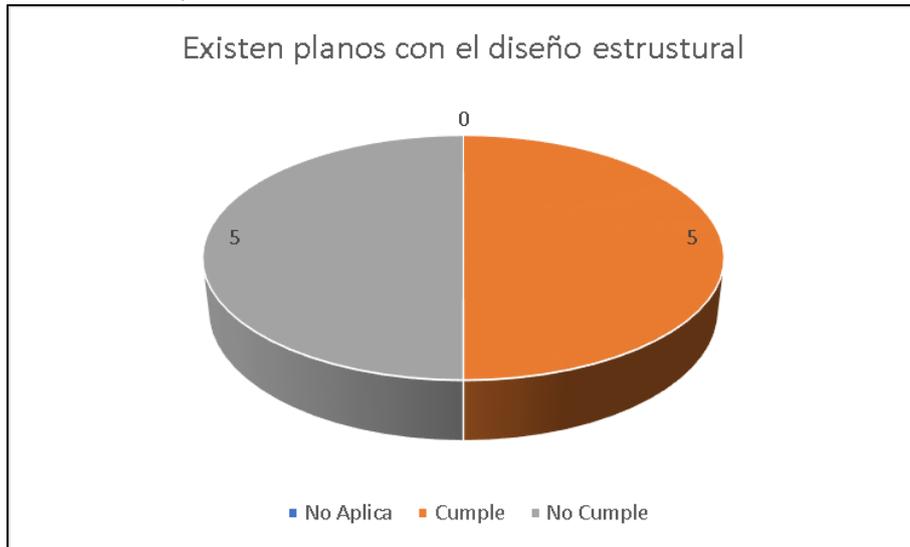
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 9 cumplen al tener soldadores con certificados técnicos y 1 no cumple con este requisito.

4.1.3 Punto 3 Existen planos con el diseño estructural

Gráfico 3

Punto 3 Existen planos con el diseño estructural



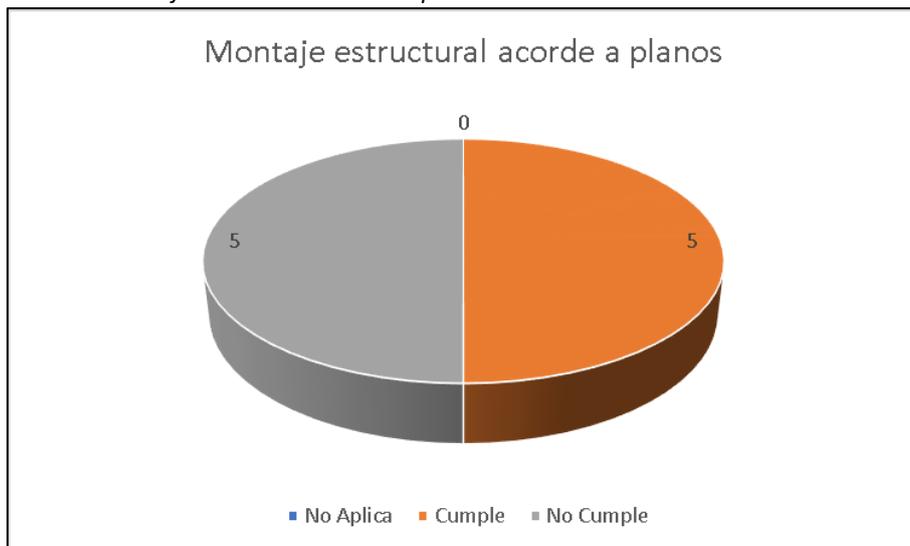
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 5 cumplen al tener planos con el diseño estructural y 5 no cumplen con este requisito.

4.1.4 Punto 4 Montaje estructural acorde a planos

Gráfico 4

Punto 4 Montaje estructural acorde a planos



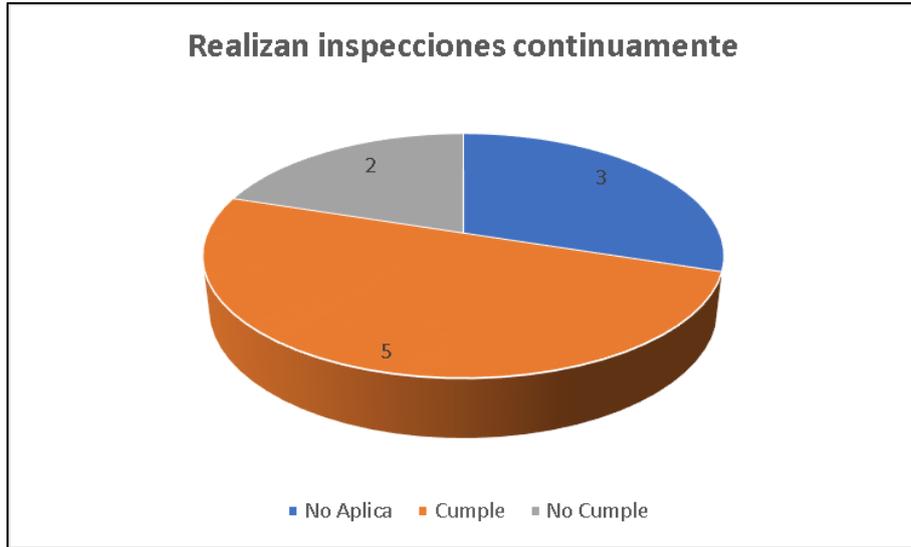
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 5 cumplen con el montaje estructural acorde a planos y 5 no cumplen con este requisito, las que tienen los planos de montaje.

4.1.5 Punto 5 Realizan inspecciones continuamente

Gráfico 5

Punto 5 Realizan inspecciones continuamente



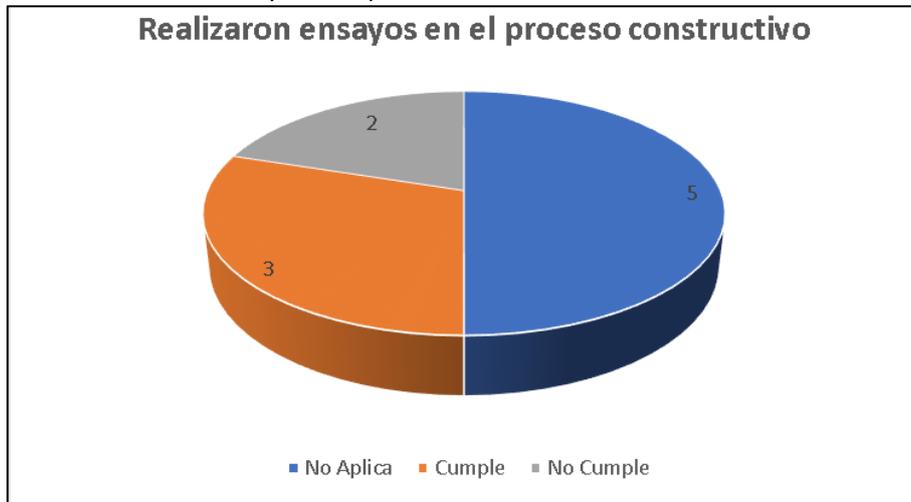
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 5 cumplen con inspecciones continuamente y 2 no cumplen con este requisito, mientras que 3 no aplica a este punto.

4.1.6 Punto 6 Realizaron ensayos en el proceso constructivo

Gráfico 6

Punto 6 Realizaron ensayos en el proceso constructivo



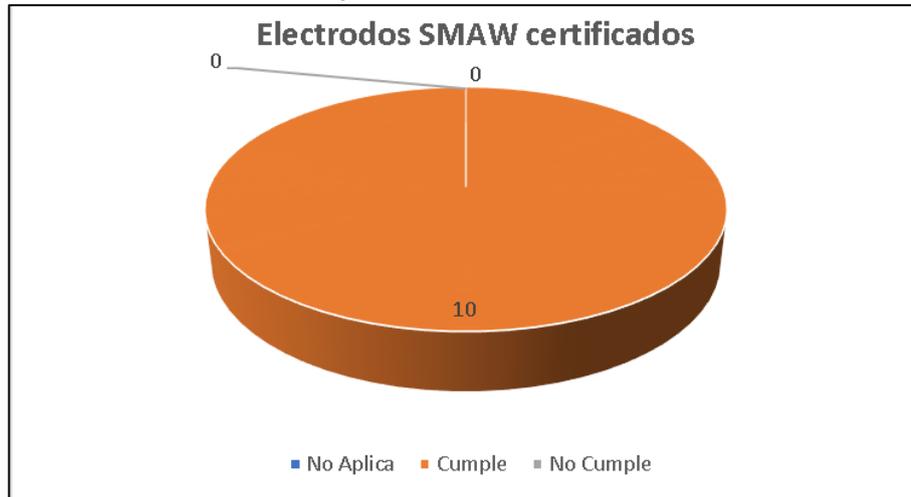
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 3 cumplen al realizar ensayos en el proceso constructivo con inspecciones continuamente, 2 no cumplen con este requisito, mientras que 5 no aplica a este punto.

4.1.7 Punto 7 Electrodo SMAW certificados

Gráfico 7

Punto 7 Electrodo SMAW certificados



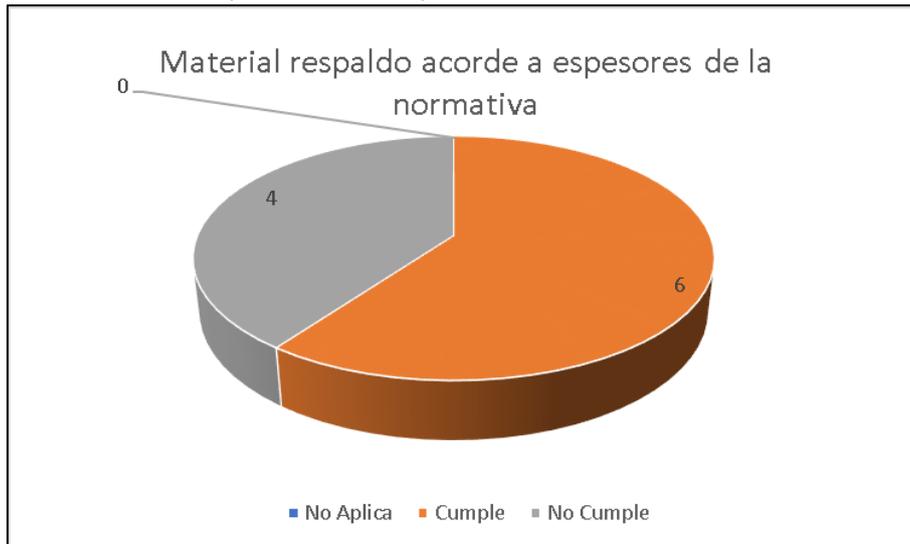
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, todas cumplen con el uso de Electrodo SMAW certificados.

4.1.8 Punto 8 Material respaldo acorde a espesores de la normativa

Gráfico 8

Punto 8 Material respaldo acorde a espesores de la normativa



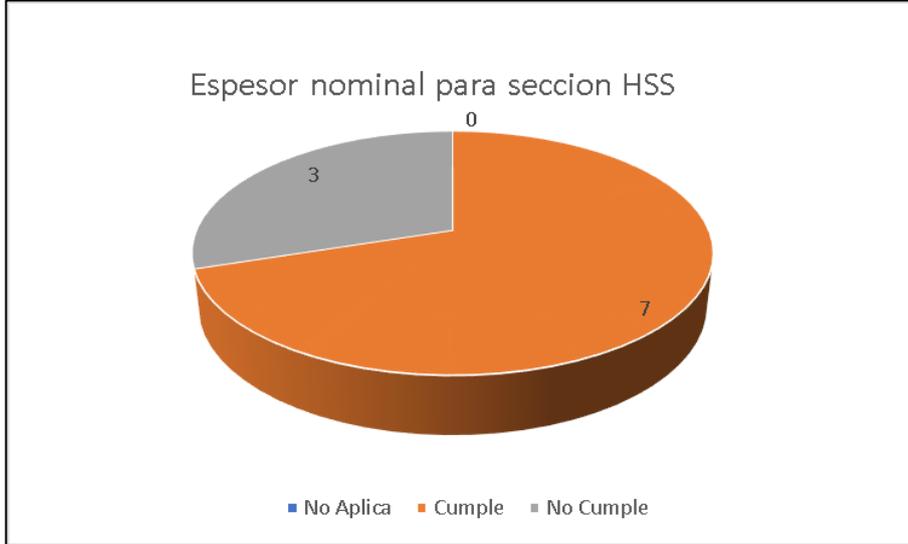
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 3 cumplen al realizar ensayos en el proceso constructivo con inspecciones continuamente, 2 no cumplen con este requisito, mientras que 5 no aplica a este punto.

4.1.9 Punto 9 Espesor nominal para sección HSS

Gráfico 9

Punto 9 Espesor nominal para sección HSS



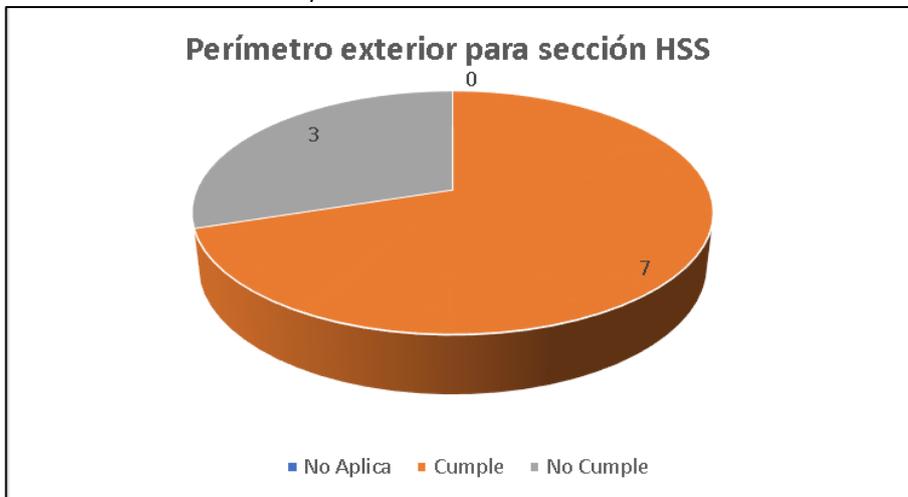
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 7 cumplen con el espesor nominal para sección HSS, 3 no cumplen con este requisito.

4.1.10 Punto 10 Perímetro exterior para sección HSS

Gráfico 10

Punto 10 Perímetro exterior para sección HSS



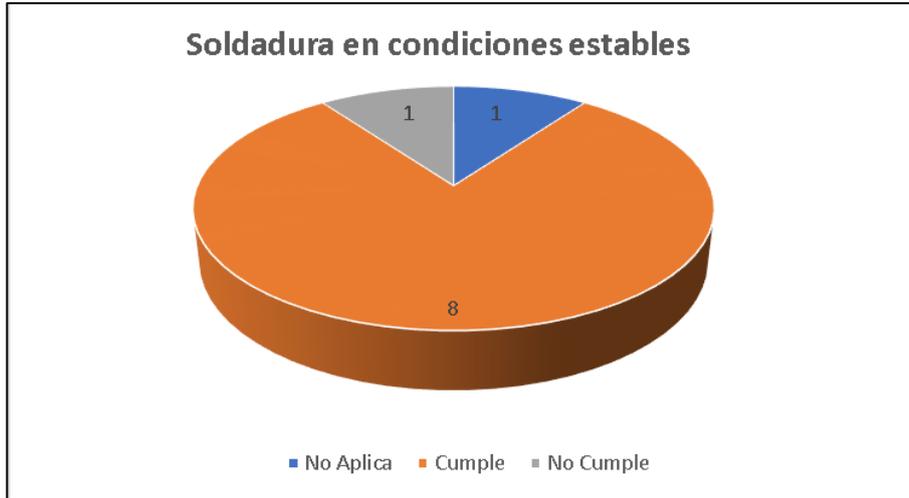
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 7 cumplen con el perímetro exterior para sección HSS, 3 no cumplen con este requisito.

4.1.11 Punto 11 Soldadura en condiciones estables

Gráfico 11

Punto 11 Soldadura en condiciones estables



Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 8 cumplen con trabajos de soldadura en condiciones estables, 1 no cumplen con este requisito y 1 no aplica.

4.1.12 Punto 12 Metal base con Superficies uniformes

Gráfico 12

Punto 12 Metal base con Superficies uniformes



Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, todas cumplen con el metal base con superficies uniformes.

4.1.13 Punto 13 Limpieza antes de comenzar a soldar

Gráfico 13

Punto 13 Limpieza antes de comenzar a soldar



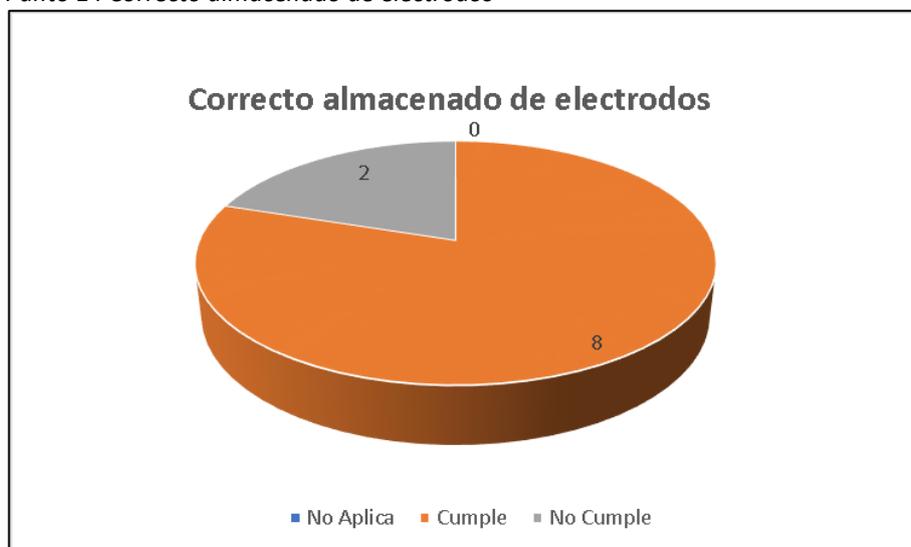
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, todas cumplen con la Limpieza antes de comenzar a soldar.

4.1.14 Punto 14 Correcto almacenado de electrodos

Gráfico 14

Punto 14 Correcto almacenado de electrodos



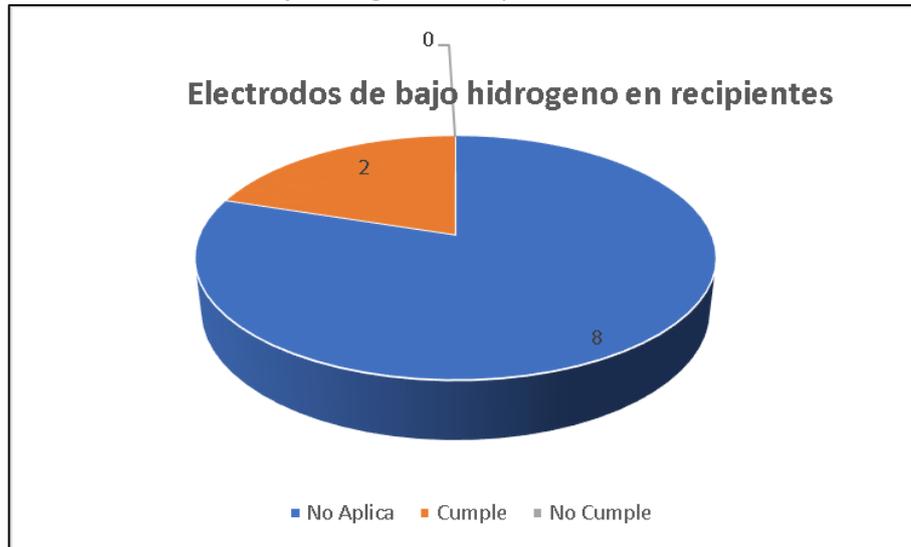
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 8 cumplen con el correcto almacenado de electrodos soldar mientras que 2 no cumplen con este requisito.

4.1.15 Punto 15 Electrodo de bajo hidrogeno en recipientes

Gráfico 15

Punto 15 Electrodo de bajo hidrogeno en recipientes



Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 2 no cumplen con electrodo de bajo hidrogeno en recipientes, mientras que 8 no aplican con este requisito, no usan este tipo.

4.1.16 Punto 16 Soldadores tienen conocimiento del WPS

Gráfico 16

Punto 16 Soldadores tienen conocimiento del WPS



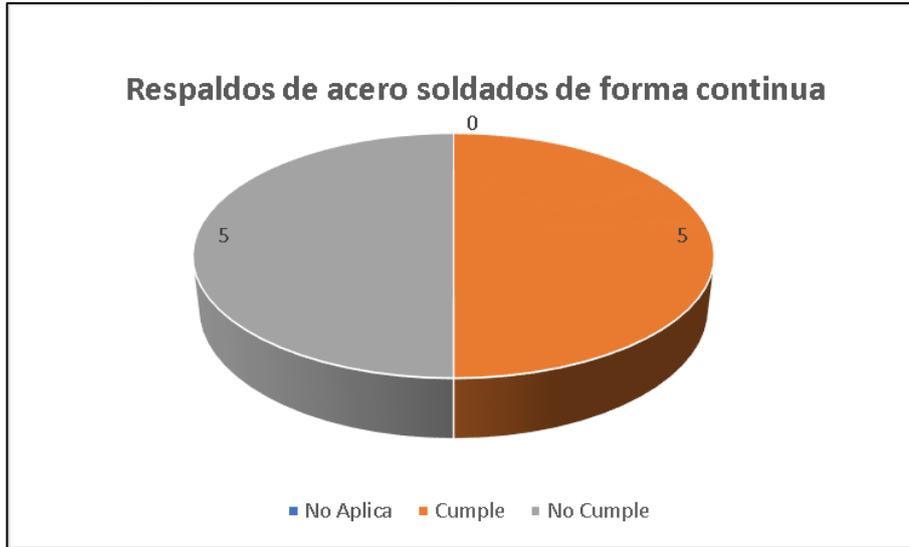
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 5 cumplen con que los Soldadores tienen conocimiento del WPS, mientras que 5 no aplican con este requisito.

4.1.17 Punto 17 Respaldos de acero soldados de forma continua

Gráfico 17

Punto 17 Respaldos de acero soldados de forma continua



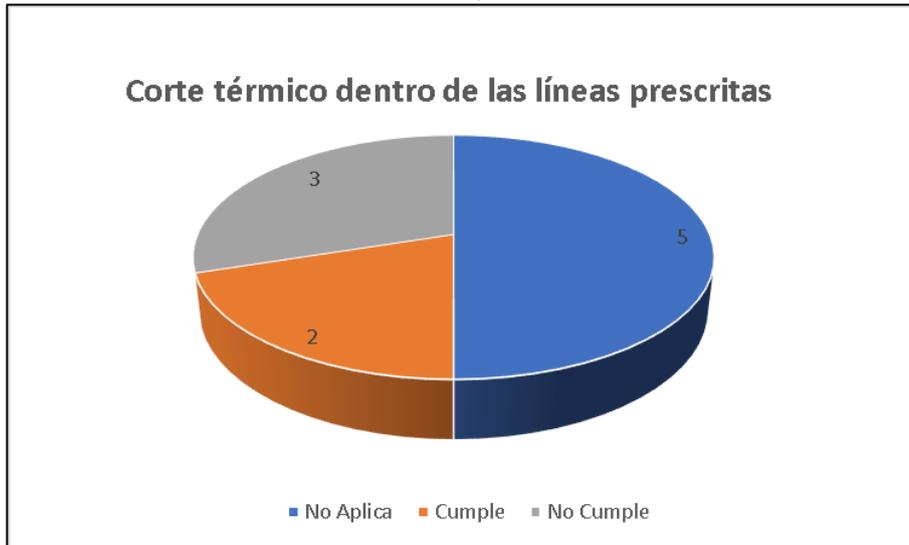
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 5 cumplen con respaldos de acero soldados de forma continua, mientras que 5 no cumplen con este requisito.

4.1.18 Punto 18 Corte térmico dentro de las líneas prescritas

Gráfico 18

Punto 18 Corte térmico dentro de las líneas prescritas



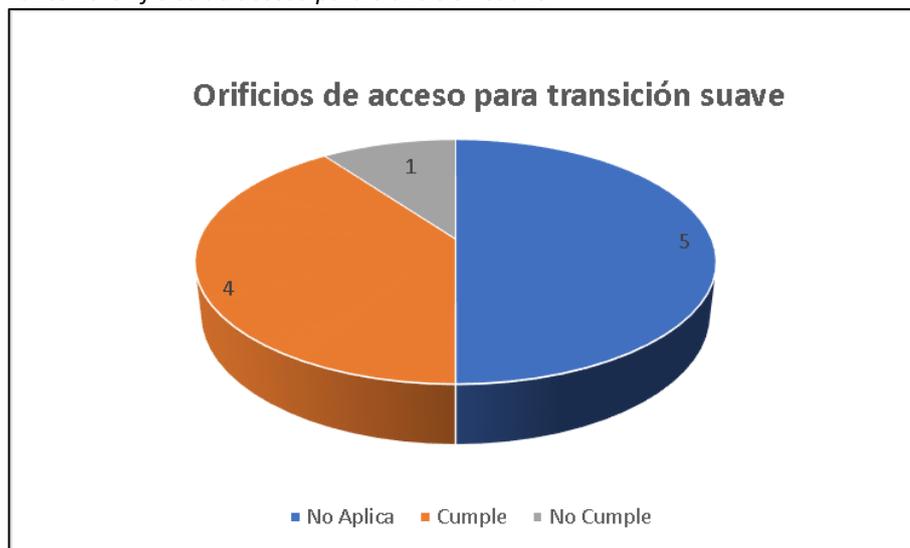
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 2 cumplen con cortes térmicos dentro de las líneas prescritas, mientras que 3 no cumplen y 5 no aplican a este requisito.

4.1.19 Punto 19 Orificios de acceso para transición suave

Gráfico 19

Punto 19 Orificios de acceso para transición suave



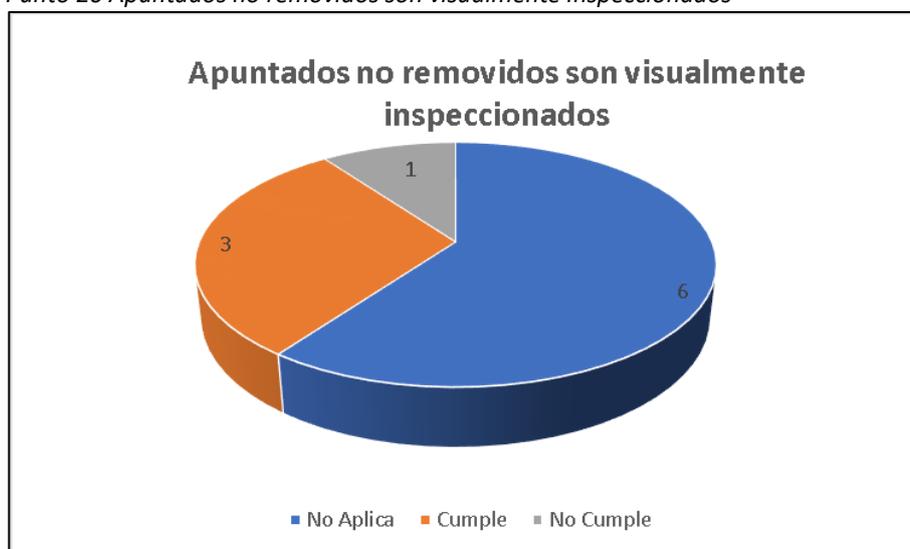
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 2 cumplen con orificios de acceso para transición suave, mientras que 3 no cumplen y 5 no aplican a este requisito.

4.1.20 Punto 20 Apuntados no removidos son visualmente inspeccionados

Gráfico 20

Punto 20 Apuntados no removidos son visualmente inspeccionados



Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 3 cumplen con apuntados no removidos son visualmente inspeccionados, mientras que 1 no cumple y 6 no aplican.

4.1.21 Punto 21 Dirección de soldadura desde partes fijas

Gráfico 21

Punto 21 Dirección de soldadura desde partes fijas



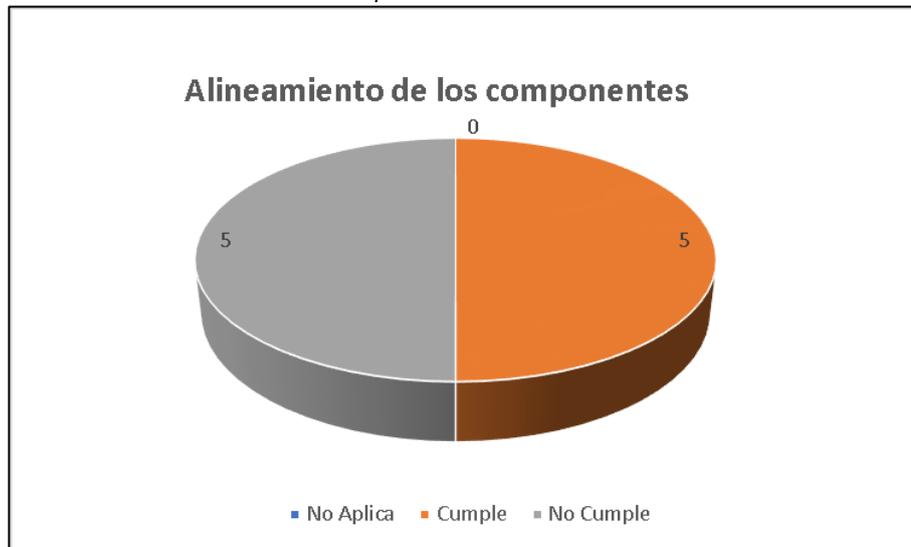
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 9 cumplen con la dirección de soldadura desde partes fijas, mientras que 1 no cumple este requisito.

4.1.22 Punto 22 Alineamiento de los componentes

Gráfico 22

Punto 22 Alineamiento de los componentes



Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 5 cumplen con la alineación de los componentes, mientras que 5 no cumple este requisito.

4.1.23 Punto 23 No se realiza Martillado en la raíz o en la capa superficial de la soldadura

Gráfico 23

Punto 23 No se realiza Martillado en la raíz o en la capa superficial de la soldadura



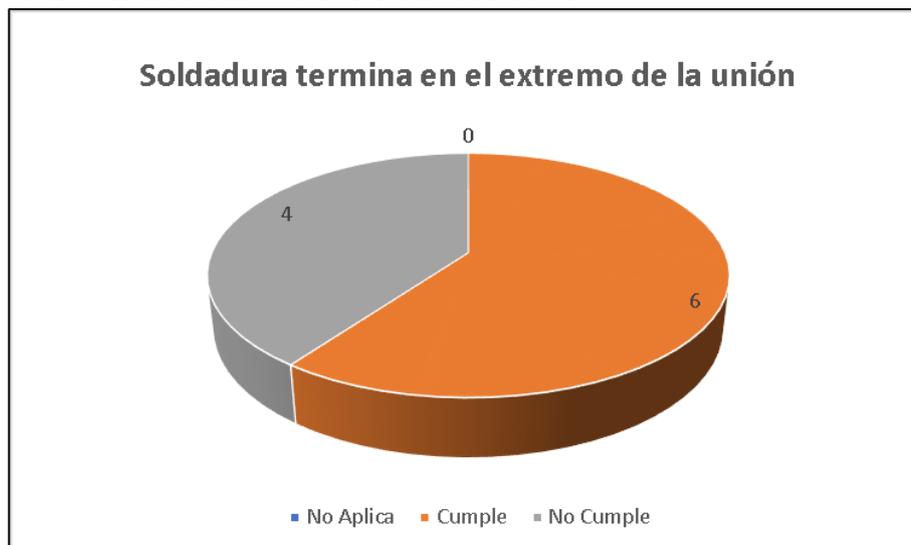
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 2 cumplen con no realizar martillado en la raíz o capa superficial de la soldadura, 1 no cumple y 7 no aplican a este requisito.

4.1.24 Punto 24 Soldadura termina en el extremo de la unión

Gráfico 24

Punto 24 Soldadura termina en el extremo de la unión



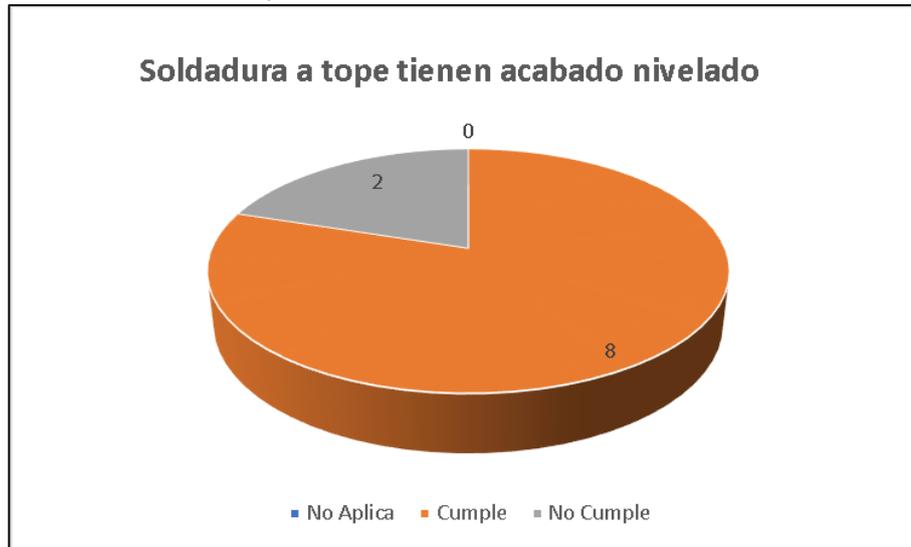
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 6 cumplen con que la soldadura termina en el extremo de la unión, 4 no cumplen con este requisito.

4.1.25 Punto 25 Soldadura a tope tienen acabado nivelado

Gráfico 25

Punto 25 Soldadura a tope tienen acabado nivelado



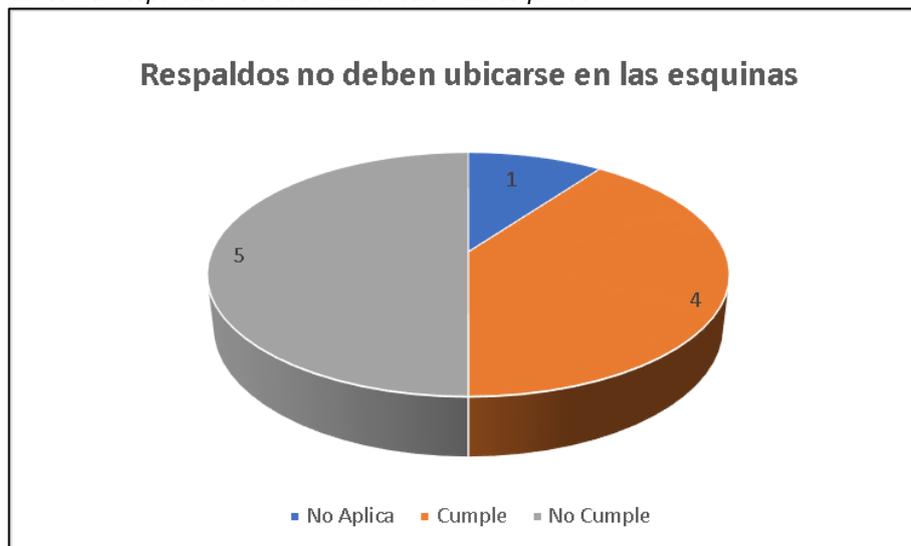
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 8 cumplen con que la soldadura a tope tiene acabado nivelado, 2 no cumplen con este requisito.

4.1.26 Punto 26 Respaldos no deben ubicarse en las esquinas

Gráfico 26

Punto 26 Respaldos no deben ubicarse en las esquinas



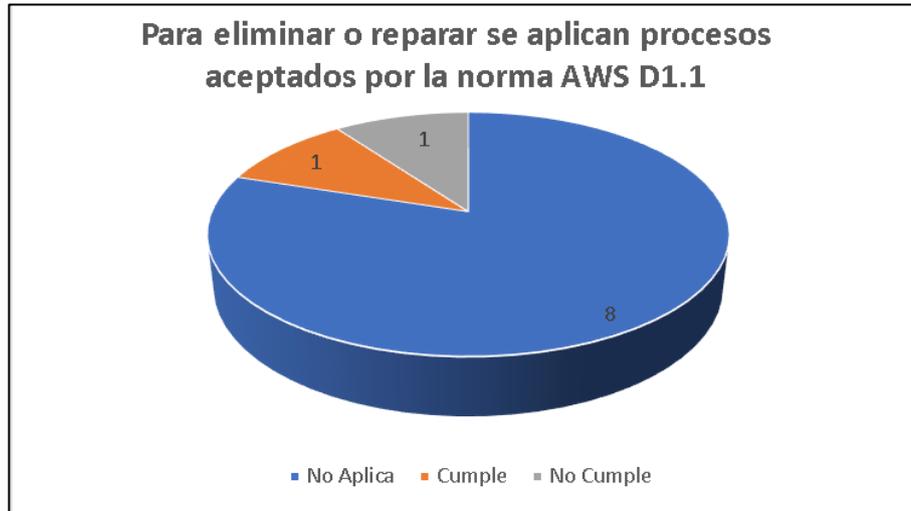
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 4 cumplen con respaldos NO deben ubicarse en las esquinas, 5 no cumplen y 1 no aplican a este requisito.

4.1.27 Punto 27 Para eliminar o reparar se aplican procesos aceptados por la norma AWS D1.1

Gráfico 27

Punto 27 Para eliminar o reparar se aplican procesos aceptados por la norma AWS D1.1



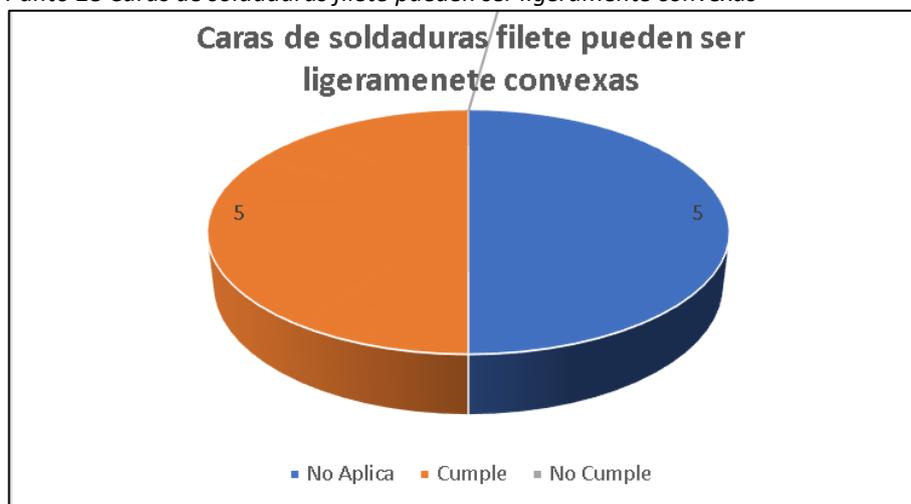
Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 1 cumple que para eliminar o reparar se aplican procesos aceptados por la norma AWS D1., 1 no cumplen y 8 no aplican a este requisito.

4.1.28 Punto 28 Caras de soldaduras filete pueden ser ligeramente convexas

Gráfico 28

Punto 28 Caras de soldaduras filete pueden ser ligeramente convexas



Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, 5 cumplen con caras de soldaduras filete pueden ser ligeramente convexas y 5 no aplican a este requisito.

4.1.29 Punto 29 Grietas en las soldaduras

Gráfico 29

Punto 29 Grietas en las soldaduras



Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, ninguna aplica a este requisito de grietas en las soldaduras, todas tienen buen punto de soldadura visible.

4.1.30 Punto 30 Retiro de escoria y cepillado de soldadura

Gráfico 30

Punto 30 Retiro de escoria y cepillado de soldadura



Elaborador por: Cañizares Villagran, M. & Villacrés García, D. (2023)

De las 10 obras visitadas, todas aplica a este requisito de retirar la escoria y cepillado de soldadura.

CONCLUSIONES

- Se elabora el formulario para la inspección visual para comprobar el cumplimiento de las secciones dos, cinco y seis de la norma AWS D1.1. para la construcción y trabajos de soldadura en altura de estructuras metálicas en el sector norte de Guayaquil.
- El análisis de las secciones: dos, cinco y seis de la norma AWS D1.1 es fundamental para la elaboración del formulario de inspección visual.
- Se realizó la inspección visual a las construcciones sindicadas con el formulario elaborado, bajo los parámetros establecidos de la norma.
- Para verificar la norma AWS D1.1 se establecen 30 puntos para la inspección visual de las 10 construcciones con estructura metálica del norte de la ciudad, deja como resultado 169/300 puntos que Cumplen con la normativa, esto es un 56.33%.
- Las construcciones cuyos cálculos estructurales se realizan con la proyección de montaje de juntas soldadas en estructuras metálicas, tienen menor problema de control porque sus piezas son prefabricadas.
- Las construcciones cumplen con varios puntos como: los electrodos SMAW certificados, Limpieza antes y después del trabajo de soldadura, con metal base uniforme sin dejar grietas en las soldaduras.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda mantener control estricto durante la proyección, cálculo, desarrollo y ejecución de un proyecto con estructura metálica y comprobar que está acorde a las normativas vigentes.
- Es recomendable tener personal técnico autorizado para inspeccionar y controlar el montaje de estructuras metálicas y sus procesos de soldadura.
- Se recomienda mejorar el formulario de inspección visual que se implementó para esta investigación, incluyendo otras secciones de la norma AWS D1.1
- Se recomienda a las constructoras que tengan personal de soldadura, los capaciten constantemente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AWS. (2019). *Código de soldadura estructural - Acero*. American Welding Society (Sociedad Americana de Soldadura). Danvers: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/442191905/AWS-D1-1-2015-CODIGO-DE-SOLDADURA-ESTRUCTURAL-ACERO-pdf#>
- Benavides Obregón, H. J., & Flores Sánchez, J. I. (2021). *Vademécum sobre errores y soluciones durante los procesos constructivos en estructuras mixtas*. Guayaquil, Ecuador: Guayaquil: ULVR, 2021. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4506>
- Buñay Pagalo, L. M., & Rodríguez Paredes, R. J. (2022). *Metodología para inspección visual en el proceso de soldadura SMAW en tuberías de acero al carbono*. Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (13 de Abril de 2020). *Cinturón de Fuego del Pacífico*. Obtenido de Gobierno de México: https://www.gob.mx/cms/uploads/article/main_image/94408/Cinturon.jpg
- Chan Pozo, M. A. (2005). *Calificación de Procedimientos de Soldadura, Operadores y Soldadores en procesos SMAW y GMAW, de acuerdo al Código AWS D1.1 para Aceros Estructurales*. Guayaquil: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/34837/D-65182.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chuquipoma Quilcat, L. A. (2019). *ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD EN BASE A LA NORMA AWS D1.1 PARA LAS INSPECCIONES DE UNIONES SOLDADAS EN LOS ÚLTIMOS 10 AÑOS*. Trujillo - Perú: Universidad Privada del Norte - Perú. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24440/Chuquipoma%20Quilcat%20Luis%20Angel.pdf>
- Cornejo Herrera, J. F. (2021). *Estudio para la optimización del proceso de soldadura de aluminio, aplicado en la reconstrucción de cabezotes de vehículos, en la rectificadora de motores m. Noboa*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato UTA. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33257/1/Tesis%20I.%20M.%20643%20-%20Cornejo%20Herrera%20Jos%C3%A9%20Fernando.pdf>
- Días del Castillo Rodríguez, F. (2018). *UNIONES SOLDADAS Y SU SIMBOLOGÍA SEGÚN AWS*. CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO.: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO. Obtenido de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m2/Uniones_soldadas_y_su_simbologia_segun_AWS.pdf
- Díaz Rodríguez, I. J. (2019). *Aplicación del código AWS D1.1/D1.1m:2015 en la inspección de juntas soldadas de las estructuras metálicas del proyecto ampliación del mercado*

- municipal del distrito de Chancay*. Chancay, Perú: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Obtenido de <http://repositorio.unjpsc.edu.pe/handle/UNJFSC/3012>
- García Salinas, É. O. (2018). *laboración del procedimiento basado en la normativa estándar internacional AWS D1.1 para la determinación de fallos en juntas soldadas usando radiografía industrial*. Cuenca - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15267>
- Gavidia González, A. C., & Subía Sánchez, A. M. (2015). *Elaboracion de los procedimientos de fabricacion y montaje de una estructura de acero para un edificio tipo*. Quito: Escuela Politecnica Nacional EPN. Recuperado el 2023, de https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/7572/pfc_marta_perez_rodriguez.pdf?sequence=1
- Guarderas Morocho, V. H. (2016). *Verificacion del cumplimiento de la norma AWS D1.1 en la construccion y montaje de estructuras metalicas de altura del distrito metropolitano de Quito*. Quito: Univeridad de las Fuerzas Armadas ESPE. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/11607>
- Instituto Ecuatoriano de Normalizacion (INEN). (2016). *Soldadura de estructuras de acero*". RESOLUCIÓN No. 058-2009. (L. Poblete Velázquez, Ed.) Recuperado el Julio de 2023, de docplayer.es: <https://docplayer.es/10598933-Resolucion-no-058-2009-el-directorio-del-instituto-ecuatoriano-de-normalizacion-considerando.html>
- Instituto Politécnico Nacional (IPN). (s.f.). *Procesos en Soldadura*. Obtenido de <https://www.ipn.mx/>:
<https://www.ipn.mx/assets/files/cecyt4/docs/estudiantes/aulas/guias/cuarto/vesperterno/procesos/procesos-de-soldadura.pdf>
- Mayta Conza, J. O. (2021). *Diseño de un Sistema de Calidad de Gestión y Trabajos Operativos de Soldadura bajo la norma AWS D1.1/2010, en el taller de mantenimiento minero Antamina Ancash - 2019*. LIMA – PERÚ: Universidad Peruana de Ciencias e Informática. Obtenido de <http://repositorio.upci.edu.pe/handle/upci/314>
- NEC-SE-AC. (2015). *Estructuras de Acero*. Quito: Norma Ecuatoriana de la Construccion (NEC).
- Ollarves, G. (25 de Octubre de 2017). *TIPOS DE SOLDADURA*. Obtenido de Bricolemar.com: <https://www.bricolemar.com/blog/tipos-de-soldadura/#:~:text=La%20soldadura%20es%20un%20proceso,de%20un%20material%20de%20relleno>.
- Paredes Salinas, J. G., & Reyes Pérez, D. F. (2021). *Optimización de las propiedades mecánicas a fractura para juntas soldadas a tope bajo proceso SMAW (AWS D1.1) utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas en la compañía Semadije Ltda*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/33057>

- Pilatasig Plasencia, J. D. (2020). *Estudio comparativo del proceso de soldadura SMAW y GTAW en un acero inoxidable martensítico AISI 420 y su influencia en las propiedades mecánicas*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato UTA. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30653>
- Quispe Cabana, R. B. (2022). *Efecto de la soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido, en las propiedades mecánicas de las zapatas de una máquina Bulldozer Caterpillar D6T Arequipa, 2021*. Universidad Continental. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11392/2/IV_FIN_111_TE_Marin_Arones_2022.pdf
- Romero Tello, E. A. (2019). *Mejoramiento del proceso de soldadura para reducir deformaciones en las juntas soldadas de estructuras metálicas – Empresa Sayán Maquinarias S.A.C. – Lambayeque*. Lambayeque – Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”. Obtenido de https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8593/Romero_Tello_Eberth_Alexander.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Suárez Pozo, R. A. (2018). *Valorización de los cordones de soldadura en las tuberías de proceso mediante la inspección de tintas penetrantes, gammagrafía industrial y ultrasonido avanzado en la planta de almacenamiento de GLP ubicado en Monteverde, provincia de Santa Elena*. Santa Elena: Universidad Estatal de la Península de Santa Elena UPSE. Obtenido de <http://repositorio.upse.edu.ec:8080/jspui/handle/46000/4462>
- Urgilés Pauta, V. M. (2018). *Estudio de calidad de la soldadura en las edificaciones metálicas*. Cuenca: Universidad de Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31588>
- Vaca Ortega, W. H., & Armas Real, D. A. (2022). *Análisis de los procesos de soldadura SMAW, GMAW Y FCAW en varillas de acero estructural corrugado ASTM A706, mediante juntas a tope con bisel en V simple y doble, y su incidencia en las propiedades mecánicas de la junta soldada*. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras Metálicas. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/35115>
- Vallejo Ricaurte, M. P. (2021). *Parámetros para procedimiento de diseño y construcción de la conexión viga “i” de sección reducida – columna cajón rellena para edificaciones sismorresistentes*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO. Riobamba: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/7829/1/7.%20TESIS%20PA%C3%9AL%20VALLEJO-signed%20%281%29.pdf>
- Vilda Muxi, Á. (2020). *Análisis y estudio de diferentes tipos de uniones soldadas para su optimización y mejora*. Barcelona - España: Universidad Politécnica de Cataluña. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/179179>