

Reglamento CIRSOC 704
Ministerio de Planificación Federal,
Inversión Pública y Servicios
Secretaría de Obras Públicas de la Nación

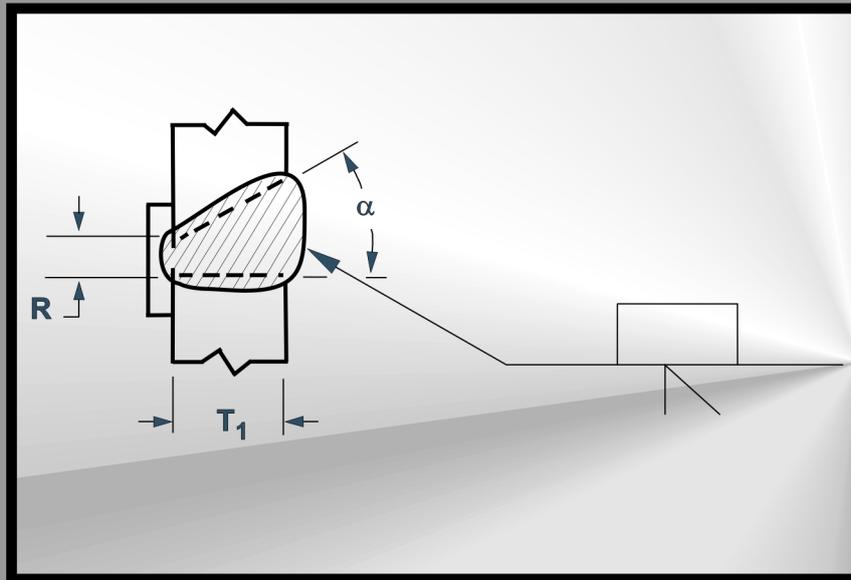
INTI

Instituto Nacional de
Tecnología Industrial



CIRSOC

Centro de Investigación de los
Reglamentos Nacionales de
Seguridad para las Obras Civiles



REGLAMENTO ARGENTINO
PARA LA SOLDADURA DE
ESTRUCTURAS EN
ALUMINIO

Julio 2010

***REGLAMENTO ARGENTINO
PARA LA SOLDADURA
DE ESTRUCTURAS
EN ALUMINIO***

EDICIÓN JULIO 2010



**Av. Cabildo 65 -Subsuelo - Ala Savio
(C1426AAA) Buenos Aires – República Argentina
TELEFAX. (54 11) 4779-5271 / 4779-5273**

**E-mail: cirsoc@inti.gob.ar
cirsoc@ffmm.gov.ar**

INTERNET: www.inti.gob.ar/cirsoc

Primer Director Técnico († 1980): Ing. Luis María Machado

Directora Técnica: Inga. Marta S. Parmigiani

Coordinadora Área Acciones: Inga. Alicia M. Aragno

Área Estructuras de Hormigón: Ing. Daniel A. Ortega

Área Administración, Finanzas y Promoción: Lic. Mónica B. Krotz

Área Venta de Publicaciones: Sr. Néstor D. Corti

© 2009

Editado por INTI

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

Av. Leandro N. Alem 1067 – 7° piso - Buenos Aires. Tel. 4515-5000/5001

Queda hecho el depósito que fija la ley 11.723. Todos los derechos, reservados. Prohibida la reproducción parcial o total sin autorización escrita del editor. Impreso en la Argentina.

Printed in Argentina.



ORGANISMOS PROMOTORES

Secretaría de Obras Públicas de la Nación
Subsecretaría de Vivienda de la Nación
Instituto Nacional de Tecnología Industrial
Instituto Nacional de Prevención Sísmica
Ministerio de Hacienda, Finanzas y Obras Públicas de la Provincia del Neuquén
Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires
Dirección Nacional de Vialidad
Vialidad de la Provincia de Buenos Aires
Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas
Cámara Argentina de la Construcción
Consejo Profesional de Ingeniería Civil
Cámara Industrial de Cerámica Roja
Asociación de Fabricantes de Cemento Pórtland
Instituto Argentino de Normalización
Techint
Acindar

MIEMBROS ADHERENTES

Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón
Asociación Argentina de Hormigón Estructural
Asociación Argentina de Hormigón Elaborado
Asociación Argentina del Bloque de Hormigón
Asociación de Ingenieros Estructurales
Centro Argentino de Ingenieros
Instituto Argentino de Siderurgia
Telefónica de Argentina
Transportadora Gas del Sur
Quasdam Ingeniería
Sociedad Central de Arquitectos
Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica
Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires
Cámara Argentina del Aluminio y Metales Afines
Cámara Argentina de Empresas de Fundaciones de Ingeniería Civil

ASESORES QUE INTERVINIERON EN LA REDACCIÓN DEL

***REGLAMENTO ARGENTINO
PARA LA SOLDADURA
DE ESTRUCTURAS
EN ALUMINIO***

CIRSOC 704

Ing. Eduardo P. Asta

ÍNDICE

1. REQUERIMIENTOS GENERALES

- 1.1. Descripción general
- 1.2. Límites de aplicación
- 1.3. Definiciones
- 1.4. Materiales

2. DISEÑO DE UNIONES SOLDADAS

- 2.1. Alcance
- 2.2. Requerimientos generales
- 2.3. Parámetros dimensionales y secciones resistentes o áreas efectivas
- 2.4. Requerimientos específicos para uniones no tubulares cargadas estática o cíclicamente

3. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

- 3.1. Alcance
- 3.2. Requerimientos para la Elaboración de una EPS

4. CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS (EPS), SOLDADORES Y OPERADORES DE SOLDADURA

- 4.1. Alcance
- 4.2. Requerimientos generales
- 4.3. Requerimientos comunes para la calificación de EPS y habilidad del personal de soldadura.
- 4.4. Especificación de procedimiento de soldadura (EPS)
- 4.5. Soldaduras con juntas de penetración completa(JPC) para uniones no tubulares
- 4.6. Soldaduras con juntas de penetración parcial(JPP) para uniones no tubulares
- 4.7. Requerimientos de calificación en soldaduras de filete para uniones tubulares y no tubulares
- 4.8. Calificación de Habilidad para Soldadores y Operadores de Soldadura
- 4.9. Ensayos de Calificación Requeridos para Soldadores y Operadores
- 4.10. Tipos de Uniones Soldadas para Calificación de Soldadores y Operadores
- 4.11. Preparación de los Registros de calificación de Habilidad en Soldadura (RCHS)
- 4.12. Variables Esenciales para la Calificación de Soldadores y Operadores
- 4.13. Soldaduras con Bisel y JPC para Uniones No Tubulares para Calificación de Soldadores y Operadores
- 4.14. Soldaduras con Bisel y JPP para Uniones No Tubulares para Calificación de Soldadores y Operadores
- 4.15. Soldaduras de Filete para Uniones No Tubulares para Calificación de Soldadores y Operadores
- 4.16. Soldaduras con bisel y JPC para Uniones Tubulares para Calificación de Soldadores y Operadores

- 4.17 Soldaduras con Bisel y JPP para Uniones Tubulares para calificación de Soldadores y Operadores
- 4.18 Soldaduras de Filete para Uniones Tubulares para Calificación de Soldadores y Operadores
- 4.19 Métodos de Ensayo y Criterios de Aceptación para Calificación de Soldadores y Operadores
- 4.20 Método de Ensayo y Criterio de Aceptabilidad para la Calificación del Soldador de Punteo
- 4.21 Reensayo

5. FABRICACIÓN Y MONTAJE

- 5.1. Alcance
- 5.2. Metal Base
- 5.3. Requerimientos para Consumibles y Electrodo de Soldadura
- 5.4. Variables de la EPS
- 5.5. Temperaturas de Precalentamiento y Entre Pasadas
- 5.6. Respaldo
- 5.7. Equipos de Soldadura y Corte
- 5.8. Condiciones Ambientales para el Desarrollo de la Soldadura
- 5.9. Cumplimiento del Diseño
- 5.10. Preparación del Metal Base
- 5.11. Recortes en Vigas y Orificios de Acceso de Soldadura
- 5.12. Técnica de soldadura y Soldadura de Punteo
- 5.13. Montaje y Ensamblado
- 5.14. Control de Distorsión y Contracciones
- 5.15. Discrepancias de Elementos Estructurales Soldados
- 5.16. Inicio y Finalización de la Soldadura
- 5.17. Perfiles de Soldadura
- 5.18. Reparaciones
- 5.19. Inclusiones de Cobre
- 5.20. Limpieza de las Soldaduras Terminadas
- 5.21. Tratamiento Térmico Posterior a la Soldadura
- 5.22. Cortes de Arco
- 5.23.

6. INSPECCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

- 6.1. Requerimientos Generales
- 6.2. Responsabilidad del Contratista
- 6.3. Criterio de Aceptación
- 6.4. Procedimientos de Ensayos no Destructivos(END)
- 6.5. Ensayo Radiográfico(RI)

ANEXOS

Anexo I. Formularios para EPS, RCP e Informes de Ensayos

1. REQUERIMIENTOS GENERALES

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Este reglamento contiene los requerimientos mínimos para el diseño, fabricación y montaje de estructuras de aluminio y sus aleaciones a través de la utilización de conexiones o uniones por la técnica de soldadura.

Dichos requerimientos están centrados en aspectos de diseño de las uniones soldadas para aleaciones de aluminio estructural en un todo de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 701 de Estructuras de Aluminio, partes IB y IIB respectivamente. Por su parte el Reglamento abarca los requerimientos relacionados con la elaboración de la especificación de procedimientos de soldadura (EPS) y calificación de éstos así como la calificación de soldadores y operadores. Establece además los requisitos de calidad e inspección para la fabricación de las estructuras soldadas. Tendrá un alcance general para todas las estructuras de aluminio comprendidas en el Reglamento CIRSOC 701. Consecuentemente quedan exceptuados recipientes de presión y cañerías.

El Reglamento es en su mayor parte auto contenido a la manera de guía de aplicación, sin embargo se apoyará también en documentos y referencias a consultar así como en normas IRAM-IAS-MERCOSUR con alcances en aspectos tales como: aluminio y aleaciones de aluminio para usos estructurales, consumibles de soldadura, calificación de soldadores, inspección, ensayos mecánicos, ensayos no destructivos, simbología de soldadura para planos, seguridad en soldadura, entre otros.

1.2. LÍMITES DE APLICACIÓN

Este reglamento contiene los requerimientos para la fabricación y montaje de estructuras de aluminio soldadas.

1.2.1. Limitaciones

El reglamento no podrá ser aplicado en los siguientes casos:

- (1) Recipientes, tuberías, cañerías y componentes en general sometidos a presión interna.
- (2) Materiales base distintos de aluminio y aleaciones de aluminio para uso estructural.

1.3. DEFINICIONES

La terminología y simbología utilizadas en el presente reglamento están definidas por la Norma IRAM, los capítulos identificados en el Reglamento como Simbología y Glosario respectivamente así como por las siguientes definiciones:

- 1.3.1. Ingeniero en Soldadura: (también nombrado en este Reglamento como Ingeniero o Ingeniero responsable) profesional responsable designado por el propietario del producto o conjunto estructural para el cumplimiento de todos los aspectos de soldadura, que correspondan a su aplicación, en total acuerdo con el alcance del

Reglamento. Este ingeniero deberá demostrar, a través de las incumbencias de la carrera de grado o por la realización de cursos de postgrado y/o especialización reconocidos, que posee los conocimientos técnicos generales y específicos así como de las reglas del arte que le permitirán actuar profesionalmente en la construcción de estructuras soldadas.

- 1.3.2. Contratista: cualquier empresa o representante individual de una empresa, responsable por la fabricación en planta industrial, construcción en obra, montaje o soldadura, en un todo de acuerdo con este Reglamento.
- 1.3.3. Propietario: empresa o persona propietaria legal del producto o conjunto estructural producido en un todo de acuerdo con este Reglamento.
- 1.3.4. Inspector de Soldadura: persona designada para la inspección y control de calidad dentro del alcance del Reglamento y los documentos contractuales que deberá estar calificada y certificada bajo la norma IRAM- IAS U500-169, en los niveles que correspondan a las funciones previstas para cada uno. Tanto el Contratista como el Propietario o Ingeniero de Soldadura podrán designar los correspondientes inspectores.

1.4. MATERIALES

Las normas IRAM de materiales aplicables a este Reglamento se encuentran a la fecha en proceso de revisión e integración con las normas MERCOSUR.

De las normas listadas en este Reglamento algunas se encuentran a la fecha en preparación. En general para cada proyecto se deberán adoptar las especificaciones de materiales fijadas en las normas vigentes a la fecha de ejecución del proyecto. Cuando la norma IRAM correspondiente no haya sido emitida o se encuentre en proceso de revisión se aplicaran normas de otros países aceptadas por IRAM o normas ISO para uso en estructuras metálicas soldadas de aluminio.

1.4.1. Aluminio y Aleaciones de Aluminio

1.4.1.1. Normas Aplicables

Los materiales que se utilizan dentro de este Reglamento, deberán cumplir con alguna de las siguientes normas:

IRAM 697 Productos extruidos y trefilados. Características mecánicas
IRAM (Chapas, perfiles, formas, tubos en aluminio y aleaciones de aluminio)

1.4.2. Metal de Aporte

Los consumibles o metales de aporte deberán cumplir alguna de las siguientes normas:

IRAM- Soldadura. Alambres y varillas de aluminio y aleaciones de aluminio para procesos de soldadura eléctrica con protección gaseosa

2. DISEÑO DE UNIONES SOLDADAS

2.1. ALCANCE DEL CAPÍTULO 2

Este capítulo cubre los requerimientos generales y específicos para el diseño de uniones soldadas de estructuras planas y tubulares sometidas tanto a cargas estáticas como cíclicas. El capítulo 2 debe utilizarse en conjunto con los capítulos correspondientes a las Partes IB y IIB del Reglamento CIRSOC 701.

Este reglamento contempla dos tipos de estructuras: (1) bajo cargas o acciones estáticas y (2) bajo cargas o acciones cíclicas (fatiga).

Las estructuras tubulares bajo cargas estáticas son identificadas como Clase I, mientras que toda otra estructura tubular es identificada como Clase II.

2.2. REQUERIMIENTOS GENERALES

2.2.1. Planos y Dibujos

Los planos y dibujos, como documentación de uso contractual, deberán contener la siguiente información:

- (a) Designación y/o especificación del material base y material de aporte o soldadura.
- (b) Ubicación, tipo, tamaño y extensión de todas las uniones soldadas. En todos los casos se aplicará la simbología general para indicación de soldaduras en planos y dibujos.
- (c) Visualización clara y específica de soldaduras a realizar en taller o en obra. Los planos y dibujos para fabricación, construcción y montaje son denominados en este Reglamento como planos o dibujos de trabajo o taller, consecuentemente deberá indicarse si las soldaduras son de taller o de obra.
- (d) Largo efectivo de la soldadura (lw)
- (e) Tamaño o espesor efectivo de soldadura (E) en juntas de penetración parcial (JPP)
- (f) En soldaduras de filete entre elementos estructurales, con superficies de encuentro formando un ángulo entre 80° y 100° , se deberá especificar el cateto o tamaño del filete (E)
- (g) En soldaduras de filete en uniones entre elementos estructurales, con superficies de encuentro formando un ángulo menor que 80° o mayor que 100° , se deberá especificar la garganta efectiva.
- (h) Los retornos y las terminaciones, en soldaduras de filete, se deberán indicar si las mismas han sido requeridas en el diseño.

2.2.2. Especificación de Procedimiento de Soldadura (EPS)

Como parte de la documentación contractual deberá cada tipo de unión soldada, referida a planos y dibujos, disponer de su correspondiente EPS. Este documento será aplicable tanto para procesos de fabricación en taller como de montaje en obra.

2.2.3. Requerimientos de Tenacidad

Si las uniones soldadas tienen requerimientos de tenacidad a la fractura, en términos de ensayos de mecánica de la fractura, el Ingeniero deberá especificar en la documentación contractual el parámetro de tenacidad a la fractura a utilizar, su valor mínimo en relación con la temperatura de ensayo para la clasificación del material de aporte seleccionado o deberá especificar que la EPS será calificada con ensayos de tenacidad a la fractura.

El Ingeniero deberá fijar si dichos ensayos serán aplicados solo en el metal de soldadura (MS) o en MS y zona afectada por el calor (ZAC).

2.2.4. Requerimientos Específicos de Soldadura

El Ingeniero, en los documentos contractuales, y el Contratista, en los planos o dibujos de taller, deberán indicar aquellas juntas o grupo de juntas en las cuales el Ingeniero o el Contratista requieren un orden específico de montaje, secuencia de soldadura, técnica de soldadura u otras precauciones especiales.

2.2.5. Requerimientos para Planos y Dibujos de Taller

- (a) Deberá indicarse por medio de símbolos de soldadura o esquemas los detalles de bisel de las juntas soldadas así como la preparación requerida al metal base para dichos diseños de junta.
- (b) En las juntas de penetración completa (JPC), donde se indique la utilización de respaldo, deberá especificar el espesor y ancho del mismo.
- (c) En las uniones soldadas con JPP deberá indicarse la profundidad del bisel (S) necesaria para obtener el tamaño efectivo, E, requerido en relación con el proceso y la posición de soldadura a ser utilizada.
- (d) En soldaduras de filete deberá indicarse el tamaño efectivo (E) y aplicar el criterio establecido en los párrafos 2.2.1 (a), (b) y (c) respectivamente.
- (e) Cuando se requieran detalles especiales sobre el bisel, los mismos deberán ser indicados en forma completa en los planos de contrato.
- (f) Cualquier requerimiento especial o adicional de inspección deberá estar indicado en los planos o especificaciones de contrato.

2.3. PARAMETROS DIMENSIONALES Y SECCIONES RESISTENTES O ÁREAS EFECTIVAS

2.3.1. Uniones Soldadas a Tope, con o sin Bisel.

2.3.1.1. Largo Efectivo

El máximo largo efectivo, para cualquier diseño de junta a tope y orientación particular de la misma, deberá ser el ancho de las partes de la unión, perpendicular a la dirección de las tensiones de tracción o compresión. Para el caso de juntas a tope que transmitan corte, el largo efectivo es el largo especificado.

2.3.1.2. Tamaño Efectivo en Unión Soldada a Tope con JPC

El tamaño o espesor efectivo de soldadura en una unión JPC deberá ser el espesor más delgado de la parte estructural a ser unida. No se deberá incluir ningún tipo de refuerzo o sobremonta.

2.3.1.3. Mínimo Tamaño Efectivo en Unión Soldada a Tope con JPP

El tamaño o espesor mínimo efectivo de soldadura (E) en una unión JPP deberá ser igual o mayor al valor de E especificado. Toda junta a tope que no será ejecutada por ambos lados con retoma de raíz o aplicación de respaldo ser considerada como JPP.

2.3.1.4. Área Efectiva de Unión Soldada con Junta a Tope.

El área efectiva en juntas a tope se define como el producto obtenido de multiplicar el largo efectivo por el tamaño o espesor efectivo. No se admite ningún incremento en área efectiva para el cálculo de diseño por la consideración de refuerzo sobre el tamaño efectivo de junta.

2.3.1.5. Diseños de Juntas de Penetración Completa (JPC)

Los siguientes diseños de juntas serán considerados como JPC:

- (1) Junta soldada por ambos lados donde la soldadura de raíz del primer lado será repelada para limpiar y sanear el metal depositado antes de soldar el segundo lado.
- (2) Junta soldada de un solo lado con utilización de respaldo permanente o temporario.
- (3) Junta soldada de un solo lado sin respaldo con aplicación para la raíz de soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa (GTAW) en corriente alterna (AC).
- (4) Junta soldada de un solo lado aplicando soldadura por arco eléctrico de plasma (PAW) con polaridad variable (VP) en la modalidad “ojo de cerradura”(keyhole).

En el Cap. 3 de este Reglamento se muestran diseños de JPC recomendados para aplicar en uniones a tope, esquina y T.

2.3.2. Soldaduras de Filete

2.3.2.1. Largo Efectivo (filete en línea recta)

El largo efectivo (l_w) de un filete recto debe ser el largo para un mismo tamaño o cateto de filete, incluidos retornos o retomas de extremo.

2.3.2.2. Largo Efectivo (filete curvilíneo)

El largo efectivo de un filete curvilíneo será el determinado como la medida a lo largo de una línea media central de la garganta efectiva.

2.3.2.3. Largo Mínimo

El largo mínimo de un filete no deberá ser menor que cuatro (4) veces el tamaño o cateto nominal.

2.3.2.4. Largo Mínimo en Filetes Discontinuos o Intermitentes

El largo mínimo de los segmentos de filetes discontinuos o intermitentes no deberá ser menor que 38 mm.

2.3.2.5. Definición de la Garganta Efectiva

En uniones de filete formando ángulos entre 80° y 100° la garganta efectiva deberá ser considerada como la distancia más corta entre la raíz del filete y la cara del mismo considerando un esquema de junta a 90°, tal como se indica en las Figuras 2.1 y 2.2.

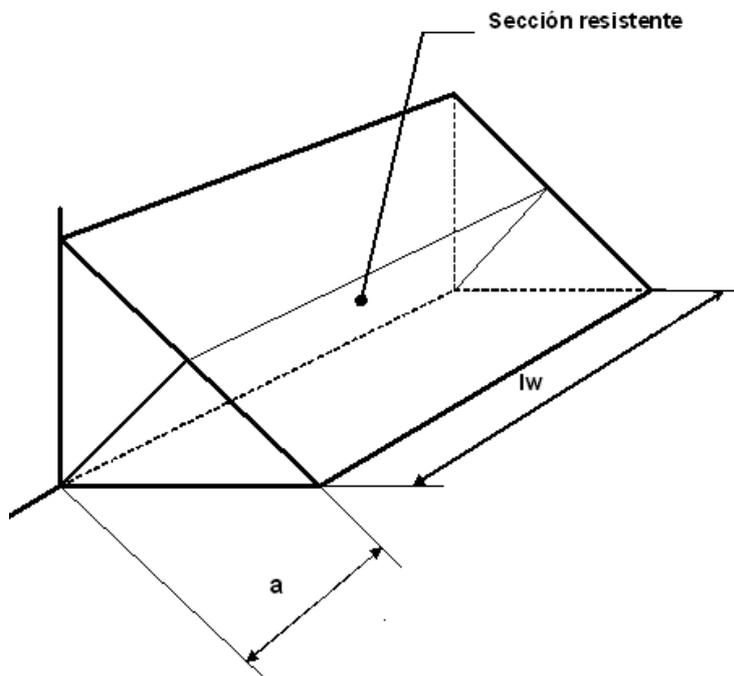
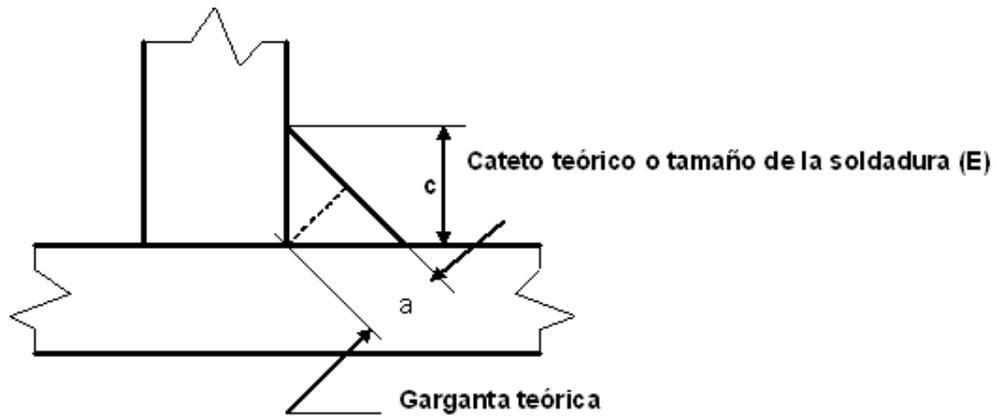


Figura 2.1. Dimensiones Teóricas y Sección Resistente de una Junta de Filete

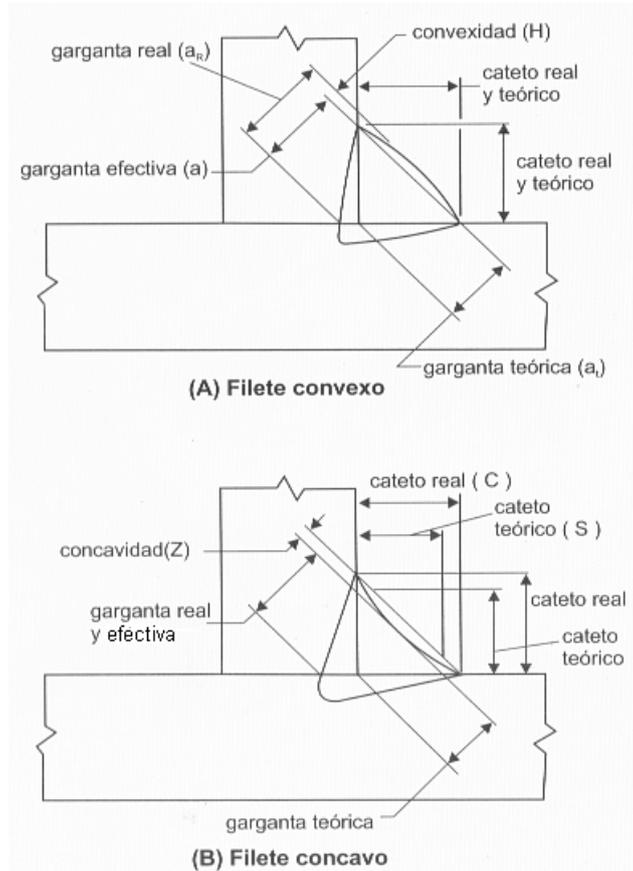


Figura 2.2. Perfiles y dimensiones Típicas para Juntas de Filete

2.3.2.6. Tamaño o Cateto Mínimo

El tamaño (E) o cateto (c) mínimo, (también identificado como lado), de una soldadura de filete no deberá ser menor que el requerido por el cálculo, para transmitir y/o resistir la carga aplicada.

2.3.2.7. Área Efectiva en Unión Soldada con Junta de Filete

El área efectiva o sección resistente se define como el producto del largo efectivo multiplicado por la garganta efectiva (ver Figura 2.1)

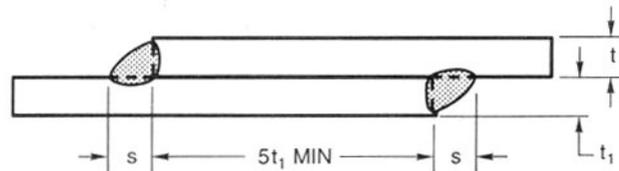
2.3.2.8. Doble Soldadura de Filete por Solape o Yuxtaposición

En los casos donde no se han considerado recaudos específicos para prevenir la deflexión lateral de los elementos estructurales, las uniones de los mismos deberán ser realizadas con las siguientes alternativas:

- (a) dos líneas transversales de soldadura de filete o con soldaduras de botón o ranura
- (b) dos o más soldaduras de filete longitudinales o con soldaduras de botón o ranura

2.3.2.9. Largo Mínimo del Solape o Yuxtaposición

El largo de la soldadura de solape deberá ser mayor o igual que cinco (5) veces el espesor del elemento estructural más fino, pero mayor o igual que 25 mm. Juntas Solapadas o Yuxtapuestas. Deberán ser aplicadas soldaduras de doble filete transversal en uniones solapadas cuyos elementos estructurales están sometidos a cargas en la dirección axial, tal como se indica en la Figura 2.3.



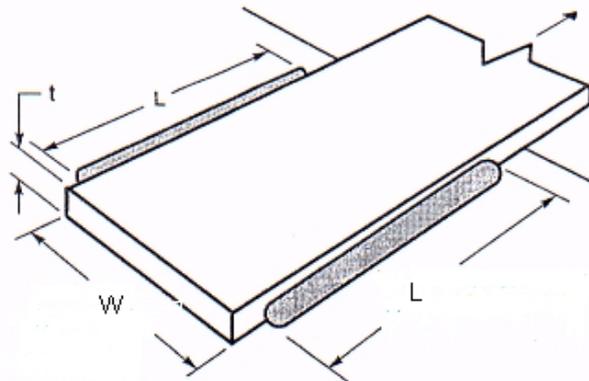
($\geq 25\text{mm}$)

t: elemento estructural de espesor más grueso
 t_1 : elemento estructural de espesor más fino

Figura 2.3. Soldadura de Filete con Aplicación de Carga Transversal

2.3.2.10. Soldadura de Filete Longitudinal

La soldadura de filete longitudinal en juntas solapadas correspondientes a extremos de la unión perteneciente a barras o elementos estructurales planos deberá tener un largo para cada filete mayor o igual que la distancia perpendicular entre ellos (W), tal como se indica en la Figura 2.4. La distancia W entre filetes o ancho del elemento estructural unido deberá ser menor o igual que 16 veces el espesor de la parte más fina a ser unida, tal como también se indica en la Figura 2.4.



Distancia entre soldaduras, W, menor o igual que $16t$
 Largo de la soldadura, L, mayor que W

Figura 2.4. Largo mínimo de soldaduras de filete longitudinal en los bordes o extremos de chapas

2.3.2.11. Máximo Tamaño o Cateto en Juntas de Solape o Empalme por Yuxtaposición

El máximo tamaño o cateto de una soldadura de filete en una junta de solape deberá ser:

- (1) igual al espesor del metal base cuando el mismo es menor que 6 mm, tal como se indica en la Figura 2.5, Detalle A.
- (2) 2 mm menor que el espesor del metal base cuando el mismo es mayor o igual que 6 mm, tal como se indica en la Figura 2.5, Detalle B.

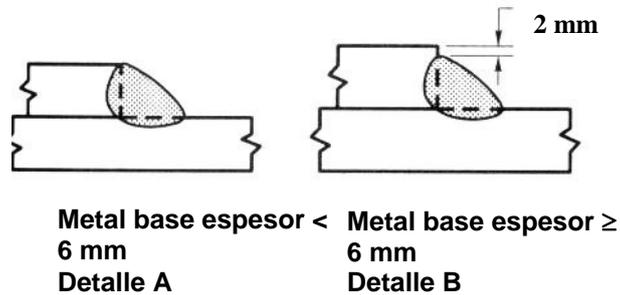


Figura 2.5. Filete en Junta de Solape

2.3.2.12. Soldadura de Filete en Agujeros o Ranuras

Para la soldadura de filete en agujeros (orificios circulares) o en ranuras deberán considerarse las medidas y espaciados mínimos indicados en 2.3.4. Este tipo de soldadura puede ser utilizada para transferir corte, evitar pandeo o la separación de los elementos estructurales solapados o yuxtapuestos. Los filetes se realizarán siguiendo los indicado 2.3.2.9 y 2.3.2.10 respectivamente. La soldadura de filete en agujeros o ranuras no debe ser considerada como soldadura de botón o ranura específica.

2.3.3. Uniones de Filete en T Oblicuas

2.3.3.1. Definición

Se definen como uniones soldadas con juntas de filete en T oblicuas a aquellas donde las partes a ser unidas forman un ángulo mayor que 100° (junta T de ángulo obtuso) o menor que 80° (junta T de ángulo agudo). El ángulo formado por los elementos estructurales a unir con filete deberá ser entre 60° y 135° , tal como se indica en la Figura 2.6.

2.3.3.2. Soldaduras en Ángulos Agudos entre 80° y 60° o en Ángulos Obtusos Mayores que 100°

Las soldaduras requeridas en ángulos entre 80° y 60° o en ángulos mayores que 100° deberán especificar en la documentación contractual la garganta efectiva requerida. Los planos o dibujos de taller deberán indicar la ubicación de tales soldaduras y la medida del cateto que satisfaga el requerimiento de garganta efectiva correspondiente.

2.3.3.3. Largo Efectivo de Soldadura en Juntas T Oblicuas

El largo efectivo de una junta T oblicua deberá ser el largo total correspondiente al mismo tamaño o cateto de soldadura. En los cálculos de diseño no se incorporarán reducciones en el largo para permitir el comienzo o la terminación de la soldadura.

2.3.3.4. Tamaño o Cateto Mínimo en Juntas T Oblicuas

Se aplicarán los mismos requerimientos indicados en 2.3.2.5.

2.3.3.5. Definición de Garganta Efectiva en Juntas T Oblicuas

La garganta efectiva de juntas T, formando ángulos entre 80° y 60° o mayores que 100° y menores o iguales que 135° , se define como la mínima distancia entre la raíz y la cara de la junta soldada.

2.3.3.6. Área Efectiva en una Junta T Oblicua

El área efectiva o sección resistente de una junta T oblicua, con un ángulo entre 60° y 135° , se define como el producto del largo efectivo multiplicado por la garganta efectiva

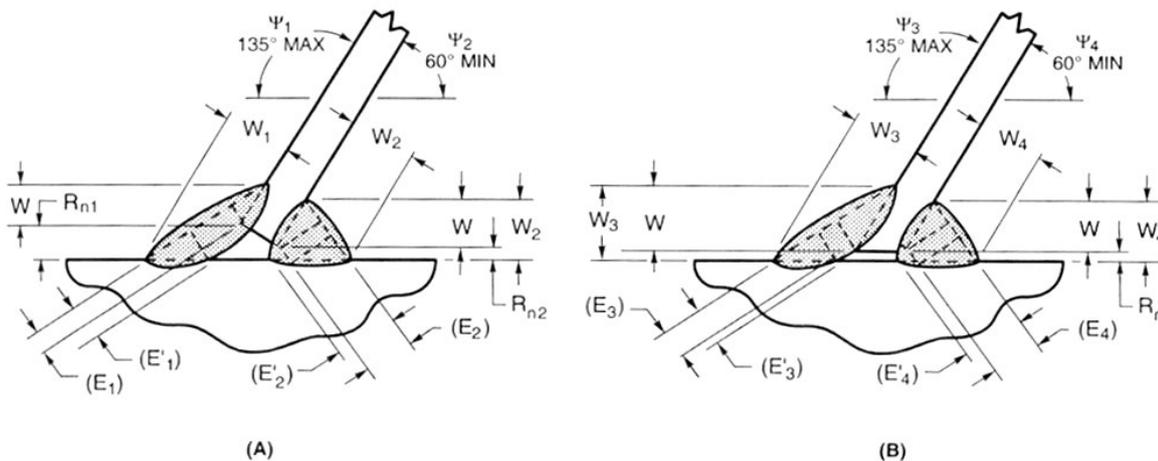


Figura 2.6. Detalles de Juntas Oblicuas (No Tubulares)

2.3.4. Soldaduras de Tapón (Botón) o de Ranura (Ojal o Muesca)

2.3.4.1. Área Efectiva

El área efectiva o sección resistente es el área nominal del agujero o ranura en el plano de la sección de falla.

2.3.4.2. Profundidad de Relleno

La medida de la profundidad de relleno del tapón o de la ranura, en elementos estructurales con espesor menor o igual que 16 mm, será el espesor del elemento estructural. Para los casos en los que el elemento estructural tenga un espesor mayor que 16 mm la profundidad de llenado tendrá como medida mínima la mitad del espesor del elemento estructural pero mayor o igual que 16 mm, excepto para aleaciones de aluminio de la serie 7XXX (M27) donde la profundidad de relleno será igual al espesor del elemento estructural.

2.3.4.3. Diámetro Mínimo del Orificio para Soldadura de Tapón

El diámetro mínimo será el indicado en la Tabla 2.1

2.3.4.4. Mínima Distancia entre Soldaduras de Tapón

La distancia entre centros de soldaduras de tapón deberá ser mayor o igual que cuatro (4) veces el diámetro del orificio.

2.3.4.5. Largo Máximo de la Soldadura de Ranura

El largo de la soldadura de ranura deberá ser menor o igual que diez (10) veces el espesor del material base o elemento estructural.

2.3.4.6. Ancho Mínimo de la soldadura de Ranura

El ancho mínimo de la soldadura de ranura será el indicado en la Tabla 2.1

2.3.4.7. Mínima Distancia entre Soldaduras de Ranura

La distancia mínima entre los ejes de simetría perpendiculares al largo de las soldaduras de ranura deberá ser mayor o igual que cuatro (4) veces el ancho de la ranura. La mínima distancia entre centros en la dirección longitudinal deberá ser mayor o igual que dos (2) veces el largo de la ranura.

2.3.4.8. Terminaciones de las Ranuras

Los extremos o finales de las ranuras deberán ser terminados de manera semicircular o con las esquinas redondeadas considerando un radio mayor o igual que el espesor del elemento estructural que contiene la ranura, excepto aquellas terminaciones que se extienden a los bordes del elemento estructural.

Tabla 2.1. Diámetro mínimo de orificio en soldadura de tapón o mínimo ancho de la ranura en soldadura de ranura

Espesor del material base (T), mm	Mínimo diámetro de orificio o ancho de ranura, mm
< 3	3 T
≥ 3	2,5 T

2.4. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO PARA UNIONES NO TUBULARES Y TUBULARES CARGADAS ESTÁTICA O CÍCLICAMENTE.

2.4.3. Tensiones

2.4.1.1. Cálculo de Tensiones

El cálculo de tensiones nominales de diseño y análisis con las tensiones admisibles correspondientes deberá efectuarse utilizando métodos adecuados de cálculo y análisis, de acuerdo con los requerimientos mínimos de resistencia de las especificaciones de diseño siguiendo las directivas del Reglamento CIRSOC 701.

2.4.1.2. Tensiones Admisibles en Metal Base y Unión Soldada

Las tensiones calculadas para el metal base no deberán exceder las tensiones admisibles determinadas por las especificaciones de diseño según el Reglamento CIRSOC 701.

2.4.2. Configuraciones y Detalles en el Diseño en Uniones Soldadas con Juntas Biseladas

2.4.2.1. Transiciones en Espesores y Anchos

En juntas a tope de elementos estructurales no tubulares alineados axialmente con diferentes espesores y/o anchos, sometidas a tensiones de tracción mayores que $1/3$ de la tensión admisible de diseño, deberán ser preparadas de manera tal que la pendiente en la transición será menor que $1/2,5$ tal como se indica en la Figura 2.7 para espesores y en la Figura 2.8 para anchos.

2.4.2.2. Aplicación de Soldadura Intermitente o Discontinua

No está permitida la aplicación en uniones con JPC de largos de soldadura discontinuos o soldadura intermitente.

Está permitida la aplicación de soldadura intermitente en uniones con JPP para transferir tensiones de corte entre las partes estructurales conectadas.

2.4.2.3. Terminaciones en las Soldaduras de Filete

Las terminaciones en soldaduras de filete podrán extenderse hacia los extremos o lados de los elementos estructurales unidos. También podrán ser terminadas en el límite o tener retornos de extremo o entrantes, considerando limitaciones específicas para los siguientes casos:

- (1) Juntas solapadas, donde una de las partes se prolonga fuera de los límites del otro elemento estructural sometido a tensiones de tracción, las soldaduras de filete deberán ser terminadas a una distancia mayor o igual que el tamaño nominal o cateto de la soldadura desde el comienzo de la extensión, tal como se indica en la Figura 2.9
- (2) Uniones flexibles, los retornos de extremo o entrantes deberán tener un tamaño mayor o igual que dos veces el tamaño nominal o cateto teórico de la soldadura (C_t) pero menor o igual que 4 veces C_t , tal como se indica en la Figura 2.10.
- (3) Rigidizadores transversales, unidos por soldadura de filete a las almas de vigas armadas o compuestas, deberán comenzar o terminar a una distancia mayor o igual que cuatro veces el espesor del alma (pero menor que seis veces dicho espesor) desde el extremo o punta, sobre el alma, de la soldadura entre el alma y ala de la viga.
- (4) Lados opuestos de un plano en común, la soldadura de filete de estos deberá ser terminada en la esquina común a ambas soldaduras, tal como se indica en la Figura 2.11.
- (5) Soldadura de filete alrededor de orificios circulares o rectangulares, este tipo de unión puede ser aplicada como junta de solape apta para solicitaciones de corte, evitar pandeo o evitar separación de partes solapadas. El espaciado y las dimensiones mínimas de los orificios estarán de acuerdo con 2.4.1.4. Este tipo de soldadura de filete no debe ser considerada como soldadura de tapón (botón) o de ranura (ojal o muesca).

(6) Soldadura de filete intermitente, puede ser aplicada para transferir tensiones entre los elementos estructurales unidos.

2.4.3. Configuraciones y Detalles en el Diseño de Uniones con Soldaduras de Tapón (Botón) o de Ranura(Ojal o Muesca)

2.4.3.1. Distancia Mínima entre Soldaduras

Para uniones tipo botón la mínima distancia entre centros deberá ser 4 veces el diámetro del agujero.

Para uniones tipo ranura la mínima distancia entre centros, en la dirección del eje transversal, deberá ser 4 veces el ancho de la ranura. Para la dirección del eje longitudinal deberá ser 2 veces el largo de la ranura.

2.4.4. Chapas de Relleno para Empalmes

Este tipo de chapas pueden utilizarse para ajustar empalmes de elementos estructurales y podrán ser diseñadas para transmitir los esfuerzos aplicados en dichos elementos. Tanto las chapas de relleno para empalmes como sus soldaduras deberán cumplir con los siguientes lineamientos:

2.4.4.1. Chapas de Relleno con Espesor Delgado

Chapas de relleno con espesor menor que 6 mm no deberán ser utilizadas para transmitir esfuerzos. En consecuencia cuando el espesor de la chapa de relleno es menor que 6 mm o cuando es mayor que 6 mm, pero no apta par transmitir esfuerzos entre las partes conectadas, sus bordes serán terminados al ras con los correspondientes a la chapa de empalme y el tamaño total de la soldadura será el tamaño requerido para soportar los esfuerzos en la chapa de empalme más el espesor de la chapa de relleno, tal como se indica en la Figura 2.12.

2.4.4.2. Chapas de Relleno con Espesor Grueso

Cuando el espesor de la chapa de relleno es mayor que 6 mm y adecuada para transmitir esfuerzos entre las partes conectadas, la misma se prolongará con un largo mayor que la chapa o material base de empalme. Las soldaduras entre la chapa de relleno y la de empalme deberán garantizar una adecuada transmisión de esfuerzos sobre la chapa de relleno y la sección de la chapa de relleno deberá resistir la carga aplicada correspondiente.

Las soldaduras entre la chapa de relleno y la chapa o material base a ser conectado o empalmado deberán garantizar una adecuada transmisión de la carga aplicada, tal como se indica en la Figura 2.13.

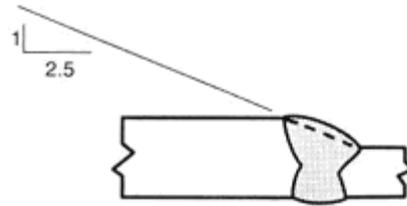
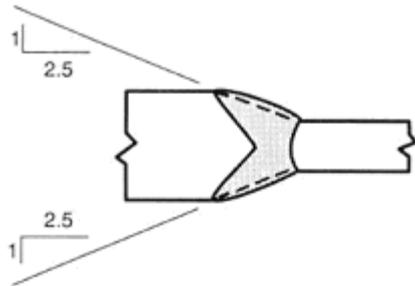
2.4.4.3. Formas Típicas de Unión de Elementos Estructurales Tubulares.

La Figura 2.16 muestra esquemas típicos de uniones tubulares del tipo oblicua, T, Y y K. Por su parte la Figura 2.17 muestra los requerimientos típicos para la unión telescópica de elementos estructurales tubulares realizada con filete.

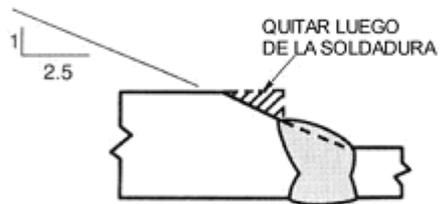
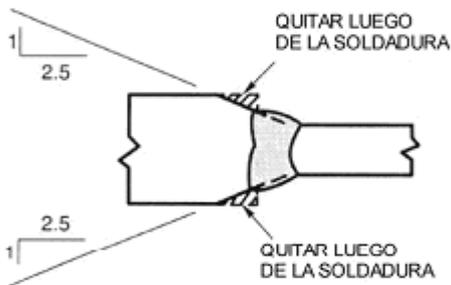
La Figura 2.18 muestra la forma de establecer el largo de filete efectivo (l_w) en una unión con filete curvilíneo en la unión de elementos estructurales tubulares

2.4.4.4. Transiciones de Espesor en Elementos Estructurales Tubulares

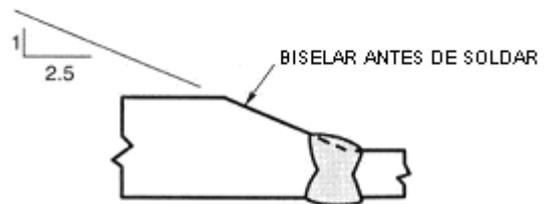
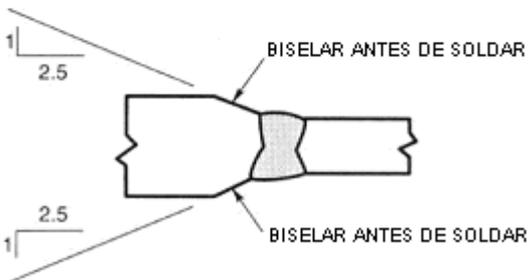
En juntas a tope de elementos estructurales tubulares alineados axialmente con diferentes espesores deberán ser preparadas de manera tal que la pendiente en la transición será menor que $1/2,5$ tal como se muestra en la Figura 2.19.



TRANSICION CON PENDIENTE O INCLINACION DE LA SUPERFICIE DE SOLDADURA



TRANSICION CON PENDIENTE O INCLINACION DE LA SUPERFICIE DE SOLDADURA Y BISELADO



TRANSICION POR BISELADO DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL DE MAYOR ESPESOR

ALINEACION POR LA LINEA DE CENTROS (APLICABLE PARTICULARMENTE A LAS CHAPAS DE DEL ALMA DE LAS VIGAS)

ALINEADA EN FORMA DESCENTRADA (APLICABLE PARTICULARMENTE A LAS CHAPAS DE LAS ALAS)

Figura 2.7. Transición de Juntas a Tope en Elementos Estructurales de Distintos Espesores (No Tubulares)

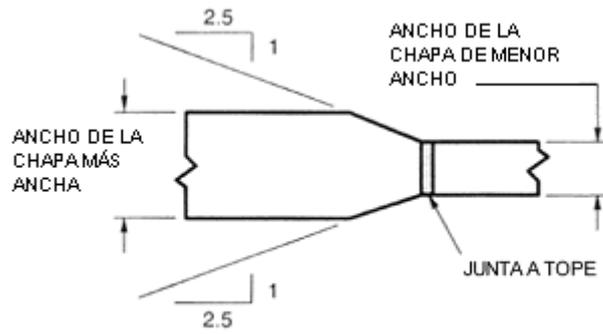


Figura 2.8. Transición de Anchos (Cargado Estáticamente, Unión No Tubular)

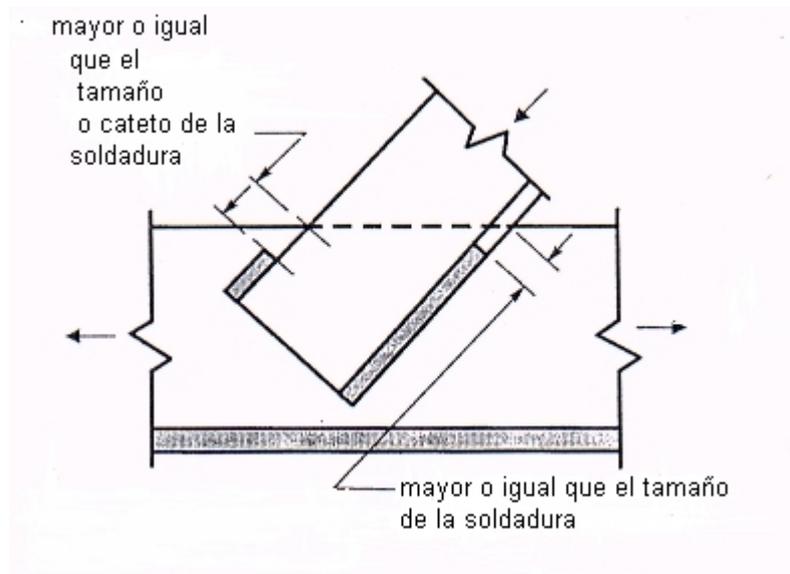
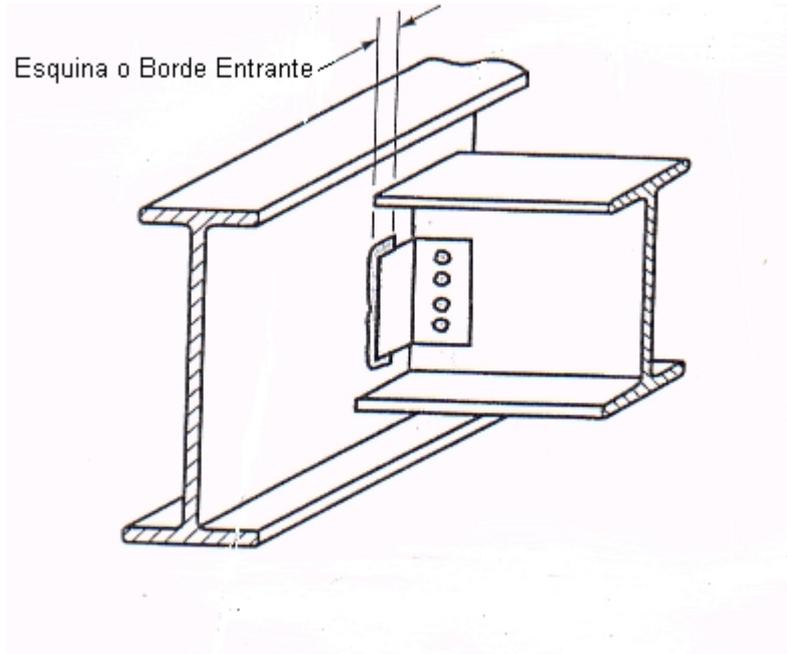


Figura 2.9. Terminaciones de las soldaduras próximas a los bordes de elementos estructurales sometidos a tracción



$2 C_t \leq \text{Retorno} \leq 4 C_t$
 Siendo: C_t tamaño o cateto de la soldadura

Figura 2.10. Esquinas entrantes o con retorno en uniones flexibles de elementos estructurales

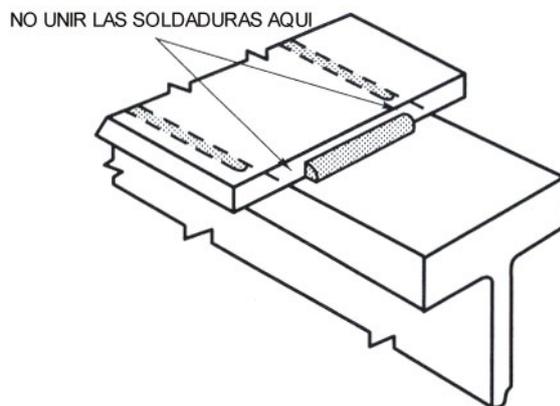
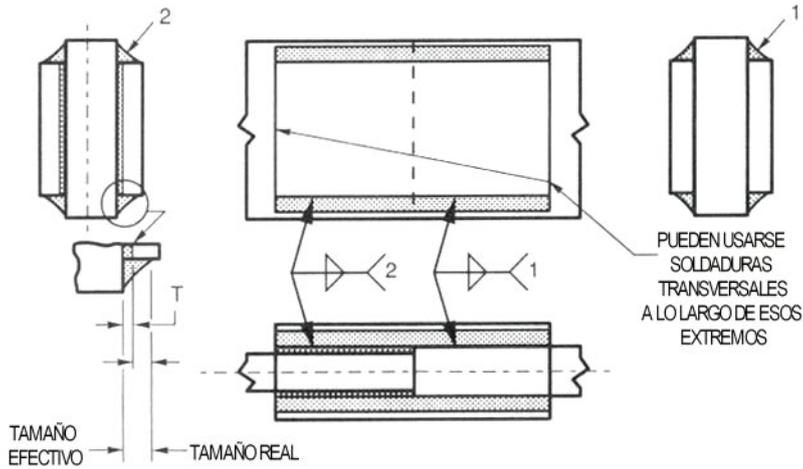
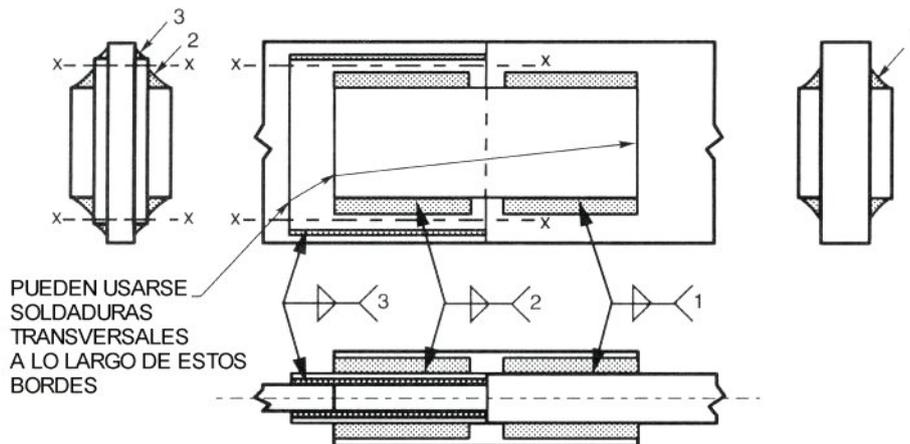


Figura 2.11. Soldaduras de Filete en los Lados Opuestos sobre un Plano en Común



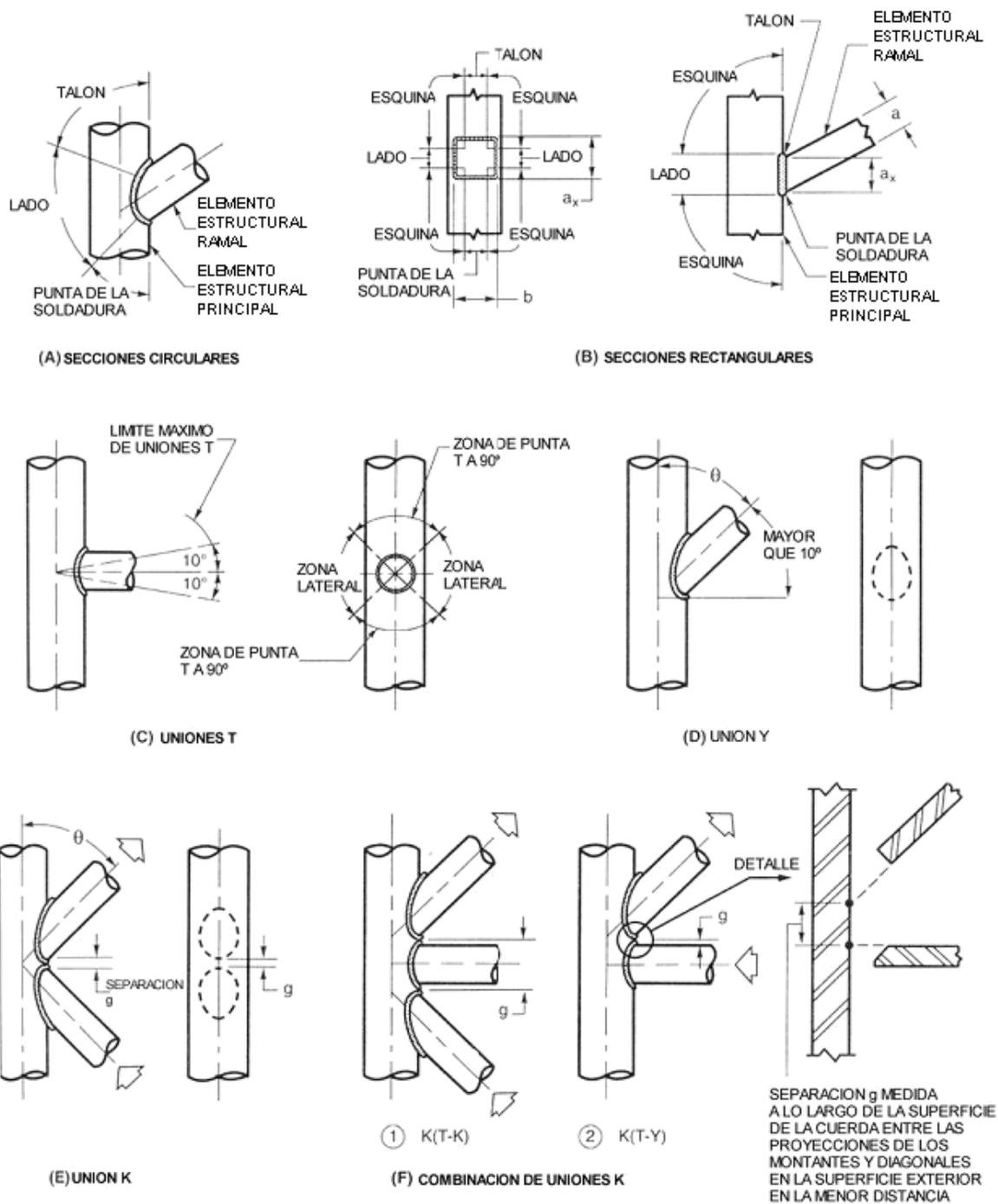
NOTA: EL AREA EFECTIVA DE LA SOLDADURA 2 DEBE SER IGUAL A LA MISMA DE LA SOLDADURA 1, PERO SU TAMAÑO DEBE SER SU TAMAÑO EFECTIVO MÁS EL ESPESOR DE LA CHAPA DE RELLENO T.

Figura 2.12. Chapas de Relleno para Empalmes de Espesor Fino



Nota : Las áreas efectivas de las soldaduras 1,2 y 3 deberán ser adecuadas para transmitir la carga de diseño y los largos de las soldaduras 1 y 2 deberán ser tales que eviten sobre tensiones en la chapa de relleno a lo largo de los planos x-x.

Figura 2.13. Chapas de Relleno para Empalmes de Espesor Grueso



Nota: La separación relevante es entre los montantes y diagonales cuyas cargas están esencialmente balanceadas.

Figura 2.16. Formas Típicas de Uniones Tubulares

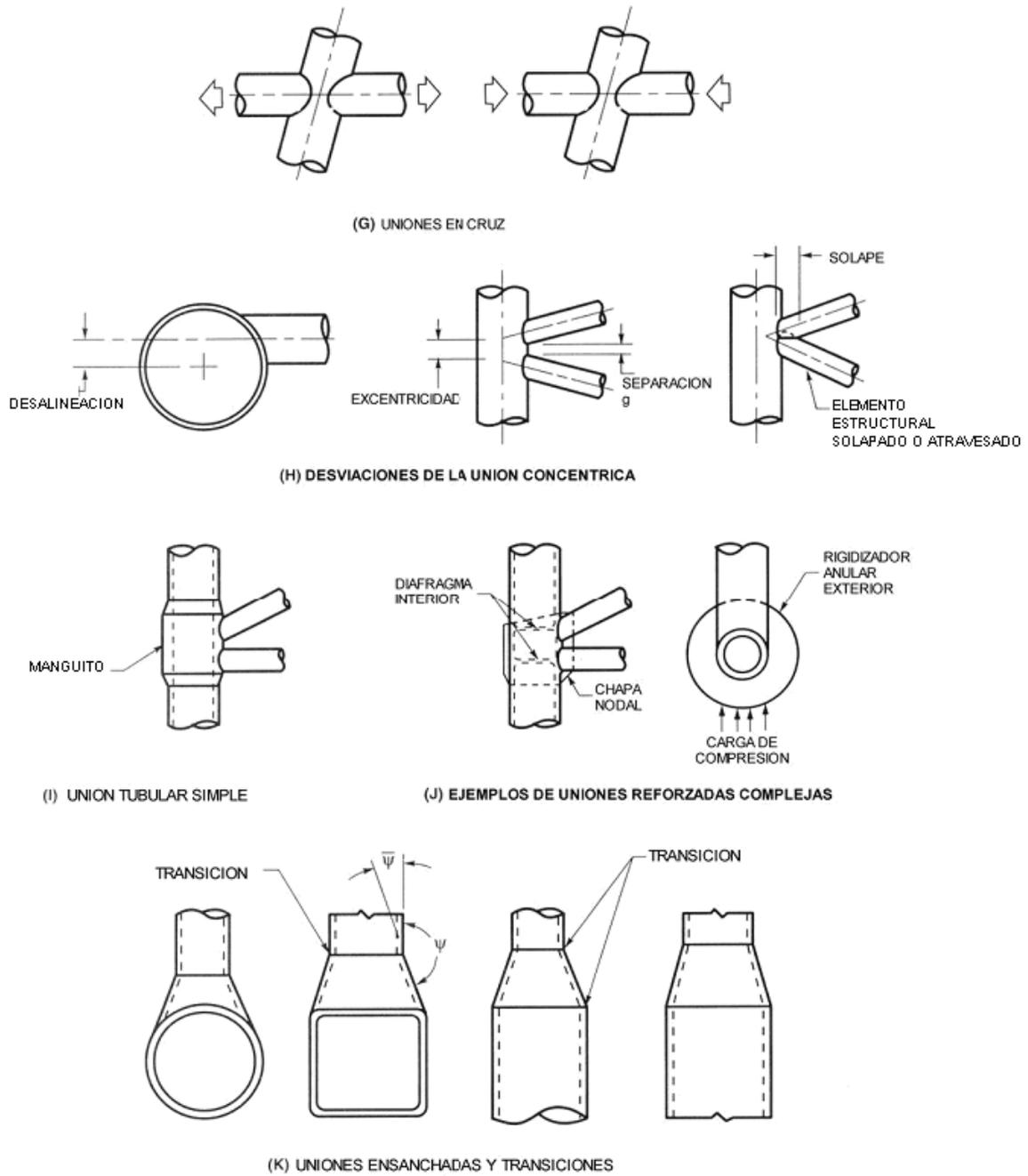
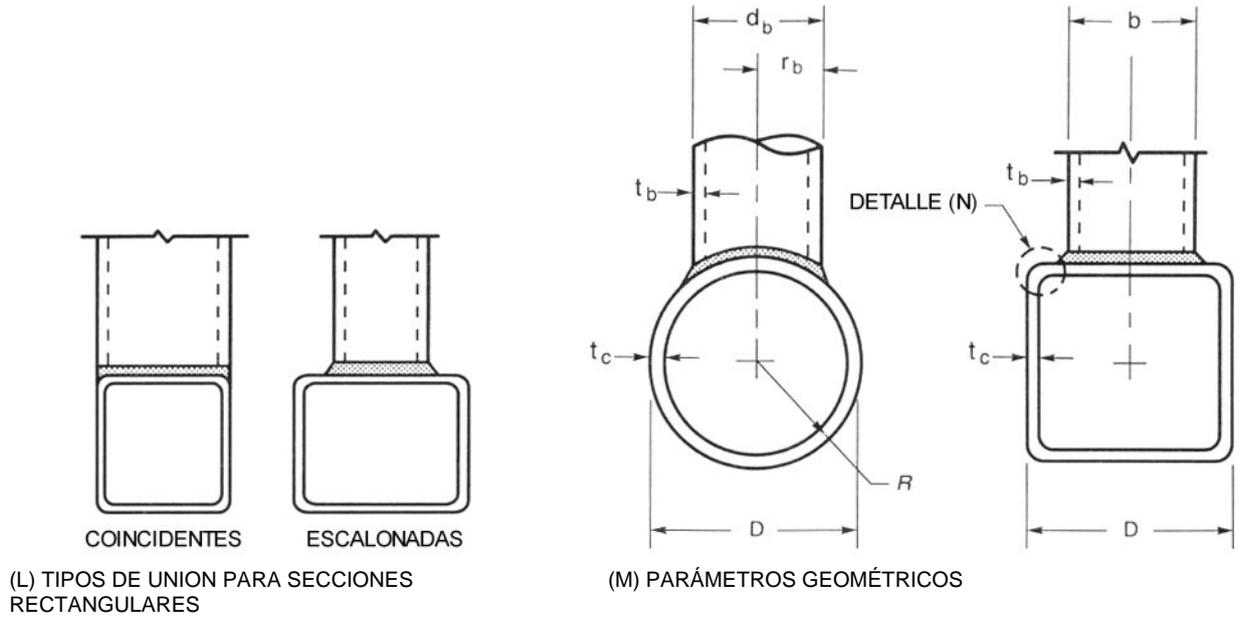


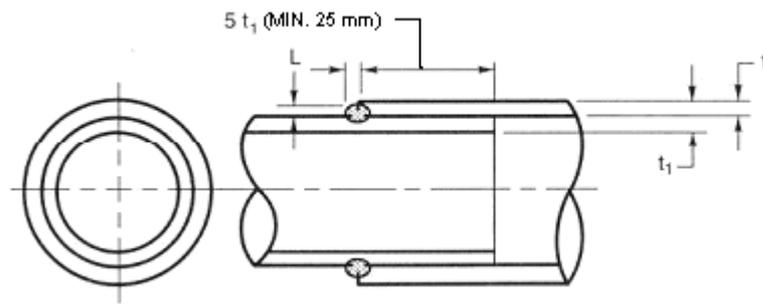
Figura 2.16 (Continuación). Formas Típicas de Uniones Tubulares



(N) DIMENSIÓN DE LA ESQUINA O MEDIDAD DEL RADIO

PARAMETRO	SECCIONES CIRCULARES	SECCIONES RECTANGULARES
β	r_b / R O d_b / D	b / D
η	—	a_x / D
γ	R / t_c	$D / 2t_c$
τ	t_b / t_c	t_b / t_c
θ	ANGULO ENTRE LAS LINEAS DE CENTROS DE LOS COMPONENTES	
ψ	ANGULO DIEDRO LOCAL EN UN PUNTO DADO DE LA JUNTA SOLDADA	
C	DIMENSIÓN DE LA ESQUINA MEDIDO A UN PUNTO DE TANGENCIA O CONTACTO CON UNA ESCUADRA A 90° UBICADA EN LA OTRA ESQUINA	

Figura 2.16 (Continuación). Formas Típicas de Uniones Tubulares



Nota: L = tamaño según se requiera

Figura 2.17. Junta Solapada o Yuxtapuesta, Soldada con Filete (Tubular)

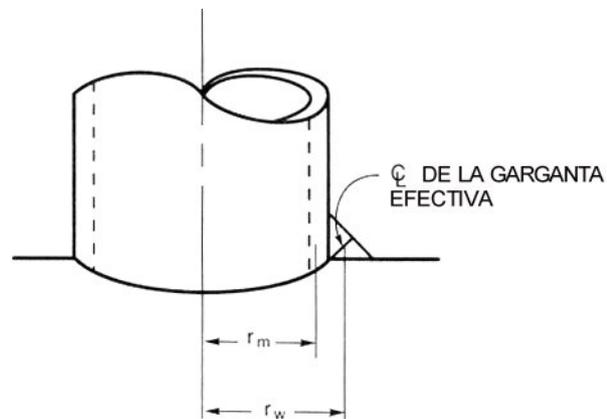


Figura 2.18. Radio de Proyección en Uniones Tubulares T, Y, y K, con soldadura de Filete

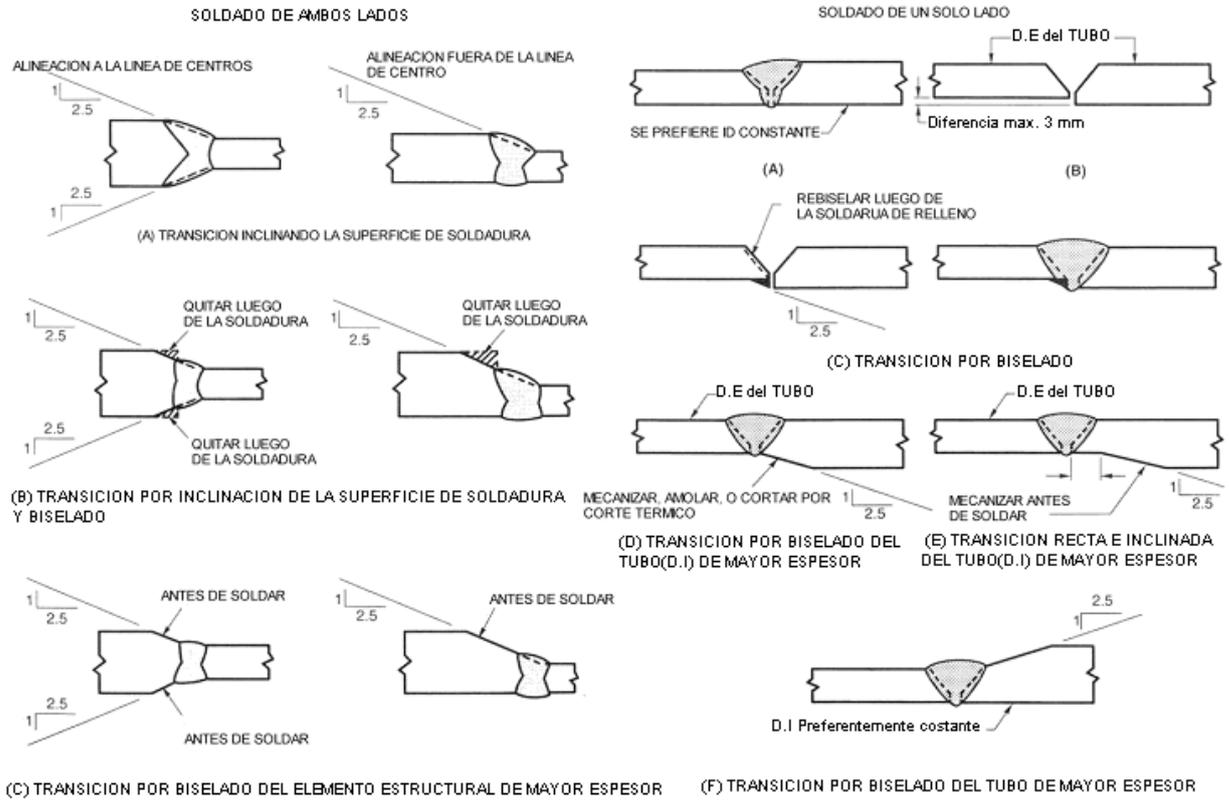


Figura 2.19. Transiciones de espesores en estructuras tubulares

3. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

3.1. ALCANCE

Este Capítulo cubre los requerimientos generales y específicos para la realización de la especificación de procedimiento de soldadura (EPS) correspondientes a uniones soldadas de elementos estructurales de aluminio y sus aleaciones. Este Capítulo 3 puede utilizarse en conjunto con los capítulos correspondientes del Reglamento CIRSOC 701.

Toda EPS requerirá calificación, la misma se efectuará siguiendo los lineamientos del Capítulo 4 de este Reglamento. Para cada EPS calificada deberá emitirse un documento denominado registro de calificación del procedimiento (RCP).

Toda EPS deberá ser escrita y es considerada para este Reglamento como un documento de ingeniería y/o fabricación. El Anexo I muestra el formato básico para una EPS

3.2. REQUERIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE UNA EPS

Los requerimientos generales para la elaboración de una EPS correspondiente a la fabricación y montaje de estructuras soldadas en aluminio son los indicados en esta Sección.

3.2.1. Selección de Juntas

Para la selección del tipo de junta a ser aplicada al diseño de la unión podrán utilizarse como guía, tanto para elementos estructurales no tubulares como tubulares, según sea el caso, los detalles de las Figuras

3.2.2. Procesos de Soldadura Aplicables

Se permite la aplicación de los siguientes procesos de soldadura por arco eléctrico:

- (1) soldadura por arco eléctrico con protección gaseosa (semiautomática alambre macizo), GMAW
- (2) soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa (GTAW)
- (3) Soldadura por plasma con polaridad variable (PAW- VP)

3.2.3. Material Base

Los materiales bases a ser utilizado en los elementos estructurales soldados deberán estar clasificados en una norma IRAM o ASTM. En la Tabla 3.1 se indican materiales base de aluminio y sus aleaciones de acuerdo con las normas IRAM y ASTM. Todo aquel material que no se encuentre clasificado según la Tabla 3.1 deberá estar aprobado su uso en la documentación y/o especificaciones de contrato y sometido a la calificación correspondiente de acuerdo con lo establecido en el Cap. 4 de este Reglamento.

Los materiales base clasificados por las normas IRAM, ASTM y la Asociación de Aluminio (Aluminum Association de los Estados Unidos) son agrupados para la indicación en la EPS de acuerdo con la siguiente codificación:

Grupo	Clasificación de la aleación
M21	1060, 1100, 3003, Alclad 3003, 5005, 5050
M22	3004, Alclad 3004, 5052, 5154, 5224, 5454, 5652
M23	6005, 6061, Alclad 6061, 6063, 6351
M24	2219
M25	5083, 5086, 5456
M26	A201.0, 354.0, C355.0, 356.0, A356.0, 357.0, A357.0, 359.0, 443.0, A444.0, 514.0, 535.0
M27	7005

3.2.4. Material de Aporte

Los materiales de aporte a ser aplicados en la EPS deberán estar clasificados de acuerdo con los requerimientos de la última edición de la norma ANSI/AWS A5.10 cuando no se encuentra emitida la norma IRAM correspondiente.

A modo de guía la Tabla 3.2 puede ser utilizada para seleccionar el material de aporte recomendado para la soldadura varias aleaciones de aluminio.

Los materiales de aporte para la soldadura clasificados según la norma ANSI/AWS 5.10 (o IRAM cuando se encuentra emitida) son agrupados para la indicación en la EPS de acuerdo con la siguiente codificación:

Grupo	Clasificación del material de aporte
F21	ER1100, ER1188, R1100, R1188
F22	ER5183, ER5356, ER5554, ER5556, ER5654, R5183, R5356, R5554, R5556, R5654
F23	ER4010, ER4043, ER4047, ER4145, ER4643, ER4010, R4043, R4047, R4145, R4643
F24	ER4009, R206.0, R357.0, R-A356.0, R357.0, R4009, R-C355.0, R4011
F25	ER2319, R2319

3.2.5. Selección de la Junta

La selección del tipo de junta establecer en la EPS estará de acuerdo con el diseño efectuado para la unión de los elementos estructurales. En este Cap. 3 se establece una guía con diferentes tipos de juntas recomendados para uniones soldadas, tanto no tubulares como tubulares, de elementos estructurales.

3.2.5.1. Soldadura de Filete

Las dimensiones de las soldaduras de filete se determinarán de acuerdo con lo establecido en el Cap. 2 de este Reglamento y el Reglamento CIRSOC 701

(1) Detalles para elementos estructurales no tubulares.

En las Figuras 2.1 y 2.2 del Cap.2 se indican las dimensiones y perfiles típicos de las soldaduras de filete.

(2) Detalles para elementos estructurales tubulares.

La Figura 3.1 muestra esquemas típicos de uniones estructurales tubulares con juntas de filete.

3.2.5.2. Juntas de Penetración Parcial (JPP)

Las dimensiones de las uniones soldadas de elementos estructurales utilizando JPP se determinarán de acuerdo con lo establecido en el Cap. 2 de este Reglamento y el Reglamento CIRSOC 701.

En la Figura 3.2 se muestran esquemas típicos de juntas de penetración parcial para proceso GMAW y adaptables a proceso GTAW.

3.2.5.3. Juntas de Penetración Completa (JPC)

Las dimensiones de las uniones soldadas de elementos estructurales utilizando JPC se determinarán de acuerdo con lo establecido en el Cap. 2 de este Reglamento y el Reglamento CIRSOC 701.

En la Figura 3.3 se muestran esquemas típicos de juntas de penetración completa para proceso GMAW solamente y para procesos GMAW y GTAW respectivamente.

La figuras 3.4 y 3.5 muestra esquemas típicos de uniones estructurales tubulares T, Y o K con JPC.

Tabla 3.1															
Productos de Aleaciones de Aluminio para Aplicaciones Estructurales															
N° Aleación (1)	Chapas y Planchuelas ASTM B 209	Tubos, Barras Laminadas o Terminadas en frío ASTM B 211	Barras, Perfiles y Tubos Extruidos IRAM 687 ASTM B 221	Perfiles Estructurales Estándar ASTM B 308	Tubos y Caños Extruidos sin Costura		Tubos y Caños Trefilados sin Costura		Tubos con Costura ASTM B 313	Accesorios Soldados ASTM B 361	Forjados ASTM B 247	Fundiciones en Arena ASTM B 26	Fundiciones en Moldes Permanentes ASTM B 108	Fundiciones ASTM B 618	Fundiciones de Alta Resistencia ASTM B 686
					ASTM B 241	ASTM B 429	ASTM B 210	ASTM B 483							
Aleaciones Trabajadas (Laminado, Estruido, Forjado, etc)															
1060	X	X	X		X		X	X		X					
1100	X	X	X		X		X	X	X		X				
1350			X												
2005			X												
2011			X												
2014			X												
2017A			X												
2219	X	X	X		X								X		
3003	X		X		X		X		X		X			X	
Alclad3003	X	X	X		X		X	X		X					
3004	X		X		X				X						
Alclad3004	X								X						
5005	X						X	X							
5050	X						X	X	X						
5052	X	X	X		X		X	X	X						
5083	X		X		X		X			X		X			
5086	X		X		X		X		X	X					
5154	X	X					X		X	X					
5254	X		X		X										
5454	X		X		X										
5456	X		X												
5452	X		X												
6005			X												
6005A			X												
6061	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X		
Alclad6061	X			X											
6063			X		X	X	X	X		X			X		

Tabla 3.1 (continuación)				
6060	X			
6066	X			
6070	X			
6082	X			
6161	X			
6463	X			
6262	X			
6351	X	X		
7005	X			
7075	X			
7020	X			
Aleaciones Fundidas				
A201.0				X
354.0			X	X
C355.0		X	X	X
356.0		X	X	X
A356.0		X	X	X
357.0			X	
A357.0			X	X
359.0			X	
443.0		X	X	X
A444.0			X	
514.0		X		X
535.0		X	X	X

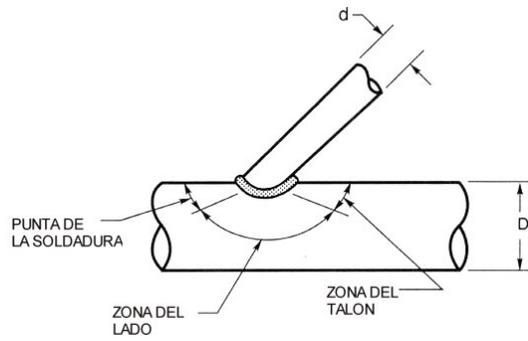
Nota 1: Las aleaciones trabajadas 1xxx, 3xxx, 5xxx, y aleaciones fundidas 4xx.x y 5xx.x no son tratables térmicamente. En tanto que las aleaciones trabajadas 2xxx, 6xxx y 7xxx así como las aleaciones fundidas x2xx y x3xx son tratables térmicamente.

Tabla 3.2.
Materiales de Aporte Recomendados para Diferentes Aleaciones de Aluminio para Soldadura Estructural

Material base a material base	1060 1100 3003 Alclad3003	2219 A201.0	3004 Alclad3004	5005 5050	5052 5652	5083 5456	5086 514.0 535.0	5154 5254	5454	6005 6061 Alclad6061 6063 6351	7005	354.0 C355.0	356.0 A356.0 357.0 A357.0 359.0 443.0 A444.0
356.0, A356.0, 357.0, A357.0, 443.0, A444.0	4043 (8)	4145 (5), (8)	4043 (8)	4043 (8)	4043 (8)	5356 (7)	5356 (7)	4043 (4)	4043 (4)	4043 (8),(9)	4043 (8)	4145 (5), (6), (8)	4043 (6), (8), (9)
354.0, C355.0	4145 (5), (8)	4145 (5),(8), (10)	4145 (5), (8)	4145 (5), (8)	NR	NR	NR	4043 (8)	4043 (8)	4145 (5), (8)	4145 (5), (8)	4145 (5), (6), (8)	
7005	5356 (5), (7)	4145 (5), (8)	5356 (5), (7)	5356 (5), (7)	5356 (4)	5556 (7)	5356 (7)	5356 (4)	5356 (4)	5356 (4), (5), (8)	5356 (7)		
6005, 6061, Alclad6061, 6063, 6351	4043 (8)	4145 (5), (8)	5356 (4), (5)	4043 (7), (8)	5356 (4), (5)	5356 (7)	5356 (7)	5356 (4)	5356 (4), (5)	4043 (4), (8), (13)			
5454	4043 (7), (8)	4043 (8)	5356 (4), (5)	5356 (4), (5)	5356 (4), (5)	5356 (/)	5356 (/)	5356 (4)	5554 (5), (7), (8)				
5154, 5254	4043 (7), (8)	NR	5356 (4)	5356 (4)	5356 (4)	5356 (7)	5356 (7)	5356 (4)					
5086, 514.0, 535.0	5356 (7)	NR	5356 (7)	5356 (7)	5356 (7)	5356 (7)	5356 (7)						
5083, 5456	5356 (7)	NR	5356 (7)	5356 (7)	5356 (7)	5356 (7)							
5052, 5652	4043 (7), (8)	4043 (8)	4043 (7), (8)	4043 (7), (8)	5356 (4), (5), (8)								
5005, 5050	4043 (8), (11)	4145 (5)	4043 (7), (8)	4043 (8),(11)									
3004, Alclad 3004	4043 (7), (8)	4145 (5)	4043 (7),(8)										
2219, A201.0	4145 (5), (8)	2319 (5),(8) (9)											
1060, 1100, 3003, Alclad 3003	1100 (5), (6), (8) (12)												

Notas Tabla 3.2

- (1) Los materiales de aporte mostrados para cada combinación de metales base son los usualmente aplicados y satisfacen los requerimientos de la Tabla 4.6. De todas formas el material de aporte específico a seleccionar dependerá del uso y del tipo de junta y en otros casos se podrán ser usadas alternativas, notas (4) a (13), que pueden no satisfacer la Tabla 4.6. Cuando se indica NR significa que la combinación de material de aporte y base no son recomendables.
- (2) El material de aporte deberá cumplir con los requerimientos de la norma ANSI/AWS A5.10
- (3) La exposición a sustancias químicas específicas o a una temperatura mayor que 65 °C puede limitar la selección del aporte. Los materiales de aporte 5183, 5356, 5556 y 5654 no deberán ser utilizados para elevadas temperaturas de servicio. El material de aporte 5456 es adecuado para la soldadura de materiales base 5652 y 5254 para el servicio bajo peróxido de hidrógeno.
- (4) Las aleaciones 5183, 5356, 5554, 5556 y 5654 pueden ser utilizadas. En algunos casos contribuirán a: mejorar la similitud de coloración superficial después del tratamiento de anodizado, aumentar la ductilidad y aumentar la resistencia del metal de soldadura. La aleación 5554 es adecuada para la aplicación a elevada temperatura de servicio.
- (5) La aleación 4043 puede ser utilizada para algunas aplicaciones.
- (6) Un material de aporte con la misma composición del metal base se aplicará en algunos casos.
- (7) Pueden ser aplicadas las aleaciones 5183, 5356 y 5556.
- (8) La aleación 4047 puede ser utilizada para algunas aplicaciones.
- (9) La aleación 4145 puede ser utilizada.
- (10) La aleación 2319 puede ser utilizada.
- (11) La aleación 1100 puede ser utilizada
- (12) La aleación 1188 puede ser utilizada
- (13) La aleación 4643 puede ser utilizada, teniendo especial aplicabilidad en tamaños de soldadura iguales o mayores que 12 mm con tratamiento térmico de solución y endurecimiento por precipitación.



L min. para:

	$E=0.7t$	$E=t$	$E=1.07t$
TALON $< 60^\circ$	1.5t	1.5t	EL MAYOR DE 1.5t, O $1.4T+Z$
LADO $\leq 100^\circ$	t	1.4t	1.5t
LADO 100-110°	1.1t	1.6t	1.75t
LADO 110-120°	1.2t	1.8t	2.0t
TALON $> 102^\circ$	BISEL t	BISEL 1.4t	BISEL TOTAL BISEL DE 60-90°

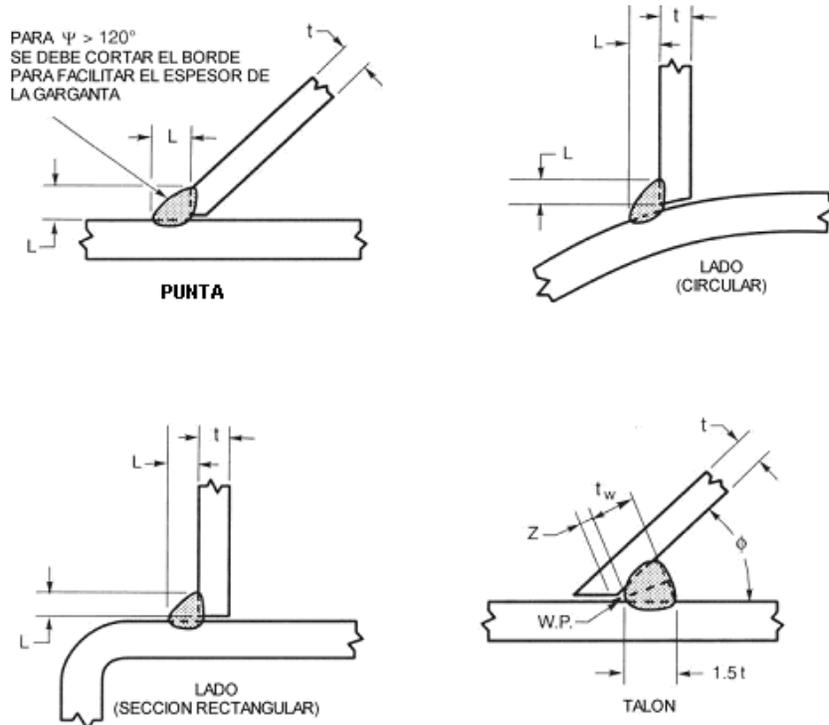
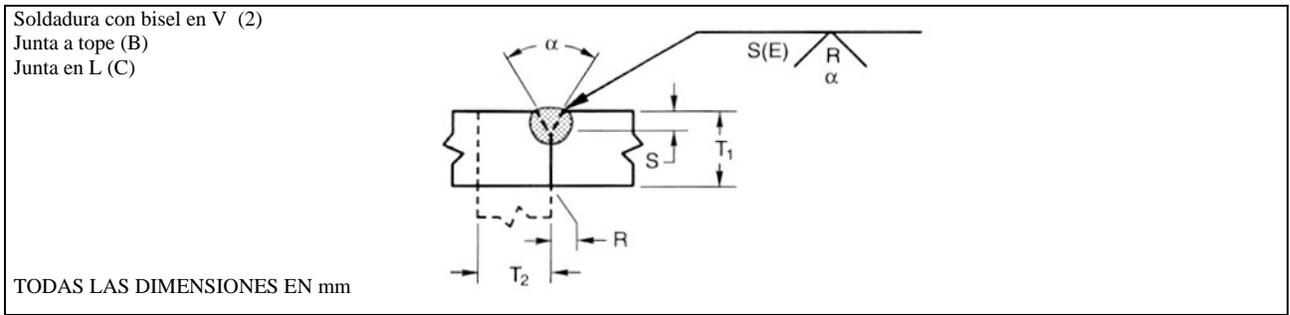
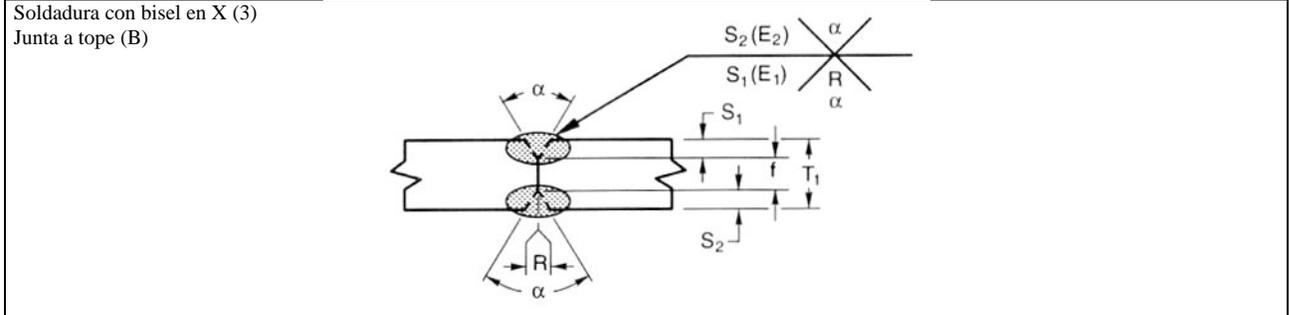


Figura 3.1. Uniones tubulares con junta de filete



Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel		Posiciones de Soldadura Permitidas	Tamaño de la Soldadura (E)	Notas	
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz	Angulo de Bisel				Discrepancias
GMAW	BC-P2-G	6 min	I	R = 0	f = 3 min	+3, -2 ±2 +10°, -5°	Todas	S	1, 5, 10



Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel		Posiciones de Soldadura Permitidas	Tamaño de la Soldadura (E)	Notas	
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz	Angulo de Bisel				Discrepancias
GMAW	B-P3-G	12 min	—	R = 0	f = 3 min	+3, -2 ±2 +10°, -5°	Todas	S ₁ + S ₂	5, 8, 9

Figura 3.2. Detalles de juntas recomendadas con penetración parcial (JPP)

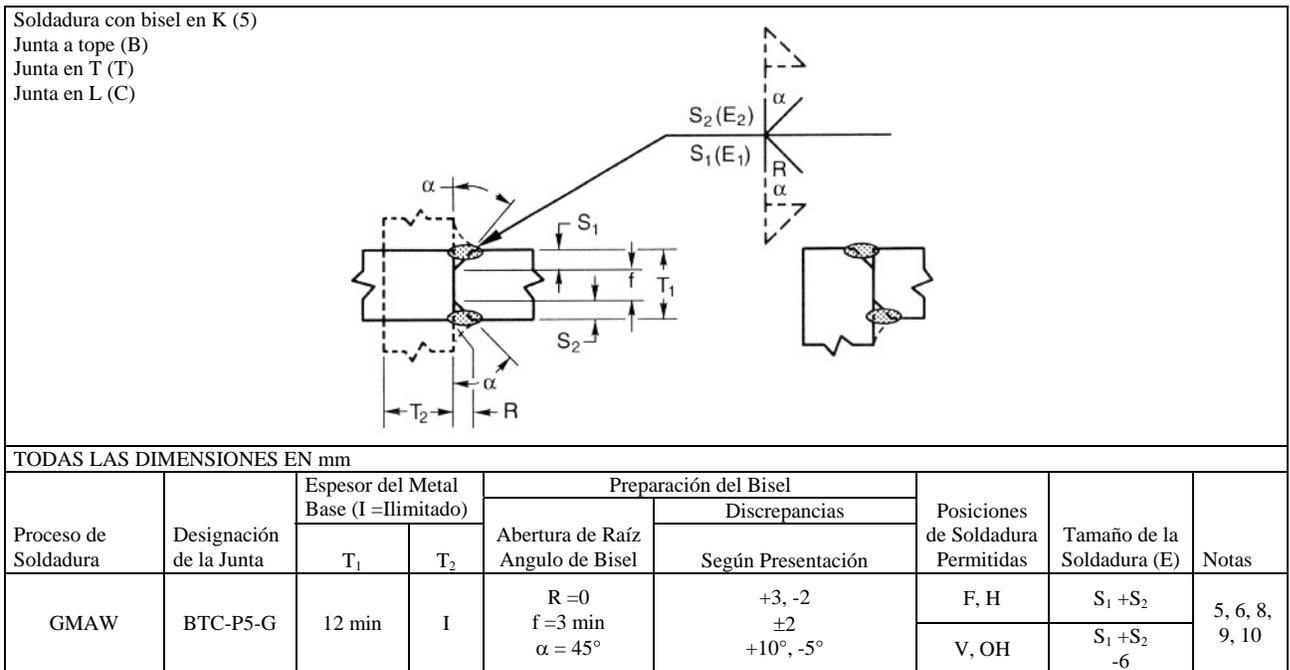
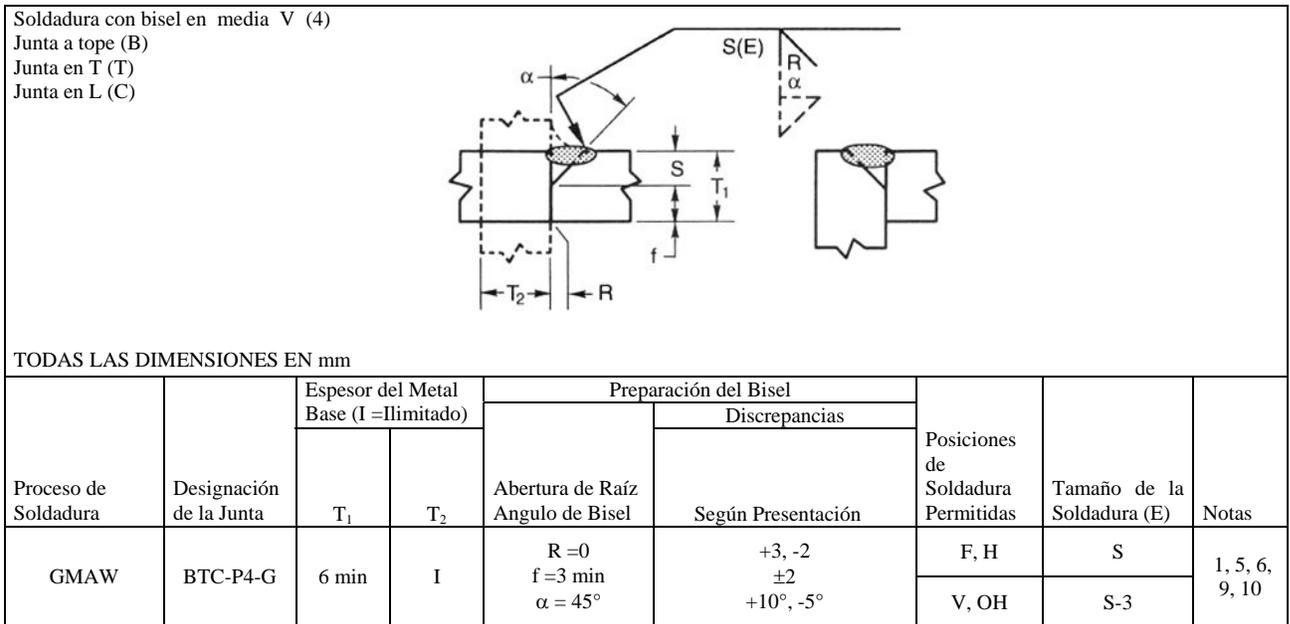


Figura 3.2.(continuación) Detalles de juntas con penetración parcial (JPP)

Soldadura con bisel en U simple (6)
 Junta a Tope (B)
 Junta en L (C)

TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

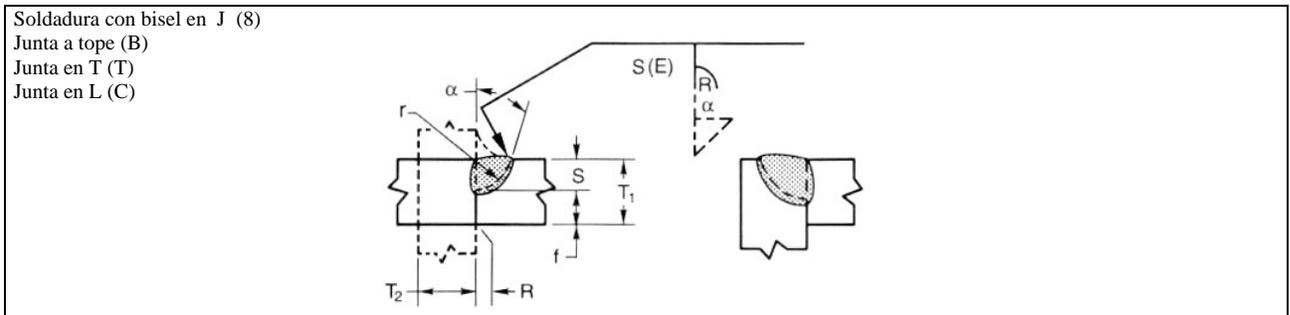
Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel		Posiciones de Soldadura Permitidas	Tamaño de Soldadura (E)	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz Angulo de Bisel	Discrepancias			
					Según Presentación			
GMAW	BC-P6-G	6 min	I	R = 0 f = 3 min r = 6 α = 20°	+3, -1.6 ±2 ±2 +10°, -5°	Todas	S	1, 5, 9

Soldadura con bisel en doble U(7)
 Junta a Tope (B)

TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel		Posiciones de Soldadura Permitidas	Tamaño de Soldadura (E)	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz Angulo de Bisel	Discrepancias			
					Según Presentación			
GMAW	B-P7-G	12 min	—	R = 0 f = 3 min r = 6 α = 20°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5°	Todas	S ₁ + S ₂	5, 8, 9

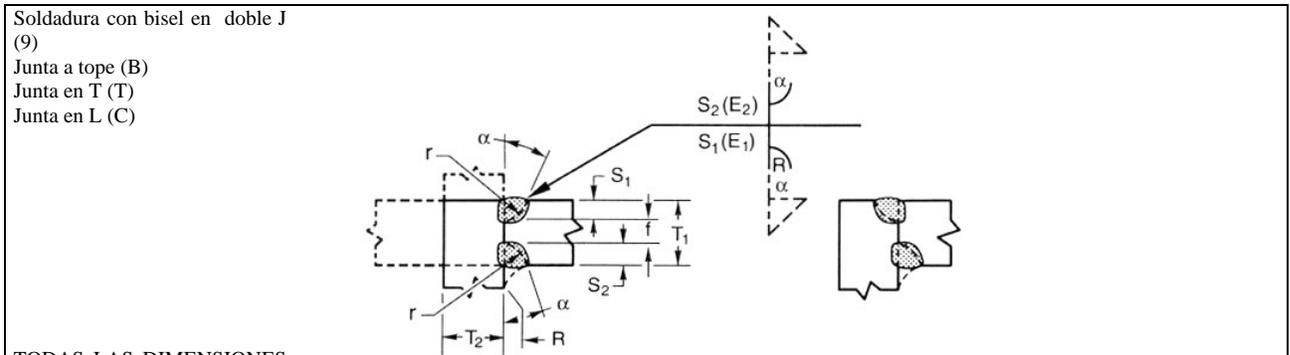
Figura 3.2.(continuación) Detalles de juntas con penetración parcial (JPP)



TODAS LAS DIMENSIONES
 EN mm

Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I=Ilimitado)		Preparación del Bisel		Posiciones de Soldadura Permitidas	Tamaño de la Soldadura (E)	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz Angulo de Bisel	Discrepancias Según Presentación			
GMAW	TC-P8-G	6 min	I	R = 0 f = 3 min r = 10 $\alpha = 30^\circ$ * $\alpha = 45^\circ$ **	+3, -2 ± 2 ± 2 $+10^\circ, -5^\circ$ $+10^\circ, -5^\circ$	Todas	S	5, 6, 19, 10
GMAW	B-P8-G	6 min	I	R = 0 f = 3 min r = 10 $\alpha = 30^\circ$	+3, -2 ± 2 ± 2 $+10^\circ, -5^\circ$	Todas	S	5, 6, 9, 10

* Se aplica al lado interno de las juntas L
 **Se aplica al lado externo de las juntas L

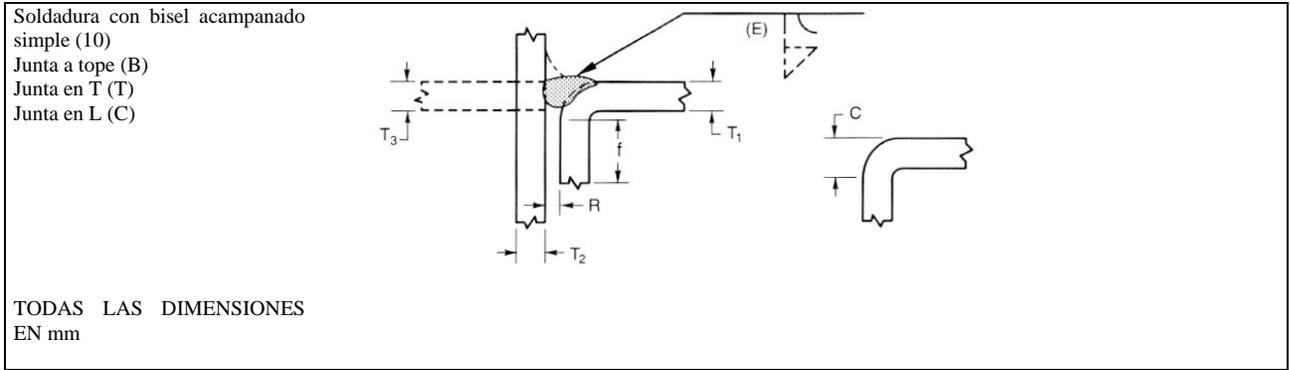


TODAS LAS DIMENSIONES
 EN mm

Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I=Ilimitado)		Preparación del Bisel		Posiciones de Soldadura Permitidas	Tamaño de la Soldadura (E)	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz Angulo de Bisel	Discrepancias Según Presentación			
GMAW	B-P9-G	6 min	I	R = 0 f = 3 min r = 10 $\alpha = 30^\circ$	+3, -2 ± 2 ± 2 $+10^\circ, -5^\circ$	Todas	S ₁ + S ₂	5, 6, 8, 9, 10
GMAW	TC-P9-G	6 min	I	R = 0 f = 3 min r = 10 $\alpha = 30^\circ$ * $\alpha = 45^\circ$ **	+3, -2 ± 2 ± 2 $+10^\circ, -5^\circ$ $+10^\circ, -5^\circ$	Todas	S ₁ + S ₂	5, 6, 8, 9, 10

* Se aplica al lado interno de las juntas L
 **Se aplica al lado externo de las juntas L

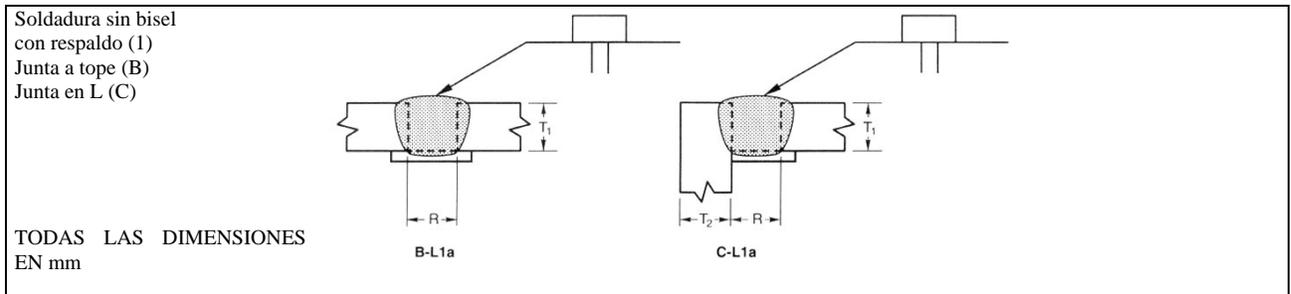
Figura 3.2.(continuación) Detalles de juntas con penetración parcial (JPP)



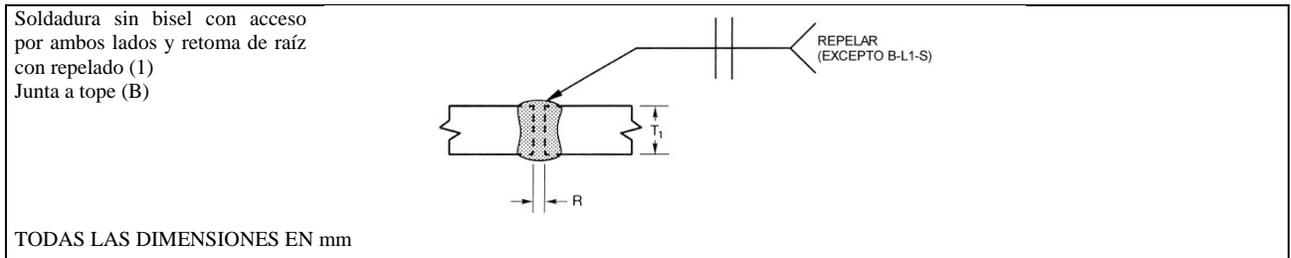
Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)			Preparación del Bisel		Posiciones de Soldadura Permitidas	Tamaño de la Soldadura (E)	Notas
		T ₁	T ₂	T ₃	Abertura de Raíz Esquina (C)	Discrepancias			
						Según Presentación			
GMAW	BTC-P10-G	5min	I	T ₁ min	R = 0 f = 5 min C = $\frac{3T_1}{2}$ min	+3, -2 +I, -2 +I, -0	Todas	5/8T ₁	6, 9, 11

* Para tubos rectangulares conformados en frío, la dimensión C no está limitada. Ver lo siguiente:
 El tamaño efectivo de la soldadura con bisel acampanado simple en juntas soldadas. Los ensayos fueron realizados en material conformado en frío exhibiendo la dimensión "C" tan chica como T₁ con un radio nominal de 2t. Según se incrementa el radio, la dimensión "C" también se incrementa. La curvatura de la esquina puede no ser un cuarto del círculo tangente a los lados. La dimensión, "C", puede ser menor que el radio de la esquina.

Figura 3.2.(continuación) Detalles de juntas con penetración parcial (JPP)



Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación de los bordes		Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz (R)	Discrepancias		
					Según Presentación		
GMAW	B-L1a	5 max	-	T ₁	+6, -2	F, V	
	C-L1a	5 max	I	T ₁	+6, -2	F, V	
GMAW	B-L1b	6 max	-	10 ₁	+6, -2	OH	
	C-L1b	6 max	I	10	+6, -2	OH	
GTAW	B-L1a	3 max	-	T ₁	+6, -2	Todas	
	B-L1b	3 max	13	T ₁	+6, -2	Todas	



Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación de los bordes		Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz (R)	Discrepancias		
					Según Presentación		
GMAW	B-L1	10 max	-	0 a 2	± 2	F, V	1
GMAW	B-L1	6 max	-	0 a 3	± 2	Todas	1

Figura 3.3. Detalles de juntas con penetración completa (JPC)

Soldadura sin bisel con acceso por ambos lados y retoma de raíz con repelado (1)
 Junta T (T)
 Junta en L (C)

TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación de los bordes		Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz (R)	Discrepancias Según Presentación		
GMAW	TC-L1 c	10 max	≤ 6	0 a 2	± 2	F, V	1, 2
			> 6, ≤ 10	2			
GTAW	TC-L1 c	10 max	≥ 13	0 a 3	± 2	Todas	1, 2

Soldadura con bisel en V y respaldo (2)
 Junta A Tope (B)

TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel		Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz Talón	Discrepancias Según Presentación		
GMAW	B-U2-a	I	-	R = 10 f = 1 a 3 α = 60°	+ 6, - 2 ± 2 +10°, -5°	Todas	3
GTAW	B-L2-a	13 max	-	R = 10 f = 1 a 3 α = 60°	+ 6, - 2 ± 2 +10°, -5°	Todas	-

Figura 3.3.(continuación) Detalles de juntas con penetración completa (JPC)

Soldadura con bisel en V y acceso por ambos lados con retoma de raíz y repelado o con respaldo removible (2)
 Junta A Tope (B)

TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel		Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz Talón Angulo de bisel	Discrepancias Según Presentación		
GMAW	B-U2-b	≤ 25	-	R = 0 a 3 f = 2 a 3 α = 60°	R = ± 2 f = ± 2 α = +10°, -5°	Todas	1, 3
		> 25		R = 0 a 3 f = 1/8 T ₁ α = 60°			
GTAW	B-L2-b	13 max	-	R = 10 f = 1 a 3 α = 60°	+ 6, - 2 ± 2 +10°, -5°	Todas	1

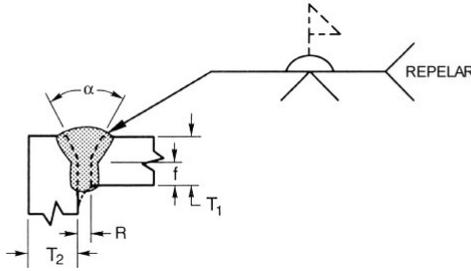
Soldadura con bisel en V y respaldo (2)
 Junta en L (C)

TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel		Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz Talón Angulo de bisel	Discrepancias Según Presentación		
GMAW,	C-U2a	I	I	R = 6 f = 2 α = 70°	+6, - 2 ± 2 +10°, -5°	Todas	3
				R = 10 f = 2 α = 60°			
GTAW	C-L2c-S	13 max	13 max	R = 6 f = 2 α = 70°	+6, - 2 ± 2 +10°, -5°	Todas	-
				R = 10 f = 2 α = 60°			

Figura 3.3.(continuación) Detalles de juntas con penetración completa (JPC)

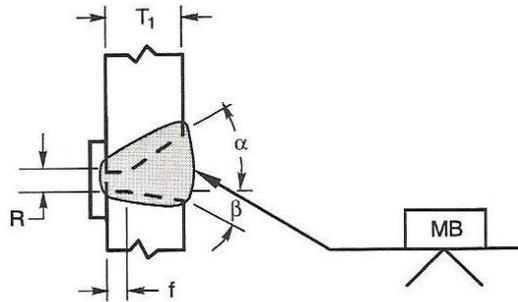
Soldadura con bisel en V y acceso por ambos lados con retoma de raíz y repelado (2)
Junta en L (C)



TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel		Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz Talón	Discrepancias Según Presentación		
GMAW,	C-U2a	≤ 25	I	R = 0 a 3 f = 2 a 3 α = 60°	± 2 ± 2 +10°, -5°	Todas	1, 2, 3
		> 25		R = 0 a 3 f = 1/8 T ₁ α = 60°			
GTAW	C-L2c-S	13 max	13 max	R = 0 a 3 f = 2 a 3 α = 60°	± 2 ± 2 +10°, -5°	Todas	1, 2

Soldadura con bisel en V con respaldo (2)
Junta a Tope (B)

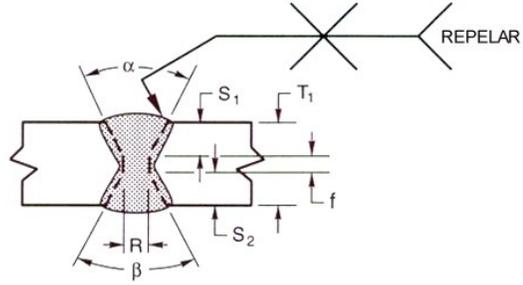


TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel		Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz Talón	Discrepancias Según presentación		
GMAW	B-U2c	I	—	R = 10 f = 0 a 2 α = 45° β = 15°	R = + 6, - 2 f = ± 2 α + β = + 10°, - 5°	H	-

Figura 3.3.(continuación) Detalles de juntas con penetración completa (JPC)

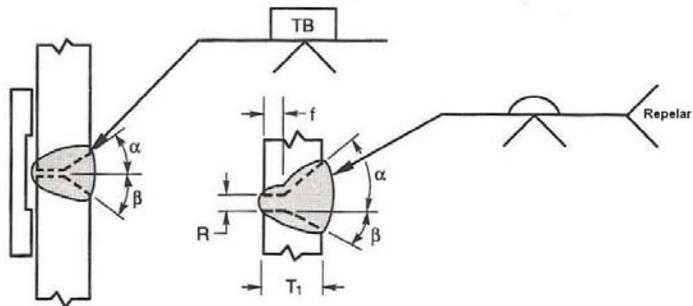
Soldadura con bisel X con retoma de raíz y repelado (3)
Junta A Tope (B)



TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel		Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz Talón Ángulo de bisel	Discrepancias Según Presentación		
GMAW	B-U3a	I (Recomendado ≥ 16)	-	R = 0 a 2 f = 2 a 3 α = β = 60°	± 2 ± 2 +10°, -5°	Todas	1, 2, 4, 7

Soldadura con bisel V con retoma de raíz y repelado o respaldo removible(4)
Junta a Tope (B)



TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel		Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz Talón Ángulo de bisel	Discrepancias Según presentación		
GMAW	B-U2d	≤ 25	—	R = 0 a 2 f = 2 a 3 α + β = 45° β = 0 a 15°	R = ± 2 f = ± 2 α + β = + 10°, - 5°	H	1, 3
		> 25		R = 0 a 2 f = 1/8 T ₁ α + β = 45° β = 0 a 15			

Soldadura con bisel X con retoma de raíz y repelado (3)
 Junta a Tope (B)

TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel			Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz Talón	Discrepancias			
					Según presentación			
GMAW	B-U3b	I Preferente ≥ 16	—	R = 0 a 3 f = 2 a 3 α + β = 60 ° β = 0 a 15°	R = ± 2 f = ± 2 α + β = + 10°, - 5°	H	1, 4, 8	

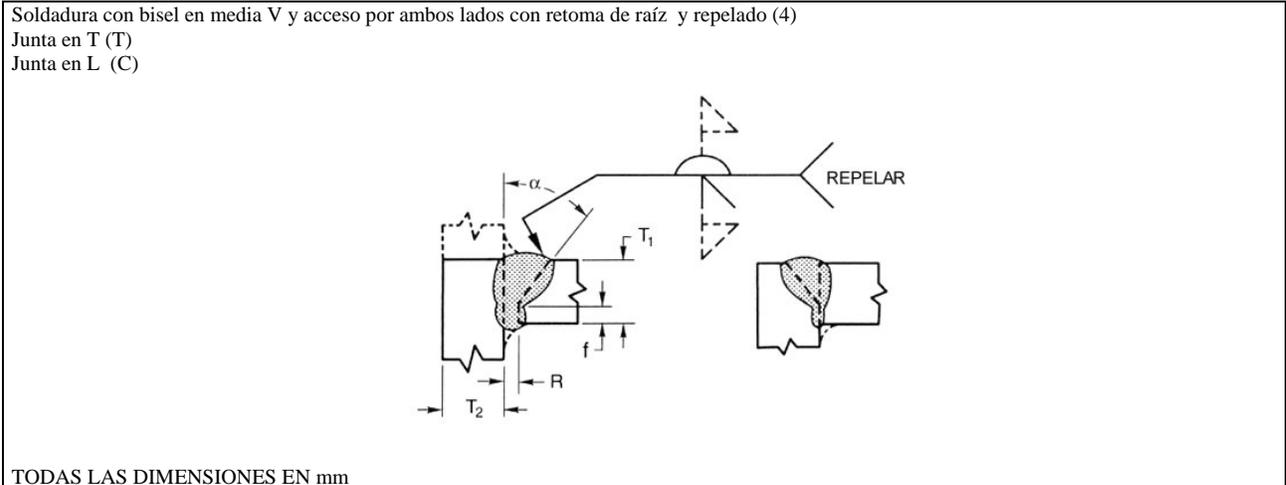
Soldadura con bisel en media V con respaldo (4)
 Junta a Tope (B)

TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel			Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz (R)	Talón (f)	Ángulo de bisel(α)		
GMAW	TC-U4a	I	I	10	0 a 2	60 °	Todas	2, 5, 6
GTAW	TC-L4a	≤ 13	≤ 13	10	0 a 2	60 °	F	

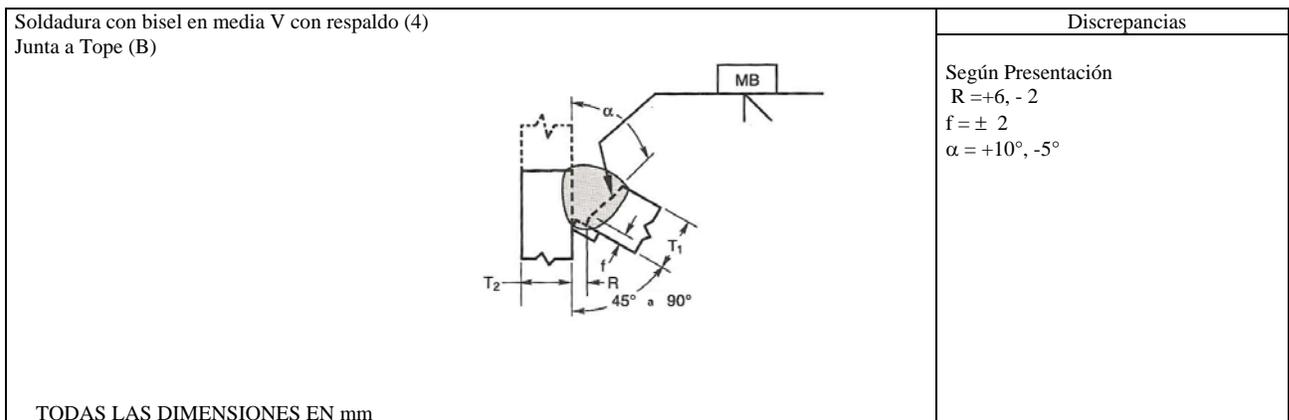
Según Presentación
 R = +6, - 2
 f = ± 2
 α = +10°, -5°

Figura 3.3.(continuación) Detalles de juntas con penetración completa (JPC)



TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel		Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz Talón	Discrepancias Según Presentación		
GMAW	TC-U4b	I	I	R = 0 a 2 f = 2 a 3 $\alpha = 60^\circ$	± 2 ± 2 $+10^\circ, -5^\circ$	Todas	1, 2, 5, 6
GTAW	TC-L4b	I	I	R = 0 a 2 f = 2 a 3 $\alpha = 60^\circ$	± 2 ± 2 $+10^\circ, -5^\circ$	Todas	



TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel			Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz (R)	Talón (f)	Ángulo de bisel (α)		
GMAW	TC-U4c	I	I	10	2	60°	Todas	2, 5
GTAW	TC-L4c	≤ 13	≤ 13	10	2	60°	Todas	

Figura 3.3.(continuación) Detalles de juntas con penetración completa (JPC)

Soldadura con bisel en K con retoma de raíz y repelado (5)								Discrepancias
Junta a Tope (B)								Según Presentación
Junta en T (T)								
Junta en L (C)								R = ± 2 f = ± 2 $\alpha = +10^\circ, -5^\circ$
TODAS LAS DIMENSIONES EN mm								
Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel			Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz (R)	Talón (f)	Angulo de Bisel (α)		
GMAW	B-U5a	I (preferentemente ≥ 16)	-	0 a 2	2 a 3	$\alpha = 60^\circ$	Todas	1, 4
	TC-U5a	I (preferentemente ≥ 16)	I	0 a 2	2 a 3	$\alpha = 60^\circ$	Todas	1, 2, 4, 5

Figura 3.3.(continuación) Detalles de juntas con penetración completa (JPC)

Soldadura con bisel en U y acceso por ambos lados con retoma de raíz y repelado (6) Junta a Tope (B) Junta en L (C)								Discrepancias	
								Según Presentación	
								$R = \pm 2$ $f = \pm 2$ $\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	
TODAS LAS DIMENSIONES EN mm									
Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel				Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz (R)	Angulo de Bisel (α)	Talón (f)	Radio de Bisel (r)		
GMAW	B-U6	I (preferentemente ≥ 16)	-	0 a 2	60°	3 a 6	6	Todas	1
GTAW	C-U6	I (preferentemente ≥ 16)	I	0 a 2	60°	3 a 6	6	Todas	1, 2

Soldadura con bisel en doble U con retoma de raíz y repelado (7) Junta a Tope (B)								Discrepancias	
								Según Presentación	
								$R = \pm 2$ $\alpha = +10^\circ, -5^\circ$ $f = \pm 2$ $r = \pm 2$	
TODAS LAS DIMENSIONES EN mm									
Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel				Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz (R)	Angulo de Bisel (α)	Talón (f)	Radio de Bisel (r)		
GMAW	B-U7	I (preferentemente ≥ 16)	-	0 a 2	60°	3 a 6	6	Todas	1, 4

Figura 3.3.(continuación) Detalles de juntas con penetración completa (JPC)

<p>Soldadura con bisel en J y acceso por ambos lados con retoma de raíz y repelado (8) Junta a Tope (B)</p>								<p>Discrepancias</p> <p>Según Presentación</p> <p>R= ± 2 α = +10°, -5° f = ± 2 r = ± 2</p>	
<p>TODAS LAS DIMENSIONES EN mm</p>									
Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel				Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz (R)	Angulo de Bisel (α)	Talón (f)	Radio de Bisel		
GMAW	B-U8	I (preferentemente ≥ 16)	—	0 a 2	α = 60°	3 a 6	10	Todas	1, 6

<p>Soldadura con bisel en K con retoma de raíz y repelado (9) Junta a Tope (B)</p>								<p>Discrepancias</p> <p>Según Presentación</p> <p>R= ± 2 α = +10°, -5° f = ± 2 r = ± 2</p>	
<p>TODAS LAS DIMENSIONES EN mm</p>									
Proceso de Soldadura	Designación de la Junta	Espesor del Metal Base (I = Ilimitado)		Preparación del Bisel				Posiciones de Soldadura Permitidas	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz (R)	Angulo de Bisel (α)	Talón(f)	Radio de Bisel (r)		
GMAW	BTC-U9	I (preferentemente ≥ 16)	—	0 a 2	α = 60°	3	10	Todas	1, 4, 6

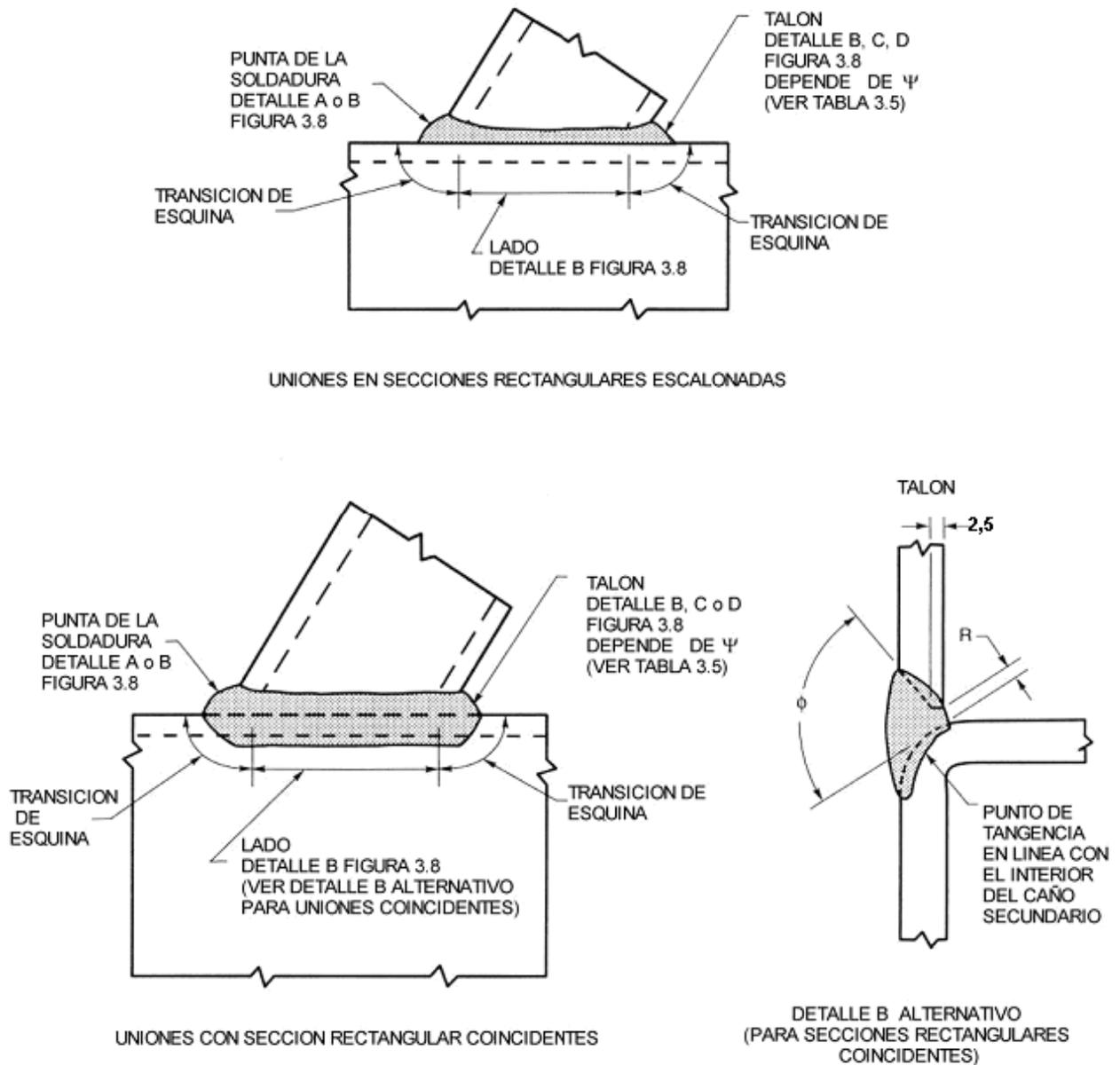
Figura 3.3.(continuación) Detalles de juntas con penetración completa (JPC)

Notas para las Figuras 3.2

1. La junta está soldada de un solo lado.
2. La aplicación de cargas cíclicas limita estas juntas a la posición horizontal de soldadura.
3. Repelar la raíz hasta el metal sano antes de soldar el segundo lado.
5. El tamaño mínimo de la soldadura (E) como se indica en el diseño según Cap.2. S tal como se especifica en los planos.
6. Si las soldaduras de filete son usadas para reforzar soldaduras con bisel en estructuras cargadas estáticamente en juntas en L o de esquina y en T, estos deberán ser igual a $\frac{1}{4} T_1$, pero no es necesario que exceda 10 mm. Las soldaduras con bisel en esquina y juntas en T cargadas cíclicamente, deberán estar reforzadas con soldaduras de filete iguales a $\frac{1}{4} T_1$, pero \leq que 10 mm.
7. Las soldaduras de bisel doble podrán tener biseles de distinta profundidad, pero la parte de bisel menos profunda será \geq que $\frac{1}{4}$ del espesor correspondiente al elemento estructural más fino.
8. Las soldaduras de bisel doble podrán tener biseles de distinta profundidad, debiendo cumplir las limitaciones de la Nota 6. También el tamaño de la soldadura (E) se aplica individualmente para cada bisel.
9. La orientación de los dos elementos estructurales en las juntas podrán variar desde 135° a 180° para juntas a tope, 45° a 135° para juntas en L y 45° a 90° para juntas T.
10. Para juntas en L o esquina, la preparación del bisel exterior podrá ser en ambos o en uno solo de los elementos estructurales, con tal que la configuración básica del bisel no sea cambiada, y se mantenga una distancia adecuada al borde para soportar las operaciones de soldadura sin una fusión excesiva de los mismos.
11. El tamaño de soldadura (E) está basado en la junta soldada a ras.

Notas para las Figuras 3.3

1. Repelado de la raíz previo a la soldadura del otro lado.
2. Si las soldaduras de filete son usadas para reforzar soldaduras con bisel en estructuras cargadas estáticamente en juntas en L o de esquina y en T, estos deberán ser igual a $\frac{1}{4} T_1$, pero no es necesario que exceda 10 mm. Las soldaduras con bisel en esquina y juntas en T cargadas cíclicamente, deberán estar reforzadas con soldaduras de filete iguales a $\frac{1}{4} T_1$, pero \leq que 10 mm.
3. Si $T \geq 20$ mm puede utilizarse bisel en U o V modificada.
4. Las soldaduras de bisel doble podrán tener biseles de distinta profundidad, pero la parte de bisel menos profunda será \geq que $\frac{1}{4}$ del espesor correspondiente al elemento estructural más fino.
5. Para juntas en L o esquina, la preparación del bisel exterior podrá ser en ambos o en uno solo de los elementos estructurales, con tal que la configuración básica del bisel no sea cambiada, y se mantenga una distancia adecuada al borde para soportar las operaciones de soldadura sin una fusión excesiva de los mismos.
6. doble bisel en U En la posición horizontal el bisel debería ubicarse en el elemento estructural superior
7. Si $T > 38$ mm puede utilizarse bisel en U o V modificada
8. Cuando la chapa de la parte inferior está biselada, realizar la pasada de raíz sobre ese lado.



Notas

1. Detalles A, B, C, D se deberán aplicar como se muestra en la Figura 3.8 y todas las notas de la Tabla 3.6.
2. La preparación de la junta para transiciones en esquina deberá proveer una transición suave de un detalle a otro. La soldadura debe ser llevada en forma continua alrededor de las esquinas, con estas totalmente rellenas y los inicios y cortes de arco dentro de las caras planas.
3. Las referencias a la Figura 3.8 incluyen las Figuras 3.9 y 3.10 según se adecue al espesor

Figura 3.4. Detalles de Juntas Precalificadas para Uniones Tubulares T, K e Y con JPC

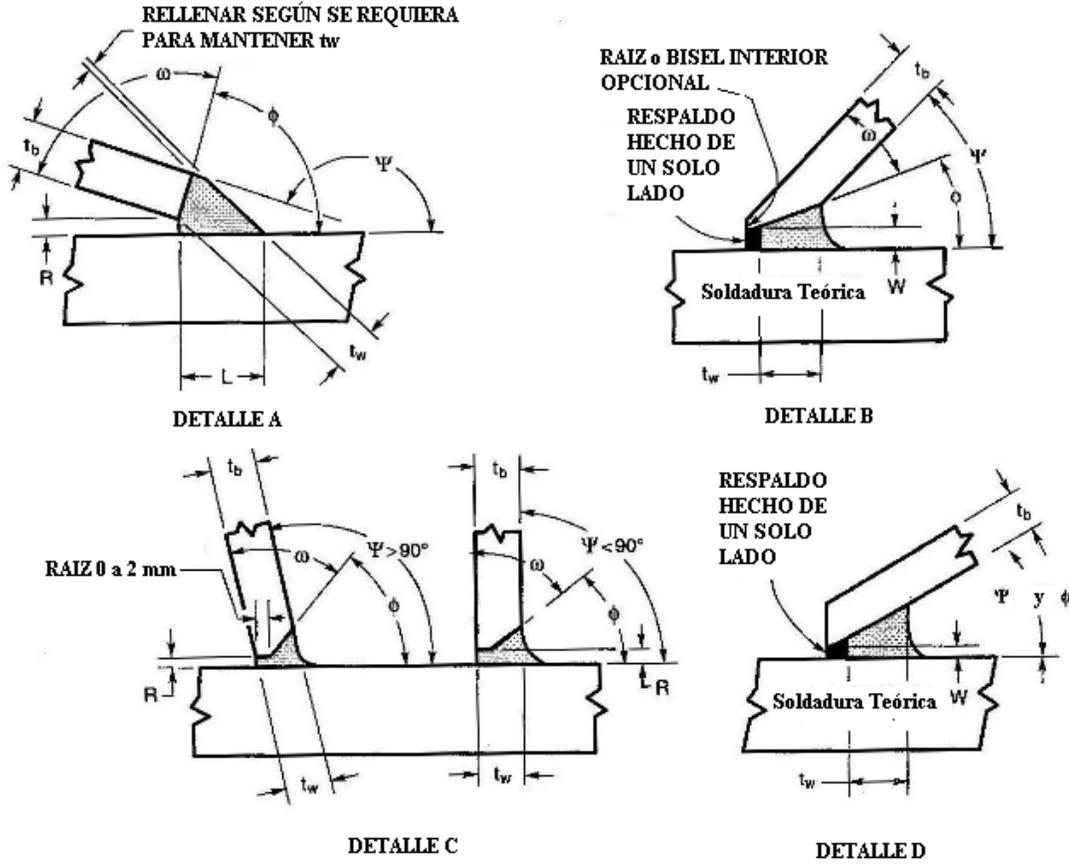


Figura 3.5. Esquemas de JPC para Uniones Tubulares de Sección Circular T, Y o K

		Detalle A $\psi = 180^\circ - 135^\circ$		Detalle B $\psi = 150^\circ - 50^\circ$		Detalle C $\psi = 75^\circ - 30^\circ$		Detalle D $\psi = 40^\circ - 15^\circ$	
Preparación del extremo (ω)		Máx.		90° ¹		*			
		Mín.		10° o 45° para $\psi > 105^\circ$		10°			
Presentación o Abertura de raíz (R)	Máx.	GMAW (1)	GTAW (1)	GMAW (1)	GTAW (1) 6 mm para $\phi > 45^\circ$	GTAW (1) (2)		** W máx. ϕ 3 mm 25°-40° 5 mm 15°-25°	
		5 mm	6 mm	8 mm para $\phi \leq 45^\circ$					
	Mín.	2 mm No hay limite mín. para $\phi \geq 90^\circ$	2 mm No hay limite mín. para $\phi \geq 120^\circ$	2 mm	2 mm	GMAW (1) (2)		3 mm 30°-40° 6 mm 25°-30° 10 mm 20°-25° 13 mm 15°-20°	
Angulo incluido de la Junta ϕ	Máx.	90°		60° para $\psi \leq 105^\circ$		40°; si es mayor usar Detalle B			
	Mín.	45°		37,5 °; si es menor usar Detalle C		½ ψ			
Soldadura completada	t_w	$\geq t_b$		$\geq t_b$ para $\psi > 90^\circ$		$\geq t_b / \text{sen } \psi$ pero no es necesario que exceda 1.75 t_b		$\geq 2 t_b$	
	L	$\geq t_b / \text{sen } \psi$ pero no es necesario que exceda 1.75 t_b		$\geq t_b / \text{sen } \psi$ para $\psi < 90^\circ$		La soldadura puede ser recubierta para alcanzar esto			

* Al menos que sea necesario mantener el ϕ requerido

** Pasadas iniciales de la soldadura de respaldo son descontadas hasta que el ancho de la junta W sea suficiente para asegurar una soldadura sana.

t_b = espesor del elemento estructural ramal

t_w = tamaño efectivo de la soldadura

Notas:

- (1) Detallas para GTAW son aplicados también para GMAW cuando la pasada de raíz es hecha con GTAW
- (2) En los detalles C y D la soldadura de respaldo puede ser hecha con GTAW

Figura 3.5 (continuación). Esquemas de JPC para Uniones Tubulares de Sección Circular T, Y o K

4. CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS (EPS), SOLDADORES Y OPERADORES DE SOLDADURA

4.1. ALCANCE

El Cap. 4 de este Reglamento cubre los requerimientos para ensayos de calificaciones de especificaciones de procedimientos de soldadura (EPS) y personal de soldadura. Específicamente el Cap. 4 comprende la calificación de la EPS y los ensayos de calificación requeridos por el Reglamento para determinar la habilidad del soldador, operador, o soldador punteador para producir soldaduras sanas.

4.2. REQUERIMIENTOS GENERALES

En esta sección se describen los requerimientos para ensayos de calificación de especificación de procedimiento de soldadura (EPS) y personal de soldadura (definido como soldadores, operadores de soldadura y soldadores punteadores).

4.2.1. Especificación del Procedimiento de Soldadura (EPS)

Toda EPS realizada en conformidad con el Cap. 3, para uso en soldadura de producción, deberá ser calificada de acuerdo con este Cap. 4 y las Normas IRAM IAS U500 164-1, 164-2 y 164-3. El proceso de calificación podrá ser realizado por el contratista o a través de Entes de Calificación y Certificación habilitados de acuerdo con la Norma IRAM-IAS U500-138. La calificación de un procedimiento de soldadura debe ser aprobada por un Inspector de Soldadura certificado bajo la norma IRAM-IAS U 500-169 (Nivel II o III) contratado para la obra en cuestión, o por un Ente de Calificación y Certificación de Soldadores u Operadores (Norma IRAM IAS U 500-138). Solo la aprobación (firma y sello) de la Especificación del Procedimiento de Soldadura deberá ser realizada por el Ingeniero Responsable, pero el diseño o desarrollo del EPS deberá ser realizado por un Ingeniero en Soldadura diferente del designado como responsable (Cap. 1, párrafo 1.3.1). La utilización por parte del contratista de documentación EPS que ha sido calificada y que cuenta con el correspondiente registro de calificación de procedimiento, RCP, podrá ser utilizada para diferentes trabajos u obras siempre y cuando sean verificadas y aprobadas para su aplicación por el Ingeniero responsable o un Ente habilitado. En el Anexo I se muestra el formulario sugerido para el RCP.

4.2.1.1. Requerimientos de Ensayos de Impacto.

Cuando se lo requiera a través de los documentos de contrato o especificaciones, se deberán incluir los ensayos de impacto en la calificación de la EPS. Los ensayos de impacto, requerimientos y procedimiento deberán estar en conformidad con las disposiciones de este Reglamento, o como se especifica en los documentos de contrato.

4.2.2. Calificación de Habilidad del Personal de Soldadura.

Los soldadores, operadores y soldador punteador que usen los procesos de soldadura por arco soldadura por arco con protección gaseosa o semiautomática con alambre macizo (GMAW), soldadura por arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa (GTAW) así como los otros procesos admitidos en el Cap. 3 para la soldadura de elementos estructurales de aluminio y sus aleaciones, deberán estar calificados por medio de los ensayos aplicables en el Cap. 4 de este

Reglamento y la Norma IRAM-IAS U500 96. El proceso de calificación de soldadores u operadores de soldadura deberá ser realizado solo a través de un Ente de Calificación y Certificación de Soldadores u Operadores de Soldadura, según los requerimientos que fija la Norma IRAM-IAS U 500-138.

4.2.2.1. Calificación Previa.

Puede aceptarse con la aprobación del Ingeniero responsable la evidencia, adecuadamente documentada, de la calificación previa de habilidad de soldadores, operadores y soldadores punteadores realizada ante un Ente habilitado de acuerdo con la Norma IRAM-IAS U 500 138. En todos los casos deberá verificarse, además de la vigencia de la calificación, que la misma se corresponda con los requerimientos especificados para las soldaduras de producción de acuerdo con el Cap. 4 de este Reglamento.

4.2.2.2. Responsabilidad de Calificación.

Cada fabricante o contratista será el responsable por la calificación de soldadores, operadores y soldadores punteadores, debiendo realizarlas en un Ente de Calificación y Certificación de Soldadores u Operadores de Soldadura de acuerdo con la Norma IRAM-IAS U 500 138.

4.2.3. Período de Efectividad

4.2.3.1. Soldadores, Operadores y Soldadores Punteadores.

La vigencia de la calificación y certificación del soldador, operador o soldador punteador, tal como se especifica en este Reglamento, deberá considerarse de acuerdo con lo establecido en la Norma IRAM-IAS U500 96, salvo que exista alguna razón específica que cuestione la habilidad de un soldador u operador calificado.

4.3. REQUERIMIENTOS COMUNES PARA LA CALIFICACIÓN DE EPS Y HABILIDAD DEL PERSONAL DE SOLDADURA.

4.3.1. Edición Aplicable.

Las calificaciones deberán ser realizadas con los requerimientos de la última edición del Cap. 4 de este Reglamento y las correspondientes Normas IRAM involucradas.

4.3.2. Registros.

El fabricante o contratista deberá mantener los registros de los resultados de los ensayos, los cuales deberán estar disponibles para toda persona autorizada a verificarlos.

4.3.3. Posiciones de las Soldaduras.

Las soldaduras podrán ser calificadas como: plana (F), horizontal (H), vertical (V), y sobrecabeza (OH), de acuerdo con las definiciones mostradas en las Figuras 4.1 y 4.2.

Las posiciones de las probetas de soldadura para ensayos se muestran en:

- (1) Figura 4.3 (soldaduras con bisel en chapa)
- (2) Figura 4.4 (soldaduras con bisel en caño)
- (3) Figura 4.5 (soldaduras de filete en chapa)
- (4) Figura 4.6 (soldaduras de filete en caño)

4.4. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)

4.4.1. Posiciones Calificadas de la Soldadura para la Producción

Las posiciones de soldadura para la producción, calificadas por una EPS, deberán estar de acuerdo con los requerimientos de la Tabla 4.1.

4.4.2. Tipos de Ensayos para Calificación.

El tipo y cantidad de ensayos requeridos para calificar una EPS en un espesor, diámetro, o ambos, deberá estar de acuerdo con la Tabla 4.2 (JPC), Tabla 4.3 (JPP) o Tabla 4.4 (filete).

Los requerimientos de inspección visual y ensayos mecánicos se encuentran en las siguientes subsecciones:

Inspección visual (ver 4.4.6.1)

Plegado de cara, de raíz y lateral (ver 4.4.6.2)

Tracción en sección reducida (ver 4.4.6.3)

Macroataque (ver 4.4.6.4)

Ensayo de rotura de filete (ver 4.4.6.5)

Ensayo de rotura en sección entallada ¹ para uniones soldadas de aleaciones de aluminio fundidas o de una fundición de aleación aluminio con otro material de aluminio no fundido (ver 4.4.6.6)

4.4.3. Tipos de Soldadura para Calificación de EPS

Para el propósito de calificación de la EPS, los tipos de soldadura deben ser clasificados como sigue:

- (1) Juntas con bisel de penetración completa (JPC) para uniones no tubulares (ver 4.5)
- (2) Juntas con bisel de penetración parcial (JPP) para uniones no tubulares (ver 4.6)
- (3) Juntas de filete para uniones tubulares y no tubulares (ver 4.7)
- (4) JPC para uniones tubulares (ver 4.5)
- (5) JPP para uniones tubulares T, Y, K y a Tope (ver 4.6)

4.4.4. Preparación de la EPS

El fabricante o contratista deberá preparar la EPS escrita que especifique todas las variables esenciales aplicables, a las que se hace referencia en 4.4.5. Los valores específicos para las variables de la EPS deberán ser obtenidos del registro de calificación del procedimiento (RCP), el documento escrito que confirma la calificación de la EPS en forma satisfactoria.

4.4.5. Variables Esenciales

4.4.5.1. GMAW, GTAW, PAW-VP

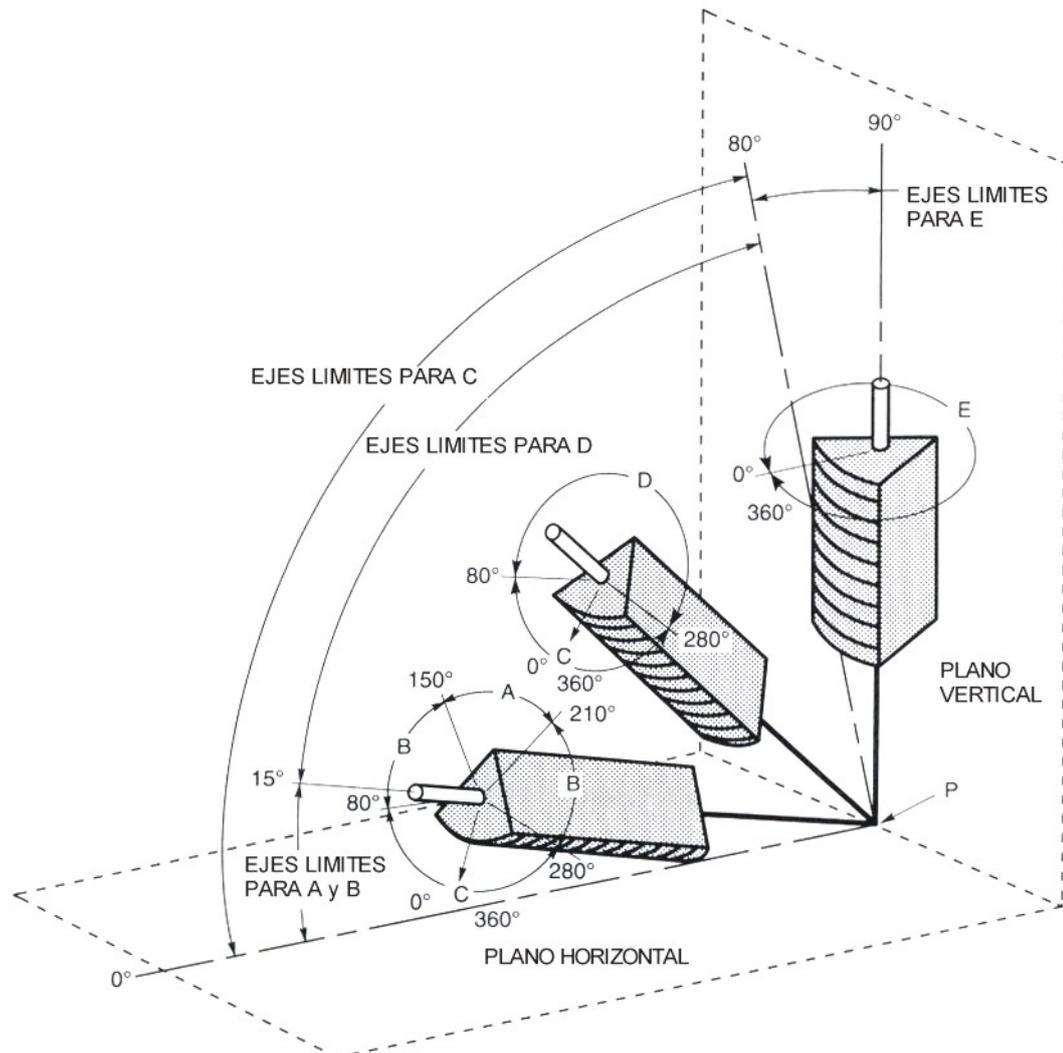
Los cambios que se efectúen más allá de los límites de las variables esenciales del RCP para los procesos GMAW, GTAW mostrados en la Tabla 4.5, deberán requerir recalificación de la EPS.

¹ Identificado comúnmente por su nombre original en idioma inglés como: Nick- break fracture test

4.4.5.2. Calificación de Metal Base

Los metales base incluidos en el Cap.3 (Tabla 3.1) que están sujetos a ensayos de calificación de la EPS podrán calificar otras aleaciones de aluminio del mismo grupo. Los metales base no incluidos en la Tabla 3.1 deberán ser calificados en conformidad con el Cap. 4.

Tabulación de posiciones de soldaduras con bisel			
Posición	Referencia en el diagrama	Angulo de inclinación	Rotación de la cara
Plana, bajo mano	A	0° hasta 15°	150° hasta 210°
Horizontal	B	0° hasta 15°	80° hasta 150° 210° hasta 280°
Sobrecabeza	C	0° hasta 80°	0° hasta 80° 280° hasta 360°
Vertical	D	15° hasta 80°	80° hasta 280°
	E	80° hasta 90°	0° hasta 360°



Notas:

1. El plano de referencia horizontal es tomado siempre como el que está debajo de la soldadura bajo consideración.
2. El ángulo de inclinación es medido desde el plano de referencia horizontal hacia el plano de referencia vertical.
3. El ángulo de rotación de la cara es determinado por la línea perpendicular a la cara teórica de la soldadura que pasa a través del eje de la soldadura. La posición de referencia (0°) de rotación de la cara apunta invariablemente en dirección opuesta a aquella en que el ángulo del eje crece. Cuando se mira al punto P, el ángulo de rotación de la cara de la soldadura se mide en la dirección horaria desde la posición de referencia (0°).

Figura 4.1. Posiciones de soldaduras con bisel

Tabulación de posiciones de soldaduras de filete			
Posición	Referencia en el diagrama	Ángulo de inclinación	Rotación de la cara
Plana, bajo mano	A	0° hasta 15°	150° hasta 210°
Horizontal	B	0° hasta 15°	125° hasta 150° 210° hasta 235°
Sobrecabeza	C	0° hasta 80°	0° hasta 125° 235° hasta 360°
Vertical	D	15° hasta 80°	125° hasta 235°
	E	80° hasta 90°	0° hasta 360°

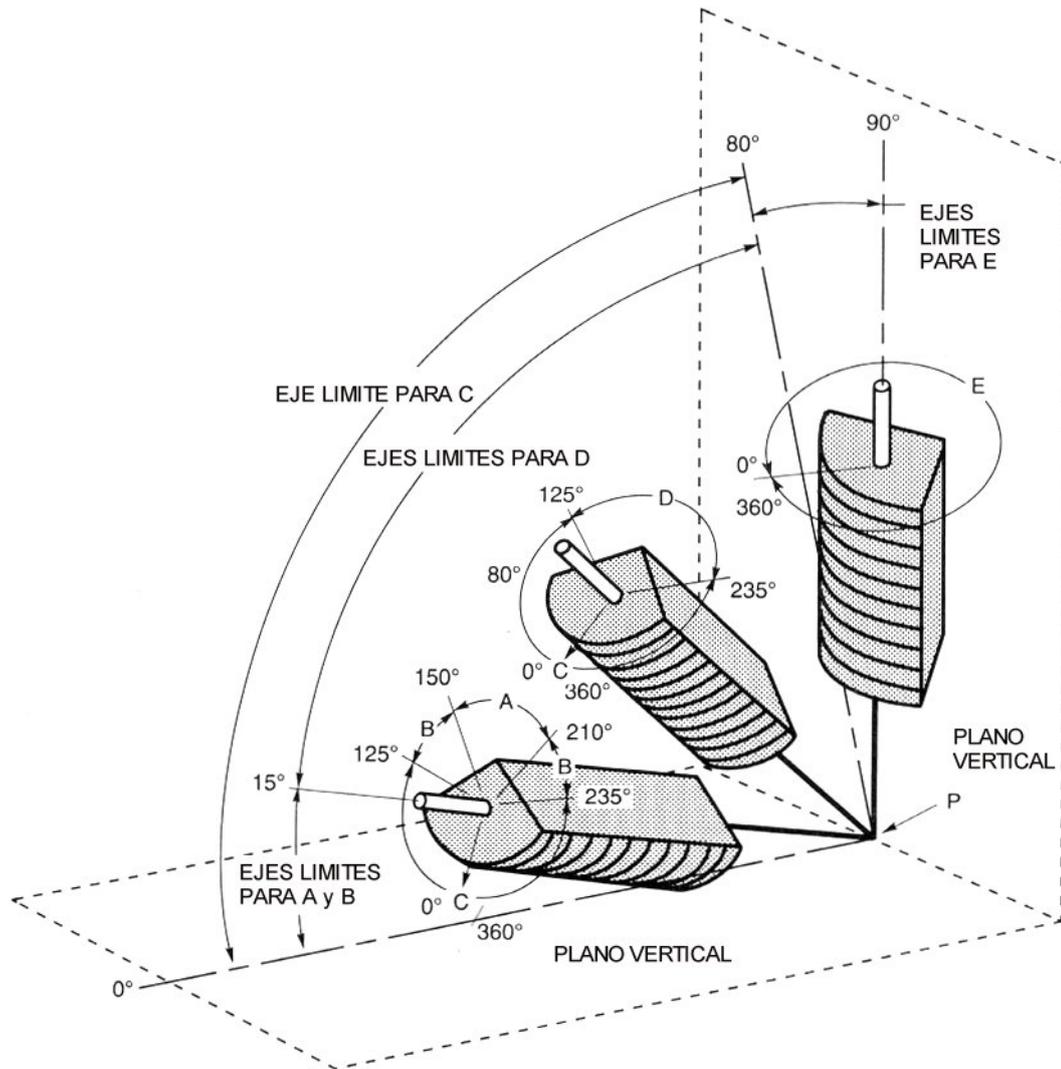


Figura 4.2. Posiciones de soldaduras de filete

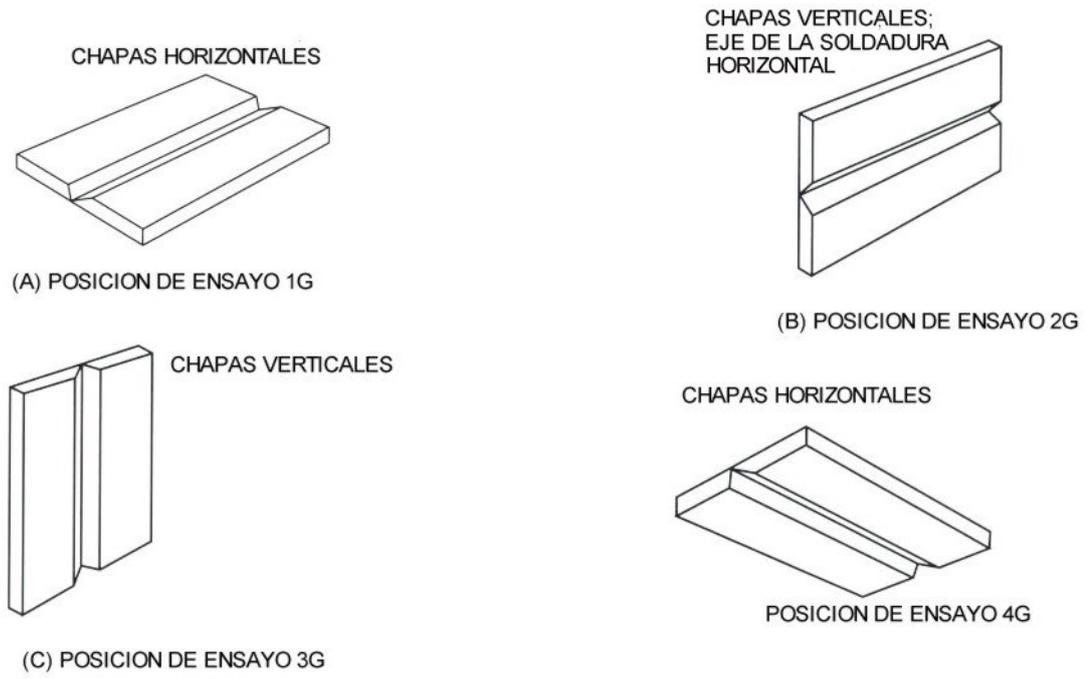


Figura 4.3. Posiciones de chapas de ensayo para soldaduras con bisel

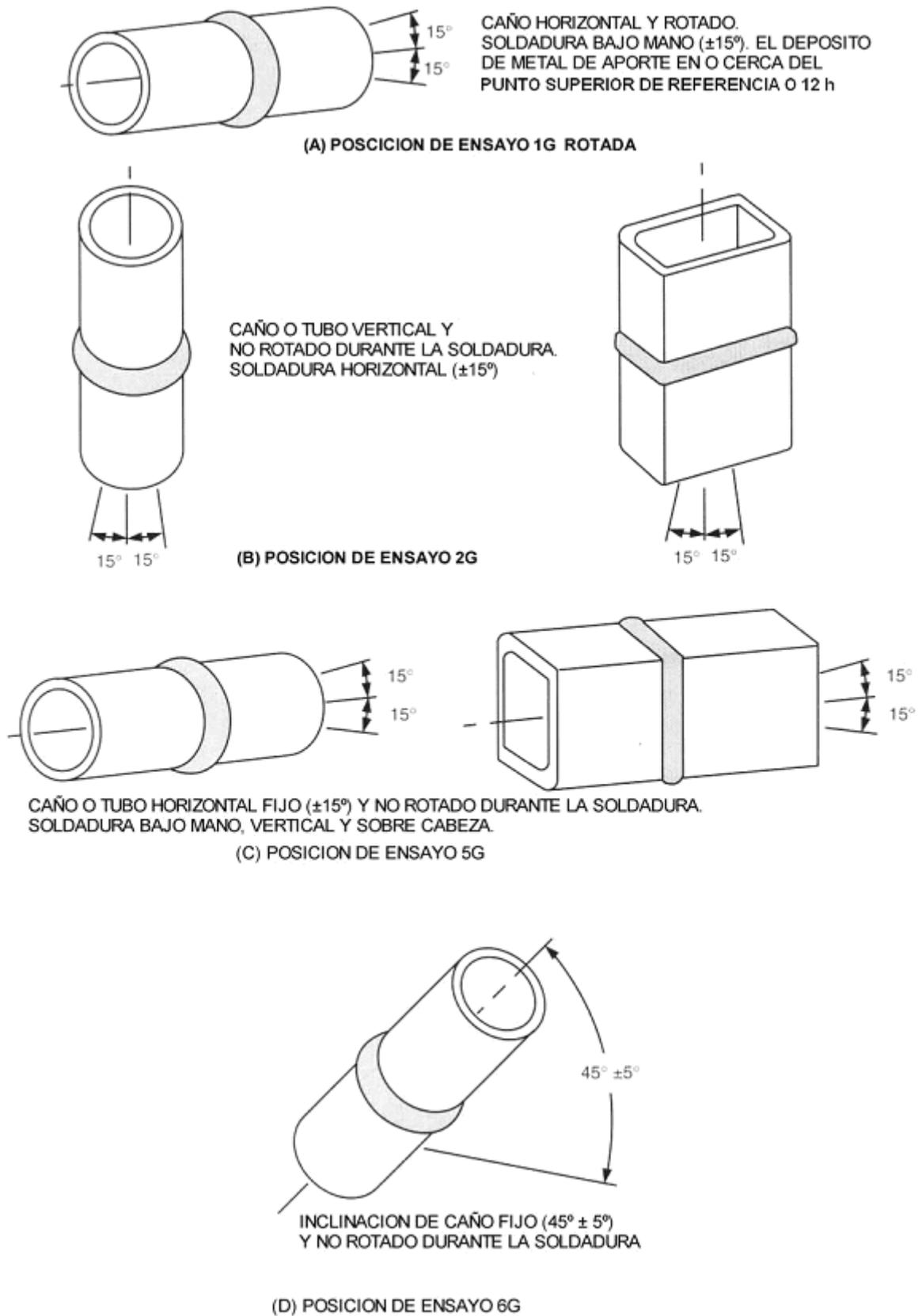


Figura 4.4. Posiciones de ensayo de caño o tubo para soldaduras con bisel

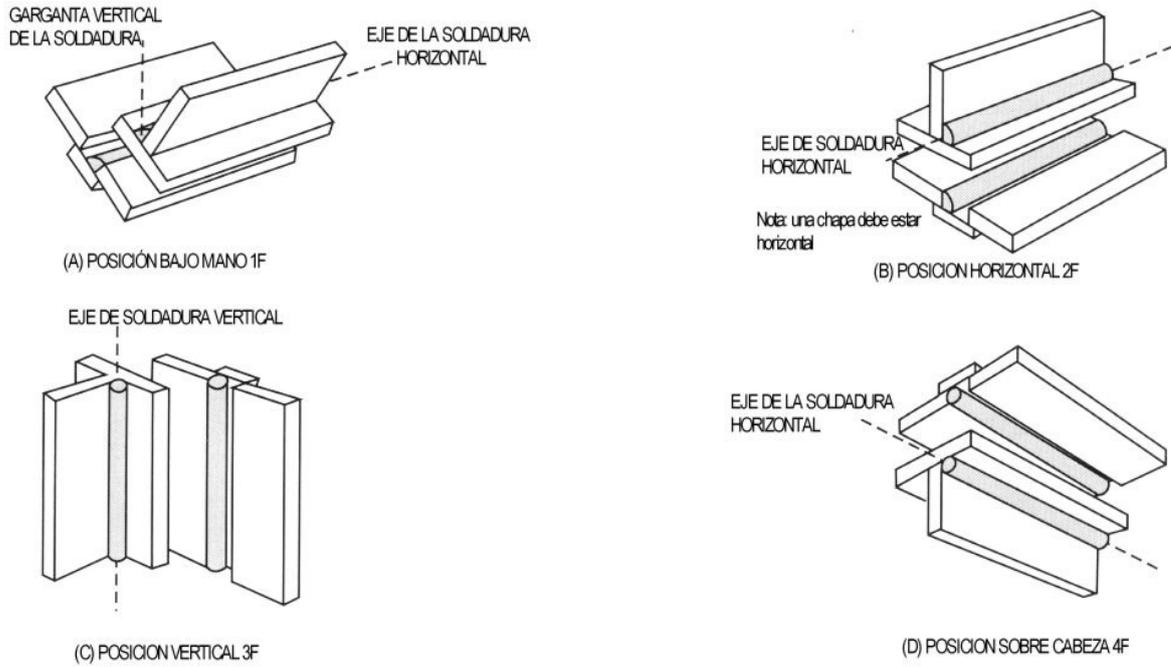


Figura 4.5. Posiciones de ensayo de chapa para soldaduras de filete

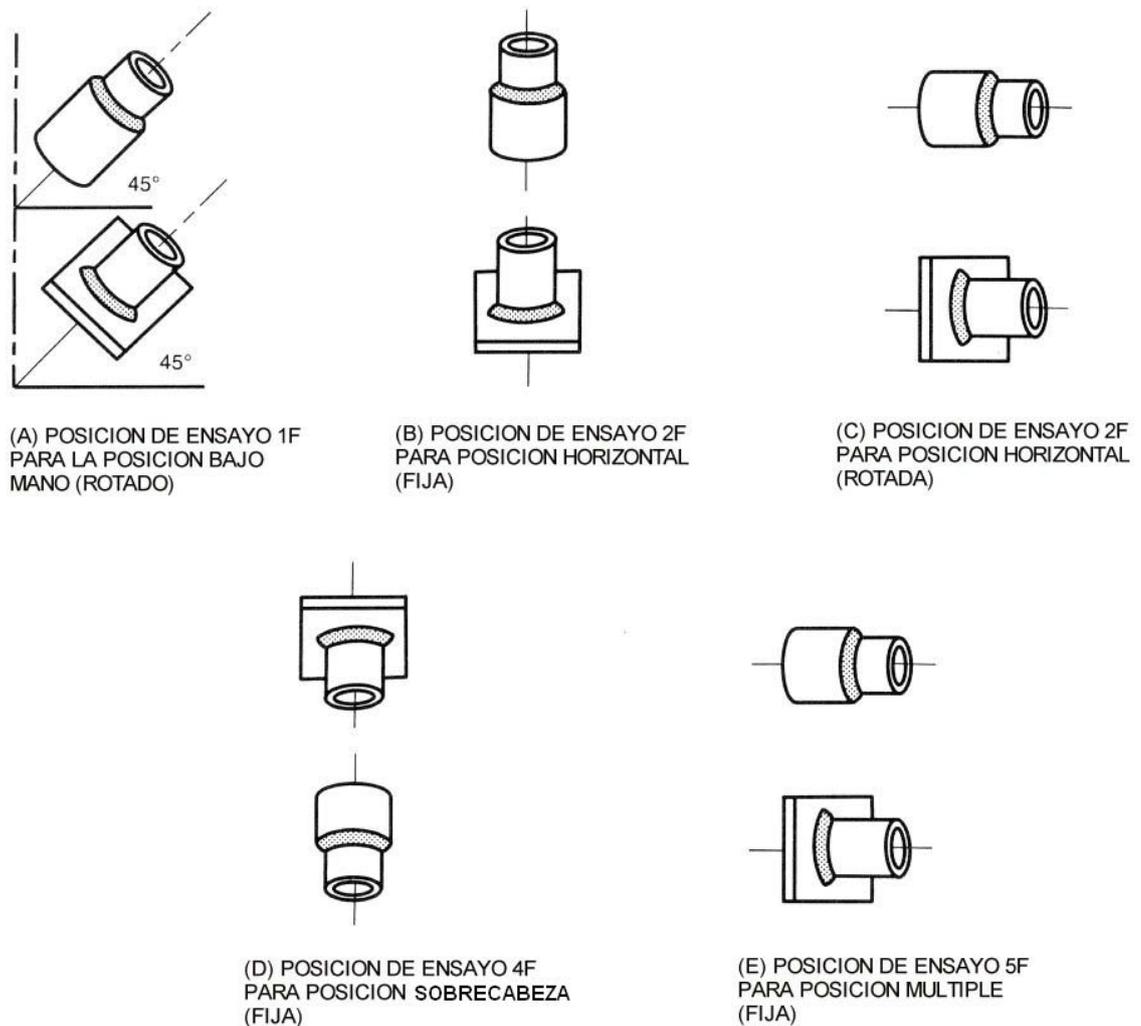


Figura 4.6. Posiciones para ensayo de tubos o caños para soldadura de filete

4.4.6. Métodos de Ensayo y Criterios Aceptables para Calificación de la EPS.

Los ensayos de soldadura para calificación deberán realizarse con probetas preparadas en la forma de chapa, caño o tubo de acuerdo con lo especificado en las Figuras 4.7 a 4.10, cualquiera de las que sea aplicable. Las probetas para ensayos deberán ser preparadas en conformidad con las Figuras 4.11, 4.12, 4.13 y 4.14, según se aplique.

4.4.6.1. Inspección Visual

Para obtener una calificación aceptable las soldaduras deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

- (1) La soldadura deberá estar libre de fisuras.
- (2) Todos los cráteres deberán ser llenados hasta completar la sección transversal de soldadura.
- (3) La cara de la soldadura deberá estar al ras con la superficie del metal base o deberá emerger suavemente del metal base. La socavación deberá ser menor o igual que 0,25 mm. El refuerzo o

sobremonta de la cara de la soldadura deberá ser menor o igual que lo mostrado e indicado en la Figura 5 .3.

(4) La raíz de la soldadura deberá ser inspeccionada y no deberán verificarse evidencias de fisuras, fusión incompleta o penetración inadecuada de la junta. Se permitirá una superficie cóncava de la raíz dentro de los límites indicados en (5), con tal que el espesor total de la soldadura sea igual o mayor que el del metal base.

(5) La máxima concavidad de la raíz deberá ser 2 mm y el máximo sobreespesor de raíz por penetración deberá ser 3 mm. Para uniones tubulares T, K e Y el sobreespesor de raíz por penetración es considerado deseable y no debe ser causa de rechazo..

4.4.6.2. Ensayos Mecánicos

4.4.6.2.1. Probetas de Plegado de Raíz, Cara y Lateral (ver Figura 4.11 para plegado de cara y raíz, Figura 4.12 para plegado lateral)

Cada probeta debe ser sometida a un ensayo de plegado guiado de acuerdo con los requerimientos mostrados de las Figuras 4.14 a 4.16.

La probeta debe ser ubicada en la matriz de guía con la soldadura centrada en la abertura. Las probetas de plegado de cara deben ubicarse con la cara dirigida hacia la abertura. Las probetas de plegado de raíz y probetas para soldadura de filete deben ser ubicadas con la raíz dirigida hacia la abertura. Las probetas de plegado lateral deben ser ubicadas con el lado que muestre la mayor discontinuidad, si hay alguna, hacia la abertura.

El punzón debe forzar la probeta dentro de la matriz hasta que la probeta llegue a la forma de un perfil U. La soldadura y las zonas afectadas por el calor deben estar centradas y completamente dentro de la porción plegada (curvada) de la probeta después del ensayo. Cuando se use plegado sobre un rodillo fijo, la probeta debe ser fijada firmemente de uno de los extremos de manera que no haya deslizamiento de esta última durante la operación de plegado. Las probetas deben ser retiradas del rodillo fijo cuando el rodillo exterior ha sido movido 180° desde la posición inicial.

Tabla 4.1
Calificación de EPS – Posiciones de Soldadura para la Producción Calificadas con Ensayos de Chapa, Caño o Tubo

Ensayos de Calificación		Soldadura de Chapa Calificada para Producción			Soldadura de Caño o Tubo Calificada para Producción					Soldadura de Tubo de Sección Rectangular Calificada para Producción					
Tipo de Soldadura	Posiciones	Bisel JPC	Bisel JPP	Filete	A Tope con Bisel		Bisel T, Y, K		Filete	A Tope con Bisel		Bisel T, Y, K		Filete	
					JPC	JPP	JPC	JPP		JPC	JPP	JPC	JPP		
C H A P A	JPC con Bisel (Nota 1)	1G	F	F	F	F	F			F	F	F		F	
		2G	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H			F, H	F, H			F, H	
		3G	F, V	F, V	V										
		4G	OH	OH	OH										
	JPP con Bisel	1G		F	F		F			F		F			F
		2G		H	F, H		F, H			F, H		F, H			F, H
		3G		V	V										
		4G		OH	OH										
	Filete (Nota 1)	1F			F					F					F
		2F			F, H					F, H					F, H
		3F			V					F, V, H					F, V, H
		4F			OH					OH					OH
T U B O L A R	JPC con Bisel (Nota 2)	1G Rotada	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F		F	
		2G	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H		F, H	
		5G	F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH	F, H, V, OH	F, H, V, OH	F, H, V, OH	F, H, V, OH	Todas	F, H, V, OH	F, H, V, OH		F, H, V, OH	
		6G	Todas	Todas	Todas	Todas ³	Todas	Todas	Todas ⁷	Todas	Todas	Todas		Todas	
	Filete	1F Rotado			F					F					F
		2F			F, H					F, H					F, H
		2F Rotada			F, H					F, H					F, H
		4F			F, H, OH					F, H, OH					F, H, OH
5F			Todas					Todas					Todas		

JPC – Junta de Penetración Completa

JPP – Junta de Penetración Parcial

Notas:

1. Califica para soldaduras circunferenciales en tubos de un diámetro exterior nominal mayor o igual a 600 mm.
2. Califica para uniones T, Y y K y uniones con JPC en todas las posiciones.

Tabla 4.2
Calificación de EPS – Soldaduras con Bisel JPC: Cantidad y Tipo de las Probetas de Ensayo.
Rango de Espesor y Diámetro Calificado

1. Ensayo en Chapa									
Espesor (T) Nominal de la Chapa para Ensayo, mm	Cantidad de Probetas					Espesor Nominal Calificado en Chapas, Tubos o Caños, mm			
	Tracción con Probeta de Sección Reducida (ver Fig. 4.13)	Plegado de Raíz (ver Fig. 4.11)	Plegado de Cara (ver Fig. 4.11)	Plegado Lateral (ver Fig. 4.12)	Mín	Máx			
T < 3	2	2	2	-	3	T a 2T			
3 ≤ T ≤ 10	2	2	2	-	3	3 a 2T			
10 < T < 25	2	-	-	4	3	T/2 a 2T			
T ≥ 25	2	-	-	4		T/2 a ilimitado			

2. Ensayos en Tubo o Caño – Estructura Clase I										
Tipo de Soldadura	Diámetro o Tamaño Nominal del Tubo o Caño para Ensayo, mm	Espesor Nominal de la Pared, T, mm	Cantidad de Probetas					Diámetro Nominal Calificado del Caño o Tubo, mm	Espesor Nominal Calificado en Chapas, Tubos o Caños, mm	
			Tracción con Sección Reducida (ver Fig. 4.13a, b, c)	NB (Ver Fig. 4.17)	Plegado de Raíz (ver Fig. 4.11)	Plegado de Cara (ver Fig. 4.11)	Plegado Lateral (ver Fig. 4.12)		Mín	Máx
Conform. a Conform.	150 a 200	3 - 10	2	-	2	2	—	≥ 19 ≤ 410	3	2T
Fundición a Conform. o Fundición a Fundición	75 a 130	5	2	2	-	-	-	≥ 50 ≤ 410	3	13

3. Ensayos en Tubo o Caño – Estructura Clase II									
Diámetro Nominal	Espesor Nominal T	Cantidad de Probetas				Diámetro Nominal Calificado del Caño o Tubo, mm Mín. Máx.	Espesor Nominal Calificado en Chapa, mm		
		Tracción con Sección Reducida (ver Fig. 4.13a, b, c)	Plegado de Raíz (ver Fig. 4.11)	Plegado de Cara (ver Fig. 4.11)	Plegado Lateral (ver Fig. 4.12)		Mín.	Máx.	
50 o 75	5,5	2	1	4	-	≥ 19 ≤ 100	3	13	
150 o 200	14,3 12,7	2	-	-	4	≥ 100	3	ilimitado	
< 600	< 3	2	2	2	-	≥ Diám. de ensayo	T	2T	
	3 ≤ T ≤ 10	2	2	2	-		3	2T	
	10 < T < 19	2	-	-	4		T/2	2T	
	T ≥ 19	2	-	-	4		10	ilimitado	
≥ 600	3 ≤ T ≤ 10	2	2	2	-	≥ Diám. de ensayo	3	2T	
	10 < T < 19	2	-	-	4		T/2	2T	
	T ≥ 19	2	-	-	4		10	ilimitado	

Notas:

1. En todos los casos, previo a los ensayos mecánicos, deberá realizarse y aprobarse la inspección visual
2. Deberán realizarse tantas probetas de soldadura por posición como sean necesarias para obtener las probetas requeridas.

Tabla 4.3
Calificación de EPS – Soldaduras con Bisel JPP: Cantidad y Tipo de las Probetas de Ensayo. Rango de Espesor Calificado

Tipo de Junta	Profundidad máx. del Bisel	Cantidad de Probetas			Espesor Nominal Máximo Calificado en Chapa
		Tracción con Sección Reducida (ver Fig.4.7a, b)	Macroataque para Tamaño de Soldadura (E)	Plegado Lateral (ver Fig. 4.12)	
El mismo a utilizar en la fabricación y/o montaje	25	2	1	4	Ilimitado

Notas:

1. Si fuera necesario utilizar soldadura de JPP con bisel en J o ½ V para juntas en T, o bisel en V o en U para juntas en L, la junta a tope debe tener una chapa temporaria restrictiva en el plano de la cara recta (en escuadra), para simular una configuración de junta T.
2. Ver los requerimientos de diámetro de tubo o caño para calificación de la Tabla 4.2.
3. Cualquier calificación con JPP calificará también cualquier tamaño de soldadura de filete en cualquier espesor.

Tabla 4.4
Calificación de EPS – Soldaduras de Filete: Cantidad y Tipo de las Probetas de Ensayo. Rango de Espesor Calificado

Probeta de Ensayo	Tamaño de Filete	Cantidad de Soldaduras para EPS	Probetas de Ensayo Requeridas ²			Tamaños Calificados	
			Macroataque	Ensayo de Rotura (Fig. 4.18 , 4.20)	Plegado raíz (ver Fig. 4.19)	Espesor Chapa/Tubo o Caño	Tamaño de Filete
Ensayo T en Chapa. Ensayo Opción 1 (Figura 4.18)	Pasada única, tamaño max. a ser usado en construcción	1 en cada posición a ser usada	2 caras	2	-	I limitado	≤ que el mayor ensayado, pasada única
	Pasada múltiple tamaño min. a ser usado en construcción	1 en cada posición a ser usada	2 caras	2	-	Ilimitado	≥ que el menor ensayado, pasada múltiple
Ensayo en Chapa. Ensayo Opción 2 (Figura 4.19)	Máx. tamaño a utilizar en fabricación	1 en cada posición a ser usada	-	-	2	Ilimitado	Todos
Ensayo para Tubo o Caño (Figura 4.20)	Pasada única, tamaño max a ser usado en construcción	1 en cada posición a ser usada (ver Tabla 4.1)	2	4 o más	-	Ilimitado	≤ que el mayor ensayado, pasada única
	Pasada múltiple tamaño min a ser usado en construcción	1 en cada posición a ser usada (ver Tabla 4.1)	2	4 o más	-	limitado	≥ que el menor ensayado, pasada múltiple

Nota: En todos los casos, previo a los ensayos mecánicos, deberá realizarse y aprobarse la inspección visual

Tabla 4.5
Cambios en Variables Esenciales del RCP que requieren Recalificación de la EPS para GMAW, GTAW y PAW-VP (Nota 1)

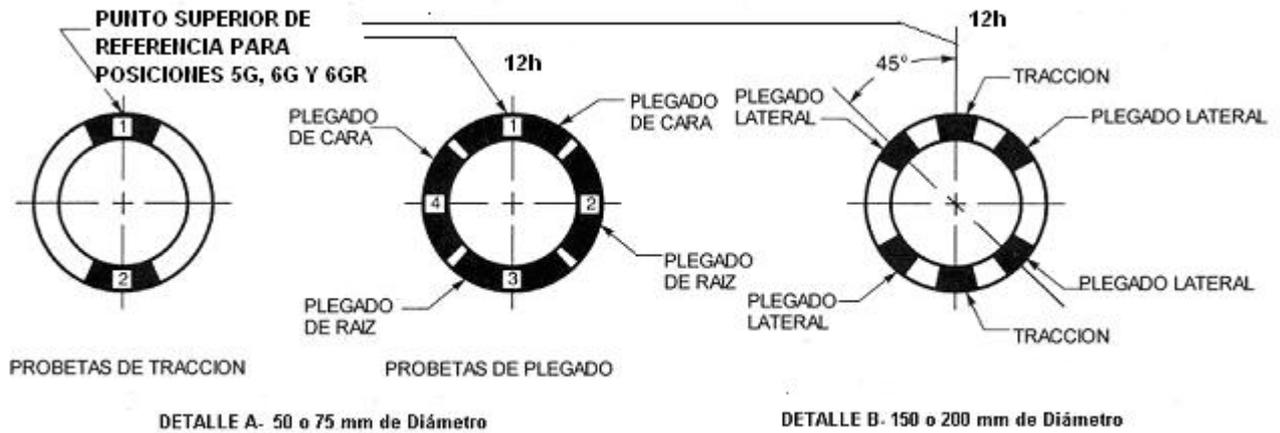
Cambios en Variables Esenciales del RCP que Requieren Recalificación	Proceso		
	Soldadura por arco con alambre macizo y protección gaseosa o Soldadura semiaut. con alambre macizo (GMAW)	Soldadura por arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa (GTAW)	Soldadura por plasma con polaridad negativa (GTAW)
Proceso de Soldadura			
1) Un cambio en el proceso de soldadura (ej. de GMAW a GTAW)	X	X	X
Metal Base			
2) Un cambio en el grupo de número M a otro grupo de n° M o a otra aleación sin n° M	X	X	X
Espesor del Material Base			
3) Un cambio en el espesor no cubierto por los rangos calificados de acuerdo con las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4 respectivamente	X	X	X
Metal de Aporte			
4) Un cambio en el grupo de número F a otro o a una aleación que no tiene n° F	X	X	X
5) Adición o supresión del metal de aporte		X	X
6) Cambio en el método por el cual es aplicado el aporte		X	X
7) Cambio en el diámetro nominal del electrodo por:	Incremento o disminución >0,4 mm	Incremento o disminución > 2 mm	Incremento o disminución >0,4 mm
Parámetros Eléctricos			
8) Cambio en la corriente de soldadura o amperaje [A] especificado	> 20% de incremento o disminución	> 20% de incremento o disminución	> 20% de incremento o disminución
9) Cambio en la tensión de soldadura o voltaje[V] especificado	incremento o disminución > 15%	incremento o disminución > 15%	incremento o disminución > 15%
10) Cambio en la velocidad de soldadura especificada	incremento o disminución > 20%	incremento o disminución > 25%	incremento o disminución > 25%
Protección Gaseosa			
11) Cambio en el gas de protección de un único gas a cualquier otro o a una mezcla de gases	X	X	X
12) Cambio > 10% en la composición porcentual nominal especificada de una mezcla de gas	X	X	X
13) Cambio en el caudal del gas:	>50% de incremento >20% de disminución	>50% de incremento >20% de disminución	>50% de incremento >20% de disminución
Fuente de Poder			
14) Un cambio de modo de transferencia convencional a pulsado o viceversa	X	X	
15) Cambio de CC a CA o viceversa	X	X	
16) Cambio de CCEP a CCEN o viceversa		X	
Número de Pasadas de Soldadura			
17) Para un área especificada de junta o bisel, un cambio > 25% en el número de pasadas registradas en el RCP (Nota 3)	X	X	X
Posición de Soldadura			
18) Cambio en la posición, no calificada por Tabla 4.1	X	X	X
Dirección de la Soldadura			
19) Un cambio del modo por arrastre a empujado o viceversa	X	X	X
20) Cambio en la progresión de la soldadura vertical de ascendente a descendente o viceversa	X	X	X

Tabla 4.5(Continuación)

Cambios en Variables Esenciales del RCP que Requieren Recalificación	Proceso		
	GMAW	GTAW	PAW-VP
Tipo de Junta o Bisel			
21) Soldadura Vertical: Para cualquier cambio en la progresión de la pasada, de ascendente a descendente y viceversa	X	X	X
22) Cambio en el tipo de bisel (ejem., ½ V a V). Excepto la calificación de cualquier soldadura de bisel con JPC que califica para cualquier detalle de bisel que cumpla con los requerimientos del Cap.3, excepto juntas sin bisel o de bordes rectos	X	X	X
23) Cambio de una junta con bisel a una sin preparación (sin bisel) y viceversa	X	X	X
24) Un disminución del ángulo del bisel especificado > 5°			
Discrepancias de presentación o preparación			
25) Cambio excediendo las discrepancias : a) disminución en el ángulo del bisel > 5° b) disminución en la abertura de raíz (cuando no se utiliza respaldo) > 2 mm c) incremento en el talón o cara de la raíz(cuando no se aplica repelado) > 2 mm	X	X	X
Técnica			
26) El cambio de cordón recto a cordón oscilado(solamente para materiales tratables térmicamente) (Nota 3)	X	X	X
Limpieza			
27) Cambio en el método de limpieza (mecánico, químico, etc.) tanto en la preparación inicial de la junta como entre pasadas	X	X	X
Respaldo			
28) El cambio de un respaldo permanente a uno temporario	X	X	X
Repelado			
29) Eliminación u omisión del repelado pero no la inclusión del mismo	X	X	X
Pre calentamiento			
30) Incremento de la temperatura especificada (solamente en aleaciones tratables térmicamente) > 55 °C (Nota 3)	X	X	X
Temperatura Entre Pasadas			
31) Incremento de la temperatura especificada (solamente en aleaciones tratables térmicamente) > 55 °C (Nota 3)	X	X	X

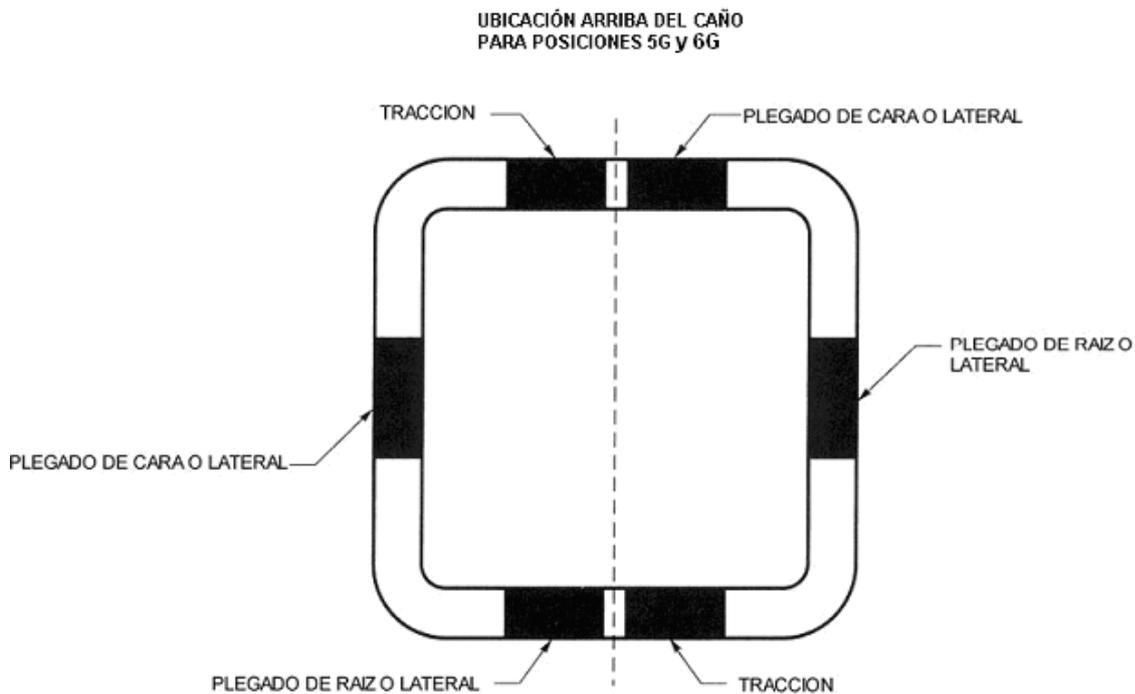
Notas:

1. La "X" indica aplicabilidad de la variable esencial para los procesos y las áreas sombreadas no aplicable.
2. Si el área de la junta varía el número de pasadas puede variar proporcionalmente.
3. M23, M24, M26 y M27 son aleaciones de aluminio tratables térmicamente.



NOTA: CUANDO SE ESPECIFIQUEN ENSAYOS DE IMPACTO EN EL CONTRATO O ESPECIFICACIÓN SE PUEDE REQUERIR TUBOS O CAÑOS DUPLICADOS O UN CAÑO DE MAYOR TAMAÑO.

Figura 4.7. Ubicación de las Probetas de Ensayo sobre el Tubo o Caño de Ensayo Soldado



NOTAS:

1. TODAS LAS DIMENSIONES SON MÍNIMAS
2. LA CONFIGURACIÓN DEL BISEL MOSTRADA ES SÓLO PARA ILUSTRACIÓN. EL PERFIL DEL BISEL ENSAYADO DEBE ESTAR CONFORME CON EL PERFIL DEL BISEL DE PRODUCCIÓN QUE ESTÁ SIENDO CALIFICADO
3. CUANDO SE REQUIEREN PROBETAS DE IMPACTO, VER ANEXO III PARA LOS REQUERIMIENTOS
4. LARGO MÍNIMO DE LA PROBETA DE SOLDADURA = 500 mm

Figura 4.8(a). Ubicación de las Probetas de Ensayo para el Tubo de Sección Rectangular

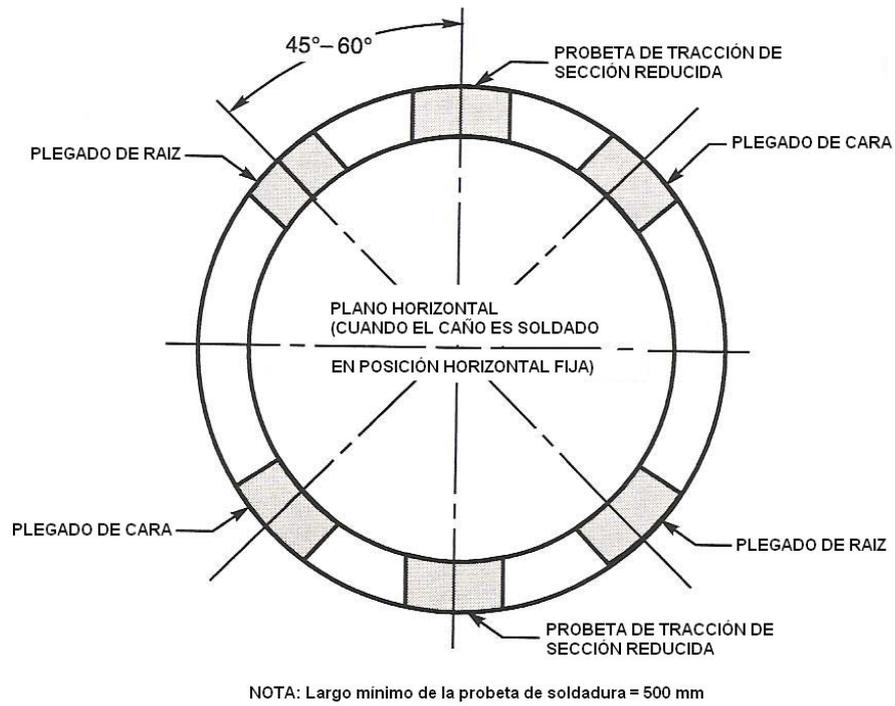


Figura 4.8(b) – Ubicación de las Probetas de Ensayo para el Caño o Tubo de Sección Circular Prefabricados con espesores de pared ≥ 2 mm y ≤ 10 mm

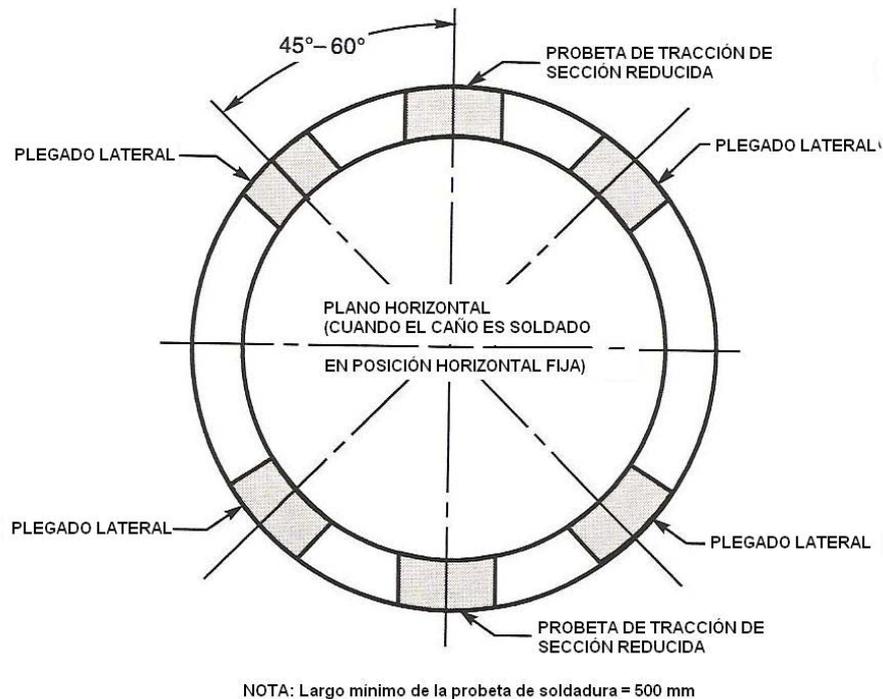
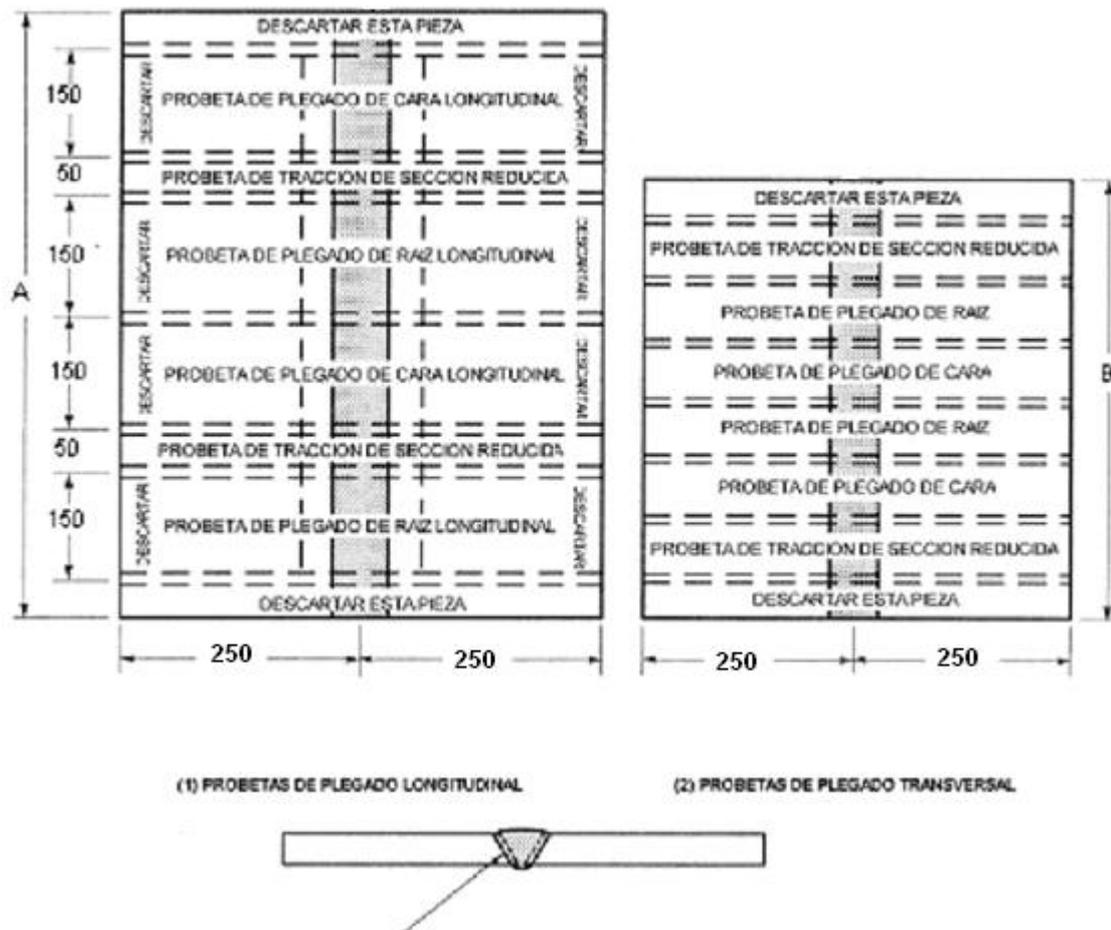


Figura 4.8 (c) – Ubicación de las Probetas de Ensayo para el Caño o Tubo de Sección Circular Prefabricados con espesores de pared >10 mm

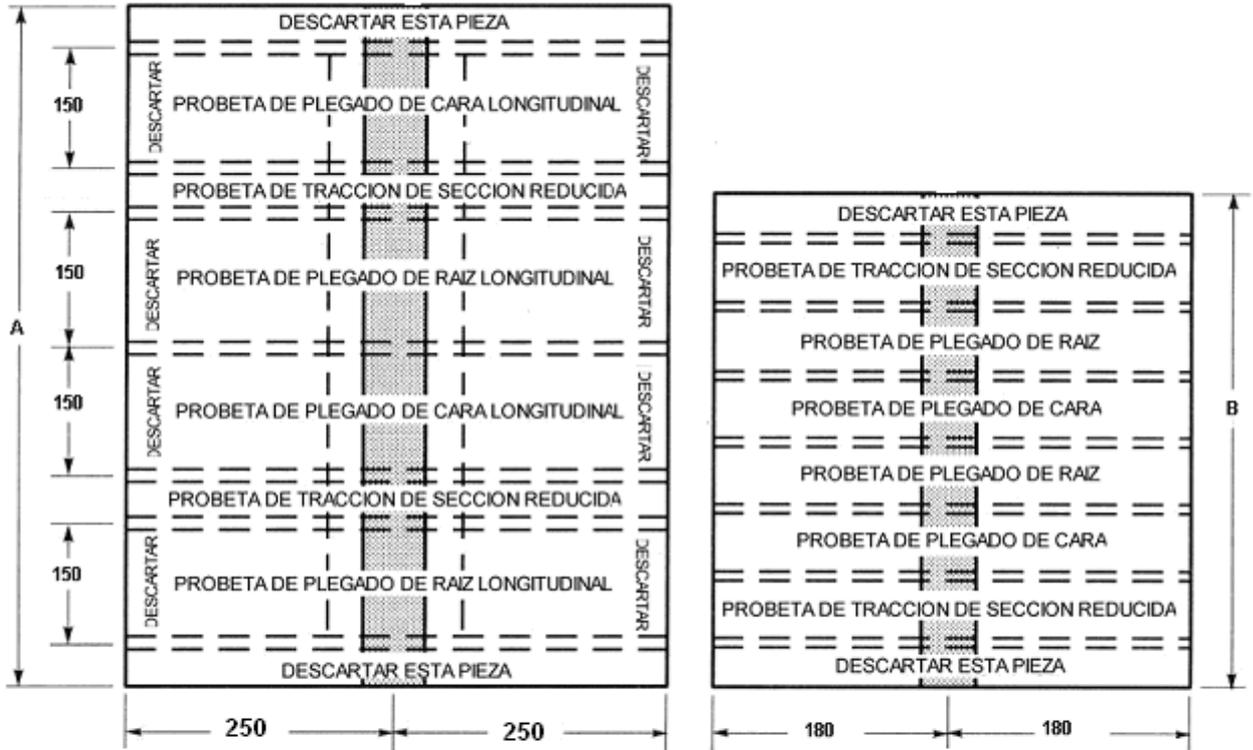


LA CONFIGURACIÓN DEL BISEL MOSTRADA ES SÓLO PARA ILUSTRACIÓN. EL PERFIL DEL BISEL ENSAYADO DEBE ESTAR CONFORME CON EL PERFIL DEL BISEL DE PRODUCCIÓN QUE ESTÁ SIENDO CALIFICADO.

MEDIDAS EN mm, TODAS LAS DIMENSIONES SON MÍNIMAS

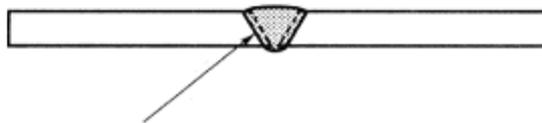
A = 760 mm (Mín) ; B = 380 mm (Mín.)

Figura 4.9. Ubicación de las Probetas de Ensayo sobre Chapas Soldadas para Ensayo con Espesores Mayores que 10 mm – Calificación de EPS



(1) PROBETAS DE PLEGADO LONGITUDINAL

(2) PROBETAS DE PLEGADO TRANSVERSAL

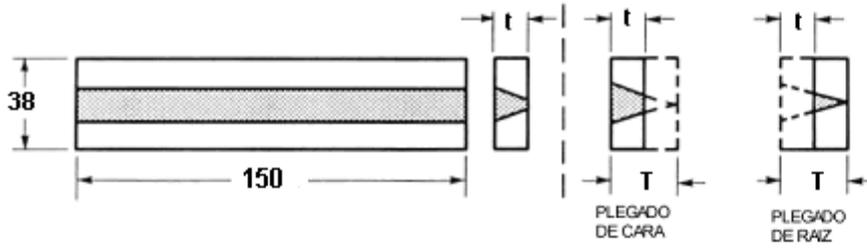


LA CONFIGURACIÓN DEL BISEL MOSTRADA ES SÓLO PARA ILUSTRACIÓN. EL PERFIL DEL BISEL ENSAYADO DEBE ESTAR CONFORME CON EL PERFIL DEL BISEL DE PRODUCCIÓN QUE ESTÁ SIENDO CALIFICADO.

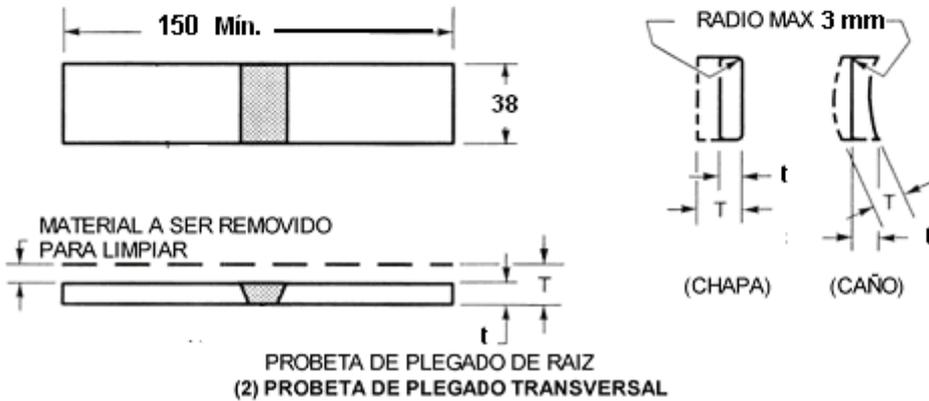
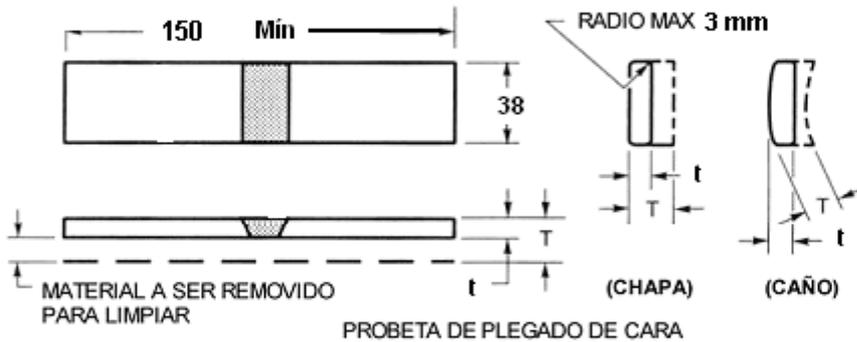
A = 760 mm (Mín) ; B = 500 mm (Mín.)

MEDIDAS EN mm, TODAS LAS DIMENSIONES SON MÍNIMAS

Figura 4.10. Ubicación de las Probetas de Ensayo sobre Chapas Soldadas para Ensayo con Espesores Iguales o Menores que 10 mm – Calificación de EPS



(1) PROBETA DE PLEGADO LONGITUDINAL



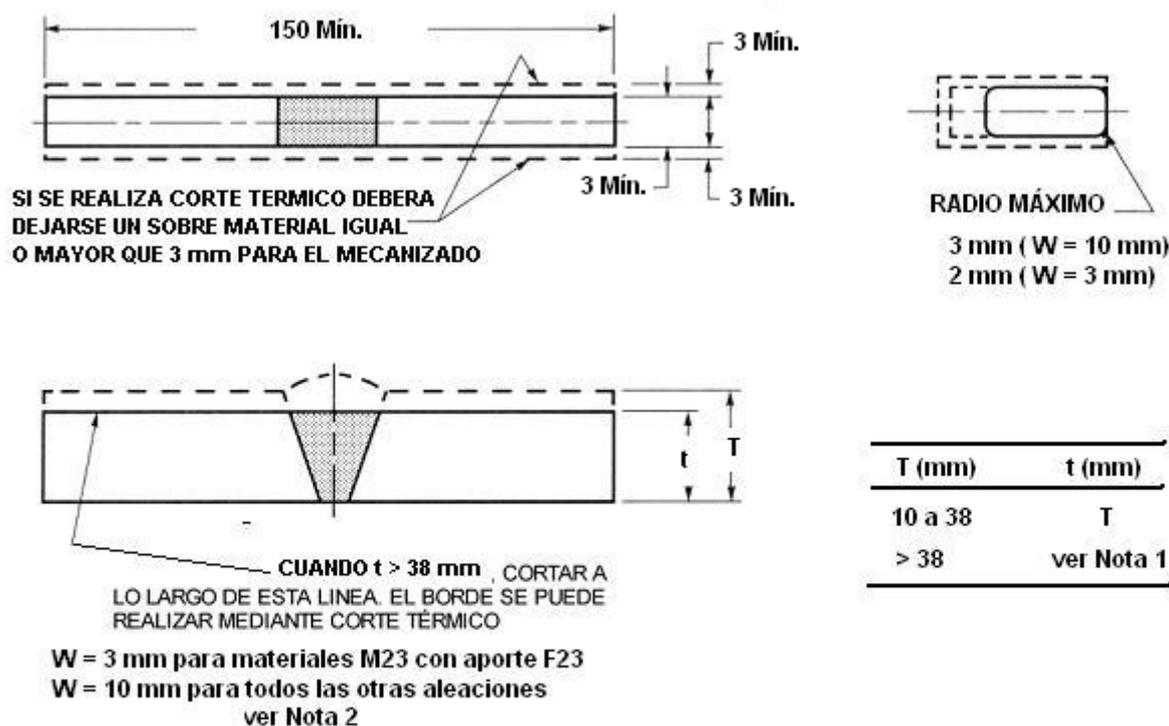
(2) PROBETA DE PLEGADO TRANSVERSAL

Probeta de plegado longitudinal		t (mm)	
T (mm)	Soldaduras en material base M23 y aplicando material de aporte F23	Todas las otras aleaciones	
< 3	T	T	
3 - 10	3	T	
> 10	3	10	
Probeta de plegado transversal, cara y raíz			
< 3	T	T	
3 - 10	3	T	
> 10	3	10	

Notas:

1. $R = \frac{1}{2} t$ máx. para $t \leq 6$ mm
2. $R = 3$ mm máx. para $t > 6$ mm
3. Si los materiales M23 están recocidos antes del ensayo deberán ser ensayados con esa categoría de espesor.
4. Las superficies deberán ser mecanizadas con terminación plana para caños de diámetro externo mayor que 100 mm. Contrariamente para caños con diámetro externo \leq que 100 mm deberán conservarse la curvatura.

Figura 4.11. Probetas de Plegado de Cara y Raíz



Medidas en mm

t = espesor de la chapa, caño o tubo

Notas:

1. Para chapas mayores que 38 mm de espesor, cortar la probeta en tiras aproximadamente iguales con T entre 20 mm y 38 mm. Ensayar cada tira.
2. Si los materiales M23 están recocidos antes del ensayo deberán ser ensayados con esa categoría de espesor

Figura 4.12. Probetas de Plegado Lateral

Probetas de Plegado Longitudinal.

Cuando hay una diferencia marcada en las propiedades de plegado mecánico en las combinaciones entre los dos metales base o entre el metal base y el metal de soldadura, pueden usarse ensayos de plegado (cara y raíz) longitudinal en lugar de ensayos de plegado transversal de cara y raíz. La preparación de las probetas soldadas estará de acuerdo con este Cap. 4 y deberán tener probetas de ensayo preparadas cortando la chapa de ensayo como se muestra en las Figuras 4.9 o 4.10, cualquiera sea aplicable. Las probetas del ensayo de plegado longitudinal deberán prepararse para el ensayo como se muestra en la Figura 4.9 o 4.10.

Para soldaduras con JPP la probeta deberá ser mecanizada de forma tal que el espesor de la probeta resulte igual al tamaño de la soldadura (E).

Condiciones Especiales de Plegado para Materiales Base M23, M24 y M27 y Metal de Aporte F23

Estos materiales podrán ser ensayados la condición como soldado o con recocido. En la condición como soldado la probeta de 3 mm será plegada sobre un diámetro de 52 mm. Probetas menores que 3 mm se utilizará para el plegado un diámetro entre 16 y 0,5 t.

En la condición con recocido del material M23 el plegado se efectuará sobre un diámetro entre 6 y $2/3$ t.

El recocido se efectuará manteniendo el material entre 2 y 3 horas a 410 °C de temperatura y enfriando con una velocidad de 28 °C / h hasta 260 °C, por debajo de esta temperatura la velocidad de enfriamiento no reviste importancia.

4.4.6.2.4. Criterio de Aceptación para Ensayos de Plegado

La superficie convexa de la probeta del ensayo de plegado deberá ser examinada visualmente para detectar discontinuidades superficiales. El criterio de aceptación establecido indica que la superficie no debe tener discontinuidades que excedan las siguientes dimensiones:

- (1) 3 mm, medidos en cualquier dirección sobre la superficie
- (2) 10 mm, como la suma de las mayores dimensiones de todas las discontinuidades mayores que 1 mm, pero menores o iguales que 3 mm.
- (3) 6 mm, la máxima fisura en las esquinas de la probeta plegada, excepto cuando dicha fisura resulte de una inclusión de escoria visible u otro tipo de discontinuidad relacionada con la fusión, en cuyo caso se deberá aplicar un máximo de 3 mm.

Las probetas con fisuras en las esquinas mayores que 6 mm, sin evidencia de inclusiones de escoria u otro tipo de discontinuidades de fusión, deberán ser descartadas y reemplazadas por otras probetas de ensayo correspondientes a la soldadura original de calificación.

4.4.6.2.5. Probetas de Tracción de Sección Reducida (Figura 4.13 a, b y c)

- (1) Chapa: La probeta se realizará de acuerdo con lo indicado en la Figura 4.13a. Deberá ser rota bajo carga de tracción uniforme y se determinará la carga máxima. El área de la sección transversal se deberá obtener multiplicando el ancho por el espesor. La tensión de tracción deberá calcularse dividiendo la carga máxima por el área de la sección transversal.
 - (a) Una solda probeta se utilizará para espesores iguales o menores que 25 mm
 - (b) Para espesores mayores que 25 mm se podrá utilizar una o múltiples probetas.
 - (c) Cuando se aplique múltiples probetas, por limitaciones del equipo de ensayo, el espesor de la probeta de soldadura en chapa deberá cortarse de manera de obtener la menor cantidad de probetas de tracción compatibles con la capacidad de la máquina de ensayo. Cada probeta será ensayada y, en conjunto, representarán los requerimientos de un único ensayo de tracción.
- (2) Caño: Para caños con un diámetro externo mayor que 75 mm las probetas se realizarán de acuerdo con lo indicado en la Figura 4.13a. y se procederá de acuerdo con lo descrito en 4.4.6.2.5 (1).
- (3) Para caños con un diámetro externo igual o menor que 75 mm las probetas se realizarán según lo indicado en la Figura 4.13b. También en estos casos se puede aplicar un ensayo de la sección completa utilizando la probeta que se muestra en la Figura 4.13c.
- (4) JPP en chapa o caño: En este tipo de juntas deberá mecanizarse el exceso de material hasta alcanzar el espesor equivalente al tamaño de la soldadura (E).

4.4.6.2.6. Criterio de Aceptación para el Ensayo de Tracción con Probeta de Sección Reducida

La resistencia a la tracción deberá ser mayor o igual al valor mínimo especificado correspondiente en la Tabla 4.6. Cuando se utilicen múltiples probetas, de acuerdo con 4.4.6.2.5(c), cada probeta deberá verificar el requerimiento aplicable.

Si la unión soldada es de dos materiales base de diferente resistencia a la tracción el valor mínimo especificado corresponderá al material base de menor resistencia en la unión, de acuerdo con la Tabla 4.6.

4.4.6.2.7. Ensayo de Rotura con Sección Entallada (Figura 4.17)

Este ensayo de fractura conocido con frecuencia por su denominación en idioma inglés como “nick – break”, es requerido en la calificación de una EPS correspondiente a soldaduras que unen elementos estructurales de fundición de aluminio para determinar la calidad y estado de las uniones soldadas.

4.4.6.2.8. Probetas de Tracción del Metal de Aporte Puro (Ver Figura 4.18)

La probeta de ensayo deberá ser realizada de acuerdo con IRAM-IAS 766 (Productos de aluminio y sus aleaciones. Método de ensayo de tracción).

4.4.6.2.9. Ensayos de Juntas Biseladas para Uniones Soldadas de Fundiciones

(1) Probetas: Para ensayos de rotura con sección entallada se cortarán las probetas de soldadura con JPC de tamaño igual o mayor que 6 mm. La probeta de ensayo será como se muestra en la Figura 4.17. Para chapa las probetas serán cortadas de las ubicaciones especificadas para probetas de plegado, tal como se muestra en la Figuras 4.9 y 4.10. En tanto que para caño las probetas se cortarán adyacentes a las probetas de tracción, tal como se muestra en las Figuras 4.7 y 4.8a, b y c. La probeta entallada será fractura fijando uno de los extremos de la misma, en una morza u otro dispositivo de fijación firme y aplicando una fuerza que permita romper la probeta en la zona de entalla. Las superficies de fractura expuestas serán observadas visualmente.

(2) Criterio de aceptación: Las superficies fracturadas deberán mostrar fusión completa de la junta y no presentar inclusiones o porosidad mayor que 3 mm sobre la medida más grande para un espesor de metal de soldadura igual o mayor que 6 mm. Además la suma de los mayores tamaños de las inclusiones o porosidad serán iguales o menores que 12 mm por cada segmento de 50 mm. Para metales de soldadura con espesores menores que 6 mm se inspeccionará visualmente las superficies de fractura de las probetas de tracción. En este caso las discontinuidades deberán ser iguales o menores que 0,5 del espesor del material base y la suma de las mayores dsicontunuidades deberán ser iguales o menores que 6 mm.

4.4.6.3. Ensayos Macrográficos por Macroataque.

Las probetas de soldadura deberán ser preparadas con una terminación adecuada para el ensayo de macroataque metalográfico. Deberá usarse una solución adecuada para revelar la forma o perfil de la soldadura.

4.4.6.3.1. Criterio de Aceptación del Ensayo de Macrográfico

Para una calificación aceptable de la probeta, cuando se inspecciona visualmente, deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- (1) En soldaduras con JPP, el tamaño real de la soldadura debe ser igual o mayor que el tamaño de soldadura especificado, (E)
- (2) Las soldaduras de filete deben tener fusión completa de la raíz de la junta, pero no necesariamente más allá de esta.
- (3) El tamaño mínimo del cateto debe alcanzar el tamaño de filete especificado.
- (4) Las soldaduras con JPP y soldaduras con filete deben verificar lo siguiente:
 - (a) sin fisuras

(b) fusión completa de las pasadas o capas adyacentes al metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base.

(c) perfiles de soldadura que cumplen con el detalle especificado y se encuentran de acuerdo con lo mostrado en la Figura 5.3.

(d) ninguna socavadura mayor o igual que 0,25 mm.

4.4.6.4. Ensayos en Soldaduras de Filete

4.4.6.4.1. Probeta Opción 1 para Ensayo de Rotura de Filete en Chapa y Caño

La probeta de soldadura para calificación de la EPS se preparará como se muestra en las Figuras 4.18 y 4.20. La probeta soldada en chapa (Figura 4.18) se cortará en dos secciones centrales de 100 mm de largo, ambos extremos será sometidos a un macroataque. En el caso de las probetas de caño (Figura 4.20) se cortarán 8 secciones transversales a la soldadura.

4.4.6.4.2. Probeta Opción 2 para Ensayo de Plegado de Raíz en Filete sobre Chapa

La probeta de soldadura se preparará como se muestra en la Figura 4.19, tanto el respaldo como la sobremonta deberán ser eliminados después de la soldadura dejando ésta nivelada con el material base.

En los materiales base M23 soldados con aporte F23 se eliminará la cara de la soldadura hasta obtener 3 mm de espesor en la probeta de plegado, tal como se muestra en la Figura 4.11 (excepto lo indicado en 4.4.6.2.3)

4.4.6.4.3. Realización del Ensayo

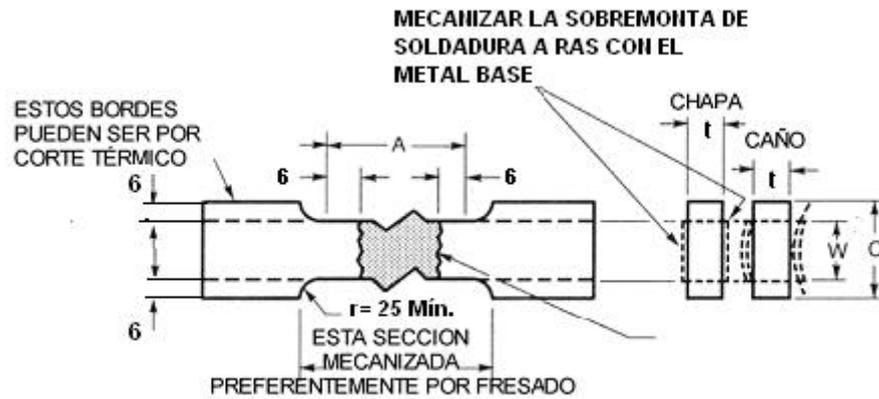
- (1) Opción 1, ensayo de rotura: La carga deberá ser aplicada en forma incremental o repetida hasta que la probeta fracture o se pliegue aplastada sobre sí misma.
- (2) Opción 2, plegado de raíz: Se efectuará de la misma forma que el ensayo de plegado para junta biselada.

4.4.6.4.4. Criterio de Aceptación para Ensayos de Filete

- (1) Opción 1, ensayo de rotura: Si la probeta se pliega en forma plana sobre sí misma, el ensayo resulta satisfactorio. Si la probeta rompe las superficies de fractura deberán ser inspeccionadas visualmente. En este caso las probetas para ser aprobadas deberán mostrar fusión completa en la raíz de la junta de filete, inclusiones o porosidad igual o menor que 2 mm en la mayor dimensión. Además la suma de las mayores medidas de las inclusiones o porosidad serán iguales o menores que 20 mm por cada segmento de largo 100 mm.
- (2) Opción 2, plegado de raíz: Se aplicará el mismo criterio utilizado para el plegado de raíz de probetas biseladas.

4.4.7. Reensayo

Si alguna de las probetas ensayadas no alcanza los requerimientos de ensayo establecidos, se podrán repetir dos ensayos para un tipo particular de probeta. Las nuevas probetas deberán ser extraídas del mismo material de calificación de la EPS. Los resultados de ambas probetas deberán alcanzar los requerimientos del ensayo. Para los materiales con espesores mayores que 38 mm la falla de una probeta deberá requerir ensayos de todas las probetas del mismo tipo, extraídas de dos ubicaciones adicionales en el material de ensayo.



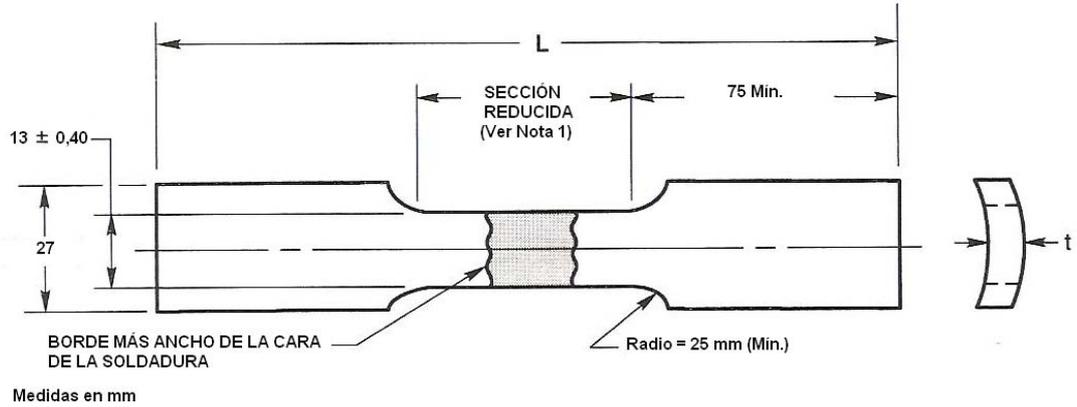
Medidas en mm

	Espesor de la Chapa de Ensayo, T [mm]		Diámetro del Tubo de Ensayo [mm]	
	T ≤ 25	T > 25	≤ 75	> 75 o el prefabricado de mayor diámetro
A – Largo de la sección reducida (Nota 1)	La cara más ancha de la soldadura + 12 mm o mínimo 60 mm		La cara más ancha de la soldadura + 12 mm o mínimo 60 mm	
L – Largo total, mínimo (Nota 2)	Según lo requiera el equipo de ensayo		Según lo requiera el equipo de ensayo	
W – Ancho mínimo de la sección reducida (Notas 3, 4)	38 ± 0,25	38 ± 0,25	12 ± 0,25	20 ± 0,25
C – Ancho mínimo de la sección de sujeción (Notas 4,5)	50	38	Aprox. 25	Aprox. 32
t – Espesor de la probeta (Notas 6, 7)	T	T/ n (Nota 7)	El máximo posible con caras planas y paralelas dentro del largo A	
r – Radio mínimo	25	25	25	25

Notas:

- Resultará apropiado hacer el largo de la sección de sujeción suficientemente grande para permitir que la fijación de la probeta en la mordaza sea a una distancia igual o mayor que dos tercios del largo de la mordaza.
- Los extremos de la sección reducida no deberán tener una diferencia mayor que 0,1 mm. También deberá haber una disminución gradual en el ancho desde los extremos al centro, pero el ancho de cualquiera de los extremos será menor o igual que 0,38 mm respecto del ancho en el centro.
- Podrán ser usados, cuando sea necesario, anchos reducidos (W y C) En tales casos, el ancho de la sección reducida deberá ser tan grande como el ancho del material que está siendo ensayado lo permita. Si el ancho del material es menor que W, los lados podrán ser paralelos en todo el largo de la probeta.
- Para probetas de chapas del tipo estándar, los extremos de la probeta deberán ser simétricos con la línea de centro de la sección reducida dentro de los 6 mm. Excepto para probetas de referencia donde estará dentro de los 2,5 mm.
- La dimensión t es el espesor de la probeta como está dispuesto en las especificaciones aplicables del material. El espesor nominal mínimo de las probetas de 38 mm de ancho deberá ser de 5 mm, excepto lo permitido por la especificación del producto.
- Para chapas mayores que 25 mm de espesor, las probetas podrán ser cortadas en una cantidad (n) de tiras o planchuelas aproximadamente iguales. Los resultados de los ensayos de cada tira deberán alcanzar los requerimientos mínimos de resistencia a la tracción.
- Ver 4.4.6.2.5 (3) para probeta alternativa.

Figura 4.13 (a). Probetas de Tracción de Sección Reducida, Chapa y Caño



Notas generales:

- Área de la sección = $0,5t$
- El espesor de la probeta (t) deberá estar dentro del rango de espesores aceptados por la especificación del material para la relación de serie estándar (espesor/ diámetro) del caño que es ensayado.
- La probeta de sección reducida deberá presentar un paralelismo entre caras de $\pm 0,25$ mm
- La sobremonta de la soldadura deberá ser eliminada de manera de no exceder el espesor del material base.
- Los bordes de la probeta no deberán ser cortados no por proceso de arco o llama.

Nota 1: El largo de la sección reducida deberá ser igual o mayor que el ancho de la soldadura más 2 t.

Figura 4.13 (b). Probeta Alternativa de Tracción de Sección Reducida para Caño con Diámetro ≤ 75 mm

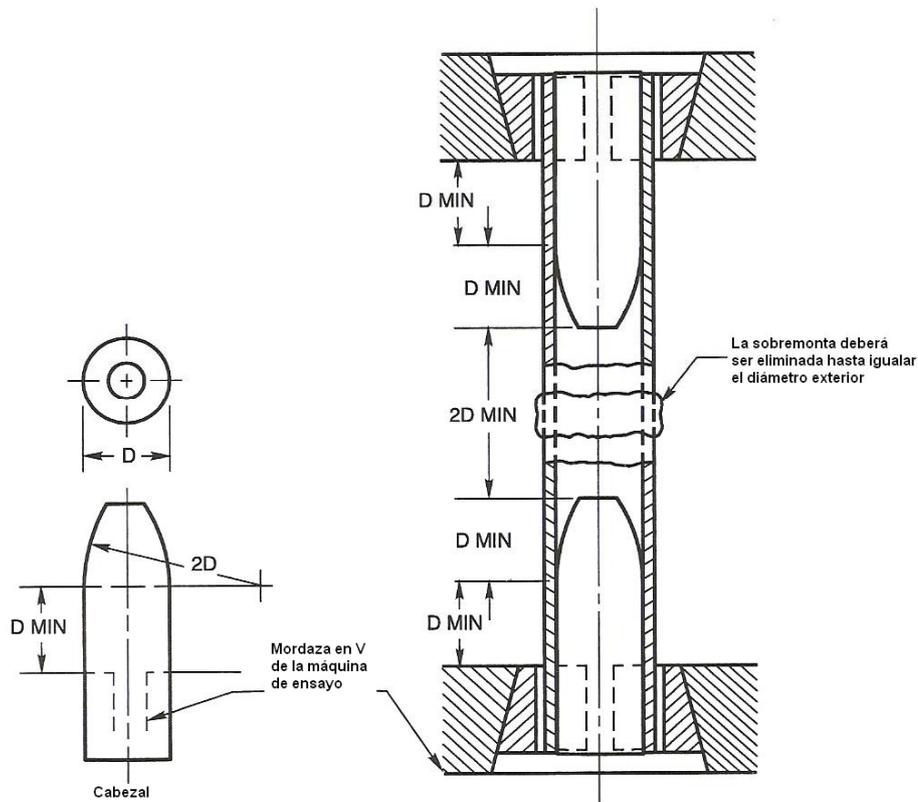
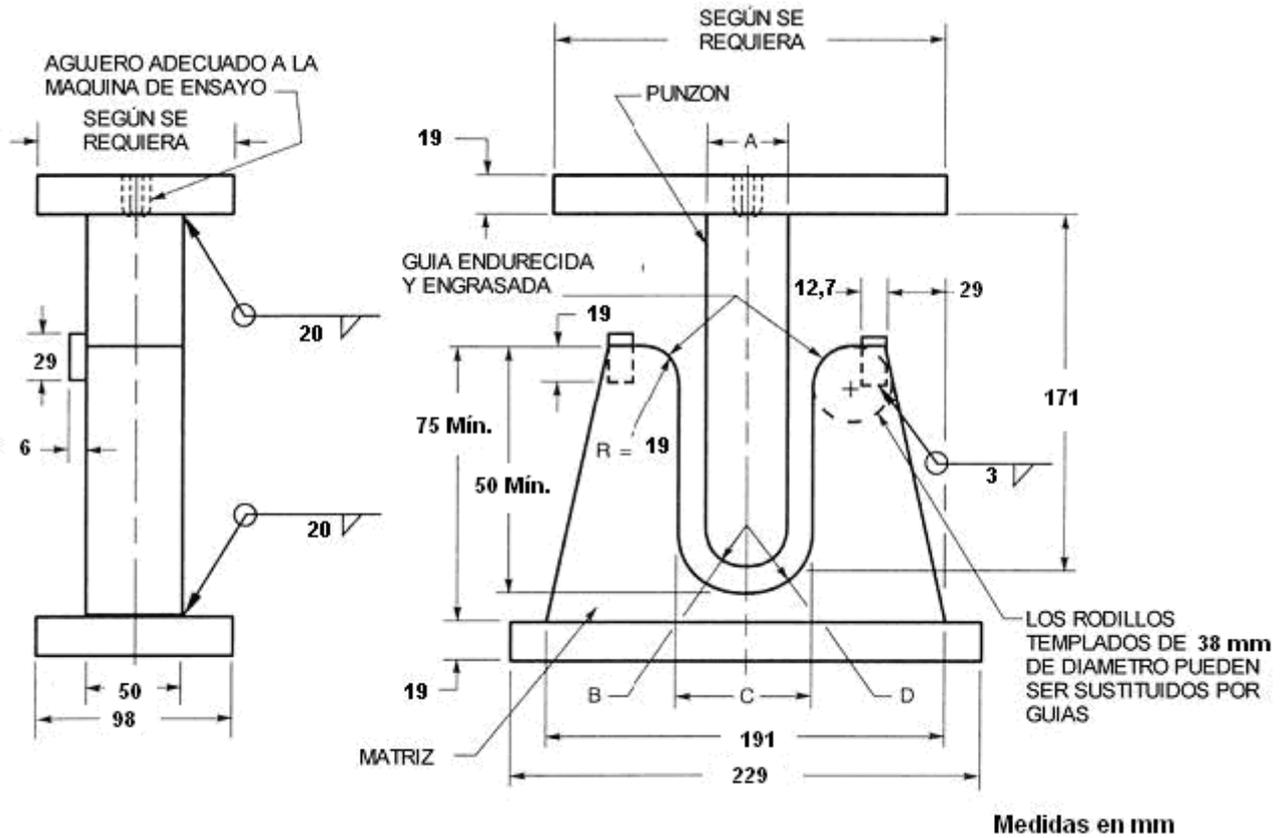


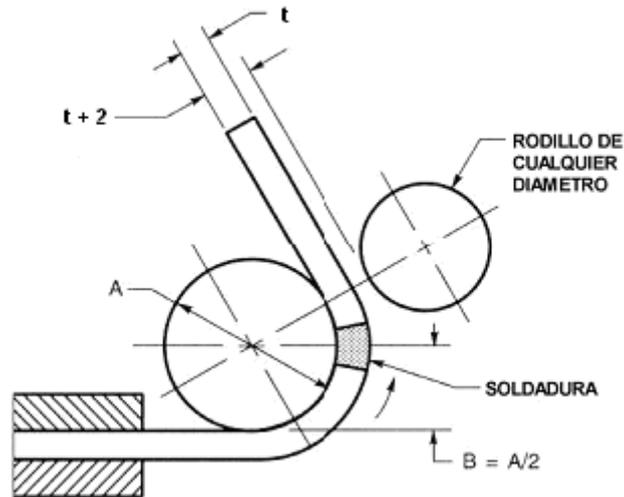
Figura 4.13 (c). Probeta de Tracción de Sección Completa para Caño con Diámetro ≤ 75 mm



Materiales	Espesor de la Probeta, t [mm]	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]
M21 y M22	10	38	19	60	30
	t	4t	2t	6t + 3	3t + 1,6
M23 y sold.	3	52	26	60	30
F23	t < 3	16 - 1/2t	8 - 1/4t	18 - 1/2t + 1,6	9 - 1/4t + 1
M25 y M23 recocido	10	64	32	86	43
	t	6 - 2/3t	3 - 1/3t	8 - 2/3t + 3	4 - 1/3t + 1,6
M27 y M24 recocido	10	75	38	98	49
	t	8t	4t	10t + 3	5t + 1,6

Nota: El punzón y la superficie interior de la matriz deberán ser mecanizados.

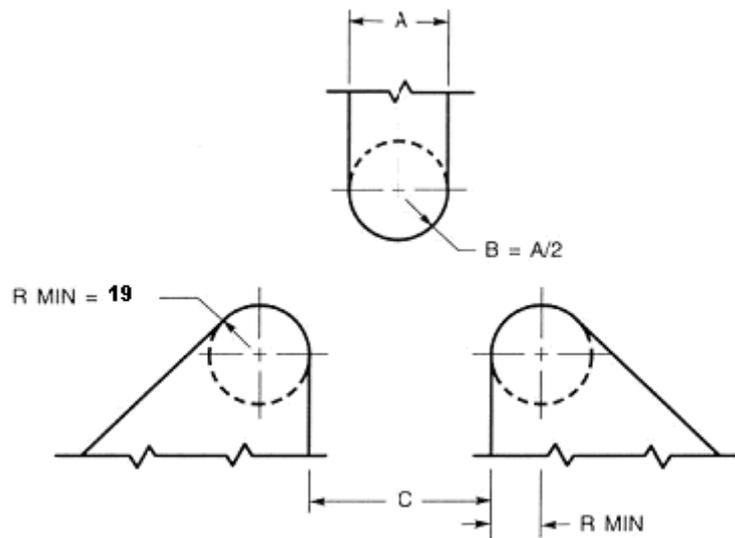
Figura 4.14. Ensayo de Plegado Guiado con Matriz



Medidas en mm

Material	Espesor de Probeta, t [mm]	A [mm]	B [mm]
M21 y M22	10	38	19
	t	4t	2t
M23 y sold.	3	52	26
F23	t < 3	16-1/2t	8-1/4t
M25	10	64	32
y M23 recocido	t	6-2/3t	3-1/3t
M27	10	75	38
Y M24 recocido	t	8t	4t

Figura 4.15. Ensayo Alternativo de Plegado Guiado con Rodillo de Doblado



Medidas en mm

Materiales	Espesor de la Probeta, t [mm]	A [mm]	B [mm]	C [mm]
M21 y M22	10	38	19	60
	t	4t	2t	6t + 3
M23 y sold.	3	52	26	60
F23	t < 3	16 - 1/2t	8 - 1/4t	18 - 1/2t + 1,6
M25 y	10	64	32	86
M23 recocido	t	6 - 2/3t	3 - 1/3t	8 - 2/3t + 3
M27 y	10	75	38	98
M24 recocido	t	8t	4t	10t + 3

Figura 4.16. Ensayo Alternativo de Plegado Guiado con Rodillos en Tres Puntos y Descarga de la Probeta por la Parte Inferior

4.5. SOLDADURAS CON JUNTAS DE PENETRACIÓN COMPLETA (JPC) PARA UNIONES NO TUBULARES Y TUBULARES

Los requerimientos para calificar la EPS de soldaduras con JPC en uniones no tubulares y tubulares están dados en la Tabla 4.2 (1) y las Figuras 4.7 a 4.10 para extracción de probetas de ensayo mecánico correspondientes a la probeta de soldadura, en chapa o caño, para calificación.

3.5.1. Juntas en Esquina o Juntas T

Las probetas de ensayo para soldaduras con juntas en esquina o juntas T deberán ser juntas a tope que tengan la misma configuración del bisel de las juntas en esquina o juntas T a ser usadas en la construcción, excepto la profundidad del bisel que no necesita ser mayor que 25 mm.

4.6. SOLDADURAS CON JUNTAS DE PENETRACIÓN PARCIAL (JPP) PARA UNIONES NO TUBULARES Y TUBULARES

4.6.1. Tipo y Cantidad de Probetas a Ser Ensayadas

El tipo y cantidad de probetas que deberán ser ensayadas para calificar una EPS se muestran en la Tabla 4.3. Deberá hacerse una soldadura de muestra usando el tipo de diseño de bisel y EPS a ser usada en la construcción, exceptuando la profundidad del bisel que no necesita ser mayor que 25 mm. Si la soldadura a tope con JPP es para ser usada en juntas T o L, la junta a tope deberá tener una chapa restrictiva temporaria que simule la configuración de la junta T.

4.6.2. Verificación del Tamaño de la Soldadura (E) por Macrografía.

Deberán prepararse tres probetas de la sección transversal de la unión soldada para realizar macrografía por medio de macroataque con el objeto de comprobar que el tamaño de soldadura (E) especificado en la EPS se ha cumplimentado.

4.6.3. Verificación de EPS Calificada con JPC por Macrografía.

Cuando una EPS ha sido calificada para unión con JPC y se aplica a uniones soldadas con JPP, se requieren tres probetas de la sección transversal para macrografía por medio de macroataque con el objeto de comprobar que el tamaño de soldadura (E) especificado en la EPS se ha cumplimentado.

4.6.4. Verificaciones de Otros Casos de EPS por Macrografía.

Si una EPS no es cubierta tanto por 4.6.2 como por 4.6.3 o no ha sido utilizada y ensayada como unión soldada a tope con JPC, deberá prepararse una junta de muestra (modelo) en la cual la primera verificación a realizar es un ensayo macrográfico por medio de macroataque para determinar el tamaño de soldadura (E) de la junta. A continuación, la junta será mecanizada del lado de la raíz hasta obtener un espesor igual al tamaño de la soldadura (E) indicado en la EPS. Deberán prepararse probetas de tracción y plegado para ser ensayadas de acuerdo con los requerimientos para soldaduras con JPC según 4.5.

4.6.5. Soldaduras con Junta Acampanada

Los tamaños efectivos de soldadura para juntas acampanadas se determinarán de la siguiente forma:

- (1) Verificación de la sección, será utilizada para comprobar el tamaño efectivo de la soldadura.
- (2) Para el contenido de una EPS dada, si el contratista o fabricante ha demostrado consistentemente la producción continua de tamaños efectivos de soldadura mayores que aquellos requeridos en diseño según el Cap. 2 de este Reglamento, el contratista o fabricante puede establecer mediante calificación tales tamaños efectivos de soldaduras mayores.
- (3) La calificación requerida por (2) debe consistir en un corte de la sección del elemento estructural curvado, en forma normal a su eje y en la mitad del largo entre extremos de la soldadura. Tal seccionado será realizado en un número de combinaciones de tamaños de material representativos del rango a ser utilizado por el contratista o fabricante en la construcción.

4.7. REQUERIMIENTOS DE CALIFICACIÓN EN SOLDADURA DE FILETE PARA UNIONES NO TUBULARES Y TUBULARES

4.7.1. Tipo y Cantidad de Probetas

El tipo y cantidad de probetas que deberán ser ensayadas para calificar una EPS de soldadura de filete se muestran en la Tabla 4.4.

4.7.2. Ensayo de Soldadura de Filete

Para cada EPS y posición a ser usada en la construcción deberá hacerse una soldadura de filete de unión en T, como se muestra en la Figura 4.18 para chapa o Figura 4.20 para tubo o caño. La probeta de filete deberá ser cortada en forma perpendicular a la dirección de la soldadura en las ubicaciones que se muestran en la Figura 4.18 o 4.20, según se aplique. Las probetas que representan una cara de cada uno de estos cortes deberán constituir una probeta para verificación macrográfica por medio de macroataque y serán ensayadas de acuerdo con 4.4.6.4.

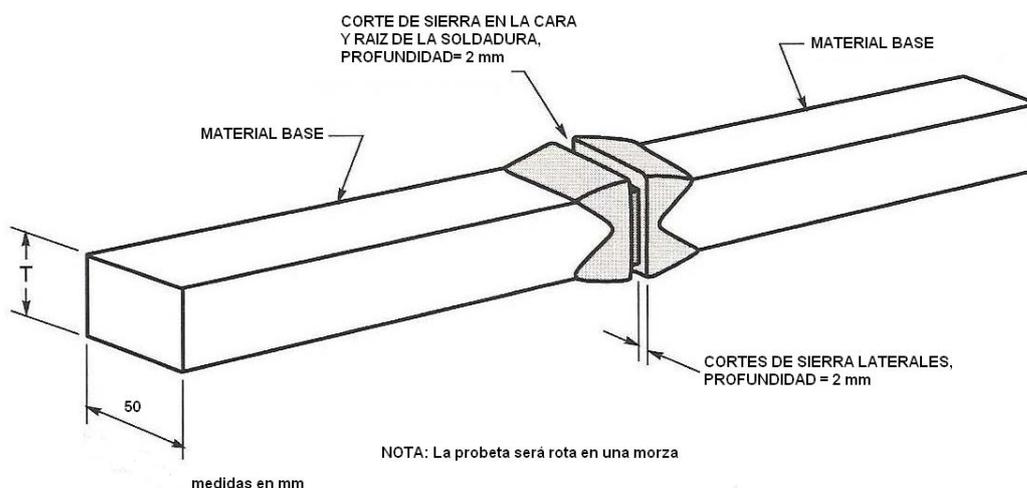
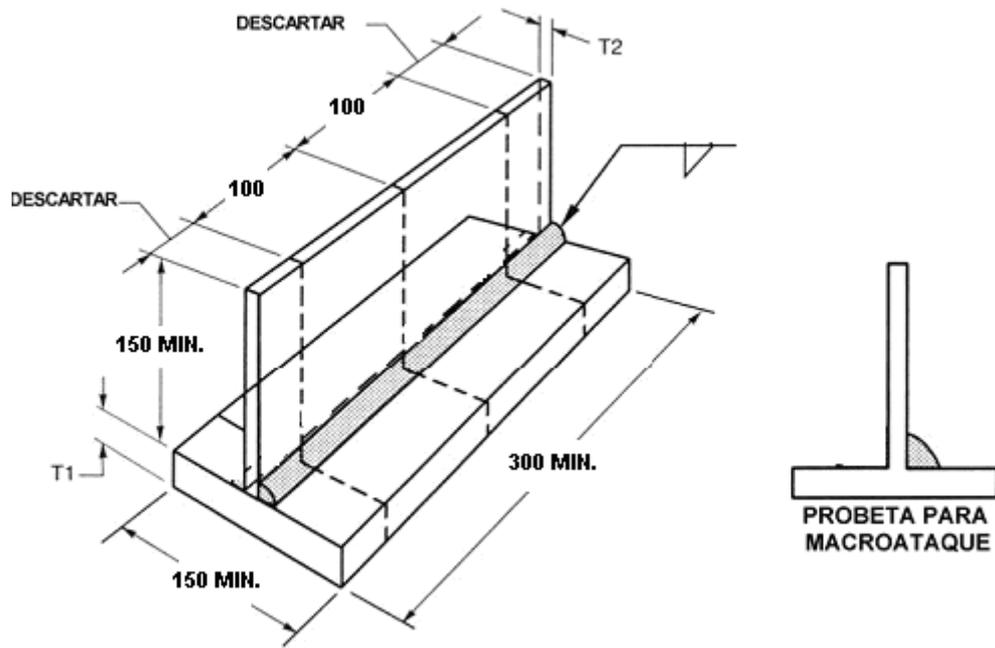


Figura 4.17. Probeta para Ensayo de Rotura con Sección Entallada

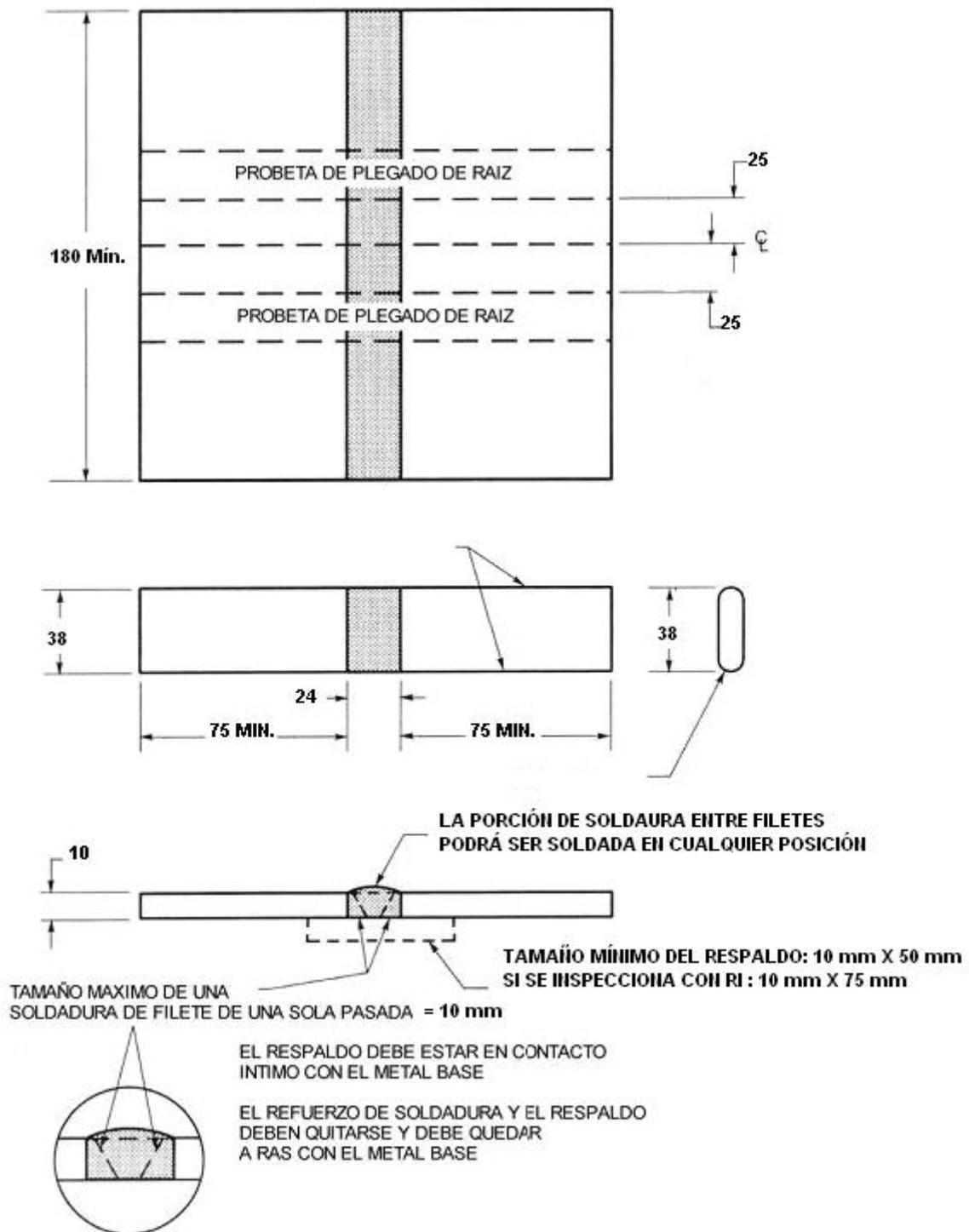


Medidas en mm

Tamaño o cateto del Filete [mm]	T1 min* [mm]	T2 min* [mm]
5	12	5
6	20	6
8	25	8
10	25	10
12	25	12
16	25	16
20	25	20
>20	25	25

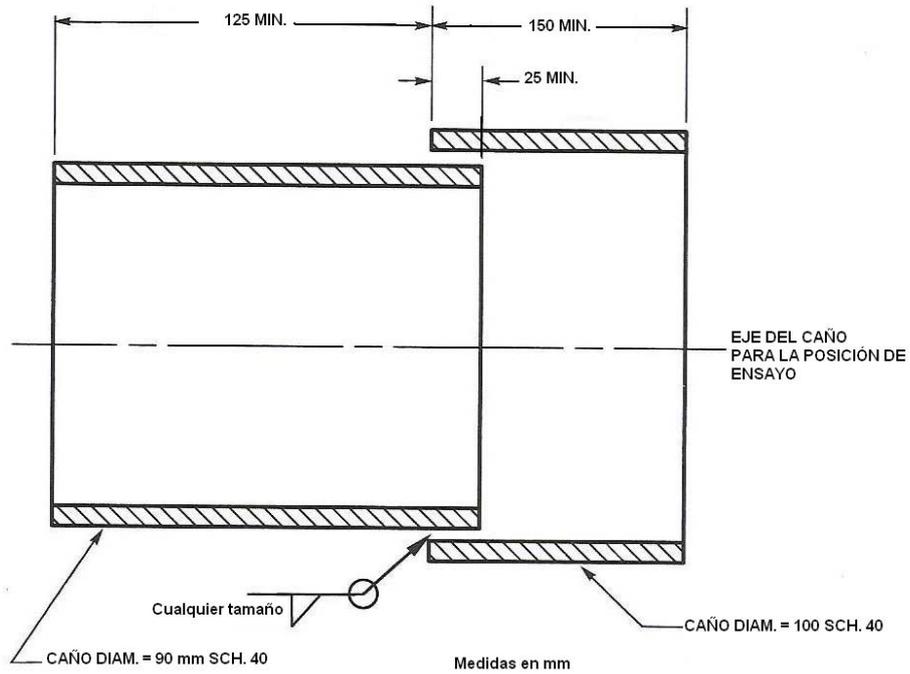
*Nota: Cuando el espesor mínimo de la chapa usada en la producción es menor que el valor mostrado en la tabla, para T1 y T2, podrán aplicarse los espesores máximos de las piezas de producción.

Figura 4.18. Ensayos para Verificar la Soldadura de Filete Aplicables en la Calificación de la EPS- Opción 1

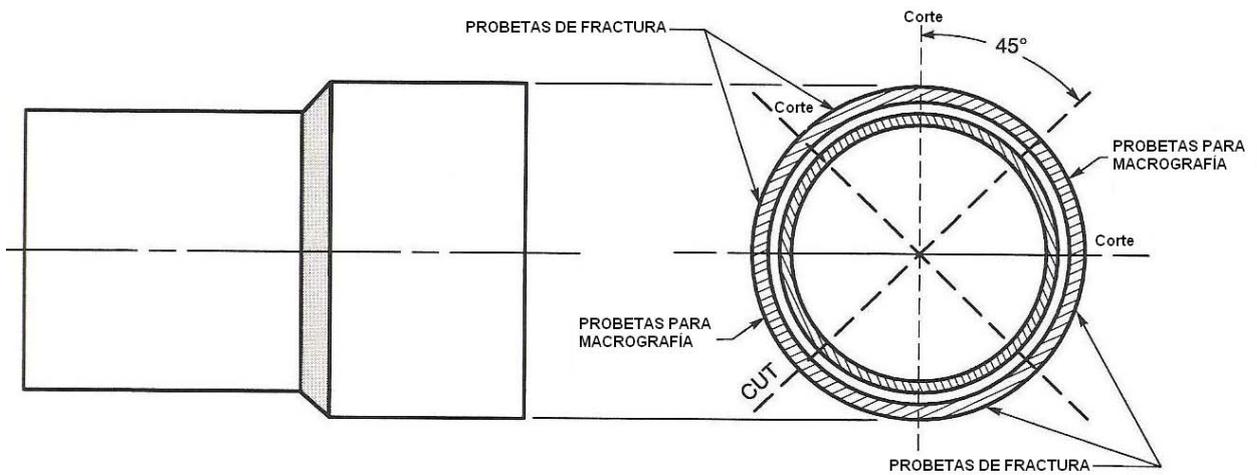


Medidas en mm

Figura 4.19. Chapa de Ensayo de Plegado Lateral para Soldadura de Filete – Calificación de EPS – Opción 2



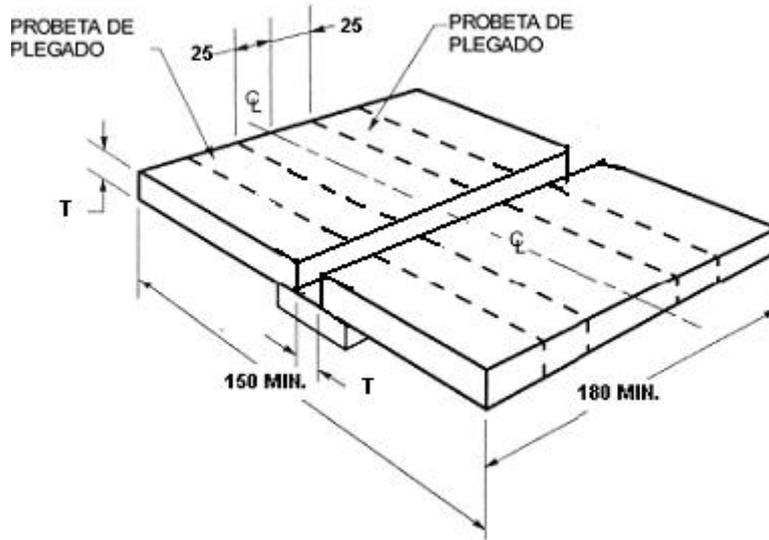
(A) CONJUNTO ARMADO, SECCIÓN LONGITUDINAL



(B) CONJUNTO SOLDADO

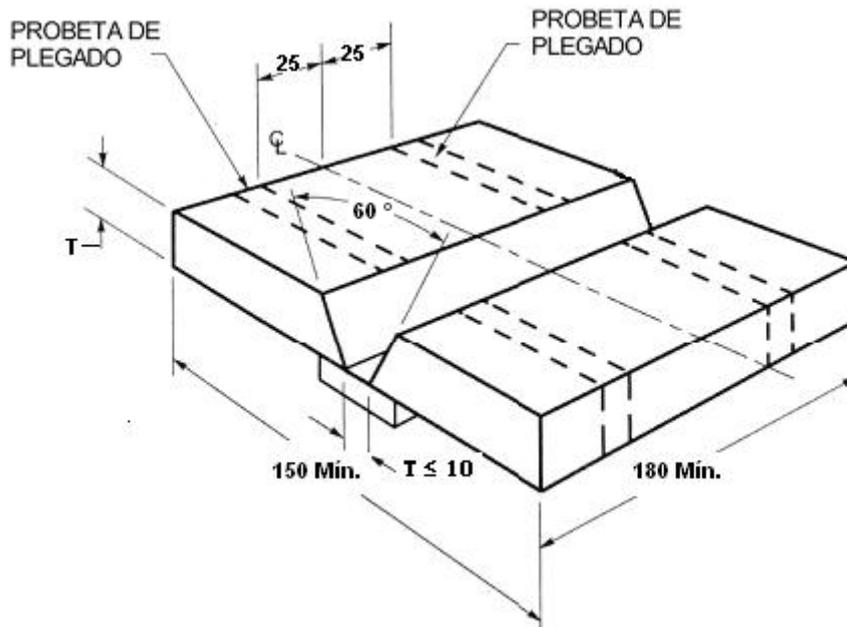
(C) PROBETAS PARA FRACTURA Y MACROGRAFÍA

Figura 4.20. Ensayos para Verificar la Soldadura de Filete de Caños o Tubos Aplicables en la Calificación de la EPS



Nota: Cuando se usa radiografía, no deberá haber soldadura de punteado en el área de ensayo.

Figura 4.21. Chapa de Ensayo para Espesor $T \leq 3$ mm en Toda Posición – Calificación de Soldador

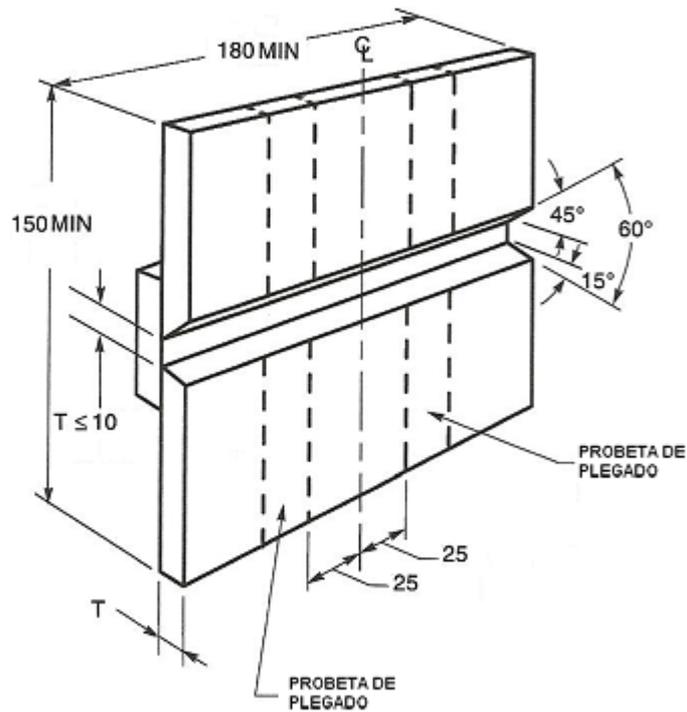


Medidas en mm

Notas: Cuando se usa radiografía, no deberá haber soldadura de punteado en el área de ensayo.

Figura 4.22. Chapa de Ensayo para Espesor $T > 3$ mm, en Toda Posición – Calificación de Soldador

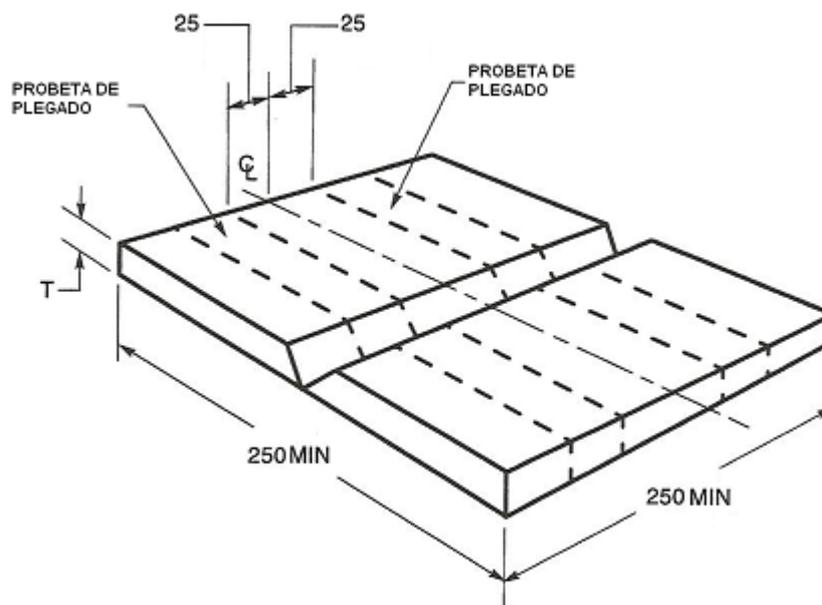
Medidas en mm



Medidas en mm

Nota: Cuando se usa radiografía, no debe haber soldadura de punteado en el área de ensayo.

Figura 4.23. Chapa de Ensayo Opcional para Espesor > 3 mm – Posición Horizontal – Calificación de Soldador y Operador



Medidas en mm

Nota: Cuando se usa radiografía, no debe haber soldadura de punteado en el área de ensayo.

Figura 4.24. Chapa de Ensayo Alternativa para Cualquier Espesor – Todas las Posiciones – Calificación de Soldador

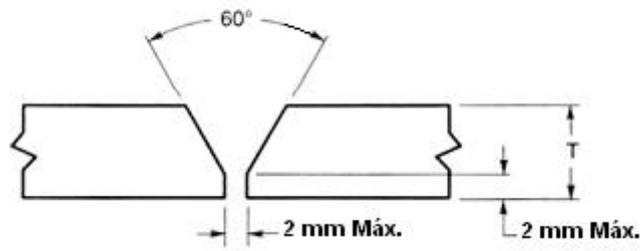


Figura 4.25. Junta a Tope Tubular, Sin Respaldo– Calificación de Soldador

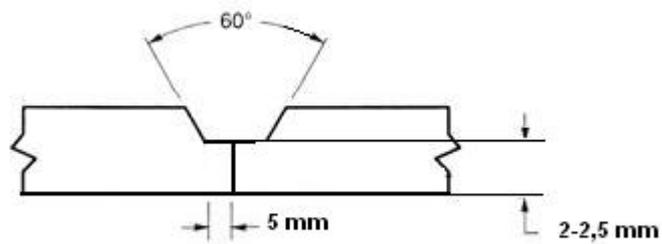


Figura 4.26. Junta a Tope Tubular, Sin Respaldo (alternativa a Figura 4.25 – Calificación de Soldador)

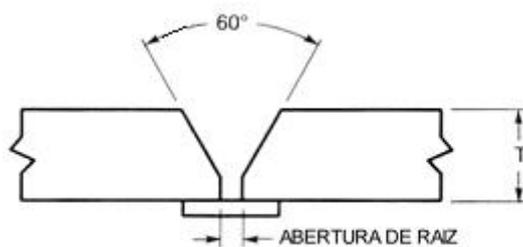


Figura 4.27. Junta a Tope Tubular, Con Respaldo – Calificación de Soldador

4.8. CALIFICACIÓN DE HABILIDAD PARA SOLDADORES Y OPERADORES DE SOLDADURA

Los ensayos de calificación de habilidad requeridos por este Reglamento son establecidos para determinar la habilidad del soldador, operador, o soldador punteador, para producir soldaduras sanas de acuerdo con los requerimientos de calidad de este Reglamento.

4.8.1. Posiciones de Soldadura de Producción Calificadas

4.8.1.1. Soldadores y Operadores

Las posiciones de soldadura de producción para las que será calificado el soldador deberán estar en conformidad con la Tabla 4.7.

4.8.1.2. Soldadores Punteadores

El soldador punteador deberá ser calificado por una chapa de ensayo en cada posición en la cuál se realiza el punteado.

4.8.2. Espesores y Diámetros de Producción Calificados.

4.8.2.1. Soldadores u Operadores

El rango de espesores de soldadura de producción y diámetros para los cuales un soldador u operador estará calificado deberá estar en conformidad con la Tabla 4.8.

4.8.2.2. Soldadores Punteadores

La calificación de soldador punteador deberá calificar para espesores mayores o iguales que 3 mm y para todos los diámetros.

4.8.3. Calificación de Soldador y Operador Junto con la Calificación de una EPS

Un soldador u operador puede ser también calificado soldando satisfactoriamente una chapa, tubo o caño de ensayo para calificación de una EPS que alcance los requerimientos de 4.4.6.

Tabla 4.6				
Resistencia a la Tracción de Aleaciones de Aluminio Soldadas				
(Procesos GTAW y GMAW sin Tratamiento Térmico Posterior a la Soldadura)				
(Nota 1)				
Material N°	Aleación y Revenido	Espesor del Producto [mm]		Resistencia Mínima a la Tracción [MPa]
21	1060-0, H12, H14, H16, H18, H22, H24, H26, H28, H112, H113, F	Chapa	≤ 75	55
		Extruidos	Todos	59
21	1060-0, H12, H14, H16, H18, H22, H24, H26, H28, H112, H113, F	Todos	≤ 75	75
24	2219, T62, T81, T851, T8510, T8511, T87, 2219-T6, T852	Todos	< 75	240
		Chapa	75 a 150	240
		Forjados	75 a 100	240
21	3003-0, H12, H14, H16, H18, H22, H24, H26, H28, H112, H113, F	Todos	≤ 75	95
21	Alclad 3003-0, H12, H14, H16, H18, H112, H113, F, H22, H24, H26	Tubos	Todos	90
		Chapa	< 13	90
		Chapas	13 a 75	95
22	3004-0, H22, H24, H26, H28, H32, H34, H36, H38, H112, F	Todos	≤ 75	150
22	Alclad 3004-0, h22, H24, H26, H32, H34, H36, H38, H112, F	Chapas	< 13	145
		Chapas	13 a 75	150
21	5005-0, H12, H14, H16, H18, H22, H24, H26, H32, H34, H36, H38, H112, F	Todos	≤ 75	105
21	5050-0, H22, H24, H26, H32, H34, H36, H38, H112, F	Todos	≤ 75	125
22	5052-0, H22, H24, H26, H28, H32, H34, H36, H38, H112, F	Todos	≤ 75	170
25	5083-0, H111, H112, 5063-0, H111, H112, F	Forjados	≤ 100	262
		Extruidos	≤ 125	270
	5083-0, H112, H116, H321, F	Chapa	1 a 38	275
		Chapa	38 a 75	270
	5083-0, F	Chapa	75 a 125	262
			125 a 175	255
175 a 200			248	
25	5086-0, H32, H34, H36, H38, H111, H112, H116, F	Todos	≤ 50	240
		Extruidos	50 a 125	240
	5086-0, H111, H112, F	Chapa	50 a 75	235
22	5154-0, H22, H24, H26, H28, H32, H34, H36, H38, H112, F	Todos	≤ 75	205
22	5254-0, H32, H34, H36, H38, H112, F	Todos	1 a 75	205
22	5454-0, H32, H34, H111, H112, F	Todos	≤ 75	215
25	5456-0, H111, H112, F	Extruidos	≤ 125	285
	5456-0, H112, H116, H321, F	Chapa	1 a 38	285
		Chapa	38 a 75	285
	5456-0, H116, F	Chapa	75 a 125	270
5456-0, F	Chapa	175 a 200	262	
22	5652-0, H22, H24, H32, H34, H112, F	Todos	≤ 75	170
23	6005-T5	Extruidos	≤ 25	165
23	6061-T4, T42, T451, T51, T6, T62, T651	Todos	≤ 75	165
	6061-T6, T62, T651	Chapas y Forjados	75 a 100	165
	6061-T62, T651	Chapa	100 a 150	165
	6061-T6	Forjados	100 a 200	165

Tabla 4.6 (continuación)
Resistencia a la Tracción de Aleaciones de Aluminio Soldadas
(Procesos GTAW y GMAW sin Tratamiento Térmico Posterior a la Soldadura)
 (Nota 1)

Material N°	Aleación y Revenido	Espesor del Producto [mm]		Resistencia Mínima a la Tracción [MPa]
23	6063-T4, T42, T5, T52, T6, T62, T83, T831, T832	Extruidos	≤ 25	115
23	6351-T4, T5, T51, T53, T54, T6	Extruidos	≤ 25	165
27	7005-T53	Extruidos	3 a 25	275
26	A201.0-17	Fundidos	Todos	Nota 2
26	354.0-T61	Fundidos	Todos	Nota 2
26	C335.0-T6, T61	Fundidos	Todos	Nota 2
26	356.0-T6, T7, T71	Fundidos	Todos	159
26	A356.0-T6, T61	Fundidos	Todos	Nota 2
26	357.0-T6, T7	Fundidos	Todos	Nota 2
26	A357.0-T6, T61	Fundidos	Todos	Nota 2
26	359.0-T61, T62	Fundidos	Todos	Nota 2
26	443.0-F	Fundidos	Todos	115
26	A444.0-T4	Fundidos	Todos	115
26	514.0-F	Fundidos	Todos	150
26	535.0-F	Fundidos	Todos	240

Notas:

- (1) Para las aleaciones que no se encuentren en esta Tabla 4.6 las propiedades de tracción deberán ser establecidas en la EPS calificada
- (2) Para esta aleación no ha sido fijado un valor mínimo de resistencia a la tracción. Las propiedades de tracción deberán ser establecidas en la EPS calificada.

Tabla 4.7
Calificación de Soldador – Posiciones de Soldaduras para la Producción Calificadas por Ensayos en Chapa, Caño o Tubo

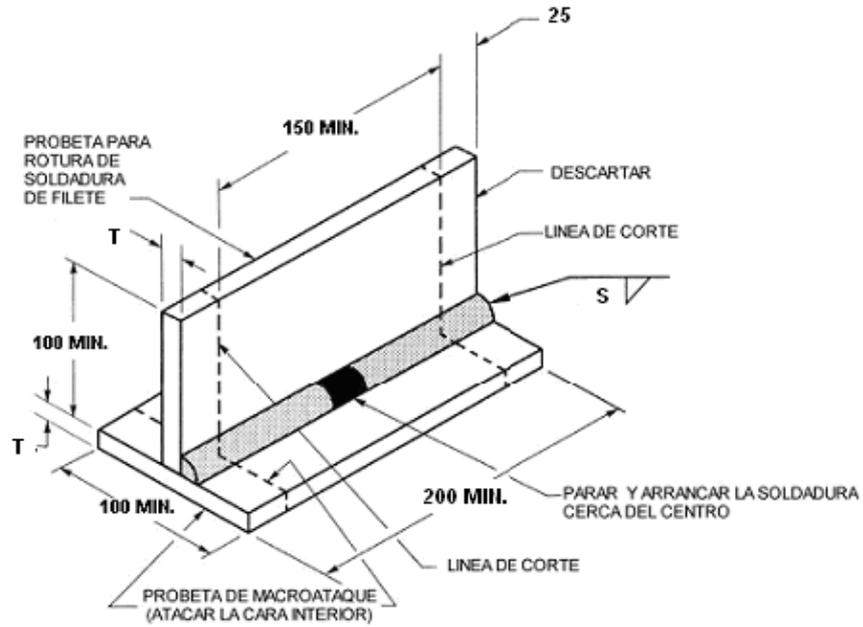
Ensayos de Calificación		Soldadura de Chapa Calificada para Producción			Soldadura de Caño o Tubo Calificada para Producción					Soldadura de Tubo de Sección Rectangular Calificada para Producción					
Tipo de Soldadura	Posiciones	Bisel JPC	Bisel JPP	Filete	Bisel a Tope		Bisel T, Y, K		Filete	Bisel a Tope		Bisel T, Y, K		Filete	
		JPC	JPP		JPC	JPP	JPC	JPP		JPC	JPP				
CHAPA	Bisel	1G	F	F	F, H	F	F			F, H	F	F			F, H
		2G	F, H	F, H	F, H	F	F			F, H	F, H	F, H			F, H
		3G	F, V	F, V	F, H, V	F	F			F, H	F, V	F, V			F, H
		4G	F, OH	F, OH	F, H, OH	F	F			F, H	F, OH	F, OH			F, H
		3G+4G	Todas	Todas	Todas	F	F			F, H	Todas	Todas			F, H
	Filete	1F			F					F					F
		2F			F, H					F, H					F, H
		3F			F, H, V					F, H					F, H
		4F			F, H, OH					F, H					F, H
		3F+4F			Todas					F, H					F, H
TUBULAR	Caño o Tubo con Bisel	1G	F	F	F, H	F	F	F	F	F, H	F	F	F	F	F, H
		2G	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H
		5G	F, V, OH	F, V, OH	Todas	F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH	Todas	F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH	Todas
		6G	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas
		2G+5G	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas
	Filete en Caño o Tubo	1F			F					F					F
		2F			F, H					F, H					F, H
		2F Rotada			F, H					F, H					F, H
		4F			F, H, OH					F, H, OH					F, H, OH
		5F			Todas					Todas					Todas

JPC – Junta de Penetración Completa; JPP – Junta de Penetración Parcial

Tabla 4.8.
Calificación de Soldador y Operador- Cantidades y Tipos de Probetas, Rango de Diámetros y/o
Espesores Calificados

1. Ensayo en Chapa											
Tipo de Soldadura de Ensayo	Espesor Nominal de la Chapa de Ensayo, T [mm]	Cantidad de probetas						Espesor Nominal de Chapa Calificado [mm]			
		Ensayos de plegado Todas las posiciones			Rotura de Filete	Macroataque	Mín.	Máx.			
		Cara	Raíz	Lateral							
Bisel	< 10	1	1	-	-	-	T	2T			
Bisel	10	1	1	-	-	-	3	2T			
Bisel	> 10 T < 25	-	-	2	-	-	3	2T			
Bisel	≥ 25	-	-	2	-	-	3	ilimitado			
Filete	≤ 3	-	-	-	1	1	T	> T o 5			
	3 < T < 10	-	-	-	1	1	T/2	2T			
	≥ 10	-	-	-	1	1	T/2	ilimitado			
2. Ensayo en Caño- Estructura Clase I											
Tipo de Material	Medida Nominal del Caño [mm]	Espesor Nominal, T [mm]	Cantidad de probetas			Diámetro Nominal de Caño o Tubo Calificado [mm]		Espesor Nominal Calificado [mm]			
			Macroataque	Plegado Raíz	Plegado Cara	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.		
Conformado a Conformado	150 a 200	3- 10	-	2	2	19	410	3	2T		
Fundido a Conformado o Fundido a Fundido	75 a 130	5	2	-	-	50	410	3	13		
3. Ensayo en Caño- Estructura Clase II											
Tipo de Soldadura de Ensayo	Medida Nominal del Caño de Ensayo [mm]	Espesor Nominal del Caño de Ensayo [mm]	Cantidad de Probetas de Plegado						Medida Nominal de Caño o Tubo Calificado [mm]	Espesor Nominal de Caño o Tubo Calificado [mm]	
			Todas las posiciones, excepto 5G y 6G			Posiciones 5G y 6G solamente				Mín.	Máx.
			Cara	Raíz	Lateral	Cara	Raíz	Lateral			
Bisel	50 o 75	5	1	1	-	2	2	-	≤ 100	2	17
Bisel	150 o 200	14	-	-	2	-	-	4	≥ 100	5	ilimitado

Tabla 4.8 (continuación)											
4. Ensayo en Caño o Tubo Prefabricado											
Tipo de Soldadura de Ensayo	Medida Nominal del Caño de Ensayo [mm]	Espesor Nominal del Caño de Ensayo [mm]	Cantidad de Probetas de Plegado						Medida Nominal de Caño o Tubo Calificado [mm]	Espesor Nominal de Caño o Tubo Calificado [mm]	
			Todas las posiciones, excepto 5G y 6G			Posiciones 5G y 6G solamente				Mín.	Máx.
			Cara	Raíz	Lateral	Cara	Raíz	Lateral			
Bisel	≤ 100 ≤ 100	Cualquiera < 2	1 1	1 1	- -	2 2	2 2	- -	≤ 100	2 T	17 2T
Bisel	> 100	Cualquiera	-	-	2	-	-	4	1/2 diám. de ensayo o 100 mín. a ilimitado (para el máxima medida calificada)	5	ilimitado
Filete	90 o 100	Serie(Sch.) 40	Ensayo de Rotura de Filete			Macroataque			Todas	ilimitado	
			2			2					



Tamaño o Cateto del Filete	
T	S máx.
mm	mm
≤ 5	6
> 5	T + 2

Figura 4.28. Probeta para Calificación de Soldador de Filete o para Punteador

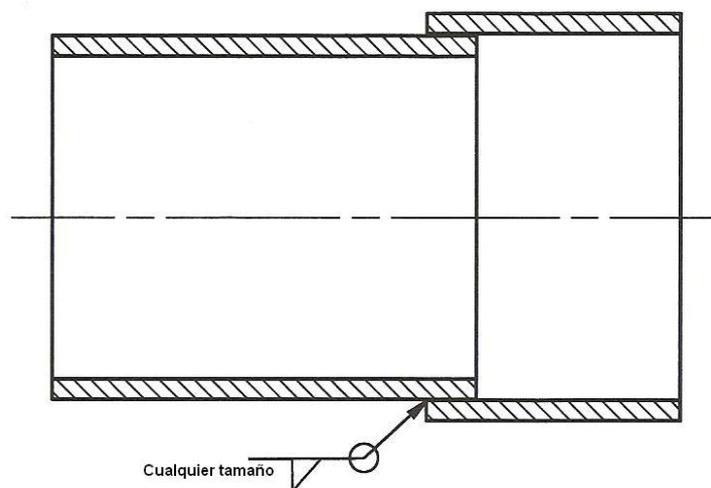


Figura 4.29. Probeta para Calificación de Soldador de Filete o para Punteador, Caño o Tubo

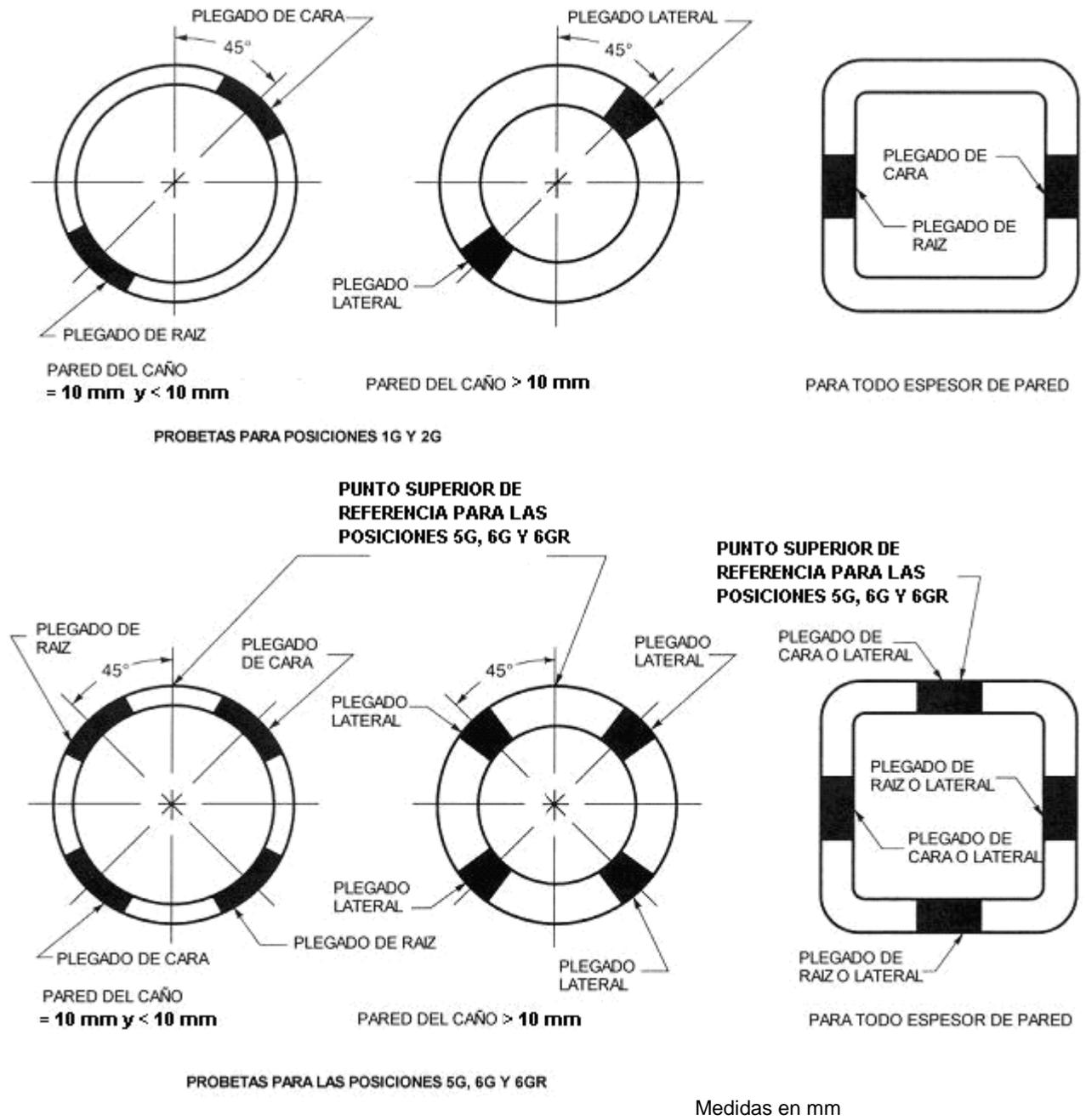


Figura 4.30. Ubicación de las Probetas de Ensayo en el Caño oTubo de Sección Circular y Tubo de Sección Rectangular – Calificación de Soldador

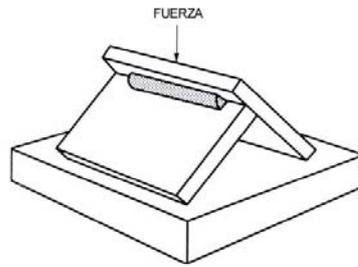


Figura 4.31. Método de Rotura de la Probeta de Filete

4.9. ENSAYOS DE CALIFICACIÓN REQUERIDOS PARA SOLDADORES Y OPERADORES

4.9.1. Soldadores y Operadores

El tipo y cantidad de ensayos de calificación requeridos para soldadores y operadores deberá estar de acuerdo con lo indicado en la Tabla 4.10. La característica y ejecución de los END y ensayos mecánicos requeridos se encuentran en las siguientes subsecciones de este Cap.4:

- (1) Inspección Visual (ver 4.4.6.1), aplicando los mismos requerimientos que para la EPS
- (2) El plegado de cara, raíz, y lateral (ver 4.4.6.3.1), aplicando los mismos requerimientos que para la para la EPS
- (3) Macroataque
- (4) Rotura de Soldadura de Filete

4.9.1.1. Sustitución de los Ensayos de Plegado Guiado por RI

Los ensayos de plegado para la calificación de soldadores u operadores de soldadura podrán ser sustituidos por el método de ensayo radiográfico (RI) sobre la probeta para ensayos ejecutada tanto en chapa como en tubo o caño. Excepto para juntas soldadas en aleaciones de aluminio fundidas.

4.9.1.2. Ensayos de Plegado Guiado.

Los ensayos mecánicos requeridos deberán ser preparados cortando las probetas correspondientes de la probeta de soldadura efectuada en chapa, tubo o caño, tal como se muestra en las Figuras 4.21 a 4.30 para calificación del soldador u operador. Las probetas deben ser aproximadamente rectangulares en su sección transversal, y preparadas para ensayo en conformidad con las Figuras 4.11 y 4.12 la que resulte aplicable.

4.9.2. Soldadores Punteadores

El soldador punteador deberá hacer una probeta de soldadura de punteado del tipo filete con un tamaño (cateto) máximo de 6 mm y un largo mínimo de 50 mm. La probeta para rotura de soldadura de filete es indicada en la Figura 4.31.

4.9.2.1. Alcance de Calificación

Un soldador punteador que aprueba el ensayo de rotura de soldadura de filete estará calificado para puntear cualquier tipo de junta para los procesos y posiciones en las cuales el soldador punteador está calificado. Este alcance no es aplicable a las soldaduras con JPC, soldadas de un solo lado sin respaldo en juntas a tope y uniones T, Y, o K. Las soldaduras de punteado en la excepción precedente deberán realizarse con soldadores totalmente calificados para los procesos y en la posición en la cual la soldadura será realizada de acuerdo con lo especificado en este Cap.4.

4.10. TIPOS DE UNIONES SOLDADAS PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES

Para el propósito de calificación de soldador y operador, los tipos de soldaduras deberán clasificarse como sigue:

- (1) Soldaduras con Bisel y JPC para Uniones No Tubulares (ver 4.17)
- (2) Soldaduras con Bisel y JPP para Uniones No Tubulares (ver 4.18)
- (3) Soldaduras de Filete para Uniones No Tubulares (ver 4.19)
- (4) Soldaduras con Bisel y JPC para Uniones Tubulares (ver 4.20)
- (5) Soldaduras con Bisel y JPP para Uniones Tubulares (ver 4.21)
- (6) Soldaduras de Filete para Uniones Tubulares (ver 4.22)

4.11. PREPARACIÓN DE LOS REGISTROS DE CALIFICACIÓN DE HABILIDAD EN SOLDADURA(RCHS)

El personal de soldadura deberá seguir la EPS aplicable al ensayo de calificación requerido. Todas las limitaciones de las variables esenciales de calificación de EPS (Tabla 4.5) deberán aplicarse, sumadas a las variables esenciales de habilidad. El RCHS debe servir como una evidencia escrita y deberá enumerar todas las variables esenciales de la Tabla 4.9. En el Anexo I se encuentran los formularios sugeridos.

4.12. VARIABLES ESENCIALES PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES

Los cambios que excedan los límites permitidos para variables esenciales correspondientes a soldadores, operadores y soldadores punteadores, mostrados en la Tabla 4.9, deberán requerir la recalificación.

4.13. SOLDADURA CON BISEL Y JPC PARA UNIONES NO TUBULARES PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES

En la Tabla 4.9 se especifican los requerimientos de posición para soldador u operador en uniones no tubulares. La calificación en juntas con respaldo habilita para soldaduras de producción en juntas que están repeladas y soldadas del segundo lado.

4.13.1. Probeta en Chapa para Calificación de Soldador

Las siguientes figuras se aplican a los requerimientos de posición y espesor para la elaboración de probetas en chapa para calificación de soldadores.

- (1)Figura 4.21: Todas las posiciones y espesor igual o menor que 3 mm
- (2)Figura 4.22: Todas las posiciones y espesor mayor que 3 mm
- (3)Figura 4.23: Posición horizontal y espesor mayor que 3 mm
- (4)Figura 4.24: Alternativa, cualquier espesor

4.13.2. Probeta en Chapa para Calificación de Operador

La probeta en chapa para calificación de un operador deberá estar de acuerdo con lo especificado en la Figura 4.22. Esto calificará a un operador para soldadura con bisel o de filete en un material con espesor ilimitado para el proceso y posición ensayada.

4.14. SOLDADURAS CON BISEL Y JPP PARA UNIONES NO TUBULARES PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES

La calificación para soldaduras con bisel y JPC califica para todas las soldaduras con JPP

4.15. SOLDADURAS DE FILETE PARA UNIONES NO TUBULARES PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES

La calificación para soldaduras con bisel y JPC califica para soldaduras de filete. De todas formas, donde se requiere sólo calificación para soldadura de filete ver Tabla 4.8.

4.16. SOLDADURAS CON BISEL Y JPC PARA UNIONES TUBULARES PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES

La Tabla 4.8 deberá ser utilizada para establecer los rangos de diámetros y espesores calificados para la producción en relación con el conjunto de diámetros y espesores de las probetas de ensayo.

Tabla 4.9
Cambios en las Variables Esenciales de Calificación de Habilidad del Personal de Soldadura que Requieren Recalificación

Cambios en las Variables Esenciales del RCHS ² que Requieren Recalificación	Personal de Soldadura ¹		
	Soldadores	Operadores (Nota 5 y 6)	Soldadores Punteadores
(1) A un proceso no calificado	X	X	X
(2) A una protección gaseosa no calificada	X	X	X
(3) A una posición no calificada	X (Nota 3)	X	X
(4) A un diámetro o espesor no calificados	X (Nota 4)	X (Nota 4)	
(5) A una progresión de soldadura vertical no calificada (ascendente o descendente)	X		
(6) La omisión de respaldo (sí se usa en el ensayo de RCHS)	X	X	

Notas:

- Una "x" indica la aplicabilidad; el área sombreada indica que no se aplica.
- RCHS = Registro de Calificación de Habilidad en Soldadura.
- Ver Tabla 4.7 para las posiciones calificadas por el RCHS del soldador.
- Ver Tabla 4.8 para los rangos de diámetro o espesores calificados.
- No aplicable para ESW o EGW.
- Los soldadores calificados para GMAW y GTAW deberán considerarse como operadores calificados en el (los) mismo(s) proceso(s), sujetos a las limitaciones de las variables esenciales del soldador. Deberá asegurarse que los soldadores reciban entrenamiento y demuestren su habilidad para realizar soldaduras de producción satisfactorias.

4.17. SOLDADURAS CON BISEL Y JPP PARA UNIONES TUBULARES PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES

La calificación para soldaduras con bisel y JPC califica para todas las soldaduras con bisel y JPP

4.18. SOLDADURAS DE FILETE PARA UNIONES TUBULARES PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES

Deberá utilizarse la Tabla 4.8 para los requerimientos de calificación de la soldadura de filete.

4.19. MÉTODOS DE ENSAYO Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN PARA LA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES

4.19.1. Inspección Visual.

Para la inspección visual se aplicará como criterio de aceptación o rechazo lo indicado en 4.4.6.1.

4.19.2. Ensayo de Macroataque (Para soldadura de filete y fundiciones)

Las probetas de ensayo deberán ser preparadas con la terminación adecuada para el ensayo macrográfico. Deberá usarse una solución adecuada para el ataque a fin de obtener una clara definición de la soldadura.

4.19.2.1. Criterio de Aceptación de Ensayo de Macrografía

Para la aceptación de la calificación, la probeta de ensayo, cuando es inspeccionada visualmente, deberá satisfacer los siguientes requerimientos de calificación utilizados para una EPS.

4.19.3. Ensayo Radiográfico(RI)

Si se utiliza RI en lugar de los ensayos de plegado, los refuerzos (sobremonta) de soldadura no necesitan ser amolados para inspección salvo que sus irregularidades en la superficie o en la unión con el metal base pudieran afectar la radiografía. Si el respaldo es quitado para la radiografía, la raíz deberá ser amolada hasta igualar o nivelar la misma (ver Cap.5) con el metal base.

4.19.3.1.Procedimiento y Técnica para el Ensayo RI

El procedimiento y la técnica de ensayos deberán estar de acuerdo con lo indicado en el Cap. 6. Para la calificación del soldador se deberá descartar 32 mm en cada extremo de la probeta soldadura para ensayo. En la calificación de operador de soldadura deberá descartarse 75 mm en cada extremo de la probeta. Para probeta de tubo o caño con diámetro mayor o igual que 100 mm deberá ensayarse como mínimo la mitad del perímetro de soldadura de la probeta en forma continua, por ejemplo en una probeta 5G el ensayo se efectuará desde el extremo superior del eje de simetría vertical hasta el extremo inferior del mismo. En probetas de tubo o caño con diámetro menor que 100 mm deberá ensayarse todo el diámetro.

4.19.3.2.Criterio de Aceptación del Ensayo Radiográfico

Para la aceptación de la calificación la soldadura de ensayo deberá mostrar en la radiografía que se encuentra dentro de los requerimientos del Cap. 6.

4.19.4. Criterio de Aceptación para Rotura de Soldadura de Filete

Deberá aplicarse el criterio de aceptación indicado en este Cap. 4 para la calificación de una EPS

4.19.5. Probetas de Plegado de Raíz, Cara, y Lateral

Deberá aplicarse el criterio de aceptación indicado en este Cap. 4 para la calificación de una EPS

4.20. MÉTODO DE ENSAYO Y CRITERIO DE ACEPTABILIDAD PARA LA CALIFICACIÓN DEL SOLDADOR DE PUNTEO

Deberá aplicarse una carga a la probeta como lo muestra la Figura 4.31 hasta que ocurra la rotura. La carga puede ser aplicada por cualquier medio adecuado. La superficie de la soldadura y de la fractura deberá ser inspeccionada visualmente por defectos.

4.20.1. Criterio de Aceptación Visual

La soldadura de punteo debe presentar una apariencia de razonable uniformidad y debe estar libre de solape, fisuras y socavación mayor que 1mm. No deberá haber ninguna porosidad visible en la superficie de soldadura.

4.20.2. Criterio de Aceptación de los Ensayos Destructivos

La superficie fracturada de la soldadura de punteado deberá mostrar fusión hasta la raíz, pero no necesariamente más allá de esta y no deberá exhibir fusión incompleta del metal base. Las inclusiones y porosidades serán menores o iguales que 2 mm, en las mayores dimensiones.

4.21. REENSAYO

Cuando un soldador, operador o soldador punteador falla en un ensayo de calificación, o hay una razón específica para cuestionar su habilidad en soldadura, o ha caducado el período de vigencia, se deberá aplicar lo que sigue.

4.21.1. Requerimientos para Reensayo de Soldador y Operador

4.21.1.1. Reensayo Inmediato

Puede hacerse un reensayo inmediato que consiste en dos soldaduras de cada tipo y posición en la que el soldador u operador falló. Las probetas de reensayo deberán alcanzar todos los requerimientos especificados en este Cap.4.

4.21.1.2. Reensayo Luego de un Entrenamiento o Práctica Adicional

Puede hacerse un reensayo, si se registra evidencia documentada que el soldador u operador ha tenido un entrenamiento o práctica adicional. Deberá hacerse un reensayo completo de los tipos de probetas y posiciones en que falló.

4.21.1.3. Reensayo Luego del Vencimiento del Período de Calificación o Vigencia

Cuando el período de calificación o vigencia de un soldador u operador ha caducado, deberá requerirse un ensayo de calificación.

4.21.1.4. Excepción – Falla en un Ensayo de Recalificación

No se deberá permitir ningún reensayo luego de una falla en un reensayo de recalificación. Sólo se deberá permitir el reensayo luego de un entrenamiento o práctica adicional.

4.21.2. Requerimientos de Reensayo de Soldador Punteador

4.21.2.1. Reensayo sin un Entrenamiento Adicional

En caso de falla para superar los requerimientos de los ensayos, el soldador punteador puede hacer un reensayo sin entrenamiento adicional.

4.21.2.2. Reensayo luego de un Entrenamiento o Práctica Adicional

Puede hacerse un reensayo, con tal que el soldador punteador tenga un entrenamiento o práctica adicional. Se deberá requerir un reensayo completo.

5. FABRICACIÓN y MONTAJE

5.1. ALCANCE

Los requerimientos y disposiciones aplicables de este capítulo se deben observar en la fabricación y montaje de construcciones y estructuras soldadas producidas por cualquier proceso aceptado por este Reglamento.

5.2. METAL BASE

5.2.1. Metal Base Especificado

Los documentos contractuales deberán establecer la especificación y clasificación del metal base a utilizar

5.3. REQUERIMIENTOS PARA LOS CONSUMIBLES Y ELECTRODOS DE SOLDADURA

5.3.1 Requerimientos Generales

5.3.1.1 Certificación para Varillas y Alambres

El Ingeniero responsable o los documentos contractuales podrán requerir del contratista o fabricante la certificación de las varillas y los alambres de acuerdo con las especificaciones correspondientes.

5.3.1.2 Selección Adecuada de la Especificación de Consumibles y Parámetros de Soldadura

La especificación y clasificación, medida de varilla o alambre, largo del arco, tensión y corriente de soldadura deberán ser los adecuados para el espesor del material, tipo bisel, posiciones de soldadura y otras circunstancias relacionadas con el trabajo. La corriente de soldadura debe estar dentro del rango recomendado por el fabricante de la varilla o el alambre.

5.3.1.3 Electrodo de Tungsteno

Los electrodos de tungsteno utilizados en los procesos GTAW y PAW-VP deberán cumplir con los requisitos de la especificación AWS A5.12, hasta tanto la norma IRAM correspondiente no haya sido emitida. El diámetro seleccionado para el electrodo deberá ser adecuado para la corriente de soldadura especificada en la EPS.

5.3.1.4 Gas de Protección.

El gas o mezcla de gases para protección, debe ser específico para soldadura. Cuando se utiliza gas argón el mismo deberá tener una pureza de 99.997 % así como un punto de rocío igual o menor que -60°C . En tanto que para gas helio el mismo deberá tener una pureza de 99,995 % así como un punto de rocío igual o menor que -57°C . El Ingeniero responsable o los documentos contractuales podrán requerir al contratista o fabricante la certificación, al proveedor del gas o de la mezcla de gases, del requerimiento de punto de rocío. Cuando los gases se mezclan en el lugar de la soldadura,

se deberán tener medidores adecuados para verificar la proporción de gases. El porcentaje de los gases debe estar conforme a los requerimientos de la EPS.

5.3.1.5 Almacenamiento

Los consumibles de soldadura que han sido removidos del embalaje original deben ser protegidos y almacenados de manera tal que las propiedades de soldadura no sean afectadas.

5.3.1.6 Condición Previas al Uso

Las varillas y los alambres deben estar secos y en condiciones adecuadas para el uso.

5.4 VARIABLES DE LA EPS

Las variables de soldadura deben estar conformes a la EPS escrita. Cada pasada tendrá fusión completa con el metal base adyacente sin que haya depresiones o socavación excesiva en la punta de la soldadura. Debe evitarse la excesiva concavidad de las pasadas iniciales para prevenir las fisuras en las raíces de las juntas debido a efectos de restricción o embridamiento.

5.5 TEMPERATURAS DE PRECALENTAMIENTO Y ENTRE PASADAS

Cuando el metal base a ser soldado es una aleación de aluminio con tratamiento térmico o aleaciones de aluminio al magnesio (Mg) de la serie 5000 con Mg mayor que 3 %, la temperatura de precalentamiento y entre pasadas deberá ser menor o igual que 120°C. Por su parte el tiempo de permanencia o mantenimiento a dicha temperatura deberá ser menor o igual que 15 minutos.

5.6 RESPALDO

El respaldo deberá estar en completo contacto con el lado de la raíz de los elementos estructurales a ser unidos. Los respaldos temporarios podrán ser de cobre, acero inoxidable, tira de vidrio, cerámica o aleación de aluminio anodizada. El respaldo de cobre solo podrá utilizarse si la junta tiene una separación o abertura igual o mayor que 1 mm. Los respaldos permanentes deberán ser del mismo número M de aleación de aluminio correspondiente a los elementos estructurales a ser unidos.

5.6.1 Uniones Cargadas Cíclicamente

Para estructuras cargadas cíclicamente, los respaldos que son transversales a la dirección de la tensión calculada deberán ser removidos y las juntas serán configuradas o terminadas en forma suave. Los respaldos de soldadura que están paralelos a dirección de la tensión o no están sujetos a acciones no necesitarán ser removidos, salvo que lo requiera el Ingeniero responsable.

5.6.2 Uniones Cargadas en Forma Estática

Los respaldos de soldaduras en estructuras cargadas estáticamente no necesitarán ser removidos y podrán ser soldados con filetes intermitentes en el largo total, salvo que hubiera consideraciones de corrosión que requieran una soldadura continua. En tales casos podría ser necesario realizar las soldaduras del respaldo con una unión de JPC con eliminación completa de la sobremonta o refuerzo.

5.7 EQUIPOS DE SOLDADURA Y CORTE

Todos los equipos de soldadura y corte térmico deberán ser específicos y adecuados para dicha función de manera tal que el personal habilitado para la tarea pueda cumplir con lo especificado en este Cap.5 del Reglamento.

5.8 CONDICIONES AMBIENTALES PARA LA UTILIZACIÓN DE SOLDADURA

5.8.1 Velocidad Máxima del Viento

Los procesos GMAW, GTAW y PAW-VP no deben realizarse en presencia de ráfagas o viento salvo que la soldadura esté protegida por un reparo. Tal reparo debe realizarse con un material y perfil adecuados para reducir la velocidad del viento, en la vecindad de la soldadura, a un valor menor o igual que 8 km/h.

5.8.2 Mínima Temperatura Ambiente

No deberá realizarse la soldadura bajo las siguientes condiciones:

- (1) cuando la temperatura ambiente es menor que $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$
- (2) cuando el metal base se encuentre mojado, húmedo o expuesto a lluvia o nieve.
- (3) cuando el personal de soldadura se encuentre expuesto a condiciones inclementes.

Nota: $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ no significa la temperatura ambiente de todo el entorno, sino la temperatura en la inmediata vecindad de la soldadura. La temperatura ambiente de todo el entorno puede ser menor que $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, pero una estructura calentada o una cobertura alrededor del área que está siendo soldada puede mantener la temperatura adyacente a la construcción soldada mayor o igual que $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.9 CUMPLIMIENTO DEL DISEÑO

Los tamaños y largos de las soldaduras no deberán ser menores que aquellos especificados por los requerimientos del diseño y los planos de detalle. La ubicación de las soldaduras no deberá ser cambiada sin la aprobación del Ingeniero responsable.

5.10 PREPARACIÓN DEL METAL BASE

Las superficies sobre las cuales se depositará el metal de soldadura deberán ser suaves, uniformes, y libres de desgarramientos, fisuras, y otras discontinuidades que afectarían la calidad o resistencia de la soldadura. Las superficies a ser soldadas y las superficies adyacentes a una soldadura, deberán estar también libres de óxido de aluminio grueso, humedad, pintura, aceite, grasa y otros materiales extraños que impidan una soldadura apropiada o produzcan emisiones perjudiciales para el personal y el medio ambiente.

5.10.1 Amolado

Cuando se utiliza amolado deberán seleccionarse abrasivos especificados para uso en aluminio; el abrasivo deberá ser mantenido libre de lubricantes u otro tipo de contaminantes.

5.10.2. Corte por Plasma

En aleaciones de aluminio con tratamiento térmico se removerán por mecanizado una cantidad igual o mayor que 3 mm de material adyacente a los bordes del corte por plasma, excepto que dichos bordes no sean parte de la unión soldada. Para el corte el chorro de plasma (plasma jet) deberá ser regulado de tal manera que no provoque corte fuera de las líneas programadas o trazadas.

La rugosidad de las superficies cortadas deberá ser menor o igual que $25\mu\text{m}$, para materiales con espesores menores que 100 mm y $50\mu\text{m}$ para materiales con espesores mayores o iguales que 100 mm pero menores o iguales que 200 mm de acuerdo con la norma ASME B46.1.

Una rugosidad que excede la medida permitida y ocasionales entallas o marcas con una profundidad mayor que 5 mm, en una superficie esencialmente aceptable, podrán ser corregidas por mecanizado o amolado admitiendo una pendiente menor o igual que 1/10. En los bordes del corte, ocasionales entallas o marcas con una profundidad menor que 11 mm en materiales con espesor menor o igual que 100 mm y menores que 16 mm en materiales con un espesor mayor que 100 mm, podrán ser reparados por soldadura con previa aprobación del Ingeniero responsable.

Las reparaciones aprobadas por soldadura deberán ser adecuadamente realizadas utilizando los procesos y consumibles de soldadura especificados en este Reglamento. La terminación de la soldadura será suave y al ras con la superficie adyacente.

Cuando se sueldan aleaciones de aluminio fundidas no se necesita mecanizar los bordes afectados por el corte hecho con plasma.

5.10.3. Inspección Visual y Reparación de los Bordes de Corte

Los requerimientos de 5.10.3 no son aplicables a los casos en los cuales la tensión actuante es normal a la superficie de la chapa (en la dirección del espesor)

Los límites de aceptabilidad y la reparación de discontinuidades en los bordes cortados, observadas visualmente, causadas por desgarres, inclusiones o delaminación, deberán ser los indicados en la Tabla 5.1, En dicha tabla el largo de la discontinuidad es la medida longitudinal visible en la superficie del material y la profundidad es la distancia que la discontinuidad se extiende desde la superficie del metal. Todas las reparaciones por soldadura deberán ser realizadas de acuerdo con lo indicado en este Reglamento. Podrá hacerse la remoción de la discontinuidad desde cualquiera de las superficies del metal base.

Tabla 5.1
Límites de Aceptabilidad y Reparación de Discontinuidades de Bordes Cortados en Chapa de Aluminio

Descripción de la Discontinuidad	Reparación Requerida
Cualquier discontinuidad de largo menor o igual que 25 mm	Ninguna
Cualquier discontinuidad de largo mayor que 25 mm y profundidad menor o igual que 3 mm	Ninguna, pero la profundidad deberá ser evaluada.*
Cualquier discontinuidad de largo mayor que 25 mm y profundidad mayor que 3 mm, pero menor o igual que 6 mm	Remoción, no necesitará ser reparada con soldadura.
Cualquier discontinuidad de largo mayor que sobre 25 mm y profundidad mayor que de 6 mm, pero menor que 25 mm	Remoción completa y soldadura
Cualquier discontinuidad de largo mayor que 25 mm de y profundidad mayor que 25 mm.	Ver 5.10.3.

*Debe evaluarse con una verificación parcial al azar por amolado del 10% de las discontinuidades detectadas en la superficie del material en cuestión para determinar la profundidad de las mismas. Si la profundidad de cualquiera de las discontinuidades evaluada es mayor que 3 mm, luego todas las discontinuidades en el largo remanente del material deberán ser también por examinadas para determinar la profundidad. Si ninguna de las discontinuidades evaluada en la verificación parcial del 10% tiene una profundidad mayor que 3 mm, entonces las discontinuidades restantes sobre la superficie del material no necesitarán ser evaluadas.

5.10.3.1. Criterio de Aceptación

Para discontinuidades con largos mayores que 25 mm y profundidad detectada mayor que 25 mm, deberá cumplirse con el siguiente:

(1) Donde se observan discontinuidades tales como W, X, o Y de acuerdo con la Figura 5.1, previo a completar la junta, se deberá determinar mediante ensayo de ultrasonido el tamaño y la forma. El área de una discontinuidad deberá determinarse como el área de pérdida total de la reflexión de fondo, cuando se ensaya según el procedimiento de la norma ASTM A435.

(2) Para la aceptación de discontinuidades, se aplicarán los siguientes requerimientos:

A_D = área aceptable de la discontinuidad (o área aceptable agregada de múltiples discontinuidades)

A_P = área de la chapa = largo de la chapa x ancho (W)

l_d = largo de la discontinuidad (o largo agregado de discontinuidades sobre cualquier sección transversal, como medida perpendicular al largo de la chapa)

Para $l_d \leq 0,2 W$; $A_D \leq 0,04 A_P$

Para $l_d > 0,2 W$; $A_D \leq 0,04 A_P [1 - ((l_d - 0,2W) / W)]$

La discontinuidad sobre el borde cortado de la chapa deberá ser revajada hasta una profundidad de 25 mm desde la intersección con la superficie y rellenada con soldadura con cordones de espesores menores o iguales que 3 mm.

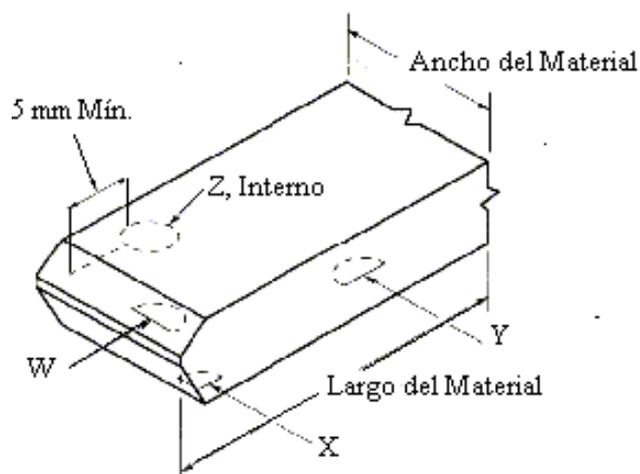


Figura 5.1 – Discontinuidades en Extremos o Bordes de Materiales Cortados

(3) Si se detecta una discontinuidad Z que no exceda el área admisible indicada en 5.10.3.1 (2) luego que la junta fue completada y se determina que se encuentra a una distancia mayor o igual que 25 mm de la cara de la soldadura, medida en la superficie del metal base, no se requiere reparación de la discontinuidad. Si la discontinuidad Z está a una distancia menor que 25 mm de la cara de la soldadura, deberá ser removida a una distancia de 25 mm de la zona de fusión de la soldadura por medio de repelado o amolado. Posteriormente deberá ser terminada por soldadura con un proceso de bajo hidrógeno aplicando cordones con espesores menores o iguales que 3 mm, por al menos los cuatro primeros cordones.

(4) Si el área de la discontinuidad W, X, Y, o Z excede lo permitido por 5.10.3.1 (2), el material deberá ser rechazado y reemplazado. La eventual reparación quedará a criterio del Ingeniero responsable. En todos los casos el largo de la reparación será menor o igual que el 20% del largo del borde de corte.

(5) Toda soldadura de reparación deberá realizarse por medio de una EPS calificada, de acuerdo con los lineamientos de este reglamento y aplicada por un soldador calificado.

5.10.4 Preparación de la Junta en U

Los biseles en forma de U podrán ser preparados para la soldadura antes o después de la presentación de los elementos estructurales a unir.

5.10.5 Esquinas Entrantes

Las esquinas entrantes o retomas deberán tener un radio del filete igual o mayor que 12 mm para estructuras estáticas y tubulares y 20 mm para estructuras bajo carga cíclica.

5.10.6 Eliminación de Soldaduras

Técnicas de mecanizado, corte mecánico o aserrado, amolado pueden ser aplicados para el repelado, remoción de soldaduras temporarias o eliminación de soldaduras o metal inaceptable.

5.11 RECORTES EN VIGAS Y ORIFICIOS PARA ACCESO DE SOLDADURA

El radio de los recortes en vigas y orificios de acceso de soldadura deben proveer una transición suave, libre de entallas o recortes pasado o por delante del punto de tangencia entre superficies adyacentes

5.11.1 Dimensiones de los Orificios de Acceso

Todos los orificios de acceso para facilitar las operaciones de soldadura deben tener un largo (l) desde la punta de la preparación de la soldadura mayor que 1,5 veces el espesor de material en el que se hace el orificio. El tamaño del orificio de acceso debe ser adecuado para la deposición de material sano entre los materiales adyacentes. En perfiles extrudidos, mecanizados y perfiles compuestos o armados, todas las formas en vigas y orificios de acceso de soldadura deberán estar cortados libres de entallas o esquinas entrantes, excepto para las soldaduras de filete entre el alma y el ala en perfiles compuestos, donde se permitirá que los orificios de acceso terminen perpendiculares al ala. Las soldaduras de filete no deberán rodear los orificios de acceso.

5.11.2 Previsiones por Alabeo

Los bordes de almas, vigas soldadas, armadas o compuestas derán ser cortadas teniendo en cuenta discrepancias de alabeo por posibles efectos de contracción originados en el corte y la soldadura del material. Variaciones moderadas del alabeo especificado pueden ser coregidas por procedimientos previamente aprobados por el Ingeniero responsable.

5.12 TÉCNICA DE SOLDADURA Y SOLDAURA DE PUNTEO

5.12.1 Técnica de Soldadura

La técnica de soldadura estará de acuerdo a los requerimientos de la Tabla 5.2

5.12.2 Soldaduras Temporarias

Las soldaduras temporarias deberán estar sujetas a los mismos requerimientos de procedimientos de soldadura que las soldaduras finales, utilizando una EPS calificada. Estas deberán ser removidas, cuando lo requiera el Ingeniero responsable. Cuando son removidas, la superficie deberá ser terminada al ras con la superficie original.

Para uniones no tubulares cargadas cíclicamente, no habrá soldaduras temporarias en zonas bajo tensiones de tracción. Las soldaduras temporarias en otras ubicaciones deberán estar indicadas en los planos de taller.

5.12.3 Requerimientos Generales de las Soldaduras de Punteo

Las soldaduras de punteo deberán estar sujetas a los mismos requerimientos de las soldaduras finales y aplicando una EPS calificada

5.12.3.1 Soldaduras de Punteo Incorporadas o Permanentes

Las soldaduras de punteo que serán permanentes dentro de la soldadura final deberán ser hechas con electrodos que alcancen los requerimientos de las soldaduras finales y deberán limpiarse

cuidadosamente. Las soldaduras de punteo de pasada múltiple deberán tener terminación en cascada.

5.12.3.2 Soldaduras de Punteo No Permanentes

Las soldaduras de punteo no permanentes dentro de las soldaduras finales deben ser quitadas, excepto que, para estructuras cargadas estáticamente, no necesiten ser removidas.

5.13 MONTAJE O ENSAMBLADO

5.13.1 Ensamble del Filete Soldado

Las partes a ser unidas por soldaduras de filete deberán ser posicionadas tan cerca como sea practicable. La abertura de raíz deberá ser menor o igual que 5 mm, excepto en casos que involucren tanto perfiles como chapas con espesores mayores o iguales que 75 mm si, luego de enderezar y en el conjunto, la abertura de raíz no puede ser cerrada suficientemente para llegar a la tolerancia anterior. En tales casos, es aplicable una abertura de raíz máxima de 8 mm, con tal que se use un respaldo adecuado. El respaldo puede ser de fundente, cinta o faja cerámica, polvo de hierro o materiales similares así como soldaduras usando un proceso de bajo hidrógeno compatible con el metal de aporte depositado. Si la separación es mayor que 2 mm, el cateto de la soldadura de filete deberá ser incrementado en la cantidad de la abertura de raíz, o el contratista deberá demostrar que la garganta efectiva requerida ha sido obtenida.

5.13.2 Soldadura de Botón o Ranura

La separación de las superficies de empalme en soldaduras de botón (tapón), ranura (ojal) y de juntas a tope con respaldo deberá ser igual o menor que 2 mm. Está prohibido el uso de suplementos para relleno, excepto lo especificado en los planos o según esté especialmente aprobado por el Ingeniero y de acuerdo con lo indicado en el Cap. 2 de este reglamento.

5.13.3 Alineación de la Junta a Tope.

Las partes a ser unidas en juntas a tope deberán estar cuidadosamente alineadas, se permitirá una desalineación igual o menor que el 10% del espesor de la parte unida de menor espesor, pero en ningún caso mayor que 3 mm, como apartamiento de la alineación teórica. Al corregir la desalineación las partes deberán llevarse a una inclinación o pendiente igual o menor que 12 mm en 300 mm. La medición de la desalineación deberá realizarse entre las líneas de centros de las partes, salvo que se muestre otra indicación en los planos.

5.13.4 Alineación de la Soldadura Circunferencial en Estructuras Tubulares

Las partes colindantes a ser unidas mediante soldaduras circunferenciales deberán ser cuidadosamente alineadas. La desalineación radial de bordes colindantes de soldaduras circunferenciales será igual o menor que $0,3t$ (donde t es el espesor de la parte de menor espesor) o 6 mm, lo que resulte menor. Si la desalineación es mayor que 3 mm se soldará de ambos lados. La mínima distancia entre dos soldaduras circunferenciales deberá ser mayor o igual que un diámetro de tubo o caño a unir o 1000 mm lo que sea menor. No deberán ubicarse más que dos soldaduras circunferenciales en intervalos de 3000 mm de tubo o caño, excepto lo que se pueda acordar contractualmente. Las soldaduras longitudinales de secciones adyacentes deberán estar ubicadas en un ángulo de referencia sobre la sección transversal igual o mayor que 90° .

5.13.5 Discrepancias de las Dimensiones Características del Bisel

Las discrepancias de juntas con biseles, excepto para soldaduras que se realizan de un solo lado sin respaldo, serán:

- (1) Cara de la raíz o talón, ± 2 mm
- (2) Abertura de la raíz o separación sin respaldo o con respaldo temporario, ± 2 mm
- (3) Abertura de la raíz o separación sin respaldo o con respaldo permanente, +6 mm, -2 mm
- (4) Ángulo del bisel, $+10^\circ$, -5°

Soldaduras realizadas de un solo lado sin respaldo:

- (1) Cara de la raíz o talón, ± 1 mm
- (2) Abertura de la raíz o separación, ± 2 mm
- (3) Ángulo del bisel, $\pm 5^\circ$

5.13.6 Estructuras Tubulares

Los extremos de elementos estructurales ramal o derivación, unidos con soldaduras de JPC, serán mecanizados procurando un ajuste con una tolerancia de 5° respecto del ángulo de intersección correspondiente a los esquemas típicos de unión. La preparación de bordes deberá producir un diseño satisfactorio tal como se observa en las figuras correspondientes del Cap.2.

5.13.7 Posicionamiento o Presentación

Los elementos estructurales a ser soldados serán posicionados o presentados por medio de accesorios o dispositivos de fijación o soldadura de punteado, dando preferencia a los primeros. Tanto los accesorios o dispositivos como las soldaduras de punteado deberán tener resistencia adecuada frente a las sollicitaciones de montaje.

5.14 CONTROL DE DISTORSION Y CONTRACCIONES

5.14.1 Procedimiento y Secuencia.

En el ensamble y unión de partes de una estructura o elementos estructurales y partes de refuerzo el procedimiento y secuencia deberán ser tales que minimicen las distorsiones y contracciones. Las juntas que se esperan tengan una contracción significativa deberán normalmente ser soldadas antes que presenten una menor contracción. Deberán ser soldadas con la menor restricción posible.

5.14.2 Secuencia

Hasta donde sea posible, todas las soldaduras deberán ser hechas en una secuencia que balanceará el calor aportado en la soldadura mientras ésta progresa.

5.14.3 Responsabilidad del Contratista

El contratista deberá preparar una secuencia de soldadura para el elemento estructural a ser unido, la cual, en conjunto con las EPS y todos los métodos de trabajo, produzcan componentes o estructuras que alcancen los requerimientos especificados. La secuencia de soldadura y el programa

de control de la distorsión deberán ser aprobados por el Ingeniero responsable antes del comienzo de la soldadura en elementos estructurales en los cuales es posible que las distorsiones o contracciones afecten la funcionalidad de éstos.

5.14.4 Progresión de la Soldadura

La dirección general de la progresión en la soldadura de un elemento estructural deberá ser desde puntos donde las partes están relativamente fijas, en la posición entre ellas, hacia puntos que tengan una mayor libertad relativa de movimiento.

5.14.5 Prevención de Fisuras

En la ejecución de soldaduras bajo severas condiciones externas de restricción deberán tomarse las precauciones necesarias para evitar la aparición de fisuras antes que la unión se enfrie completamente.

5.14.6 Correcciones

Elementos estructurales distorsionados por el proceso de soldadura serán enderezados a temperatura ambiente por medios mecánicos o por una cuidadosa y supervisada aplicación de una cantidad controlada de calor localizado, en conjunto con la acción mecánica. El enderezado con calor deberá ser realizado bajo un procedimiento escrito y aprobado. Dicho procedimiento deberá respetar las temperaturas máximas indicadas en la Tabla 5.3 y además contemplar lo siguiente:

- (1) la incorporación de calor localizado sobre el elemento estructural se realizará libre de tensiones y de acciones externas, con excepción de las tensiones resultantes del enderezado mecánico usado en conjunto con la aplicación de calor
- (2) Los tiempos de permanencia a temperatura para el conformado y enderezado de aleaciones de aluminio son indicados en la Tabla 5.3

5.14.6.1 Para aleaciones de aluminio de las series 1XXX, 3XXX y 5XXX con contenido de Mg (magnesio) mayor que 3% y para aleaciones fundidas 443.0, no hay restricciones en la temperatura (Tabla 5.3), teniendo en cuenta que conforme la temperatura se incrementa disminuyen las propiedades mecánicas.

5.14.6.2 Para aleaciones de aluminio de las series 5XXX y aleaciones fundidas 514.0 y 535.0 con contenido de Mg mayor que 3% el mantenimiento en un rango de temperatura entre 65 °C y 230 °C deberá ser evitado para minimizar la posibilidad de sensitización a la exfoliación y fisuras por corrosión bajo tensiones. El tiempo de permanencia es un factor crítico para la determinación del grado de sensitización. Las técnicas de conformado en caliente utilizarán un calentamiento rápido hasta una temperatura igual o menor que 230 °C de manera tal de minimizar la caída de propiedades mecánicas. El conformado deberá ser terminado antes que el material enfrie a una temperatura menor que 230 °C. Finalmente el material deberá ser enfriado, con la ayuda de un enfriamiento forzado, desde la temperatura de 230 °C hasta 65 °C en el menor tiempo posible para prevenir la sensitización

5.14.6.3 Para aleaciones de aluminio 2219 y 6XXX el calentamiento deberá efectuarse a una temperatura igual o menor que 230 °C. El tiempo de mantenimiento a temperatura para eliminar las deformaciones no excederá los límites especificados en la Tabla 5.3.

- 5.14.6.4 Para aleaciones de aluminio 7005 la eliminación de deformaciones o distorsión deberá ser realizada preferentemente en la condición O de recocido o W de tratamiento térmico de solución. El material será tratado térmicamente de manera adecuada después de las correcciones.
- 5.14.6.5 Para aleaciones de aluminio fundidas A201.0, A444.0 y 3XX.0 las correcciones de deformación o enderezamientos serán realizados en la condición T4 antes del endurecimiento por envejecido. El calentamiento será igual o menor que 150 °C para estas aleaciones y tendrá corta duración para la aleación 3XX.0 en particular para minimizar el efecto en las propiedades mecánicas. La aleación fundida A201.0 puede ser calentada hasta 150 °C para tiempos de permanencia de larga duración (hasta 5 horas).

5.15 DISCREPANCIAS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES SOLDADOS

5.15.1 Falta de Rectitud del Elemento Estructural Comprimido

La falta de rectitud del elemento estructural comprimidos debe ser igual o menor que el largo del mismo dividido 960 o 3 mm, lo que resulte menor.

5.15.2 Falta de Rectitud de Vigas y Vigas Armadas (Sin Alabeo Especificado)

La falta de rectitud de vigas debe ser igual o menor que el largo del mismo dividido 960 o 3 mm, lo que resulte menor.

5.15.3 Alabeo de Vigas y Vigas Armadas

Para las vigas extrudadas, mecanizadas o armadas, sin tener en cuenta la sección transversal, la variación admisible de la comba o alabeo en armados o subconjuntos de taller (previo al montaje en obra) es:

(1) a la mitad del tramo, -0, +40 mm para tramos $\geq 30\ 000$ mm (30 m)
-0, +20 mm para tramos $< 30\ 000$ mm (30)

(2) en los soportes 0 para el extremo de los soportes
± 3 mm (para los soportes internos)

(3) en puntos intermedios, -0, + $\frac{4(a)b(1-a/S)}{S}$

Siendo:

a = distancia en metros del punto de inspección al soporte más cercano

S = largo del tramo en metros

b = 40 mm para tramos ≥ 30 m

b = 20 mm para tramos < 30 m

5.15.4 Curvatura del Alma

5.15.4.1 Mediciones.

Las curvatura del alma de una viga será determinada midiendo la distancia entre el alma a un borde de línea recta, cuyo largo es igual o mayor que la menor medida (d) de panel, ubicado en un plano paralelo al plano nominal de la viga. La curvatura de alma debe ser igual o menor que $d / 100$.

5.15.4.2 Estructuras No Tubulares Cargadas Estáticamente

La curvatura de alma de vigas, para una profundidad o altura de alma (D) y un espesor (t), con paneles delimitados o confinados por rigidizadores y alas, o las alas solamente, cuya menor dimensión de panel es d (ver Figura 5.2), no deberán exceder lo siguiente:

Rigidizadores intermedios a ambos lados de la viga

$D/t < 150$, la variación máxima = $d/100$

$D/t \geq 150$, la variación máxima = $d/80$

Rigidizadores intermedios a un solo lado de la viga

$D/t < 100$, la variación máxima = $d/100$

$D/t \geq 100$, la variación máxima = $d/67$

Ningún rigidizador intermedio

$D/t \geq 100$, la variación máxima = $d/150$

5.15.4.3 Estructuras no Tubulares Cargadas Cíclicamente

La curvatura de alma de vigas, para una profundidad o altura de alma (D) y un espesor (t), con paneles delimitados o confinados por rigidizadores y alas, o las alas solamente, cuya menor dimensión de panel es d (ver Figura 5.2), no deberán exceder lo siguiente:

Rigidizadores intermedios a ambos lados de la viga

Interiores de vigas armadas

$D/t < 150$, la variación máxima = $d/115$

$D/t \geq 150$, la variación máxima = $d/92$

Cara o faja externa de vigas armadas

$D/t < 150$, la variación máxima = $d/130$

$D/t \geq 150$, la variación máxima = $d/105$

Rigidizadores intermedios a un solo lado de la viga

Interiores de vigas armadas

$D/t < 100$, la variación máxima = $d/100$

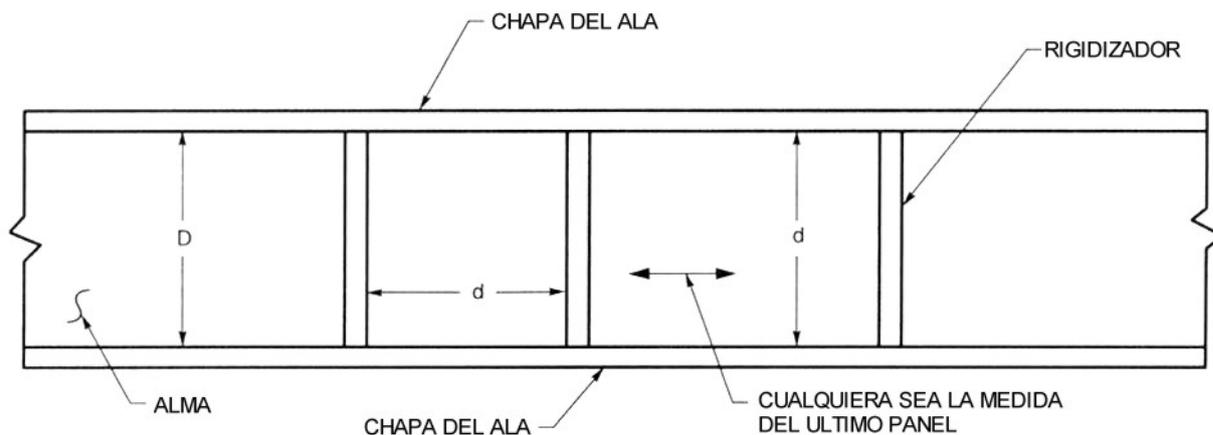
$D/t \geq 100$, la variación máxima = $d/67$

Cara o faja externa de vigas armadas

$D/t < 100$, la variación máxima = $d/120$

$D/t \geq 100$, la variación máxima = $d/80$

Ningún rigidizador intermedio, la variación máxima = $d/150$



NOTAS:

1. D = PROFUNDIDAD DEL ALMA
2. d = MENOR DIMENSION DEL PANEL

Figura 5.2. Dimensiones en vigas y vigas armadas o compuestas

5.15.5 Fuera de Escuadra en Vigas Armadas

5.15.5.1 Variación Entre las Líneas de Centros del Alma y Ala

La variación lateral permitida entre la línea de centros del alma y la línea de centros del ala en la superficie de contacto debe ser menor o igual que 6 mm

5.15.5.2 Inclinación y Alabeo del Ala

Para vigas soldadas o vigas armadas el alabeo e inclinación combinados del ala de la viga se determinará midiendo la máxima distancia desde una línea normal al plano del alma que pasa por la punta del ala hasta la intersección de la línea de centros del alma con la cara externa del ala. Esta desalineación no debe ser igual o menor que el 1% del ancho total del ala o 6mm, la mayor de ambas. Las juntas a tope soldadas de partes colindantes deberán cumplir los requerimientos de 5.13.3.

5.15.6 Discrepancias de la Altura

Para vigas soldadas o vigas armadas, la discrepancia de la altura especificada, medida en la línea de centros del alma es:

Para altura $\leq 1\ 000$ mm	± 3 mm
Para altura $> 1\ 000$ mm y $\leq 2\ 000$ mm	± 5 mm
Para altura $> 2\ 000$ mm.	+ 8 mm - 5 mm

5.16 INICIO Y FINALIZACIÓN DE LA SOLDADURA

5.16.1 Consideración General

Las soldaduras deberán ser iniciadas y finalizadas de manera tal de asegurar un metal de aporte sano.

5.16.2 Prolongadores

Los prolongadores para inicio y final de la soldadura deberán ser del mismo número M del material base. En estructuras cargadas cíclicamente los prolongadores serán removidos cuando se haya enfriado la soldadura. Los extremos de la soldadura serán suavizados y terminados al ras con los bordes de las partes adyacentes.

Cuando las soldaduras no puedan ser finalizadas sobre prolongadores las mismas serán terminadas, de ser posible, en un área sometida a bajas tensiones.

5.16.3 Dentro de la Junta

La finalización de la soldadura dentro de la junta puede ser realizada por cualquiera de los siguientes métodos:

- (1) Invirtiendo la dirección de avance en una distancia igual o mayor que 50 mm.
- (2) Incrementando la velocidad de soldadura.
- (3) Rellenando en exceso el cráter final y terminando por medio mecánico la superficie de soldadura al ras.
- (4) Utilizando el modo de llenado automático del cráter de los equipos de soldadura.
- (5) Gatillando rápidamente la torcha en forma manual.

5.17 PERFILES DE SOLDADURA

Todas las soldaduras, excepto lo permitido en este Cap. 5, deberán estar libres de fisuras, solapes y las discontinuidades de perfil inaceptables que se muestran en la Figura 5.3.

5.17.1 Soldadura de Filete

Las caras de las soldaduras de filete pueden ser suavemente convexas, planas, o suavemente cóncavas como se muestra en la Figura 5.3. La figura 5.3(C) muestra perfiles de soldadura de filete típicamente inaceptables.

5.17.2 Excepción para Filetes de Soldadura Discontinua o Intermitente

Con excepción de la socavación, como se permite en este Reglamento, los requerimientos de perfil de la Figura 5.3 no se aplican a los extremos de soldaduras discontinuas fuera de su largo efectivo.

5.17.3 Convexidad

Excepto en soldaduras del lado exterior en juntas en L o de equina, la convexidad C de una soldadura en la superficie no deberá exceder los valores dados en la Figura 5.3.

5.17.4 Soldaduras con Bisel o a Tope

Las soldaduras con bisel se deberán realizar con el menor refuerzo de cara (sobremonta). En caso de juntas a tope o en L, el refuerzo de cara debe ser igual o menor que 3 mm de altura. Todas las soldaduras deberán tener una transición gradual al plano del metal base con áreas de transición libres de socavaciones excepto lo que permite este Reglamento. La figura 5.3 (D) muestra perfiles de soldadura en juntas con bisel a tope típicamente aceptables. La figura 5.3 (E) muestra perfiles de soldadura en juntas con bisel a tope típicamente no aceptables.

5.17.4.1 Superficies Enrasadas

Las soldaduras a tope que requieren ser enrasadas deben terminarse de manera de no reducir el espesor de la parte de metal base de menor espesor o metal de soldadura en más que 1 mm o 5% del espesor del material, el que sea menor. Los refuerzos que permanezcan no deberán exceder 1mm de altura. Sin embargo, todos los refuerzos deberán quitarse donde las soldaduras formen parte de superficie de empalme o contacto. Todos los refuerzos deberán empalmar suavemente con las superficies de las chapas en áreas de transición libres de socavaciones. Donde se requiere terminación superficial, los valores de rugosidad (ver ANSI/ASME B46.1) deberán ser menores o iguales que 12 μm . Las superficies terminadas en valores menores o iguales que 12 μm pueden ser terminadas en cualquier dirección. Para superficies terminadas en valores mayores que 12 μm deberán ser terminadas en la dirección paralela a las tensiones principales.

5.18 REPARACIONES

La remoción de metal de soldadura o porciones de metal base podrá realizarse por mecanizado, amolado, cincelado, ranurado o repelado. Deberá realizarse de manera tal que al metal de soldadura o metal base adyacente no se le produzcan muescas o ranuras. Los tramos de soldadura inaceptables deberán quitarse sin una remoción sustancial del metal base. Las superficies deberán ser limpiadas cuidadosamente antes de la soldadura. Deberá depositarse metal de soldadura para compensar cualquier deficiencia en tamaño.

5.18.1 Opciones del Contratista

El contratista tendrá la opción tanto de reparar una soldadura inaceptable o remover y reemplazar la totalidad de la soldadura.

La soldadura reparada o reemplazada deberá utilizar una EPS aprobada con el método usado originalmente, y se deberá aplicar la misma técnica y criterio de aceptabilidad para la calidad. Si el contratista elige reparar la soldadura, debe corregirse como sigue:

5.18.1.1 Solape, Convexidad Excesiva, o Refuerzo Excesivo

El metal de soldadura en exceso deberá ser removido.

5.18.1.2 Concavidad Excesiva de la Soldadura o Cráter

En soldaduras que no alcanzan el tamaño especificado o presentan socavación, las superficies serán preparadas y luego se aplicará el metal de soldadura adicional utilizando una EPS aprobada.

5.18.1.3 Fusión Incompleta, Porosidad Excesiva de la Soldadura, o Inclusiones de Escoria

Los tramos o partes inaceptables deberán ser removidos y resoldados utilizando una EPS aprobada.

5.18.1.4. Fisuras en el Metal de Soldadura o en el Metal Base

El tamaño o extensión de la fisura debe ser verificada utilizando un adecuado método de ensayo no destructivo (END). La fisura será completamente eliminada y resoldada utilizando una EPS aprobada.

5.18.1.4. Inspección

Las soldaduras de reparación o reemplazo deberán ser inspeccionadas utilizando las mismas técnicas y criterio de calidad aplicado para las soldaduras originales.

5.19 INCLUSIONES DE COBRE

Las inclusiones de cobre que pudieran depositarse durante la soldadura serán eliminada.

5.20. LIMPIEZA DE LAS SOLDADURAS TERMINADAS

5.20.1 Inspección

Las soldaduras terminadas no deberán ser pintadas o sujetas a otro tipo de revestimiento antes de ser inspeccionadas y aprobadas

5.20.2 Limpieza

Cuando la apariencia superficial es importante o tiene definido un criterio de calidad, las proyecciones, adherencias, marcas, etc serán eliminadas por cepillado, amolado o pulido y la superficie será limpiada por medio químico.

5.20.3 Compuestos Antiadherentes

No se permite la utilización de compuestos antiadherentes, salvo aprobación del Ingeniero responsable.

5.21 TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA

La aplicación de tratamiento térmico posterior a la soldadura deberá ser realizada de acuerdo con un procedimiento establecido en la EPS aprobada

5.22 CORTES DE ARCO

Se evitarán los cortes del arco en cualquier metal base. Las fisuras o imperfecciones causadas por los cortes del arco deben ser llevadas a una configuración de contorno suave y verificadas para asegurar que esté sano.

Tabla 5.2. Técnica de Soldadura

Variable	Posición	Tipo de Junta	GMAW	GTAW
Modo e transferencia	Todos	Todas	Rocío (Spray)	Compatible con el rango especificado par el tipo y diámetro de electrodo de tungsteno
Progresión	V	Todas	Ascendente	Asendente
Manejo de la torcha	Todas	Todas	Empujada (1)	Empujada
Máximo tamaño de filete de un cordón en una sola pasada capa [mm]	F, V	Filete	12	6
	H, OH		10	6
	Todas (2)		8	6
Espesor máximo del cordón en pasadas de relleno [mm]	Todas	Todas	6	6
Ancho máximo del cordón por pasada o capa	Todas	Abertura de raiz > 10 mm	Cordones multiples	Cordones múltiples
		Cualquier capa o pasada de ancho W	W > 12 mm utilizar cordones múltiples	W > 10 mm utilizar cordones múltiples

Notas:

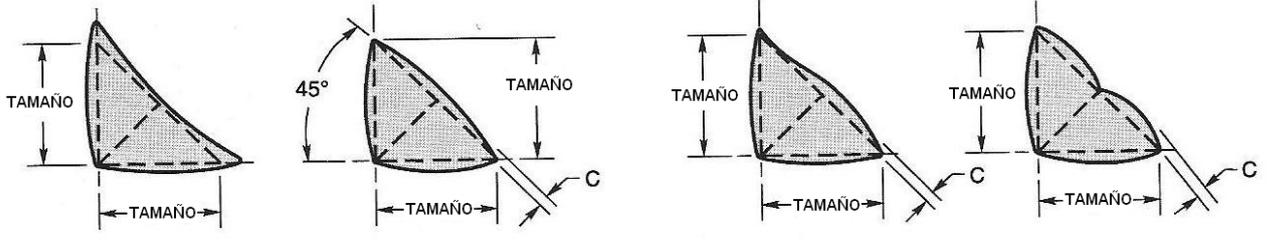
- (1) Técnica permitida de manejo de la torcha por arrastre en pasada de raiz si se califica con RCP.
- (2) Para aleaciones de aluminio tratadas térmicamente que serán endurecidas por precipitación

Tabla 5.3. Tiempo máximo de permanencia a temperatura

Tempertura de permanencia (Nota 1)	2219-T31, T351, T37, 6005-T5, 6061-T4, T5, T6, Alclad6061-T4, T5, T6, 6063-T5, T6, 6351-T5 (Nota 2)	1060,1100,3003, 3004, Alclad3003, Alclad3004, 5005, 5050,5052, 5454, 443.0 (Nota 3)	5083, 5086, 5154, 5254, 5456, 514.0, 535.0 (Nota 3)	7005-T53 (Nota 4)	A201.0-T4, 354.0-T4, C355.0-T4, 365.0-T4, A356.0-T4, 357.0-T4, A357.0-T4, 359.0-T4, A444.0-T4, (Nota 5)
° C	horas				
427	NR	50	50	50	NR
260	NR	50	50	NR	NR
232	5 min.	50	50	NR	NR
218	15 min.	50	50	NR	NR
204	30 min	50	50	NR	NR
191	1 a 2	50	NR	NR	NR
177	8 a 10	50	NR	NR	NR
121 a 163	50	50	NR	NR	Nota 5

Notas :

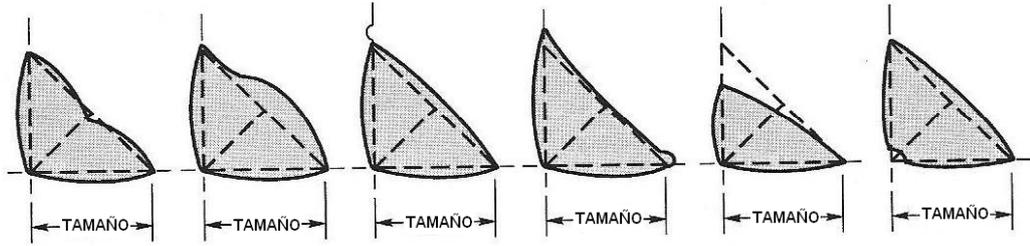
- (1) Igual formabilidad puede ser obtenida con tiempos de calentamiento más breves correspondientes a temperaturas más elevadas. El tiempo de permanencia a temperatura para aleaciones con recubrimiento (clad) deberán ser mantenidos al mínimo a fin de evitar la difusión del material de recubrimiento (clad) con el la aleación base. El calentamiento debería ser ejecutado en forma tan rápida como sea posible para temperaturas ≥ 204 °C. Un tiempo prolongado para alcanzar la temperatura deseada puede deteriorar el proceso de manera similar al exceso de temperatura.
- (2) La pérdida de resistencia para estas aleaciones y los tratamientos T5 y T6 no deberán exceder el 5% cuando son calentados a la temperatura y para los tiempos mostrados. La resistencia en la condición T4 será incrementada.
- (3) Estas aleaciones serán recocidas a una temperatura ≥ 343 °C
- (4) Ver 5.14.6.4
- (5) Ver 5.14.6.5
- (6) NR: No recomendado



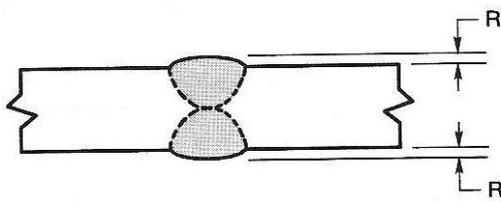
NOTA: LA CONVEXIDAD C DE UNA SOLDADURA O LA SUPERFICIE INDIVIDUAL DE UN CORDÓN SERÁ IGUAL O MENOR QUE 0,07 VECES EL ANCHO REAL DE LA CARA DE LA SOLDADURA O CORDÓN INDIVIDUAL, RESPECTIVAMENTE, MÁS 1,5 mm

(A) PERFILES DESABLES DE SOLDADURA DE FILETE

(B) PERFILES ACEPTABLES DE SOLDADURA DE FILETE



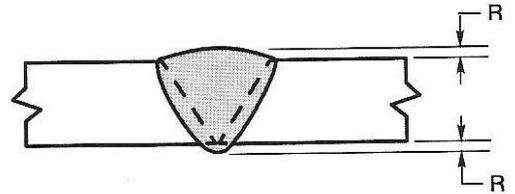
(C) PERFILES INACEPTABLES DE SOLDADURA DE FILETE



REFUERZO O SOBREMONTA MÁXIMA PARA UN ESPESOR DETERMINADO DE CHAPA- JUNTA SOLDADA DE AMBOS LADOS

Espesor, t, en mm	Refuerzo, R, máximo en mm
$t \leq 10$	2
$10 < t \leq 19$	3
$t > 19$	5

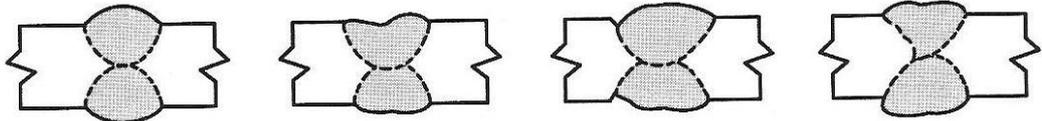
(D) PERFIL ACEPTABLE, JUNTA A TOPE DOBLE BISELADO



REFUERZO O SOBREMONTA MÁXIMA PARA UN ESPESOR DETERMINADO DE CHAPA- JUNTA SOLDADA DE UN SOLO LADO

Espesor, t, en mm	Refuerzo, R, máximo en mm
$t \leq 6$	2
$6 < t \leq 13$	3
$13 < t \leq 25$	4
$t > 25$	5

(E) PERFIL ACEPTABLE, JUNTA A TOPE SOLDADA DE UN SOLO LADO



(F) PERFILES INACEPTABLES EN JUNTAS A TOPE BISELADAS

Figura 5.3 – Perfiles de Soldadura Aceptables e Inaceptables

6. INSPECCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

6.1. REQUERIMIENTOS GENERALES

6.1.1. Alcance

El Capítulo 6 contiene todos los requerimientos para las calificaciones y responsabilidades de los Inspectores, criterios de aceptación para discontinuidades y para los procedimientos de ensayos no destructivos (END).

6.1.2. Información Provista a los Comitentes

Cuando se vayan a requerir ensayos no destructivos que no sean por inspección visual, debe estar así establecido en la información contractual provista a los comitentes. Esa información debe enumerar las categorías de soldaduras a ser examinadas, el alcance de los ensayos de cada categoría, y el método o los métodos de ensayo.

6.1.3. Estipulaciones de Inspección y Contrato

Para el propósito de este Reglamento, la inspección y ensayo de fabricación o montaje a realizar por el contratista así como la inspección y ensayo de verificación son funciones separadas.

6.1.3.1. Inspección del Contratista

Este tipo de inspección y ensayo debe realizarse, según sea necesario, previo al montaje, durante el mismo, durante la soldadura y después de la misma para asegurar que los materiales y la mano de obra alcancen los requerimientos de los documentos de contrato. La inspección y ensayos de fabricación y/o montaje son responsabilidad del contratista salvo que se disponga lo contrario en los documentos del contrato.

6.1.3.2. Inspección de Verificación

La inspección y ensayo de verificación son prerrogativas del comitente quién puede realizar la tarea, o cuando esté dispuesto en el contrato, desistir de una verificación independiente, o estipular que ambos, inspección y verificación deban ser realizados por el contratista.

6.1.4. Definición de Categorías de Inspector

6.1.4.1. Inspector del Contratista.

Este inspector es una persona designada convenientemente, quien actúa para, y de parte del contratista en todas las inspecciones y asuntos de calidad dentro del alcance de los documentos del contrato.

6.1.4.2. Inspector de Verificación.

Este inspector es una persona designada convenientemente quien actúa para, y de parte del comitente o el Ingeniero responsable en todas las inspecciones y asuntos de calidad dentro del alcance de los documentos del contrato.

6.1.4.3. Inspector

Cuando se usa el término inspector, como las categorías específicas descriptas arriba, se define un inspector de soldadura certificado bajo la Norma IRAM-IAS U 500-169.

6.1.5. Requerimientos de Calificación del Inspector

6.1.5.1. Bases para la Calificación

Los inspectores de soldadura responsables de aceptación o rechazo de material o mano de obra, deberán estar calificados. Las bases de la calificación del inspector deben estar documentadas. Las bases aceptables de calificación son: Certificación vigente como Inspector de Soldadura (Nivel II o III) de acuerdo con la última edición de la norma IRAM-IAS U500-169

6.1.5.2. Validez de la Calificación

La calificación de un Inspector tendrá la validez establecida en la última edición de la norma IRAM-IAS U500-169, salvo que exista una razón específica para cuestionar la idoneidad del Inspector, de acuerdo con lo indicado en 6.5.5.1.

6.1.5.3. Inspectores Asistentes

El Inspector responsable puede ser apoyado por Inspectores Nivel I de acuerdo con la norma IRAM-IAS U500-169, quienes pueden realizar funciones de inspección específica bajo la supervisión de un Inspector de soldadura responsable.

6.1.5.4. Autoridad de Verificación

El Ingeniero responsable deberá tener autoridad para verificar el cumplimiento de calificación de los Inspectores de acuerdo con los requerimientos de 6.1.5.

La Autoridad de Verificación de la validez de certificación del Inspector de Soldadura será el Organismo de Certificación de Inspectores de Soldadura correspondiente.

6.1.6. Responsabilidad del Inspector

El Inspector debe verificar que la fabricación y montaje por soldadura se han realizado de acuerdo con los requerimientos de los documentos de contrato.

6.1.7. Documentación Necesaria para la Inspección

A los Inspectores se les debe proveer de los planos de detalle completos, mostrando el tamaño, largo, tipo, y ubicación de todas las soldaduras a realizar así como de cada EPS y RPS (si corresponde). El Inspector debe ser también provisto de la parte de los documentos de contrato que describe los materiales y requerimientos de calidad para los productos a ser fabricados o montados, o ambos.

6.1.8. Notificación al Inspector

El Inspector deberá ser notificado, previo al comienzo de las operaciones sujetas a inspección y verificación, del correspondiente programa o plan de inspección.

6.1.9. Inspección de Materiales.

El Inspector deberá verificar la utilización de materiales que estén conformes a los requerimientos de este Reglamento, los Reglamentos CIRSOC 301, CIRSOC 302 y normas IRAM aplicables.

6.1.10. Inspección de la EPS y Equipos

6.1.10.1. EPS

El Inspector debe verificar que toda EPS a ser aplicada haya sido aprobada en conformidad con los requerimientos de los Cap. 3 y Cap. 4 de este Reglamento.

6.1.10.2. Equipo de Soldadura.

El Inspector debe verificar el equipo de soldadura a ser usado para el trabajo a fin de asegurar que está conforme a los requerimientos de 5.7.

6.1.11. Calificación de Soldador, Operador o Soldador de Punteado.

6.1.11.1. Determinación de Calificación

El Inspector debe verificar que las soldaduras sean realizadas sólo por soldadores, operadores y soldadores de punteado que se encuentren calificados de acuerdo con los requerimientos del Cap. 4 de este Reglamento.

6.1.11.2. Reensayo Basado en la Calidad del Trabajo

Cuando la calidad del trabajo del soldador, operador o soldador de punteado esté por debajo de los requerimientos de este Reglamento, el Inspector de soldadura actuante en obra o por medio de un Ente de Calificación y Certificación de Soldadores u Operadores de Soldadura (Norma IRAM-IAS U 500-138), puede requerir una verificación de la habilidad para producir soldaduras sanas por medio de un simple ensayo, tal como el ensayo de rotura de una soldadura de filete, o requiriendo una recalificación completa de acuerdo con el Cap.4 de este Reglamento.

6.1.12. Validez de la Certificación.

El Inspector debe requerir la recalificación de cualquier soldador u operador calificado que se encuentre fuera del periodo de validez de su calificación.

6.1.13. Materiales de Aporte

El Inspector debe verificar que los electrodos son usados sólo en las posiciones y con el tipo de corriente de soldadura y polaridad para los cuales están clasificados.

6.1.14. Requisitos Generales de las Inspecciones

El Inspector debe, a intervalos adecuados, verificar la preparación de las juntas, las operaciones de montaje, técnicas de soldadura y habilidad de cada soldador u operador de acuerdo con los requerimientos aplicables de este Reglamento. El tamaño y contorno de la soldadura debe ser medido con calibres y galgas adecuados. La inspección visual de fisuras en soldaduras y metal base

y otras discontinuidades deben estar asistidas por una luz de alta luminosidad, lupas o elementos tales que puedan facilitar la tarea.

6.1.15. Identificación del Inspector en las Inspecciones Realizadas

Los Inspectores deben identificar con una marca distintiva u otro método de registro todas las partes o juntas que han sido inspeccionadas y aceptadas. Puede usarse cualquier método de registro el cuál es acordado mutuamente. El estampado por cuña de componentes cargados cíclicamente no está permitido sin la aprobación del Ingeniero responsable.

6.1.16. Mantenimiento de los Registros

El inspector debe mantener un registro de las calificaciones de todos los soldadores, operadores y punteadores, todas las calificaciones de EPS u otros ensayos que se realicen así como toda otra información que pueda ser requerida.

6.2. RESPONSABILIDADES DEL CONTRATISTA

6.2.1. Obligaciones del Contratista

6.2.1.1. Responsabilidades del Contratista.

El contratista debe ser responsable por la inspección visual y corrección de todas las deficiencias en los materiales y mano de obra de acuerdo con los requerimientos de este Reglamento.

6.2.1.2. Pedidos del Inspector.

El contratista debe cumplir con todas los pedidos del Inspector para corregir deficiencias en materiales y mano de obra de acuerdo con este Reglamento y los documentos de contrato.

6.2.1.3. Decisión del Ingeniero.

En la eventualidad que una soldadura defectuosa, o su remoción para soldar nuevamente, dañe el metal base de tal manera que a juicio del Ingeniero responsable resulte dicho material no apto para la aplicación específica, el contratista deberá remover y reemplazar el metal base dañado o solucionar la deficiencia en una forma aprobada por el Ingeniero.

6.2.1.4. Ensayo No Destructivo (END) Especificado Distinto que el Visual

Cuando se especifica un END distinto de la inspección visual en la información provista a los contratistas, es responsabilidad de ellos asegurar que todas las soldaduras especificadas alcancen los requerimientos del Cap. 6 de este Reglamento.

6.2.1.5. END No Especificado Distinto que el Visual

Si un END distinto de la inspección visual no está especificado en el acuerdo contractual original pero es solicitado posteriormente por el comitente, el contratista deberá realizar cualquier ensayo solicitado en conformidad con 6.4. El comitente deberá establecer en acuerdo con el contratista por todos los costos asociados, incluyendo manipuleo, preparación de la superficie, ensayo no destructivo y reparación de las discontinuidades distintas de aquellas indicadas en 6.3.3.

6.3. CRITERIO DE ACEPTACIÓN

6.3.1. Alcance

El criterio de aceptación para inspección visual y END para uniones tubulares y uniones no tubulares cargadas estática y cíclicamente es descrito en esta sección 6.3. La extensión de ensayo y el criterio de aceptabilidad deben ser especificadas en los documentos de contrato o en la información provista a los contratistas.

6.3.2. Aprobación del Ingeniero para Criterios de Aceptación Alternativos

La premisa fundamental de este Reglamento es proveer directivas generales aplicables a la mayor parte de las situaciones. Pueden usarse criterios de aceptación para soldaduras de producción distintas de aquellos especificadas en el Reglamento para una aplicación particular, con tal que estén adecuadamente documentados por el proponente y aprobado por el Ingeniero responsable. Estos criterios de aceptación pueden estar basados en la evaluación de la adecuación para el servicio usando experiencia anterior, evidencia experimental o un análisis crítico de ingeniería (considerando tipo de material, efectos de la carga de servicio, y factores ambientales) aplicando técnicas reconocidas de evaluación de la aptitud para el servicio.

6.3.3. Inspección Visual

Todas las soldaduras deben ser inspeccionadas visualmente y serán aceptables si los criterios de la Tabla 6.1 son satisfechos. Para uniones tubulares cargadas cíclicamente además se aplicarán los límites de aceptación de las Tablas 6.3 y 6.4

6.3.4. Ensayos de Líquidos Penetrantes (LP)

Las soldaduras que se encuentran sujetas a ensayos de líquidos penetrantes, sumados a la inspección visual, deben ser evaluadas sobre la base de los requerimientos aplicables para inspección visual. El ensayo debe realizarse en conformidad con 6.4.5 o 6.4.6, la que sea aplicable.

6.3.5. Inspección Radiográfica(RI)

Las soldaduras en las que se muestra mediante ensayo radiográfico que no alcanzan los requerimientos de aceptación indicados en 6.3 deberán ser reparadas de acuerdo con el Cap 5. Las discontinuidades distintas a las fisuras deben ser evaluadas como alargadas o redondas, sin tener en cuenta el tipo de discontinuidad. Una discontinuidad alargada se define como aquella cuyo largo excede tres veces su ancho. Una discontinuidad redonda se define como aquella en la cual su largo es igual o menor que tres veces su ancho (puede ser redondeada o irregular).

6.3.5.1. Criterio de Aceptación para Uniones No Tubulares Cargadas Estáticamente.

Las soldaduras que están sujetas a ensayo radiográfico, además de la inspección visual, no deben tener fisuras y serán consideradas inaceptables si el ensayo radiográfico muestra cualquier discontinuidad que exceda las siguientes discrepancias (E = tamaño de la soldadura):

- (1) Discontinuidades individuales mayores que $2/3E$ o 20 mm.
- (2) Distancia al borde de la soldadura, menor que tres veces la máxima dimensión de la discontinuidad.

(3) La suma de las discontinuidades alineadas, iguales o mayores que 2 mm, mayor que el tamaño de la soldadura (E) para un largo de soldadura igual a 6E (cuando el largo de soldadura inspeccionado resulte menor que 6E la suma de las discontinuidades deberá ser proporcionalmente menor que E).

(4) La suma de discontinuidades alineadas, menores que 2 mm, mayor que 10 mm en 25 mm de soldadura lineal. Solamente porosidad, cuya dimensión más grande es mayor que 1 mm, deberá ser considerada en la evaluación bajo el criterio de aceptación para RI

(5) La distancia entre dos discontinuidades, adyacentes, menor que tres veces la dimensión mayor de la más grande de las discontinuidades del par bajo evaluación.

6.3.5.2. Criterio de Aceptación para Uniones No Tubulares Cargadas Cíclicamente

Las soldaduras que están sujetas a ensayo radiográfico sumado a la inspección visual, no deben tener fisuras, y son inaceptables si el ensayo radiográfico muestra cualquier tipo de las siguientes discontinuidades:

6.3.5.2.1. Porosidad con extremos agudo

6.3.5.2.2. Porosidad (descrita en la Tabla 6.5, notas 1 y 2). Porosidad máxima en RI por cada 75 mm de largo de soldadura se muestra en la Tabla 6.5 y se define de la siguiente forma:

- (1) Porosidad aleatoria que no exceda en su combinación de diferentes tamaños el área total permitida correspondiente a 75 mm de largo de soldadura.
- (2) Para soldaduras de tamaños (E) mayores que los indicados en la Tabla 6.5 el área total de porosidad determinada por RI debe ser igual o menor que $1,7E \text{ mm}^2$, en 75 mm de largo de soldadura. Si la soldadura tiene un largo menor que 75 mm, el área total admisible de porosidad deberá ser reducida de manera proporcional.
- (3) La máxima dimensión de porosidad deberá ser 26,7% de E o 3 mm, lo que resulte menor. Excepto que se trate de una indicación aislada, separada de una adyacente por una distancia igual o mayor que 30 mm, en cuyo caso se admite una dimensión máxima igual a E/3 o 6 mm lo que resulte menor.
- (4) La suma de las discontinuidades alineadas mayor que E/2 para un largo de soldadura igual a 6E o 75 mm, lo que resulte menor. Una secuencia de 4 o más poros serán considerados alineados, cuando los mismos toquen una línea paralela al largo de la soldadura que pasa a través de los centros de los poros más alejados.

6.3.5.2.3. Penetración de la Junta

Deberá verificarse penetración completa en uniones con JPC. Penetración completa no es requerida en soldadura de filete y JPP si se obtiene el mínimo tamaño de soldadura requerido.

6.3.5.2.4. Fusión Incompleta

La fusión incompleta será inaceptable, excepto en el área de raíz de la soldadura de filete donde se considerará penetración incompleta cuando la misma sea menor que 20% del tamaño de la soldadura o cateto (E).

6.3.5.3. Criterio de Aceptación para Uniones Tubulares

Las soldaduras sujetas a ensayo radiográfico además de la inspección visual, no deben tener fisuras y son inaceptables si el ensayo radiográfico muestra cualquier discontinuidad que exceda las siguientes tolerancias (E = tamaño de la soldadura):

6.3.5.3.1. Porosidad con extremos agudo

6.3.5.3.2. La porosidad máxima aceptable en RI por cada 75 mm de largo de soldadura se muestra en la Tabla 6.5 y se define de (1) a (4). La porosidad puede ser circular, elíptica, cónica o de forma irregular. Puede aparecer como indicaciones de huecos o cavidades así como tungsteno sólido o inclusiones no metálicas. Cobre o inclusiones ferrosas no están permitidas en la soldadura. Solamente porosidad cuya dimensión mayor exceda 0,4 mm será considerada relevante para la evaluación por RI.

- (1) Porosidad aleatoria es aceptable si no exceda en su combinación de diferentes tamaños el área total permitida correspondiente a 75 mm de largo de soldadura.
- (2) Para soldaduras de tamaños (E) mayores que los indicados en la Tabla 6.5 el área total de porosidad determinada por RI debe ser igual o menor que $1,7E \text{ mm}^2$, en 75 mm de largo de soldadura. Si la soldadura tiene un largo menor que 75 mm, el área total admisible de porosidad deberá ser reducida de manera proporcional.
- (3) La máxima dimensión de porosidad deberá ser 26,7% de E o 3 mm, lo que resulte menor. Excepto que se trate de una indicación aislada, separada de una adyacente por una distancia igual o mayor que 30 mm, en cuyo caso se admite una dimensión máxima igual a $E/3$ o 6 mm lo que resulte menor.
- (4) La suma de las discontinuidades alineadas mayor que $E/2$ para un largo de soldadura igual a $6E$ o 75 mm, lo que resulte menor. Una secuencia de 4 o más poros serán considerados alineados, cuando los mismos toquen una línea paralela al largo de la soldadura que pasa a través de los centros de los poros más alejados.

6.3.5.3.3. El largo de penetración incompleta de junta será igual o menor que 20% del largo de la soldadura

6.3.5.3.4. La fusión incompleta será inaceptable, excepto en el área de raíz de la soldadura de filete donde se considerará penetración incompleta cuando la misma sea menor que 20% del tamaño de la soldadura o cateto (E).

6.3.6. Inspección por Ultrasonido (US)

La inspección US será especificada en la documentación de contrato. La extensión del ensayo US, los procedimientos, calibración, calificación y criterio de aceptación deberán ser especificados a tal efecto y acordados en la documentación de contrato.

6.4. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)

6.4.1. Procedimientos

Los procedimientos de END, tal como se indica éste reglamento permiten realizar una adecuada verificación de la integridad de las soldaduras, teniendo en cuenta las limitaciones de los métodos de ensayos no destructivos a ser usados, particularmente para detectar y caracterizar defectos planos con orientaciones específicas de la falla.

6.4.2. Ensayo Radiográfico(RI)

Cuando se usa RI, el procedimiento y técnica deberá estar de acuerdo con la Sección 6.5 de este Reglamento.

6.4.3. Ensayo por Ultrasonido(US)

Cuando se usa US, el procedimiento y técnica deberán estar de acuerdo con la Sección 6 de este Reglamento.

6.4.4. Ensayo de Tintas Penetrantes(LP)

Para detectar las discontinuidades superficiales, podrá usarse LP. Para la inspección con tintas penetrantes deben usarse los métodos descritos en la última edición de la norma IRAM-CNEA Y 500 1001 “Ensayos no destructivos. Inspección con líquidos penetrantes. Principios generales” Los criterios de aceptabilidad deben estar de acuerdo con la Sección 6.3 de este Reglamento.

6.4.4.1. Calificación del Personal

El personal que realiza ensayos no destructivos debe estar calificado y certificado de acuerdo con la última edición de la norma IRAM-ISO 9712 “Ensayos no destructivos. Calificación y certificación de personal” y teniendo en cuenta la norma IRAM-EN 45013 “Criterios generales relativos a los organismos de certificación que realizan la certificación de personal”.

6.4.7. Alcance de los ensayos

La información provista a los contratistas debe identificar claramente el alcance de los ensayos no destructivos (tipos, categorías, ubicación) de las soldaduras a ser ensayadas.

6.4.7.1. Ensayo Completo

Las uniones soldadas, en las que se especifica contractualmente un plan o programa de END, deberán ser ensayadas en su largo total, salvo en caso que se indique un ensayo parcial o localizado.

6.4.7.2. Ensayo Parcial.

Cuando se especifica un ensayo parcial, la ubicación y largos de las soldaduras o categorías de soldaduras a ser ensayadas deben ser designados claramente en los documentos del contrato.

6.4.7.3. Ensayos Localizados

Cuando se especifican ensayos localizados, el número de sitios o puntos de ensayo, para un largo determinado o un segmento localizado de soldadura, deberá ser incluido en la documentación contractual. Cada ensayo localizado deberá cubrir un largo de soldadura mayor o igual que 100 mm. Cuando el ensayo localizado revela indicaciones de discontinuidades rechazables que requieren reparación, la extensión de dichas discontinuidades deberá ser explorada. Deberán tomarse dos zonas localizadas adicionales en el mismo segmento de junta soldada, en ubicaciones fuera de las zonas originales. La ubicación de las zonas localizadas adicionales deberá ser acordada entre el contratista y el Inspector responsable.

6.4.7.4. Información Necesaria.

El personal de END debe, previo a ensayar, estar provisto o tener acceso a la información sobre la geometría de la junta soldada, espesor del material, y los procesos de soldadura usados. El personal

de END debe estar advertido de cualquier reparación ulterior a la soldadura.

6.5. ENSAYO RADIOGRÁFICO (RI)

6.5.1. Ensayo Radiográfico de Soldaduras con Bisel en Juntas a Tope.

6.5.1.1. Procedimientos y Normas Aplicables.

Los procedimientos y descriptos en esta Sección 6.5 deberán ser aplicados para los ensayos radiográficos de soldaduras cuando dicha inspección es requerida por los documentos de contrato y en un todo de acuerdo con lo indicado en 6.4. Los requerimientos de esta Sección son específicos para el ensayo de soldaduras con bisel en juntas a tope de chapas, perfiles, y barras por medio de fuentes de rayos X o rayos gamma. La metodología debe estar de acuerdo con las últimas ediciones de las normas IRAM aplicables a radiografía industrial de materiales metálicos y soldadura.

6.5.1.2. Cambios en los Procedimientos.

Podrán aplicarse cambios en los procedimientos de ensayo, equipos y criterios de aceptabilidad con el acuerdo previo por escrito entre el contratista y el comitente. Dichos cambios pueden incluir: ensayo radiográfico de soldaduras de filete en uniones en T y esquina, cambios en la distancia entre la fuente y la película, aplicación inusual de la película, aplicaciones inusuales del tipo de agujero o tipo de alambre en los indicadores de calidad de imagen (ICI), tipos de películas para ensayo radiográfico de espesores mayores a 150mm, densidades, variaciones en exposición, revelado y técnicas de observación.

6.5.2. Procedimientos Radiográficos

6.5.2.1. Procedimiento

Las radiografías deben realizarse usando una fuente única tanto para radiación X como gamma. La sensibilidad radiográfica debe juzgarse en base a indicadores de calidad de imagen (ICI). Las técnicas radiográficas y equipos deben proveer suficiente sensibilidad para delinear el indicador como se describe en 6.5.2.13 y Tablas 6.7 y 6.8. Las letras y números de identificación deben verse claramente en la radiografía.

6.5.2.2. Requerimientos de Seguridad

Las radiografías deben realizarse en conformidad con los requerimientos de seguridad aplicables según la última edición de la norma IRAM-ISO 5579 “Ensayos no destructivos. Examen radiográfico de materiales metálicos por rayos X y gamma. Reglas básicas”.

6.5.2.3. Eliminación de los Refuerzos

Cuando los documentos de contrato requieren que se quiten los refuerzos de soldadura, las soldaduras deberán ser preparadas para RI mediante amolado tal como se describe en el Cap. 5. Otras superficies no necesitan ser configuradas o suavizadas de otra manera para los propósitos del ensayo radiográfico salvo en caso que la superficie presente irregularidades o la unión entre la soldadura y el metal base pueda provocar indicaciones espurias de discontinuidades de soldadura en la radiografía.

6.5.2.4. Prolongadores

Los prolongadores deberán ser removidos antes de la inspección radiográfica, salvo indicación en contrario por parte del Ingeniero responsable.

6.5.2.5. Respaldo

Cuando se encuentre indicado que el respaldo es removible, la superficie deberá ser terminada al ras por amolado antes de aplicar RI. El amolado deberá ser realizado como se describe en el Cap.5.

6.5.2.6. Refuerzos y Respaldos No Eliminados

En caso de que una ubicación alternativa de los alambres ICI no sea usada, deben ubicarse planchas de aluminio debajo de los ICI tipo agujero o los ICI de alambre que se extenderán más allá de los tres lados de los ICI tipo agujero o los ICI de alambre a una distancia mayor o igual que 3 mm. De esta manera el espesor total del acero entre el ICI tipo agujero y la película será aproximadamente igual al espesor promedio de la soldadura medida a través de su refuerzo y respaldo.

6.5.2.7. Película Radiográfica.

Las películas radiográficas deberán ser las descritas en la última edición de la norma IRAM 772 "Películas radiográficas para usos industriales. Método de observación visual." y serán utilizadas pantallas de chapas de plomo como se describe en dicha norma. No deberá permitirse el uso de pantallas fluorescentes.

6.5.2.8. Ubicación de la Fuente

Las radiografías deben hacerse con una única fuente de radiación centrada tan cerca como sea practicable con respecto al largo y ancho de la porción de la soldadura que está siendo examinado.

6.5.2.9. Falta de Agudeza Geométrica

Las fuentes de rayos gamma, sin tener en cuenta el tamaño, deben tener las características requeridas por la última edición de la norma IRAM 679 "Soldaduras de acero. Tipos de defectos verificables por radiografías".

6.5.2.10. Distancia entre la Fuente y el Objeto.

La distancia entre la fuente y el objeto o elemento estructural deberá ser mayor que el largo de la película que es expuesta en un único plano.

6.5.2.11. Limitaciones de la Distancia de la Fuente al Objeto.

La distancia entre la fuente y el objeto o elemento estructural deberá ser mayor que siete veces el espesor de la soldadura más el refuerzo y/o respaldo, si hay alguno. La radiación deberá penetrar cualquier porción de la soldadura representada en la radiografía con un ángulo mayor que $26,5^\circ$ desde una línea normal a la superficie de la soldadura.

6.5.2.12. Fuentes

Las fuentes de rayos-X e iridio 192 pueden ser usadas como fuentes para toda inspección radiográfica con tal que permitan una adecuada capacidad de penetración. Otras fuentes de radiografía deberán estar sujetas a la aprobación del Ingeniero responsable.

6.5.2.13. Selección y Ubicación del ICI

Los ICI deben ser seleccionados y ubicados en una construcción soldada en el área de interés que está siendo radiografiada como se muestra en la Tabla 6.6. Los indicadores de calidad de imagen estarán de acuerdo con la última edición de las normas IRAM 759” Indicadores de Calidad de Imagen” e IRAM 763” Imagen Radiográfica de Piezas Metálicas y Soldaduras. Evaluación de la Calidad de Imagen”

6.5.2.14. Técnica

Las juntas soldadas deben ser radiografiadas y las películas deberán ser ordenadas y ubicadas con una identificación y secuencia, que provea la inspección completa y continua de la junta dentro de los límites especificados a ser examinados. Los límites de la junta deben verse claramente en las radiografías. Película corta, pantallas cortas, socavación excesiva por radiación dispersa u otro proceso cualquiera que oscurece porciones del largo de la soldadura harán inaceptable la radiografía.

6.5.2.14.1. Largo de la Película

La película deberá tener un largo y una ubicación más allá del borde proyectado de la soldadura mayor o igual que 12 mm.

6.5.2.14.2. Película Superpuesta

Las soldaduras de largo mayor que 350 mm podrán ser radiografiadas superponiendo las unidades de películas y haciendo una única exposición, o también podrá utilizarse una única película y haciendo exposiciones separadas. Se deberán aplicar en todos los casos lo indicado en 6.5.2.8.

6.5.2.14.3. Dispersión Posterior

Para verificar la dispersión de radiación por detrás, deberá fijarse a la parte de atrás de cada unidad de película, un símbolo “B” de plomo, de 12 mm de altura y 2 mm de espesor. Si aparece el símbolo “B” sobre la radiografía, esta debe considerarse inaceptable.

6.5.2.14.4. Ancho de la Película

El ancho de la película debe ser suficiente para representar todas las porciones de la junta de soldadura, incluyendo la ZAC. Deberá proveer espacio adicional suficiente para los ICI tipo agujero o alambres y la identificación de la película sin invadir la parte de interés en la radiografía.

6.5.2.15. Calidad de las Radiografías

Todas las radiografías deberán estar libres de manchas o daños de origen mecánico, químico u otro, que pudieran enmascarar o confundir la imagen de una discontinuidad en el área de interés en la radiografía.

6.5.2.16. Limitaciones de Densidad

La densidad de película transmitida a través de la imagen de radiografía del cuerpo del ICI tipo agujero y el área de interés deberá ser mayor o igual que 1,8 para radiografías realizadas con fuente de rayos X y 2,0 para radiografías realizadas con fuente de rayos gamma. Para visualización compuesta de exposición con película doble, la densidad deberá ser mayor o igual que 2,6. Cada radiografía de un ensayo compuesto debe tener una densidad mayor o igual que 1,3. La densidad máxima debe ser 4,0 para cada vista individual o compuesta.

6.5.2.16.1. Densidad Radiográfica

La densidad es una medida del ennegrecimiento, expresada como:

$$D = \log I_0/I$$

Siendo:

D densidad radiográfica

I_0 intensidad de luz en la película, e

I luz transmitida a través de la película

6.5.2.16.2. Transiciones.

Cuando se radiografían transiciones de espesor en soldaduras y la relación de espesores entre la sección de mayor espesor con la sección de menor espesor es mayor o igual que 3, las radiografías deberán ser expuestas para producir una densidad de película única de 3,0 a 4,0 en la sección de menor espesor. Cuando se hace esto, los requerimientos de densidad mínima de 6.5.2.16 deberán ser descartados salvo que se disponga lo contrario en los documentos de contrato.

6.5.2.17. Marcas de Identificación.

Deberá colocarse sobre el acero, en cada ubicación de radiografía, una marca de identificación de la misma, y dos marcas de identificación de la posición. Deberá producirse, mediante la colocación de números o letras, o ambos, de plomo. Todas las marcas deberán proveer un medio de superponer la radiografía revelada con la soldadura. Puede imprimirse previamente información de identificación adicional a una distancia mayor que 19 mm desde el borde de la soldadura o debe ser producida en la radiografía ubicando figuras de plomo sobre el acero. La información que se requiere mostrar sobre las radiografías deberá incluir la identificación de contrato del comitente, iniciales de la compañía de inspección radiográfica, iniciales del fabricante, el número de orden del fabricante, la marca de identificación de la radiografía y el número de reparación de soldadura, si es aplicable.

6.5.2.18. Bloques en los Extremos

Deberán usarse bloques en los extremos cuando se radiografían soldaduras a tope con espesores mayores que 12 mm. Los bloques en los extremos deben tener un largo suficiente para extenderse más allá de cada línea de centros de la soldadura para una distancia mínima igual que el espesor de la soldadura, pero mayor que 50 mm y deberán tener un espesor igual o mayor que el espesor de la soldadura. El ancho mínimo de los bloques en los extremos debe ser igual a la mitad del espesor de la soldadura, pero mayor o igual que 25 mm. Los bloques en los extremos deben estar centrados respecto de la soldadura contra la chapa que está siendo radiografiada, permitiendo una luz menor que 1,6 mm para el largo mínimo especificado de los bloques en los extremos. Los bloques deberán

ser hechos en acero radiográficamente limpio y las superficies deberán tener una terminación de 3 μm o más suave, ver la Figura 6.7.

6.5.3. Requerimientos Complementarios de los Ensayos Radiográficos para Uniones Tubulares

6.5.3.1. Soldaduras con Bisel Circunferenciales en Juntas a Tope

La técnica que se aplicará para radiografiar soldaduras circunferenciales debe ser capaz de cubrir la totalidad de la circunferencia. Se utilizará preferentemente exposición de pared única/vista de pared única. Donde la accesibilidad o el tamaño del tubo prohíbe esto, la técnica puede ser exposición de pared doble / vista de pared única o exposición de pared doble / vista de pared doble.

6.5.3.2. Exposición de Pared Única / Vista de Pared Única

La fuente de radiación estará ubicada dentro del tubo o caño y la película en el exterior del tubo (ver Figura 6.8). La exposición panorámica podrá realizarse si los requerimientos fuente a objeto son satisfechos; si no, deberán realizarse un mínimo de tres exposiciones. El ICI será seleccionado y colocado del lado de la fuente del tubo. Si esto no se puede hacer, estará ubicado del lado de la película en el tubo.

6.5.3.3. Exposición de Pared Doble / Vista de Pared Única

Donde el acceso o las condiciones geométricas prohíben una exposición de pared única, la fuente podrá ubicarse en el exterior del tubo y la película en la pared opuesta, exterior, del tubo. Ver Figura 6.9. Se requerirá un mínimo de tres exposiciones para cubrir la totalidad de la circunferencia. El ICI estará seleccionado y colocado del lado de la película en el tubo.

6.5.3.4. Exposición de Pared Doble / Vista de Pared Doble

Donde el diámetro exterior del tubo es menor que 90 mm, ambos, el lado de la fuente y la soldadura del lado de la película serán proyectados sobre la pared, y ambas paredes vistas para la aceptación. La fuente de radiación estará desalineada respecto al tubo en una distancia mayor o igual que siete veces el diámetro exterior. El haz de radiación deberá estar desalineado respecto del plano de la línea central de la soldadura en un ángulo suficiente para separar las imágenes del lado de la fuente y las soldaduras del lado de la película. No debe haber solape de las dos zonas interpretadas. Se requiere un mínimo de dos exposiciones a 90° una de otra (ver Figura 6.10). La soldadura podrá ser radiografiada mediante la superposición de dos soldaduras, en cuyo caso deberá haber un mínimo de tres exposiciones a 60° una de otra (ver Figura 6.11). En cada una de estas técnicas, el ICI debe ser colocado del lado del tubo o caño donde se encuentra la fuente.

6.5.4. Ensayo, Informe y Disposición de las Radiografías

6.5.4.1. Equipos Provistos por el Contratista

El contratista deberá proveer un negatoscopio adecuado, de intensidad lumínica variable con capacidad de visualización focalizada o revisión focalizada con máscara. El visualizador debe tener capacidad suficiente para iluminar adecuadamente radiografías con densidad 4.0. La observación de la película deberá realizarse en un área con luz tenue.

6.5.4.2. Informes.

Todo ensayo radiográfico de una soldadura deberá tener su correspondiente informe de interpretación para el comitente.

El informe deberá ser evaluado por el Inspector de soldadura responsable, nivel II o III, quién establecerá la aceptación o rechazo de la soldadura inspeccionada.

6.5.4.3. Conservación de los Registros

Deberá entregarse al comitente, un juego completo de radiografías, con sus correspondientes informes, de las soldaduras sujetas a ensayo radiográfico por parte del contratista, incluyendo aquellas correspondientes a reparaciones..

Es obligación del contratista conservar los registros radiográficos mientras no sean entregados al comitente.

La entrega parcial o total de los registros radiográficos al comitente se hará mediante una notificación por escrito.

Tabla 6.1
Criterio de Aceptación de Inspección Visual

Categoría de Discontinuidad y Criterio de Inspección	Uniones No Tubulares Cargadas Estáticamente	Uniones No Tubulares Cargadas Cíclicamente	Uniones Tubulares (Todas las Cargas)												
(1) Prohibición de Fisuras La soldadura no debe tener fisuras.	X	X	X												
(2) Fusión de Soldadura / Metal Base Debe existir fusión a través de los cordones adyacentes de metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base.	X	X	X												
(3) Cráter en la Sección Transversal Todos los cráteres deben ser llenados, excepto para los extremos de soldadura de filete discontinuos fuera de su largo efectivo.	X	X	X												
(4) Perfiles de Soldadura Los perfiles de soldadura deben estar conformes a 5.16	X	X	X												
(5) Soldaduras subdimensionadas El tamaño de filete de soldadura en cualquier soldadura continua puede ser menor que el especificado (L) sin necesitar corrección, para los siguientes valores (U): <table style="margin-left: 20px; border: none;"> <tr> <td style="padding-right: 40px;">L</td> <td>U</td> </tr> <tr> <td><u>Tamaño de soldadura nominal</u></td> <td><u>Diferencia admisible respecto de</u></td> </tr> <tr> <td>en mm</td> <td><u>L en mm</u></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>3</td> </tr> </table> En todos los casos la disminución del tamaño de soldadura será $\leq 10\%$ del largo de la soldadura. En las soldaduras de alma con ala en vigas, no se permite subdimensionamiento en los extremos para un largo igual a dos veces el ancho del ala.	L	U	<u>Tamaño de soldadura nominal</u>	<u>Diferencia admisible respecto de</u>	en mm	<u>L en mm</u>	5	2	6	2.5	8	3	X	X	X
L	U														
<u>Tamaño de soldadura nominal</u>	<u>Diferencia admisible respecto de</u>														
en mm	<u>L en mm</u>														
5	2														
6	2.5														
8	3														
(6) Socavación La socavación será igual o menor que los indicado en el gráfico de la Figura 6.1 para la categoría de dirección de la tensión aplicada en el área que contiene socavadura. La socavación podrá se dos veces el tamaño admitido en la Figura 6.1, en un largo acumulado de 50 mm en cualquier tramo de 300 mm. En todos los casos la socavación deberá ser ≤ 2 mm. Para largos de soldadura menores que 300 mm el largo aceptable será proporcional al largo de soldadura correspondiente	X														
(7) Socavación La socavación será igual o menor que los indicado en la Tabla 6.2 para la categoría de dirección de la tensión aplicada en el área que contiene socavadura		X													
(8) Socavación La socavación será igual o menor que lo indicado en la Figura 6.2, para la categoría de dirección de la tensión aplicada en el área que contiene socavadura			X												

1. Una "X" indica aplicabilidad para el tipo de unión; el área sombreada indica no aplicabilidad.

Tabla 6.2. Valores de socavado aceptables, estructuras no tubulares cargadas cíclicamente

Espesor [mm]	Dirección de la Tensión Primaria	Socavado máximo [mm]
> 3 a ≤ 25	Transversal	0,25
> 25	Transversal	1
Todos los espesores	Paralela o sin tensión	1

Tabla 6.3. Criterio de aceptación para estructuras Clase I

Descripción	Límites
Socavado	Sin considerar el largo, el socavado no deberá exceder el valor mostrado en la Figura 6.2 para la categoría de dirección de la tensión primaria en el área que contiene el socavado. Además el socavado puede ser dos veces el valor indicado en la Figura 6.2 (para la categoría de tensión aplicable) para un largo acumulado de 50 mm en un largo de soldadura de 300 mm, pero en ningún caso el socavado de un solo lado podrá ser mayor que 2 mm. Para largos de soldadura menores que 300 mm el largo admisible será proporcional al largo real de soldadura.
Junta con falta de llenado	No
Refuerzo o sobremonta	≤ 3 mm
Muecas, marcas, marcas de fusión accidental	El mismo criterio que para el socavado
Convexidad de la cara del filete	0,15 S + 1,5 mm, siendo S= mayor tamaño de cateto especificado
Concavidad de la cara del filete	Ver Figura 5.3 del Cap. 5
Fisuras	No permitidas

Tabla 6.4. Criterio de aceptación para estructuras Clase II

Descripción	Límite
Socavado	
Largo, para cada socavado	≤ 5 mm
Profundidad	≤ 15 % del espesor más fino de metal base
Distancia entre socavados	≥ 50 mm
Falta de relleno en JPC	
Profundidad	≤ 15 % del espesor más fino de metal base
Largo individual	≤ 20 mm
Largo acumulativo	≤ 40 mm en 150 mm de largo de soldadura
Muecas, marcas, marcas de fusión accidental	
Profundidad	≤ 15 % del espesor más fino de metal base
Soldadura de Filete	
Convexidad	≤ 20% de la garganta teórica
Concavidad	Se acepta si se mantiene el tamaño requerido de garganta
Fisuras	No permitidas

Tabla 6.5. Porosidad máxima aceptable^{1,2} en radiografías para cualquier largo de soldadura igual o mayor que 75 mm, estructuras tubulares y no tubulares cargadas cíclicamente

Tamaño de la soldadura ³ (E), [mm]	Área total permitida ⁴ [mm ²]	Poros grandes		Poros medios		Poros pequeños	
		Mayor dimensión [mm]	Nº Máx.	Mayor dimensión [mm]	Nº Máx	Mayor dimensión [mm]	Nº Máx
3	5	0,84	9	0,64	16	0,46	31
6	11	1,70	4	0,81	21	0,50	54
10	15,5	2,54	3	0,94	23	0,56	65
12	21	3,17	2	1,04	25	0,66	62
16	27	3,17	3	1,09	28	0,74	63

Notas:

1. La porosidad puede ser elíptica, circular, cónica o de forma irregular. La dimensión mayor deberá ser medida para determinar el tamaño de una indicación de porosidad. La porosidad puede presentarse simplemente como un hueco, inclusión de tungsteno o inclusión no metálica. Cobre o inclusiones de hierro no son admitidas en la soldadura.
2. La porosidad será considerada relevante si su dimensión más grande es mayor que 0,4 mm en la evaluación hecha con RI
3. Los valores para tamaños intermedios serán determinados por interpolación.
4. La cantidad máxima de poros será determinada por el área total permitida para el tipo de poro (grande, medio o pequeño)

Tabla 6.6. Selección y Ubicación de ICI

Tipos de ICI	Igual con $T \geq 250$ mm		Igual con $T < 10$ mm		Desigual $T \geq 250$ mm		Desigual $T < 250$ mm	
	Agujero	Alambre	Agujero	Alambre	Agujero	Alambre	Agujero	Alambre
Cantidad de ICI								
No tubular	2	2	1	1	3	2	2	1
Tubular ³	3	3	3	3	3	3	3	3
Tabla	6.7	6.8	6.7	6.8	6.7	6.8	6.7	6.8
Figuras	6.3		6.4		6.5		6.6	

T = Espesor nominal del metal base (T1 y T2 de las Figuras 6.3 y 6.4) (Ver Notas 1 y 2)

L = Longitud de la Soldadura en el área de interés de cada radiografía

Notas:

1. El respaldo de acero no debe ser considerado como parte de la soldadura o del refuerzo de soldadura en la selección de ICI (IQI).
2. Puede incrementarse T para prepararse para el espesor del refuerzo de soldadura admisible con tal que se usen planchas de relleno bajo el ICI agujero.
3. Cuando se radiografía la soldadura circunferencial completa de un caño o tubo, con una exposición única y la fuente de radiación es ubicada en el centro de curvatura, deben usarse al menos tres ICI agujero igualmente espaciados
4. .Aplicar en todos los casos las normas IRAM 720-1, IRAM 720-2 e IRAM 720-3.

Tabla 6.7
Requerimientos del ICI Tipo Agujero

Rangos de Espesor ¹ Nominal del Material, mm	Lado de la Fuente		Lado de la Película ²	
	Denominación	Agujero Esencial	Denominación	Agujero Esencial
≤ 6	10	4T	7	4T
> 6 ≤ 10	12	4T	10	4T
>10 ≤ 12	15	4T	12	4T
>12 ≤ 16	15	4T	12	4T
>16 ≤ 20	17	4T	15	4T
>20 ≤ 22	20	4T	17	4T
>22 ≤ 25	20	4T	17	4T
>25 ≤ 32	25	4T	20	4T
>32 ≤ 38	30	2T	25	2T
>38 ≤ 50	35	2T	30	2T
>50 ≤ 65	40	2T	35	2T
>65 ≤ 75	45	2T	40	2T
>75 ≤ 100	50	2T	45	2T
>100 ≤ 150	60	2T	50	2T
>150 ≤ 200	80	2T	60	2T

Notas:

1. Espesor radiográfico de pared única (para tubulares).
2. Sólo aplicable a estructuras tubulares.

Tabla 6.8
Requerimientos de Indicadores de Calidad de Imagen ICI Tipo Alambre

Rangos de Espesor ¹ Nominal del Material, mm	Lado de la Fuente		Lado de la Película ²	
	Máximo Diámetro del Alambre		Máximo Diámetro del Alambre	
	mm		mm	
≤6	0.25		0.20	
>6 ≤ 10	0.33		0.25	
>10 ≤ 16	0.41		0.33	
>16 ≤ 20	0.51		0.41	
>20 ≤ 38	0.63		0.51	
>38 ≤ 50	0.81		0.63	
>50 ≤ 65	1.02		0.81	
>65 ≤ 100	1.27		1.02	
>100 ≤ 150	1.60		1.27	
>150 ≤ 200	2.54		1.60	

Notas:

3. Espesor radiográfico de pared única (para tubulares).
4. Sólo aplicable a estructuras tubulares.

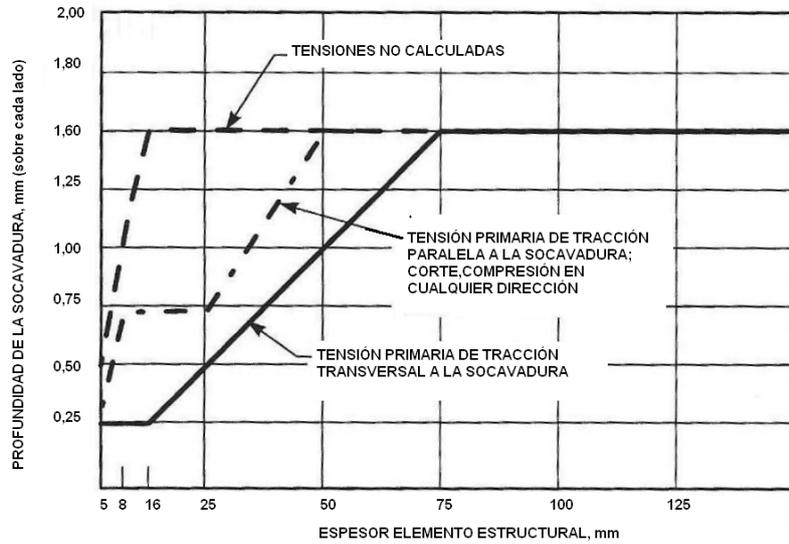


Figura 6.1. Límites de aceptación de socavado en elementos estructurales no tubulares cargados estáticamente

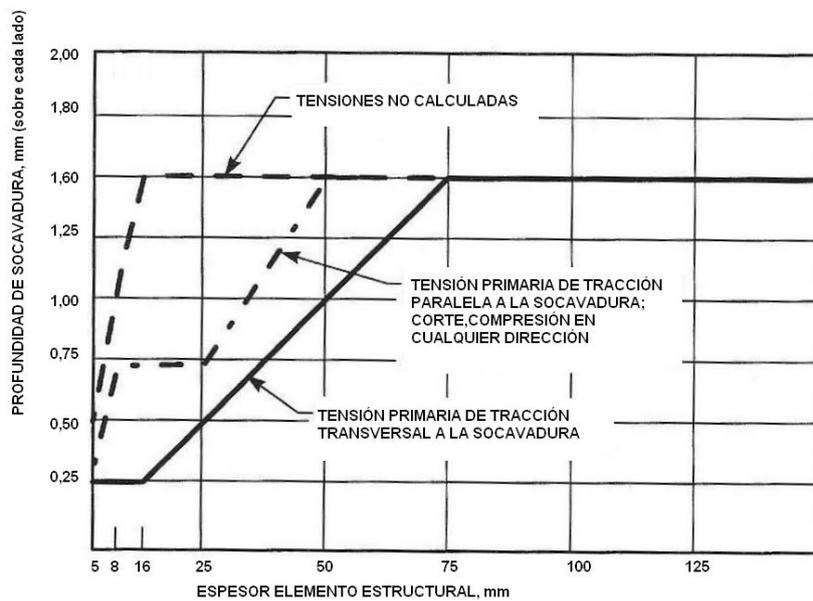
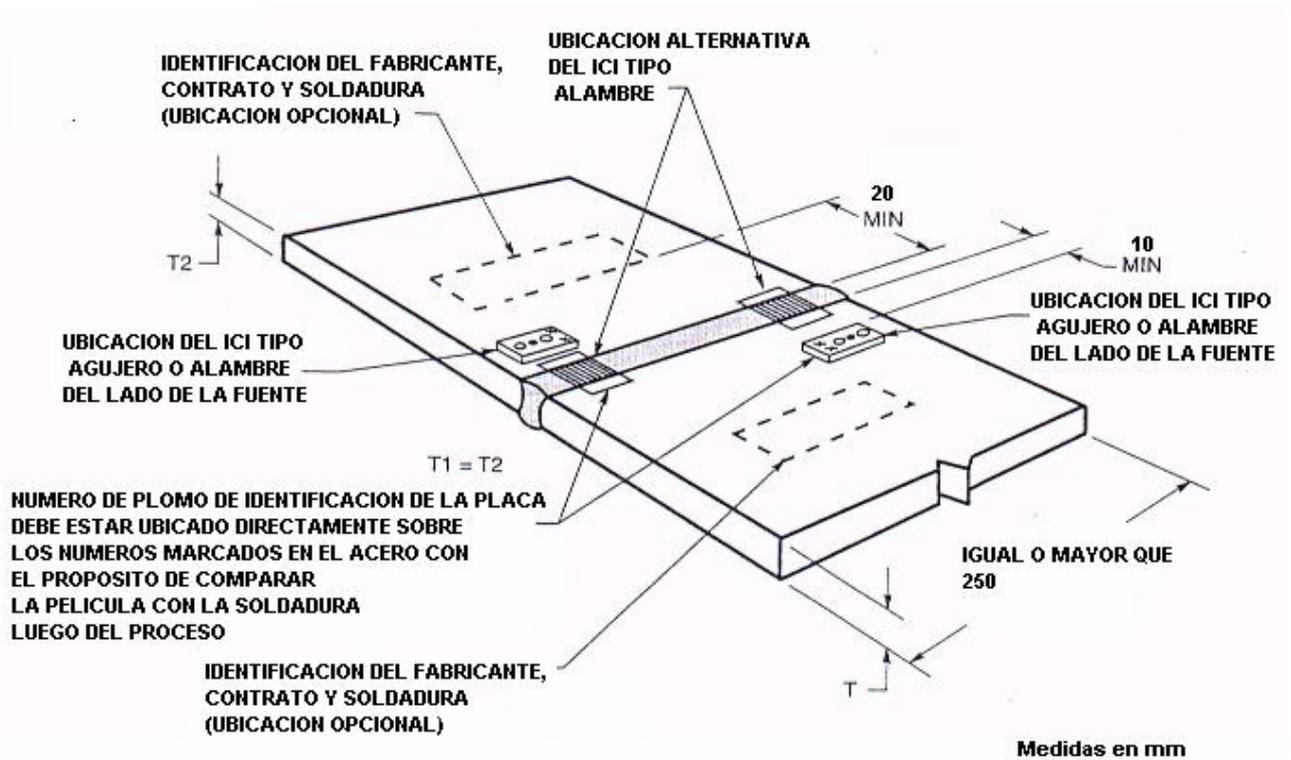
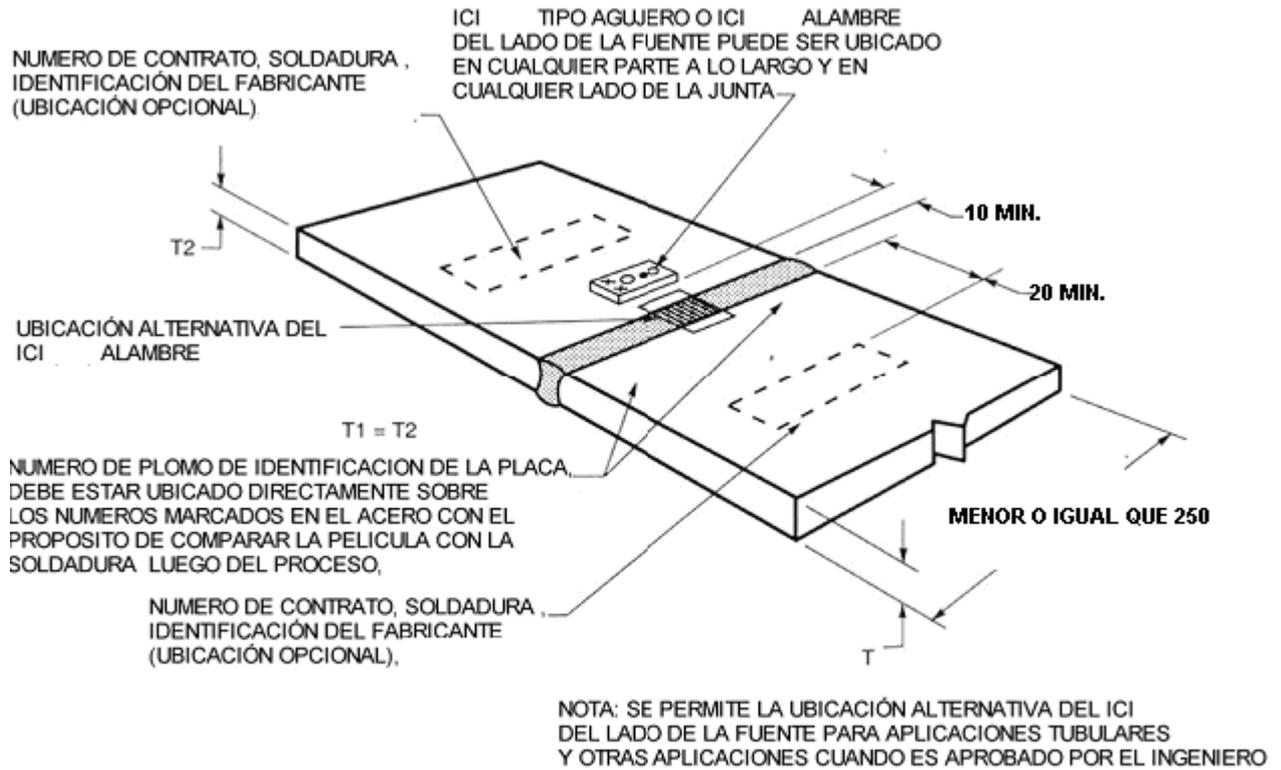


Figura 6.2. Límites de aceptación de socavado para largo total de junta en elementos estructurales tubulares Clase I



NOTA: SE PERMITE LA UBICACIÓN ALTERNATIVA DEL ICI DEL LADO DE LA FUENTE PARA APLICACIONES TUBULARES Y OTRAS APLICACIONES CUANDO ES APROBADO POR EL INGENIERO

Figura 6.3. Identificación Radiográfica y Ubicaciones de los ICI Tipo Agujero o Tipo Alambre en Juntas de Espesor Aproximadamente Igual o Mayor que 250 mm de Largo.



Medidas en mm

Figura 6.4. Identificación Radiográfica y Ubicaciones de los ICI Tipo Agujero o Tipo Alambre en Juntas de Espesor Aproximadamente Igual o Menor que 250 mm de Largo.

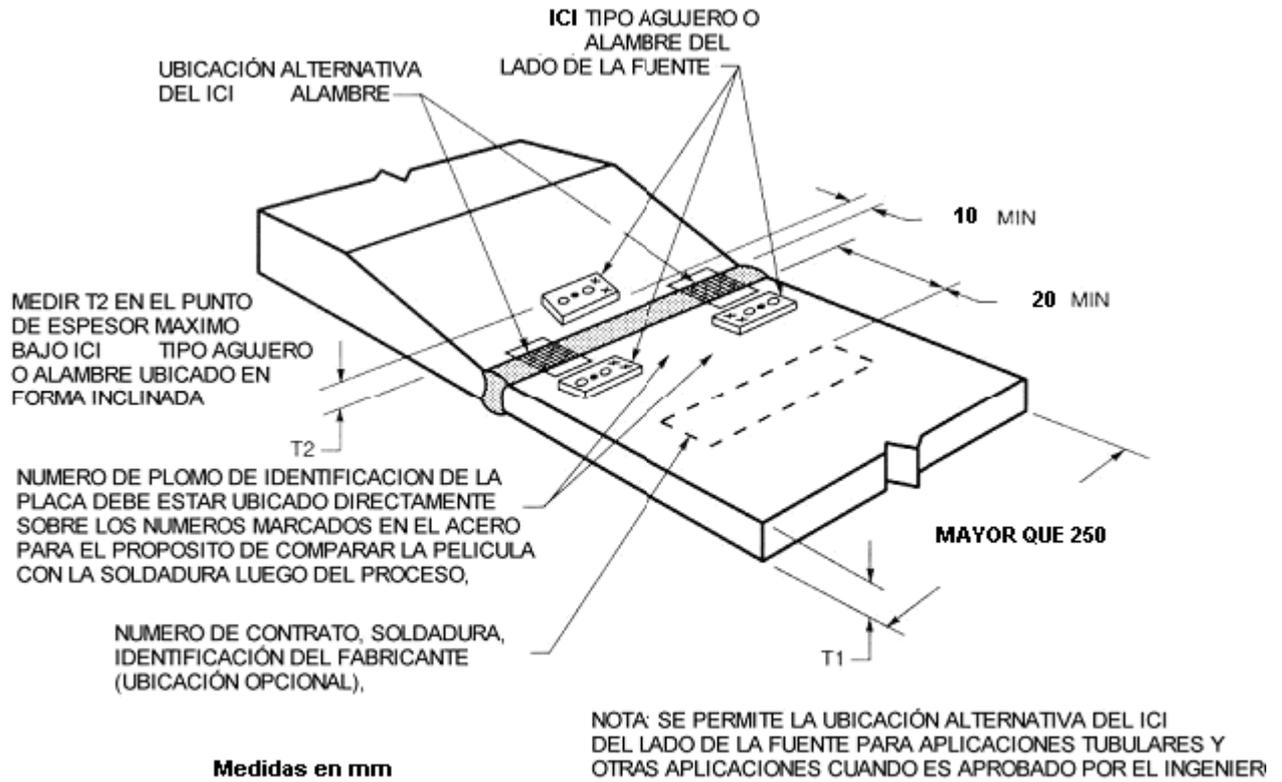


Figura 6.5. Identificación Radiográfica y Ubicaciones de los ICI Tipo Agujero o Tipo Alambre en Juntas de Transición Mayores que 250 mm de Largo.

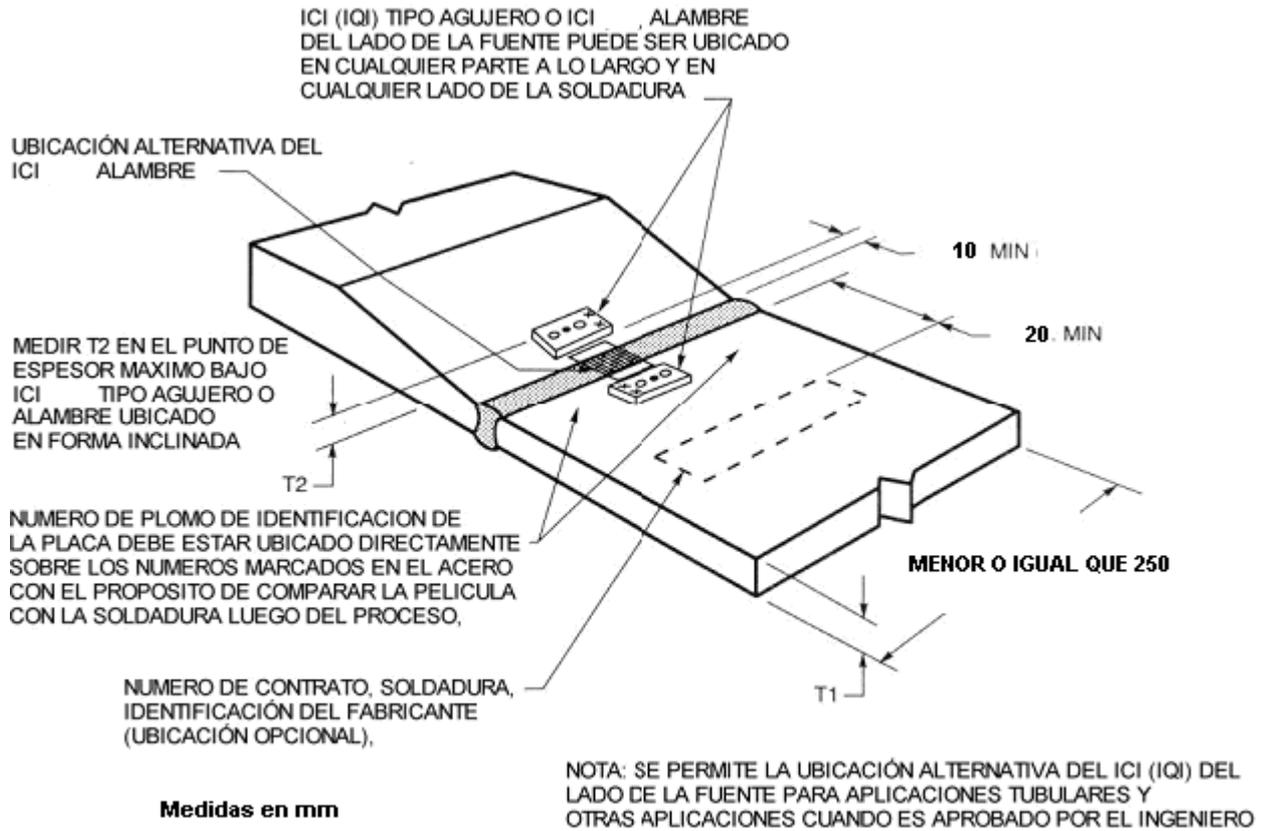


Figura 6.6. Identificación Radiográfica y Ubicaciones de los ICI Tipo Agujero o Tipo Alambre en Juntas de Transición Menor o Igual que 250 mm de Largo.

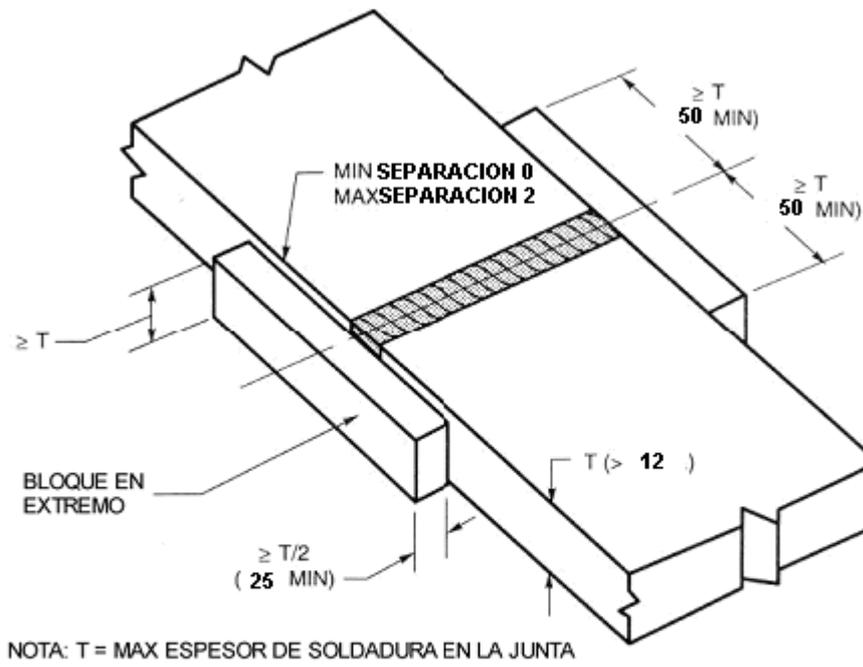


Figura 6.7. Bloques en los Extremos

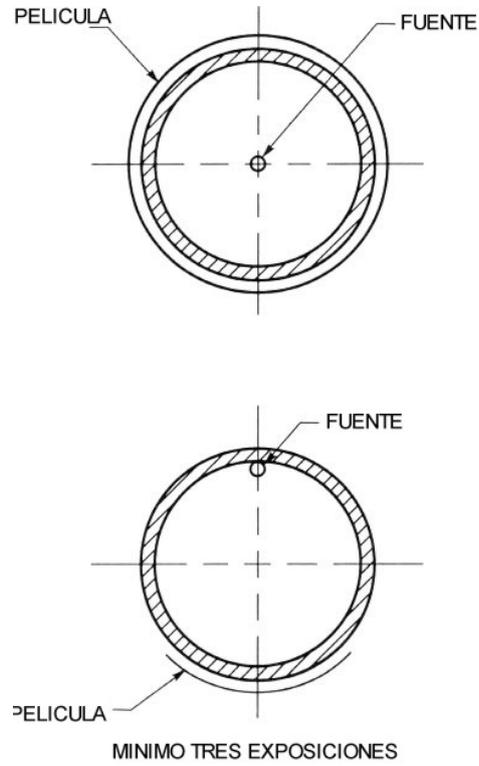


Figura 6.8. Exposición de Pared Única – Vista Única.

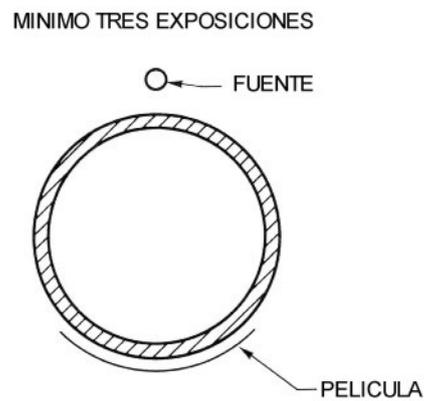


Figura 6.9. Exposición de Pared Doble – Vista Única.

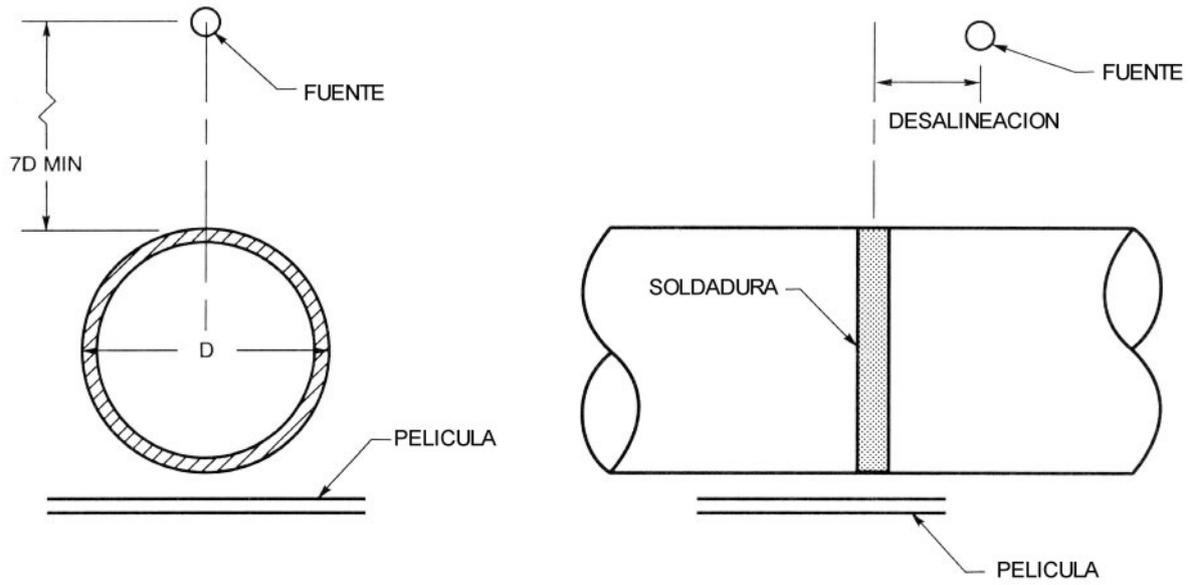


Figura 6.10. Exposición de Pared Doble – Vista Doble (Elíptica), Dos Exposiciones Mínimo.

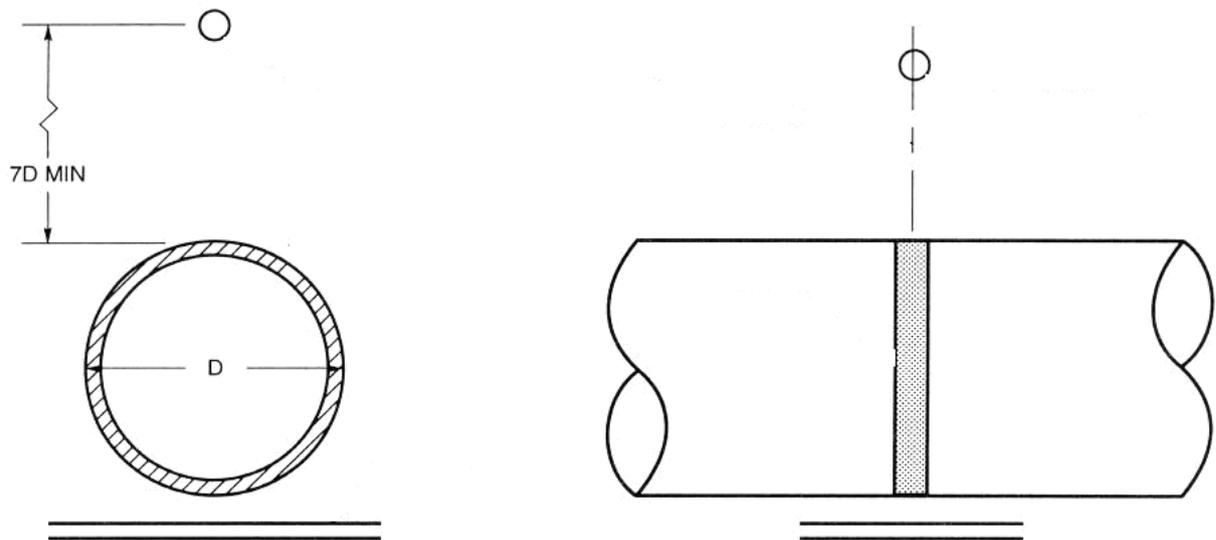


Figura 6.11. Exposición de Pared Doble – Vista Doble, Tres Exposiciones Mínimo.

ANEXO I

Formularios para EPS, RCP e Informes de Ensayos

En este Anexo se especifican a modo de guía los formularios para registrar o documentarla siguiente información:

- (1) Especificación de Procedimiento de Soldadura(EPS) y Registro de Calificación del Procedimiento(RCP)
- (2) Registro de Calificación de Habilidad en Soldadura(RCHS)
- (3) Registro de Ensayo de Calificación de Habilidad en Soldadura (RCHS)
- (4) Informe de Ensayo Radiográfico de Soldadura

**ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)
y REGISTRO DE CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO (RCP)**

Nombre de la Empresa _____
 Proceso(s) de Soldadura _____
 RCP de apoyo No.(s) _____

Revisión _____ Fecha _____ Por _____
 Autorizado por _____ Fecha _____
 Tipo – Manual
 Semi – Automática
 Automática

DISEÑO DE JUNTA *
 Tipo:
 Soldadura de un solo lado Soldadura en ambos
 lados
 Respaldo: Si No
 Material de Respaldo: _____

POSICION
 Posición del Bisel: Filete _____
 Progresión Vertical: Ascendente Descendente

Abertura de raíz _____ Dimensión del Talón _____
 Angulo del Bisel _____ Radio (J-U) _____
 Repelado de Raíz: Si No Método _____
 * Puede utilizarse un esquema o dibujo de la junta

CARACTERISTICAS ELECTRICAS
 Modo de Transferencia (GMAW)
 Corto circuito
 Globular Spray
 Corriente: CA CCEP CCEN Pulsante
 Otro _____
 Electrodo de Tungsteno (GTAW)
 Tamaño: _____
 Tipo: _____

METALES BASE
 Espec. del Material _____
 Tipo o Grado _____
 Espesor: con bisel _____ de filete _____
 Diámetro (Tubo o Caño) : _____

METALES DE APORTE
 Especificación IRAM(o AWS) _____
 Clasificación IRAM(o AWS) _____

PROTECCION
 Fundente: _____ Clasificación: _____
 Gas: _____ Composición: _____
 Veloc. del Flujo: _____
 Diámetro de la Tobera: _____

TECNICA
 Cordón rectilíneo u oscilante: _____
 Pasada múltiple o Pasada única (por lado) _____
 Número de Electrodo _____
 Espaciado de Electrodo Longitudinal _____
 Lateral _____
 Angulo _____
 Distancia del tubo de contacto a la pieza _____
 Limpieza entre pasadas _____

PRECALENTAMIENTO
 Temp. de precalentamiento, Mín. _____
 Temp. entre pasadas, Mín. _____ Máx. _____

TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA
 Temp. _____
 Tiempo _____

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pasada o capa(s) de Soldadura	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Tensión V	Velocidad de Avance mm/ s	Detalles de la Junta
		Clase	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amperes o Velocidad de Alimentación del Alambre			

Los Registros de Calificación de Procedimientos (RCP) deberán ser firmados y sellados, o por el Inspector de Soldadura (Norma IRAM-IAS U 500-169) actuante en la obra, o por el Responsable del Ente de Calificación y Certificación de Soldadores u Operadores de Soldadura (norma IRAM IAS U 500-138) contratado a tal efecto.

Registro de Calificación del Procedimiento (RCP) N° _____
Resultado de los Ensayos

ENSAYO DE TRACCION

Probeta No.	Ancho	Espesor	Area	Carga máxima N	Resistencia a la tracción MPa	Tipo de falla y ubicación

ENSAYO DE PLEGADO GUIADO

Probeta No.	Tipo de Plegado	Resultado	Observaciones

INSPECCIÓN VISUAL

Apariencia _____
 Socavación _____
 Porosidad vermicular _____
 Convexidad _____
 Fecha del Ensayo _____
 Inspeccionado por _____

Ensayo ultrasónico – radiográfico
 RI informe N°: _____ Resultado: _____
 US informe N°: _____ Resultado _____
 Tamaño mínimo de pasada múltiple, Macrografía Tamaño mínimo de pasada única, Macrografía
 1. _____ 2. _____ 1. _____ 2. _____
 3. _____ 3. _____

Otros Ensayos

Ensayo de tracción de metal de soldadura
 Resistencia a la tracción [MPa]
 Límite de fluencia [MPa]
 Alargamiento porcentual de rotura en 50 mm [%]

Ensayo de Laboratorio N° _____
 Estampa N° _____

Nombre del Soldador _____

Ensayos dirigidos por _____ Laboratorio _____

Número de Ensayo _____

Por _____

Los abajo firmantes, certificamos que lo expuesto en estos registros es correcto y que las soldaduras fueron preparadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del Capítulo 4 del Reglamento Argentino de Estructuras Soldadas de Aluminio, CIRSOC 704.

Firmado _____
Fabricante o Contratista.

Por _____

Título _____

Fecha _____

Los Registros de Calificación de Procedimientos (RCP) deberán ser firmados y sellados, o por el Inspector de Soldadura (Norma IRAM-IAS U 500-169) actuante en la obra, o por el Responsable del Ente de Calificación y Certificación de Soldadores u Operadores de Soldadura (norma IRAM IAS U 500-138) contratado a tal efecto.

REGISTRO DE ENSAYO DE CALIFICACION DE HABILIDAD EN SOLDADURA (RCHS)

Tipo de Soldador _____
 Nombre _____ No. de Identificación _____
 Especificación de Procedimiento de Soldadura No. _____ Rev. _____ Fecha _____

Variables	Valores Reales de los Registros Usados en la Calificación	Rango de Calificación
Procesos / Tipo	_____	_____
Electrodo (único o múltiple)	_____	_____
Corriente/Polaridad	_____	_____
Posición	_____	_____
Progresión de la Soldadura	_____	_____
Respaldo (SI o NO)	_____	_____
Material / Especificación	_____ hasta _____	_____
Metal base	_____	_____
Espesor: (Chapa)	_____	_____
Bisel	_____	_____
Filete	_____	_____
Espesor: (Tubo o Caño)	_____	_____
Bisel	_____	_____
Filete	_____	_____
Diámetro: (Tubo o Caño)	_____	_____
Bisel	_____	_____
Filete	_____	_____
Metal de aporte	_____	_____
Espec. No.	_____	_____
Clase	_____	_____
F-No.	_____	_____
Gas/Tipo de fundente	_____	_____
Otros	_____	_____

INSPECCIÓN VISUAL			
Aceptable SI o NO _____			
Resultados de los Ensayos de Plegado Guiado			
Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
Resultados de Ensayos de Filete			
Apariencia _____	Tamaño de Filete _____	_____	_____
Ensayo de Penetración de la Fractura en la Raíz _____	Macrografía _____	_____	_____
(Describir la ubicación, naturaleza, y tamaño de cualquier fisura o desgarradura en la probeta)			

Inspeccionado por _____ Número de Ensayo _____
 Organización _____ Fecha _____

RESULTADOS DEL ENSAYO RADIOGRÁFICO					
Número de Identificación de Película	Resultado	Observaciones	Número de Identificación de Película	Resultado	Observaciones
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Interpretado por _____ Número de Ensayo _____
 Organización _____ Fecha _____

Los abajo firmantes, certificamos que lo expuesto en este registro es correcto y que las soldaduras fueron preparadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del Capítulo 4 del Reglamento Argentino de Estructuras Soldadas de Aluminio, CIRSOC 704.

Fabricante o Contratista _____
 Formulario E-4

Autorizado por _____
 Fecha _____

INTI

Instituto Nacional de
Tecnología Industrial



CIRSOC

Centro de Investigación de los
Reglamentos Nacionales de
Seguridad para las Obras Civiles