

**LIBRO: CMT. CARACTERÍSTICAS DE
LOS MATERIALES**

PARTE: 2. MATERIALES PARA ESTRUCTURAS

TÍTULO: 04. Soldadura

CAPÍTULO: 001. Soldadura al Arco Eléctrico

A. CONTENIDO

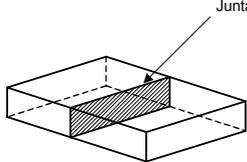
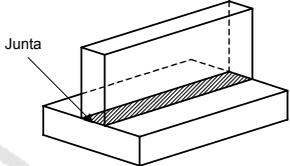
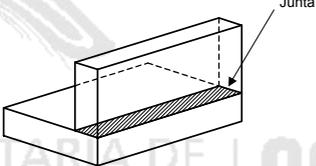
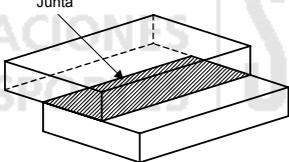
Esta Norma contiene los requisitos de calidad de las juntas soldadas de acero estructural y de acero de refuerzo para concreto hidráulico mediante arco eléctrico.

B. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

- B.1.** La soldadura al arco eléctrico es la aplicación de un material de aporte o soldadura, para unir dos o más piezas de acero estructural o de acero de refuerzo, que se denominan *material base*, mediante el procedimiento de *arco manual* o el procedimiento de *arco sumergido* (S) según lo indique el proyecto.
- B.2.** Según la posición relativa de las piezas por soldar, las juntas se clasifican en junta a tope (B), junta en “T” (T), junta en esquina (C) y junta traslapada, como se muestra en la Tabla 1 de esta Norma.
- B.3.** Dependiendo de la forma de la junta, la soldadura puede ser de ranura rectangular, de ranura en “V” simple, de ranura en “V” doble, de ranura en bisel simple, de ranura en bisel doble, de ranura en “U” simple, de ranura en “U” doble, de ranura en “J” simple, de ranura en “J” doble y de filete, como se muestra en la Tabla 2 de esta Norma.
- B.4.** Los elementos principales de las juntas, considerados en esta Norma, son los mostrados en la Figura 1.
- B.5.** De acuerdo con la ubicación de los elementos por soldar, las posiciones para ejecutar la soldadura se denominan: planta,

horizontal, vertical y sobre cabeza, según se ilustra en la Figura 2 de esta Norma.

TABLA 1.- Tipos de juntas según la posición relativa de las piezas por soldar

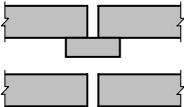
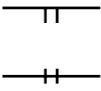
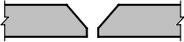
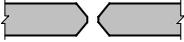
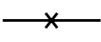
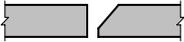
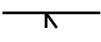
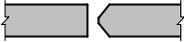
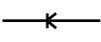
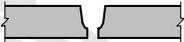
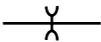
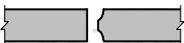
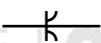
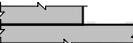
Tipo de junta		Designación	Posición relativa entre piezas
Juntas precalificada	A tope	B	
	En "T"	T	
	En esquina	C	
Traslapada		---	

C. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con los siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Acero de Refuerzo para Concreto Hidráulico	N-CMT-2-03-001
Acero Estructural	N-CMT-2-03-003
Resistencia al Doblado de Productos Metálicos	M-MMP-2-03-003
Muestreo de Material de Aporte y Uniones Soldadas ..	M-MMP-2-04-001
Resistencia a la Tensión de Material de Aporte y Uniones Soldadas	M-MMP-2-04-002

TABLA 2.- Tipos de soldaduras según la forma de las juntas

Tipo de soldadura	Designación	Forma de la junta	Símbolo
Ranura rectangular	1		
Ranura en "V" simple	2		
Ranura en "V" doble	3		
Ranura en bisel simple	4		
Ranura en bisel doble	5		
Ranura en "U" simple	6		
Ranura en "U" doble	7		
Ranura en "J" simple	8		
Ranura en "J" doble	9		
De filete			---

D. REQUISITOS DE CALIDAD

D.1. MATERIAL BASE

El material base por soldar cumplirá con los requisitos de calidad indicados en las Normas N·CMT·2·03·001, *Acero de Refuerzo para Concreto Hidráulico* o N·CMT·2·03·003, *Acero Estructural*, según sea el caso y tendrá características adecuadas de soldabilidad, de acuerdo con lo indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría. En aceros de alta resistencia fabricados por el proceso de laminación en frío, se fijarán los requisitos complementarios que se requieran para la ejecución de la soldadura.

El espesor del material base podrá ser limitado (L) o no limitado (U), de acuerdo con lo indicado en esta Norma, lo especificado en el proyecto o lo aprobado por la Secretaría.

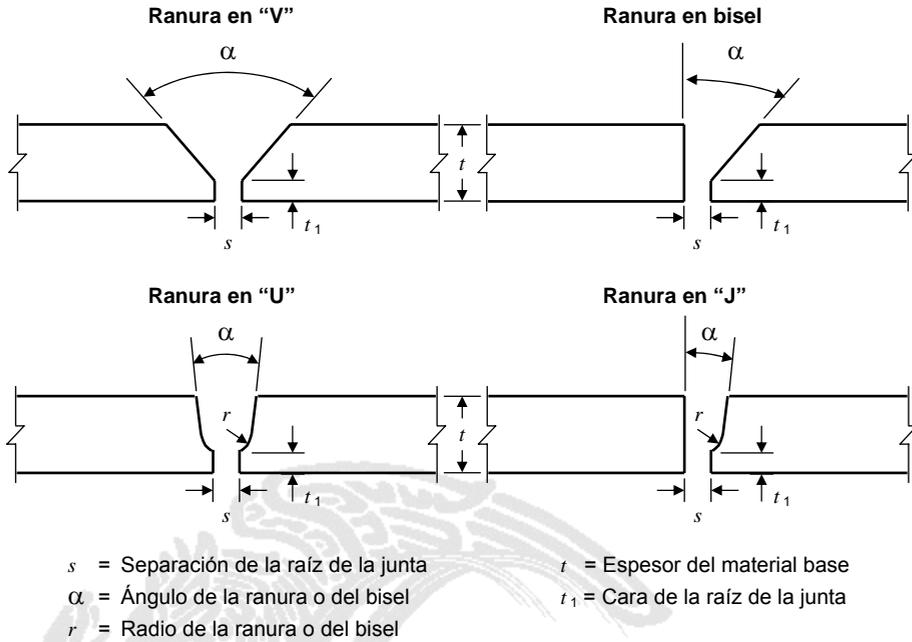


FIGURA 1.- Elementos principales de las juntas

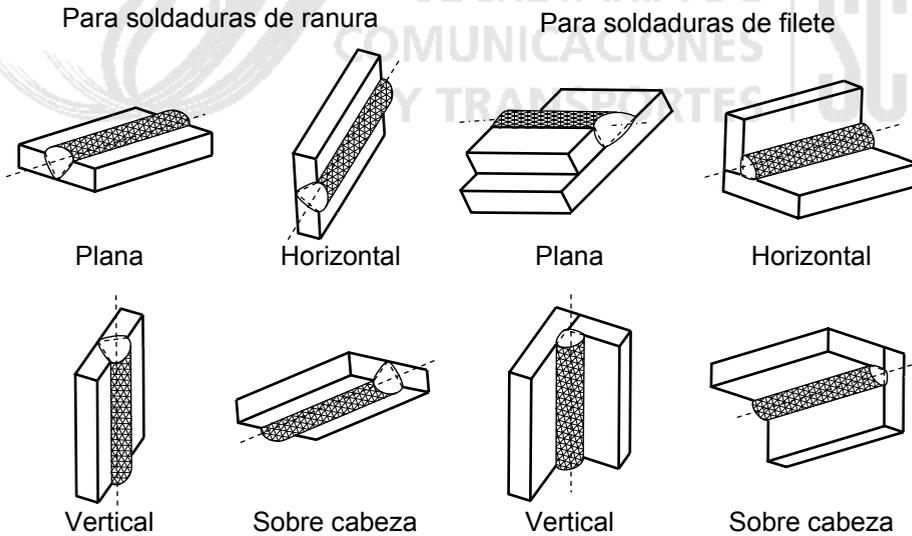


FIGURA 2.- Posiciones para ejecutar la soldadura

D.2. MATERIAL DE APORTE

- D.2.1.** Para el procedimiento de arco manual se usarán electrodos recubiertos o con fundente en el núcleo.
- D.2.2.** Para el procedimiento de arco sumergido (S) se usarán electrodos desnudos con un fundente adecuado.
- D.2.3.** La resistencia a la tensión del material de aporte, determinada de acuerdo con lo indicado en el Manual M·MMP·2·04·002, *Resistencia a la Tensión de Material de Aporte y Uniones Soldadas*, será igual que la del material base o ligeramente mayor, en lo referente a los esfuerzos máximo y en el punto de fluencia, con una ductilidad similar.

D.3. JUNTAS DEL MATERIAL BASE

Salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa, las juntas serán precalificadas, con las formas y dimensiones indicadas en las Figuras 3 a 7, según su tipo y cumplirán con los requisitos generales que se establecen en esta Fracción. En caso de soldaduras de filete, se considerará lo señalado en la Figura 8.

- D.3.1.** Las dimensiones de las preparaciones de ranura a tope para arco manual, cumplirán con las tolerancias indicadas en la Tabla 3 de esta Norma y con los siguientes requisitos:

TABLA 3.- Tolerancias en las dimensiones de las preparaciones de juntas soldadas

Concepto	Arco manual y arco sumergido	
	En menos	En más
Hombro cara de la raíz, mm	0,0	1,6
Separación en la raíz (<i>s</i>), mm	0,0	1,6
Separación en la raíz (<i>s</i>) de juntas con placas de respaldo, mm	0,0	1,6
Ángulo de la ranura (α), °	0,0	10
Radio de las ranuras (<i>r</i>) en "U" y "J", mm	0,0	3,2

- D.3.1.1.** Cuando el espesor del material esté marcado en la junta precalificada, dicho espesor nominal será el máximo que pueda usarse.

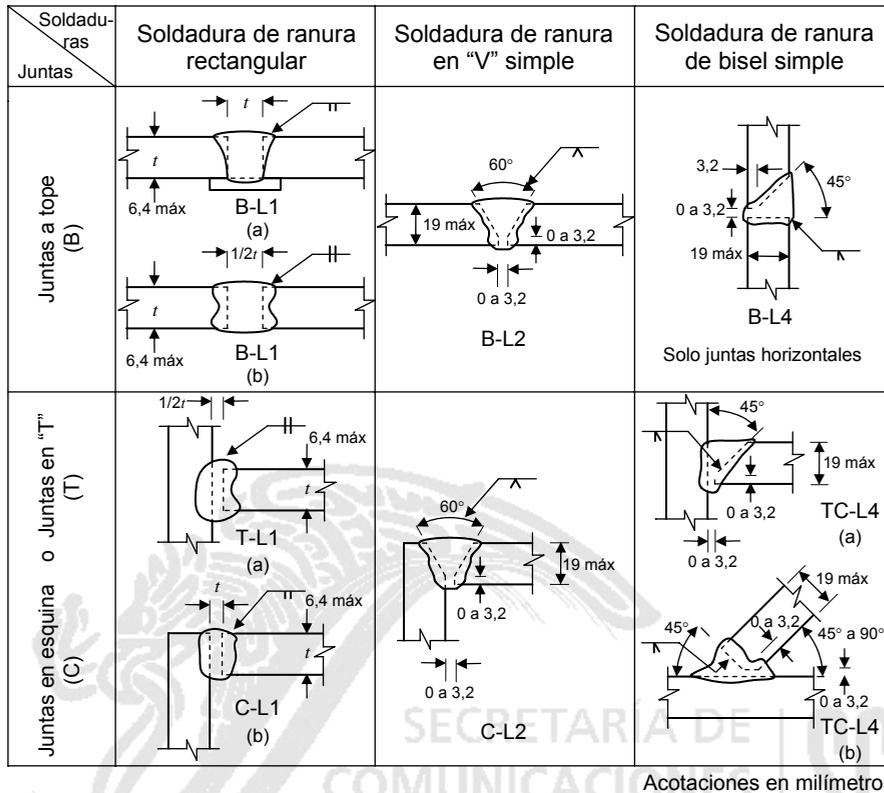


FIGURA 3.- Juntas precalificadas para soldadura de arco manual y material base con espesor limitado (L)

- D.3.1.2. La cara de la raíz de las juntas podrá ser de cero (0) a tres coma dos (3,2) milímetros, a menos que el proyecto indique otra dimensión.
- D.3.1.3. La separación en la raíz de las juntas será la mínima conveniente, pudiendo variar entre cero (0) y tres coma dos (3,2) milímetros.
- D.3.1.4. El ángulo de la ranura será el mínimo especificado, pudiendo aumentarse en diez (10) grados como máximo.
- D.3.1.5. El radio de las ranuras en "U" y "J", como se muestra en Figura 4 de esta Norma, será el mínimo especificado, pudiendo aumentarse en tres coma dos (3,2) milímetros como máximo.

Soldaduras Juntas	Soldaduras de Ranura en "U"		Soldaduras de Ranura en "J"												
	Simple	Doble	Simple	Doble											
Juntas a tope (B)	<p>B-U6</p>	<p>B-U7 [1]</p>	<p>B-U8 [2]</p>	<p>B-U9 [1] [2]</p>											
Juntas en "T" o Juntas en "T" (T)	<p>C-U6</p>		<p>TC-U8 (a)</p>	<p>TC-U9 [1] (a)</p>											
Juntas en Esquina (C)			<p>TC-U8 (b)</p>	<p>TC-U9 [1] (b)</p>											
<p>Limitaciones en las juntas B-U6, B-U7 y C-U6</p> <table border="1"> <tr> <td>α</td> <td>Posiciones permitidas para soldar</td> </tr> <tr> <td>45°</td> <td>En todas las posiciones</td> </tr> <tr> <td>20°</td> <td>Solamente plana y sobre cabeza</td> </tr> </table>		α	Posiciones permitidas para soldar	45°	En todas las posiciones	20°	Solamente plana y sobre cabeza	<p>Limitaciones en las juntas TC-U8(a), TC-U8(b), TC-U9(a) y TC-U9(b)</p> <table border="1"> <tr> <td>α</td> <td>Posiciones permitidas para soldar</td> </tr> <tr> <td>45°</td> <td>En todas las posiciones</td> </tr> <tr> <td>20°</td> <td>Solamente plana y sobre cabeza</td> </tr> </table>		α	Posiciones permitidas para soldar	45°	En todas las posiciones	20°	Solamente plana y sobre cabeza
α	Posiciones permitidas para soldar														
45°	En todas las posiciones														
20°	Solamente plana y sobre cabeza														
α	Posiciones permitidas para soldar														
45°	En todas las posiciones														
20°	Solamente plana y sobre cabeza														

Acotaciones en milímetros

[1] De preferencia estas soldaduras se emplearan en placas de espesores \geq de 16 mm

[2] Solamente en juntas en posición horizontal

FIGURA 4.- Juntas precalificadas para soldadura de arco manual y material base con espesor no limitado (U)

D.3.2. Las dimensiones de las preparaciones de ranura a tope para arco sumergido, cumplirán con lo siguiente:

D.3.2.1. Cuando el espesor del material base esté marcado en la junta precalificada (espesor limitado), dicho espesor será el máximo que pueda usarse.

Soldaduras	Soldadura de ranura en "V"		Soldadura de ranura en Bisel		
	Simple	Doble	Simple	Doble	
Juntas a tope (B)	<p>B-U2</p>	<p>B-U3 (a) [1]</p> <p>B-U3 (b) [1]</p>	<p>B-U4 [2]</p>	<p>B-U5 (a) [1][2]</p> <p>Hágase la pasada en la raíz de este lado cuando la placa inferior esté biselada</p> <p>B-U5 (b) [1][2]</p>	
Juntas en "T" o Juntas en esquina (C)	<p>C-U2</p>	X	<p>TC-U4 (a)</p> <p>TC-U4 (b)</p>	<p>TC-U5 (a) [1]</p> <p>TC-U5 (b) [1]</p> <p>TC-U5 (c) [1]</p> <p>TC-U5 (d) [1]</p>	
Limitaciones en las juntas B-U2, B-U3(a) y C-U2		Limitaciones en las juntas TC-U4(b), TC-U5(a) y TC-U5(c)			
α	s	Posiciones permitidas para soldar	α	s	Posiciones permitidas para soldar
45°	6,4	En todas posiciones	45°	6,4	En todas posiciones
30°	9,5	Solamente plana y sobre cabeza	30°	9,5	Solamente plana y sobre cabeza
20°	12,7	Solamente plana y sobre cabeza			

Acotaciones en milímetros

[1] De preferencia estas soldaduras se emplearan en placas de espesores \geq de 16 mm

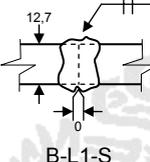
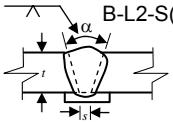
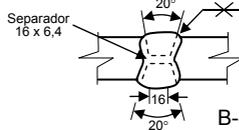
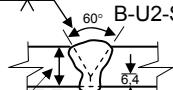
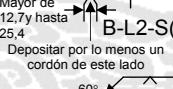
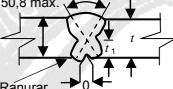
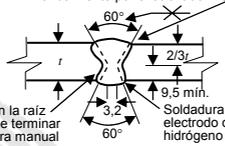
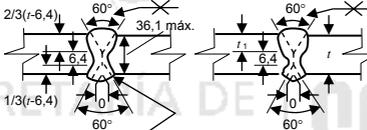
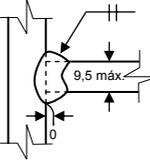
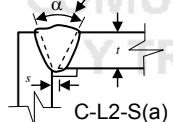
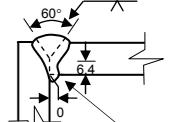
[2] Solamente en juntas en posición horizontal

FIGURA 5.- Juntas precalificadas para soldadura de arco manual y material base de espesor no limitado (U)

D.3.2.2. La cara de la raíz de las juntas será la máxima especificada.

D.3.2.3. En las juntas cerradas, la separación en la raíz será de cero (0).

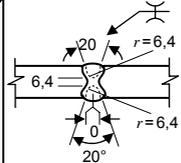
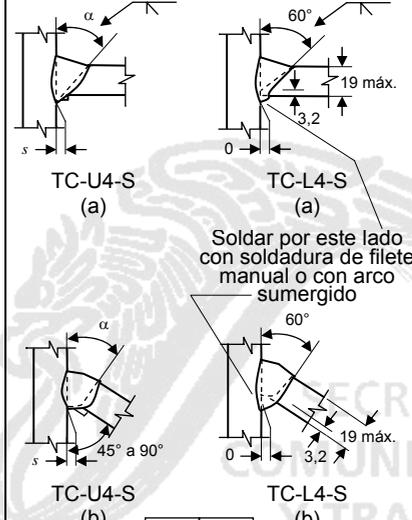
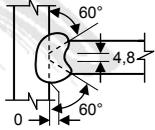
D.3.2.4. La separación en la raíz de juntas con placas de respaldo, será la mínima especificada con las tolerancias señaladas en la Tabla 3 de esta Norma.

Soldaduras Juntas	Soldadura de ranura rectangular	Soldadura de ranura en "V"																																					
		Simple	Doble																																				
Juntas a tope (B)	 <p>B-L1-S</p>	 <p>B-L2-S(a)</p>	 <p>B-U3-S(a)</p> <p>Separador 16 x 6,4</p>																																				
		 <p>B-U2-S</p> <p>Mayor de 12,7 y hasta 25,4</p>  <p>B-L2-S(b)</p> <p>Depositar por lo menos un cordón de este lado</p>  <p>B-L3-S(c)</p> <p>Ranurar por atrás</p> <table border="1" data-bbox="528 836 701 901"> <thead> <tr> <th>t</th> <th>t₁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>De 12,7 a 25,4</td> <td>6,4</td> </tr> <tr> <td>De 25,4 a 38,1</td> <td>12,7</td> </tr> <tr> <td>De 38,1 a 50,8</td> <td>16,0</td> </tr> </tbody> </table>	t	t ₁	De 12,7 a 25,4	6,4	De 25,4 a 38,1	12,7	De 38,1 a 50,8	16,0	<p>Depositar una o varias pasadas con soldadura de arco sumergido en la posición plana después de soldar manualmente por el otro lado</p>  <p>B-U3-S(b)</p> <p>Ranurar en la raíz después de terminar la soldadura manual</p> <p>Soldadura manual con electrodo de bajo hidrógeno</p>  <p>B-U3-S(a)</p> <p>Ranurar y depositar por lo menos un cordón por este lado</p> <table border="1" data-bbox="753 966 1075 1153"> <thead> <tr> <th>t</th> <th>t₁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>De 50,8 a 63,5</td> <td>35,0</td> </tr> <tr> <td>De 63,5 a 76,2</td> <td>44,6</td> </tr> <tr> <td>De 76,2 a 92,2</td> <td>54,0</td> </tr> <tr> <td>De 92,2 a 101,6</td> <td>60,4</td> </tr> <tr> <td>De 101,6 a 120,8</td> <td>70,0</td> </tr> <tr> <td>De 120,8 a 139,7</td> <td>82,6</td> </tr> <tr> <td>De 139,7 a 158,8</td> <td>95,4</td> </tr> </tbody> </table> <p>Para t > 158; t₁ = 2/3 (t-6,4)</p>	t	t ₁	De 50,8 a 63,5	35,0	De 63,5 a 76,2	44,6	De 76,2 a 92,2	54,0	De 92,2 a 101,6	60,4	De 101,6 a 120,8	70,0	De 120,8 a 139,7	82,6	De 139,7 a 158,8	95,4												
t	t ₁																																						
De 12,7 a 25,4	6,4																																						
De 25,4 a 38,1	12,7																																						
De 38,1 a 50,8	16,0																																						
t	t ₁																																						
De 50,8 a 63,5	35,0																																						
De 63,5 a 76,2	44,6																																						
De 76,2 a 92,2	54,0																																						
De 92,2 a 101,6	60,4																																						
De 101,6 a 120,8	70,0																																						
De 120,8 a 139,7	82,6																																						
De 139,7 a 158,8	95,4																																						
Juntas en esquina o Juntas en "T" (C)	 <p>TC-L1-S</p>	 <p>C-L2-S(a)</p> <p>C-U2-S</p>  <p>C-L2-S(b)</p> <p>Depositar por lo menos un cordón por este lado</p>	<p>B-L3-S</p> <p>B-U3-S(a)</p> <table border="1" data-bbox="753 966 1075 1153"> <thead> <tr> <th>t</th> <th>t₁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>De 50,8 a 63,5</td> <td>35,0</td> </tr> <tr> <td>De 63,5 a 76,2</td> <td>44,6</td> </tr> <tr> <td>De 76,2 a 92,2</td> <td>54,0</td> </tr> <tr> <td>De 92,2 a 101,6</td> <td>60,4</td> </tr> <tr> <td>De 101,6 a 120,8</td> <td>70,0</td> </tr> <tr> <td>De 120,8 a 139,7</td> <td>82,6</td> </tr> <tr> <td>De 139,7 a 158,8</td> <td>95,4</td> </tr> </tbody> </table> <p>Para t > 158; t₁ = 2/3 (t-6,4)</p> <p>Limitación en las Juntas</p> <table border="1" data-bbox="753 1177 1075 1299"> <thead> <tr> <th>Junta</th> <th>α</th> <th>s</th> <th>Espesor máximo (t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>B-L2-S(a)</td> <td>30°</td> <td>6,4</td> <td>12,7</td> </tr> <tr> <td>C-L2-S(a)</td> <td>30°</td> <td>6,4</td> <td>12,7</td> </tr> <tr> <td>B-U2-S</td> <td>20°</td> <td>16,0</td> <td>No limitado</td> </tr> <tr> <td>C-U2-S</td> <td>20°</td> <td>16,0</td> <td>No limitado</td> </tr> </tbody> </table>	t	t ₁	De 50,8 a 63,5	35,0	De 63,5 a 76,2	44,6	De 76,2 a 92,2	54,0	De 92,2 a 101,6	60,4	De 101,6 a 120,8	70,0	De 120,8 a 139,7	82,6	De 139,7 a 158,8	95,4	Junta	α	s	Espesor máximo (t)	B-L2-S(a)	30°	6,4	12,7	C-L2-S(a)	30°	6,4	12,7	B-U2-S	20°	16,0	No limitado	C-U2-S	20°	16,0	No limitado
t	t ₁																																						
De 50,8 a 63,5	35,0																																						
De 63,5 a 76,2	44,6																																						
De 76,2 a 92,2	54,0																																						
De 92,2 a 101,6	60,4																																						
De 101,6 a 120,8	70,0																																						
De 120,8 a 139,7	82,6																																						
De 139,7 a 158,8	95,4																																						
Junta	α	s	Espesor máximo (t)																																				
B-L2-S(a)	30°	6,4	12,7																																				
C-L2-S(a)	30°	6,4	12,7																																				
B-U2-S	20°	16,0	No limitado																																				
C-U2-S	20°	16,0	No limitado																																				

Acotaciones en milímetros

Nota: Si se usan soldaduras de filete para reforzar soldaduras de ranura en juntas en "T" y en esquina, el tamaño de los filetes serán igual a t/4 pero no mayor de 10 mm.

FIGURA 6.- Juntas precalificadas para soldadura de arco sumergido (S) y material base con espesor limitado (L) y no limitado (U)

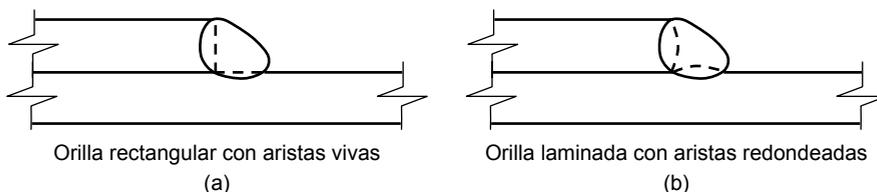
Soldaduras	Soldadura de ranura en bisel		Soldadura de ranura en "U"
	Simple	Doble	Doble
Juntas (B)	X		 <p>B-U7-S</p>
Juntas en "T" o Juntas en esquina (C)	 <p>Soldar por este lado con soldadura de filete manual o con arco sumergido</p>		 <p>TC-U5-S</p>

Acotaciones en milímetros

FIGURA 7.- Juntas precalificadas para soldadura de arco sumergido y material base con espesor limitado (L) y no limitado (U)

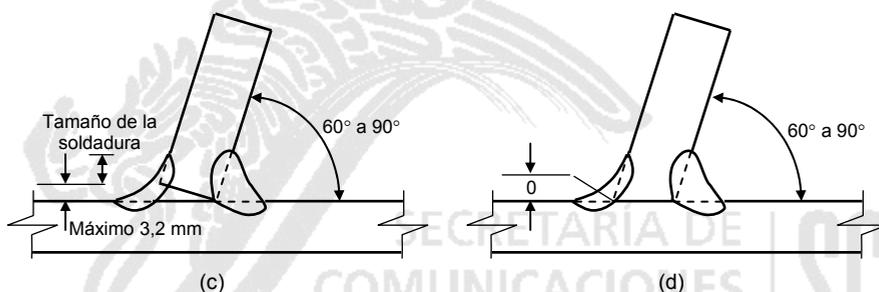
- D.3.2.5. El ángulo de la ranura será el mínimo indicado, pudiendo aumentarse en diez (10) grados como máximo.
- D.3.2.6. El radio de las ranuras en "U" será el mínimo especificado.
- D.3.2.7. Para juntas en "T" y en esquina, se aplicarán las tolerancias indicadas en la Tabla 3 de esta Norma.

D.3.3. Las dimensiones de la separación para soldadura de ranura, que varíen respecto a las indicadas en los planos de detalle, en una cantidad mayor que las tolerancias mostradas en la Tabla 3 de esta Norma, se someterán a la aprobación de la Secretaría.



Soldadura de filete de tamaño igual al espesor del material

TAMAÑO MÁXIMO DE SOLDADURA DE FILETE A LO LARGO DE LAS ORILLAS



Junta en "T" esviada

FIGURA 8.- Soldaduras de filete

D.3.3.1. Para arco manual, no se usarán soldaduras de ranura con preparación en bisel o en "J", excepto cuando se realicen en posición horizontal, en cuyo caso la pieza superior de la junta será la biselada.

D.3.3.2. En las juntas de filete, el tamaño mínimo de éste, para evitar el agrietamiento del cordón, cumplirá con lo indicado en la Tabla 4 de esta Norma. (Ver Figura 9).

D.3.3.3. El tamaño máximo de soldadura de filete, a lo largo de las orillas del material con espesor menor de seis coma cuatro (6,4) milímetros, podrá ser igual al espesor del material base. El tamaño de la soldadura, a lo largo de las orillas del material con espesor de seis coma cuatro

(6,4) milímetros o mayor, será de uno coma cinco (1,5) milímetros menor que el espesor del material base, a menos que la soldadura esté especialmente indicada en los planos para cubrir hasta la orilla y obtener el espesor máximo de la sección crítica.

TABLA 4.- Tamaño mínimo de soldadura de filete

Unidades en mm

Espesor mayor de las placas por unir	Tamaño mínimo del filete de la soldadura ^[1]
Hasta 6,4	3,2 ^[2]
Más de 6,4 hasta 12,7	4,8
Más de 12,7 hasta 19,1	6,4
Más de 19,1 hasta 38,1	7,9
Más de 38,1 hasta 57,1	9,5
Más de 57,1 hasta 152,0	12,7
Mas de 152,0	15,9

[1] El tamaño mínimo de soldadura se determinará por el espesor mayor de las dos partes por unir pero no excederá el espesor de la placa más delgada.

[2] En el caso de puentes, el tamaño mínimo del filete será de cuatro coma ocho (4,8) milímetros.

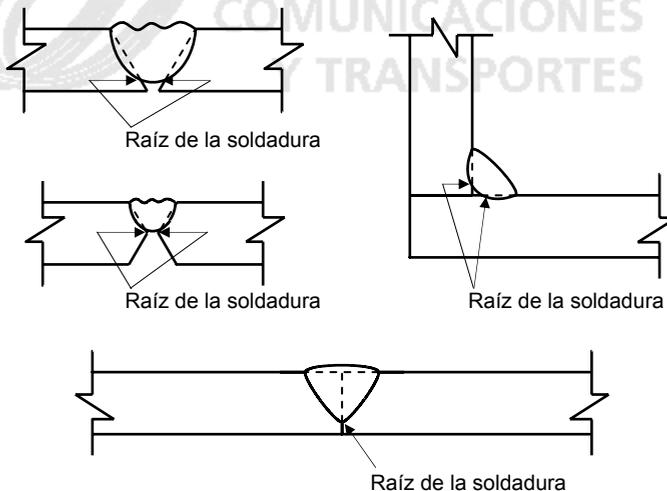


FIGURA 9.- Raíz de la soldadura

D.3.4. La preparación del material base para las juntas cumplirá con los siguientes requisitos de acabado:

D.3.4.1. Las caras de la preparación serán tersas y uniformes, estarán libres de rebabas, grietas u otros defectos perjudiciales. Las superficies que vayan a soldarse no tendrán escamas sueltas, escoria, óxido, grasa, humedad o cualquier material que perjudique el proceso de la soldadura. Se pueden admitir escamas de laminación que resistan un tratamiento vigoroso con cepillo de alambre de acero, así como una ligera capa de aceite secante o de recubrimiento inhibidor de óxido. Sin embargo, también dichas escamas de laminación se removerán cuando se usen electrodos con recubrimiento de bajo hidrógeno, o se aplique el sistema de arco sumergido. Todas las superficies localizadas a distancias menores de cinco (5) centímetros de cualquier soldadura estarán libres de pintura o materiales perjudiciales.

D.3.4.2. Previa autorización de la Secretaría, en la preparación de las juntas se podrá sustituir el maquinado por el uso de arco aire.

D.3.4.3. Los cortes con oxiacetileno se realizarán con un equipo de soplete guiado y las orillas tendrán un acabado semejante al del cepillado mecánico; se respetarán las dimensiones de proyecto, corregirán las irregularidades y eliminarán la escoria producto del corte.

D.3.4.4. Solamente se permitirán cortes con soplete manual cuando no pueda utilizarse el soplete guiado y siempre que se cuente con un operador de habilidad reconocida. Las orillas obtenidas por el proceso de corte con soplete manual se terminarán con las características exigidas para el corte con soplete guiado.

D.3.4.5. En los extremos a tope de barras y varillas de acero corrugado, se recomienda efectuar las preparaciones mediante segueta u oxiacetileno, dándoles un acabado con esmeril manual. Cuando se trate de barras y varillas torcidas en frío, no se empleará oxiacetileno.

D.4. JUNTAS SOLDADAS

Las juntas soldadas cumplirán con los siguientes requisitos que se indican en esta Fracción o de lo contrario serán rechazadas:

- D.4.1.** Las juntas a tope con separación estarán completamente llenas de soldadura en toda su sección transversal.
- D.4.2.** Para las soldaduras de ranura se usarán placas de prolongación.
- D.4.3.** Las soldaduras de ranura tendrán que haber sido hechas por los dos lados de las juntas, excepto en miembros secundarios que no estén sujetos a esfuerzos importantes o que se trate de juntas precalificadas con placa de respaldo.
- D.4.4.** Las soldaduras de ranura se harán sin interrupciones.
- D.4.5.** Las soldaduras de filete en puentes se harán sin interrupciones, excepto cuando se usen para unir atiesadores a traveses, en cuyo caso se cumplirán las siguientes recomendaciones:
 - D.4.5.1.** La longitud mínima de cada soldadura será de cuatro (4) centímetros.
 - D.4.5.2.** Por lo menos se soldará el veinticinco (25) por ciento de la junta.
 - D.4.5.3.** El espacio libre entre soldaduras será, como máximo de doce (12) veces el espesor de la parte más delgada, pero nunca mayor de quince (15) centímetros.
 - D.4.5.4.** El cordón de filete interrumpido tendrá soldadura en cada extremo de la junta.
- D.4.6.** Para que las juntas puedan considerarse aceptadas, cumplirán con los siguientes requisitos, tanto de inspección de la obra como de laboratorio.
 - D.4.6.1.** En la prueba de tensión de las juntas, los esfuerzos en el punto de fluencia y el máximo serán iguales o mayores que los especificados para el metal base y la ductilidad será similar, determinados de acuerdo con lo indicado en

el Manual M·MMP·2·04·002, *Resistencia a la Tensión de Material de Aporte y Uniones Soldadas*. Independientemente de que alguna junta soldada cumpla con los requisitos de resistencia, si presenta defectos de ejecución graves o si en la prueba de tensión se obtienen alargamientos pequeños o nulos, que indiquen fragilidad de la junta, ésta será rechazada.

D.4.6.2. En la prueba de doblado, ejecutada de acuerdo con lo indicado en el Manual M·MMP·2·03·003, *Resistencia al Doblado de Productos Metálicos*, el comportamiento de la soldadura será similar al del metal base. Las soldaduras que se agrieten en la parte posterior de la porción doblada serán rechazadas.

D.4.6.3. Las juntas soldadas no presentarán grietas, ni en el metal base, ni en el metal depositado. La presencia de tales defectos, será causa suficiente de rechazo.

D.4.6.4. La soldadura de ranura en juntas a tope tendrá un refuerzo (R) ligero que no exceda de tres coma dos (3,2) milímetros, como se muestra en la Figura 9 de esta Norma.

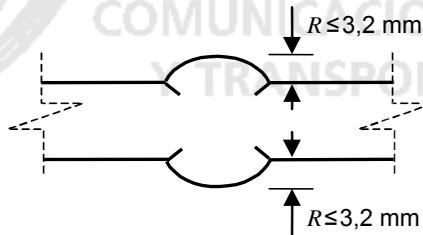


FIGURA 9.- Perfil aceptable en soldaduras de ranura en juntas a tope

D.4.6.5. Las soldaduras de ranura no presentarán defectos de sección crítica insuficiente, convexidad excesiva, socavación y traslape o sobremonta, mismos que se muestran en la Figura 10 de esta Norma.

D.4.6.6. Las soldaduras de filete tendrán cualquiera de los perfiles que se ilustran en la Figura 11 de esta Norma.

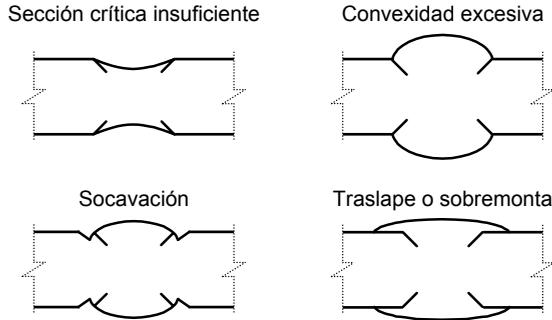


FIGURA 10.- Perfiles defectuosos en soldadura de ranura en juntas a tope

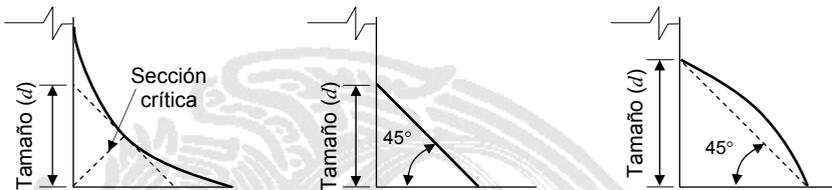


FIGURA 11.- Perfiles deseables de soldaduras de filete

D.4.6.7. La convexidad (C), en milímetros, de las soldaduras de filete no será mayor que la indicada en la Figura 12 de esta Norma.

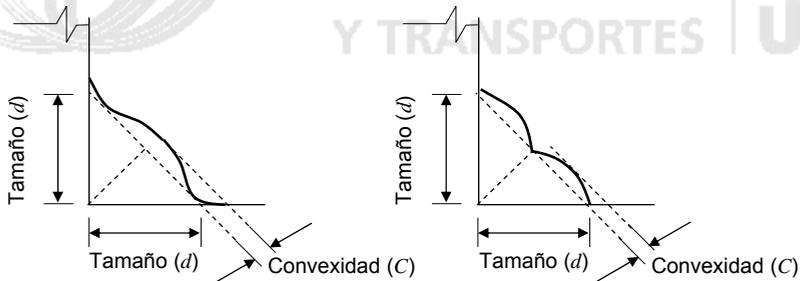


FIGURA 12.- Tolerancia en el refuerzo de soldaduras de filete

D.4.6.8. Las juntas de filete no presentarán defectos de sección crítica insuficiente, convexidad excesiva, socavación, traslape o sobremonta, o lado insuficiente, mismos que se muestran en la Figura 13 de esta Norma.

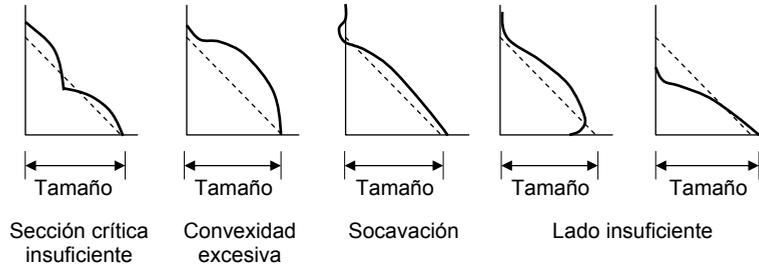


FIGURA 13.- Perfiles defectuosos en soldadura de filete

D.4.6.9. En cualquier tipo de junta, la socavación no será mayor de cero coma veinticinco (0,25) milímetros de profundidad, cuando su dirección sea transversal a la del esfuerzo principal, ni de cero coma ocho (0,8) milímetros de profundidad, cuando su dirección sea paralela a la del esfuerzo principal.

D.4.6.10. Habrá fusión completa entre el metal de aporte y el metal base, así como entre los diferentes cordones de soldadura. Los cráteres se llenarán hasta complementar la sección transversal de la soldadura.

D.4.7. Se tendrá en cuenta las siguientes tolerancias para los defectos de porosidad, inclusión de escoria y falta de fusión o de penetración de la soldadura:

D.4.7.1. Los defectos de porosidad o falta de fusión de la soldadura no excederán de uno coma seis (1,6) milímetros en su dimensión máxima y la suma de las dimensiones máximas de los defectos señalados, no será mayor de siete (7) milímetros en cualquier tramo de soldadura de dos (2) centímetros de longitud.

D.4.7.2. Cuando la dimensión máxima de los defectos de porosidad, falta de fusión o de penetración, sea igual que uno coma seis (1,6) milímetros o mayor, el tamaño máximo tolerable del defecto y la distancia mínima permitida entre cualquier tipo de defectos con ese tamaño, se determinarán en la gráfica que se muestra en la Figura 14 de esta Norma, en función del espesor de la sección crítica de la soldadura, en la que, con ese espesor, desde la escala (A) se traza una horizontal hasta la escala (B) que determina el tamaño máximo

tolerable del defecto y desde ahí una vertical hasta la escala (C) donde se obtiene la distancia mínima permitida entre cualquier tipo de defecto con dimensión B y otro defecto similar con dimensión igual o menor, distancia que también se aplicará para el caso del espaciamiento permitido entre un defecto de tamaño B y la orilla de la junta. El tamaño máximo del defecto se medirá en la dirección más desfavorable, independientemente de la dirección que se utilice para medir la distancia entre defectos contiguos o acumulados. Las limitaciones de la gráfica, para espesores de treinta y ocho (38) milímetros, se aplicarán a todas las juntas con sección crítica mayor.

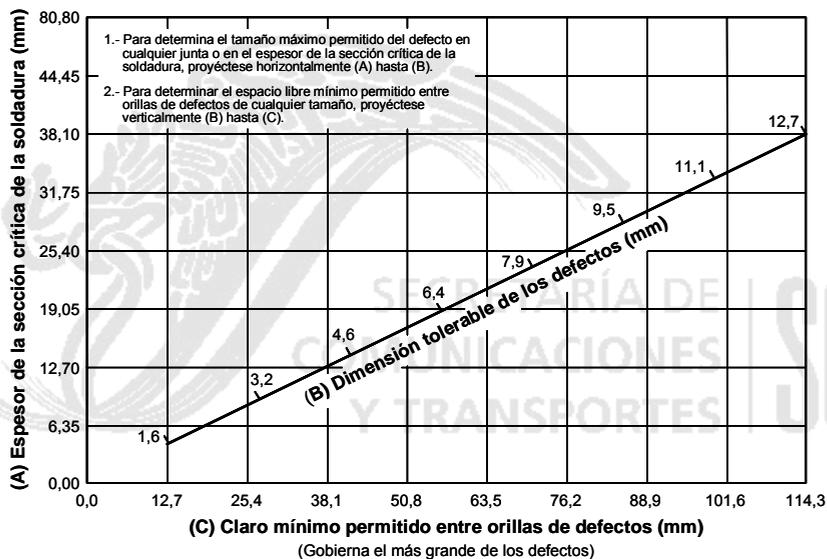


FIGURA 14.- Requisitos de calidad de la soldadura

D.4.8. Las juntas soldadas no presentarán grietas, ni en el material base ni en el material de aporte. La presencia de tales defectos será causa suficiente de rechazo. En caso de que la junta soldada presente un defecto, a juicio de la Secretaría, podrá aceptarse si se hacen las siguientes correcciones:

D.4.8.1. La convexidad excesiva podrá corregirse eliminando el exceso de metal de la soldadura, mediante un procedimiento aprobado por la Secretaría.

- D.4.8.2.** Cuando se presenten concavidades excesivas de la soldadura, cráteres, dimensiones insuficientes o socavaciones, podrá depositarse material de aporte adicional, previa limpieza de la junta, para cumplir con lo establecido en esta Norma.
- D.4.8.3.** En los casos de excesiva porosidad de la soldadura, inclusiones de escoria o fusión incompleta, podrá eliminarse toda la soldadura defectuosa mediante un procedimiento aprobado por la Secretaría y depositarse nuevo material de aporte, después de haber preparado correctamente la junta. No se autorizará la reparación cuando la preparación de la junta, antes de volver a soldar, quede fuera de las dimensiones indicadas en esta Norma, en el proyecto o por la Secretaría.
- D.4.8.4.** Cuando se presenten grietas en la soldadura o en el material base, se reconstruirá toda la junta, a menos que la profundidad y extensión de las grietas se pueda determinar con precisión mediante radiografía o cualquier otro procedimiento adecuado, en cuyo caso se removerá toda la soldadura de la zona defectuosa, más una longitud de cinco (5) centímetros a cada lado de la misma. No se autorizará la reparación cuando la preparación de la junta, antes de volver a soldar, quede fuera de las dimensiones indicadas en esta Norma, en el proyecto o por la Secretaría.
- D.4.8.5.** La remoción de la soldadura defectuosa se hará con el procedimiento de arco aire. El uso de otro procedimiento requerirá aprobación previa de la Secretaría.
- D.4.8.6.** Si la suma de las longitudes de las zonas de la junta, donde aparecen los defectos en la soldadura, es hasta del sesenta (60) por ciento de la longitud de dicha junta, se podrá reparar la zona defectuosa aisladamente, removiendo el material de aporte y volviendo a rellenar.
- D.4.8.7.** Si la suma de las longitudes de las zonas de la junta, donde aparecen los defectos en la soldadura, es mayor del sesenta (60) por ciento de la longitud de dicha junta, se eliminará la zona de la junta y se colocará un injerto.

- D.4.8.8.** En caso de juntas de ranura en varillas de acero de refuerzo, la reparación se hará eliminando exclusivamente la zona soldada, y haciendo nuevamente la preparación para repetir la soldadura.
- D.4.8.9.** Los elementos estructurales que se hayan deformado durante el proceso de soldadura, se enderezarán y rectificarán por medios mecánicos sin impactos, o por la aplicación local cuidadosa de una cantidad limitada de calor. Cuando se utilice el segundo procedimiento, se mantendrá una supervisión a base de pirómetros, lápices térmicos u otros métodos adecuados; la temperatura de las áreas calentadas no será mayor de seiscientos cincuenta (650) grados Celsius, que corresponde al rojo cereza; además, antes de calentar las piezas para enderezarlas, no estarán sujetas a fuerzas exteriores, excepto las utilizadas en el procedimiento de enderezado.

E. INSPECCIÓN DE LAS UNIONES SOLDADAS EN TALLER O EN CAMPO

Las pruebas de verificación de calidad de las uniones soldadas se realizarán mediante los siguientes métodos:

E.1. MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS

E.1.1. Medidores de dimensión (escantillón)

Es el método usado para medir el refuerzo y la socavación en soldaduras de ranura, así como el tamaño y la sección crítica en las soldaduras de filete. Se medirá el cuarenta (40) por ciento del total de las uniones con soldadura de ranura o de filete.

E.1.2. Líquidos penetrantes

Es el método usado para descubrir fallas por discontinuidades, tales como hendiduras, poros y porosidades, que puede tener la superficie en la zona en que se efectuó una unión con soldadura de arco eléctrico. Consiste en aplicar el líquido penetrante en la zona por evaluar previamente limpiada y una vez que haya secado el

líquido penetrante se aplica un material absorbente o polvo suspendido en un medio acuoso como revelador. El número de juntas necesarias para evaluar la calidad de la soldadura mediante líquidos penetrantes, será del cuarenta (40) por ciento en soldadura de ranura o de filete.

E.1.3. Partículas magnéticas

Es el método usado para detectar fracturas, porosidades, costuras, inclusiones, falta de fusión y otras discontinuidades superficiales y por debajo de la superficie de la soldadura. Consiste en crear un campo magnético en la zona por evaluar, aplicar partículas magnéticas y examinar si hay acumulación de éstas sobre la superficie, lo cual indica la existencia de defectos. Se evaluarán mediante este método el cuarenta (40) por ciento del total de las uniones con soldadura de ranura o de filete.

E.1.4. Medidores de ultrasonido

Método que emplea vibraciones mecánicas de alta frecuencia para detectar discontinuidades superficiales e internas de uniones con soldadura de arco eléctrico. Consiste en aplicar un haz de energía ultrasónica sobre la superficie de la unión, mediante un transductor, este haz rebota cuando choca con la superficie posterior del elemento probado o con sus discontinuidades internas y se registran como una línea en una pantalla de un osciloscopio de rayos catódicos.

E.1.4.1. Se evaluará la totalidad de las juntas con soldadura de ranura sujetas a esfuerzos principales de tensión y en el cuarenta (40) por ciento de las juntas de ranura restantes.

E.1.4.2. No se efectuarán evaluaciones en soldaduras de filete mediante ondas ultrasónicas, a menos que sea para justificar la aceptación de las juntas soldadas, de las que, una vez evaluadas mediante otros medios, se tengan dudas de su calidad, en cuyo caso el número de juntas por muestrear será la totalidad de las que se obtuvieron resultados dudosos.

E.1.5. Placas gamagráficas o radiográficas

Es el método que utiliza rayos X o gamma invisible para obtener una fotografía de los defectos internos, tales como

porosidades, inclusiones, fracturas y vacíos en el interior de las uniones soldadas.

- E.1.5.1.** Solamente se utilizará la técnica radiográfica para la aceptación de juntas de ranura con penetración completa.
- E.1.5.2.** Se tomarán placas radiográficas o gamagráficas en la totalidad de las juntas con soldadura de ranura sujetas a esfuerzos principales de tensión y en el treinta (30) por ciento de las juntas de ranura restantes.
- E.1.5.3.** No se efectuarán evaluaciones en soldaduras de filete mediante placas gamagráficas o radiográficas, a menos que sea para justificar la aceptación de las juntas soldadas, de las que, una vez evaluadas mediante otros medios, se tengan dudas de su calidad, en cuyo caso el número de juntas por muestrear será la totalidad de las que se obtuvieron resultados dudosos.
- E.1.5.4.** La inspección radiográfica se realizará en presencia de un representante de la Secretaría.
- E.1.5.5.** Las placas radiográficas o gamagráficas:
 - a)** Se identificarán debidamente por medio de letras y números de plomo, como se muestra en la Figura 15. Además se usarán penetrómetros como los ilustrados esquemáticamente en la Figura 16 de esta Norma, que permitan asegurar la detección de defectos con tamaños menores del dos (2) por ciento del espesor de la parte más delgada de la junta. Las radiografías mostrarán el agujero más pequeño de los diferentes penetrómetros, el número de identificación de éstos, las marcas de identificación y la localización de las radiografías.
 - b)** Se guardarán en sobres de papel, protegidas con bolsas de polietileno y se identificarán con el número o nomenclatura de la placa, fuente empleada para obtener la impresión de las placas; ubicación del elemento estructural donde fue tomada la placa y datos de la obra.

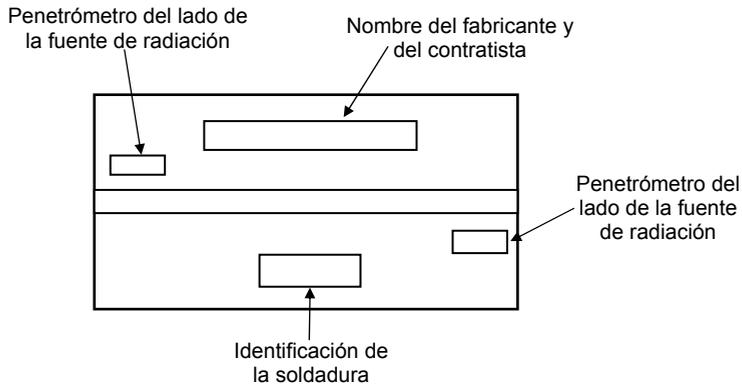


FIGURA 15.- Identificación de la radiografía y localización del penetrómetro

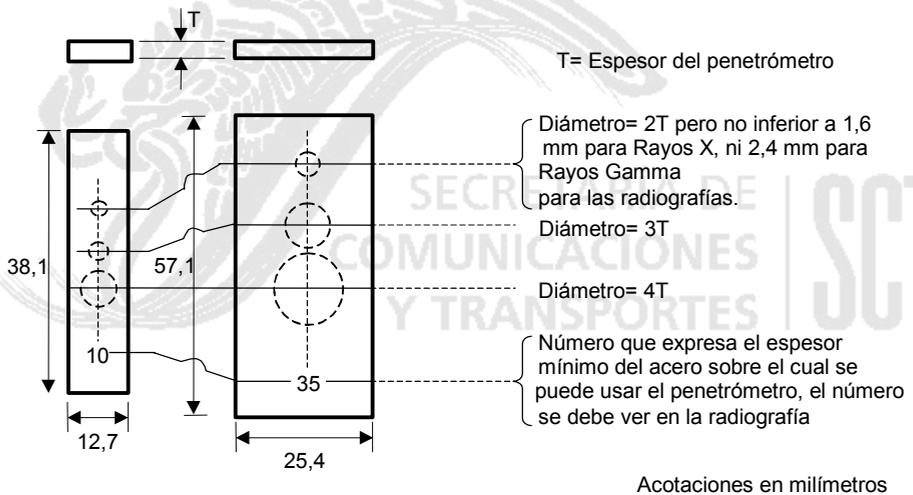


FIGURA 16.- Penetrómetros

- c) Estarán limpias, sin ralladuras u otros defectos. La densidad mínima de las radiografías será de uno coma cinco (1,5) por ciento y no excederá de dos coma cinco (2,5) por ciento. Además, la densidad en cualquier área continua de espesor constante, no variará en más de cero coma cinco (0,5) por ciento.

E.2. MÉTODOS DESTRUCTIVOS

Las juntas soldadas se prueban para asegurar su resistencia, tenacidad y calidad, mediante pruebas mecánicas que son pruebas destructivas útiles para calificar procedimientos y trabajos de soldadura, así como a los aspirantes a soldador.

E.2.1. Equipo arco-aire

Es el método mediante el cual se verifica la presencia de material nocivo en las uniones soldadas.

E.2.2. Pruebas de sanidad

Mediante las cuales se conoce la uniformidad de la estructura interna de las soldaduras, mediante la ruptura a flexión de probetas.

E.2.3. Pruebas de resistencia a la tensión

Con las que se conoce la resistencia a la tensión de probetas obtenidas de juntas soldadas, que incluyen tanto el material base como el de aporte.

F. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Con el propósito de evitar el deterioro de los materiales para la soldadura antes de su utilización, se tendrá cuidado en su transporte y almacenamiento, atendiendo los siguientes aspectos:

- F.1. Los electrodos y el fundente se preservarán de la humedad hasta su utilización en la soldadura.
- F.2. Para su transporte y almacenamiento, los electrodos se empacarán en atados o cajas que no excedan de treinta y cuatro (34) kilogramos o bien en rollos o carretes que no excedan de cien (100) kilogramos.
- F.3. Todos los atados, cajas, rollos o carretes, se marcarán en forma legible, con la siguiente información:
 - Clasificación
 - Nombre y marca del fabricante
 - Tamaño y masa neta

G. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

- G.1.** Para que las juntas soldadas sean aceptadas por la Secretaría, es necesario que cumplan con todos y cada uno de los requisitos de calidad indicados en esta Norma, según el tipo de soldadura establecido en el proyecto. Además, con el propósito de controlar la calidad de la soldadura, el Contratista de Obra realizará las pruebas necesarias, en muestras obtenidas como se establece en el Manual M·MMP·2·04·001, *Muestreo de Material de Aporte y Uniones Soldadas* y mediante los procedimientos de prueba contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma, en el número y con la periodicidad que se establezca en el proyecto autorizado por la Secretaría, que verifiquen el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en esta Norma y entregará a la Secretaría los resultados de dichas pruebas.
- G.2.** En cualquier momento la Secretaría puede verificar que las juntas soldadas, cumplan con cualquiera de los requisitos de calidad establecidos en esta Norma o los especificados en el proyecto, siendo motivo de rechazo el incumplimiento de cualquiera de ellos. La Secretaría tendrá libre acceso a cualquier área de las instalaciones concernientes a la fabricación de la estructura por soldar y especialmente cuando se efectúan los trabajos de soldadura. El Contratista proporcionará todas las facilidades para que la Secretaría verifique que los trabajos de soldadura y el material suministrado, estén de acuerdo con lo indicado en esta Norma.

H. BIBLIOGRAFÍA

American Welding Society, AWS D1.1. *Structural Welding Code Steel*, EUA (1990)

Cary, H., *Manual de Soldadura Moderna*, Tomos I, II y III, Ed. Prentice-Hall, México, DF (1992)