

Reglamento CIRSOC 304
Ministerio de Planificación Federal,
Inversión Pública y Servicios
Secretaría de Obras Públicas de la Nación

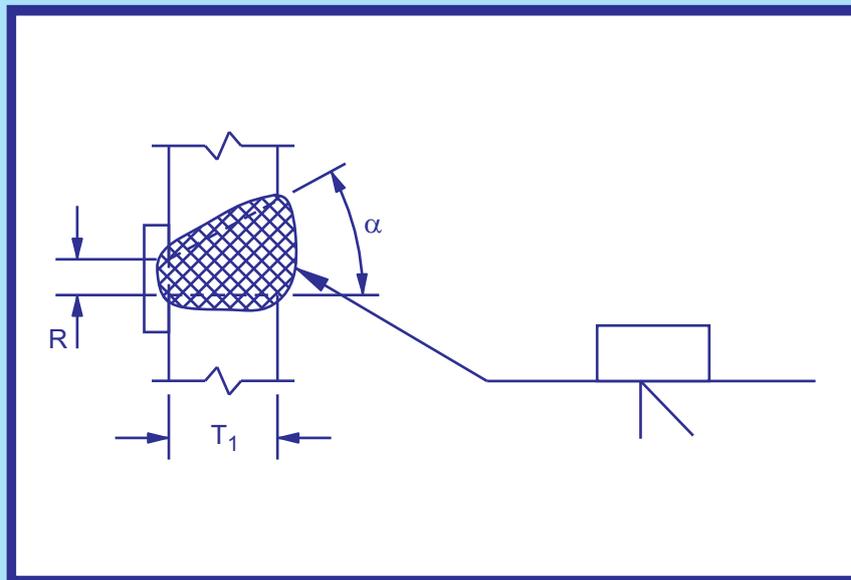
INTI

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
ACERO

Julio 2007

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

EDICION JULIO 2007



**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 Area Acciones: Inga. Alicia M. Aragno

Area Estructuras de Hormigón: Ing. Daniel A. Ortega

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

Area Publicaciones y Secretarías Regionales: Néstor D. Corti

Asta, Eduardo

Reglamento argentino para la soldadura de estructuras de acero julio 2007 / Eduardo
Asta. - 1a ed . - San Martín : Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI, 2016.
440 p. ; 22 x 15 cm.

ISBN 978-950-532-303-6

1. Acero. 2. Estructura. 3. Reglamentos. I. Título.
CDD 620.0044

© 2007

Editado por INTI

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL

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

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
Secretaría de Vivienda y Hábitat 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
Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas
Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires
Dirección Nacional de Vialidad
Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires
Consejo Vial Federal
Cámara Argentina de la Construcción
Consejo Profesional de Ingeniería Civil
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
Cámara Industrial de Cerámica Roja
Centro Argentino de Ingenieros
Instituto Argentino de Siderurgia
Transportadora Gas del Sur
Quasdam Ingeniería
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

ASESOR QUE INTERVINO EN LA REDACCIÓN DEL

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

CIRSOC 304

Ing. Eduardo P. Asta

Reconocimiento Especial

El INTI-CIRSOC agradece muy especialmente a las Autoridades de la AMERICAN WELDING SOCIETY (AWS) por habernos permitido adoptar como base para el desarrollo de este Reglamento, el documento AWS D1.1 /D1.1 M:2004- STRUCTURAL WELDING CODE – STEEL.

COMISION PERMANENTE DE ESTRUCTURAS DE ACERO DE INTI-CIRSOC

Coordinador

Ing. Gabriel R. Troglia	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA, DEPARTAMENTO ESTRUCTURAS, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FISICAS Y NATURALES
	DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA, FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y DISEÑO

Integrantes:

Ing. Francisco Pedrazzi	INSTITUTO ARGENTINO DE SIDERURGIA
Ing. Horacio Rezk	UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Jorge Mallamaci	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN, FACULTAD DE INGENIERIA
Ing. Alejandro Sesin	TECHINT S.A.
Ing. Gustavo Darin	UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, FACULTAD DE INGENIERÍA - U.T.N. FACULTAD REGIONAL BS. AS. - ASOCIACIÓN DE INGENIEROS ESTRUCTURALES
Ing. Juan C. Reimundin	UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGIA
Inga. Nora Moncada	UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERIA Y AGRIM., PROFE-SORA TITULAR CONSTRUCCIONES METÁLICAS II
Ing. Juan Carlos Piter	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL, FACULTAD REGIONAL CONCEPCIÓN DEL URUGUAY
Ing. Hector Auad	UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍA
Ing. Alejandro Giuliano	INPRES - INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SÍSMICA
Ing. Fructuoso Berganza	CÁMARA DE FABRICANTES DE CAÑOS Y TUBOS DE ACERO
Ing. Adrián Puente Vergara Ing. Osvaldo R. Arario Ing. Faustino Amelong	ACINDAR S. A.

COMISION PERMANENTE DE ESTRUCTURAS DE ACERO DE INTI-CIRSOC

(*continuación*)

Ing. Daniel García Gei	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL, FACULTAD REGIONAL MENDOZA
Ing. Pablo Alra	TENARIS-SIDERCA
Ing. Raul Cardoso	MARBY S.A.
Ing. Pablo Ruival	M. ROYO S.A.
Ing. Heriberto Martin	TUBOS ARGENTINOS S.A.
Ing. Oliva Hernández	IRAM
Ing. Oscar Troviano	MINISTERIO DE HACIENDA, FINANZAS Y OBRAS PÚBLICAS DE LA PROVINCIA DEL NEUQUEN, SUBSECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS
Ing. Enrique Trivelli	TUBHIER S.A.
Ing. Francisco Crisafulli	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO, FACULTAD DE INGENIERIA
Ing. José M Vidmar	INVITADO ESPECIAL
Ing. Antonio Coloccini	INVITADO ESPECIAL
Ing. Bruno Coloccini	INVITADO ESPECIAL
Ing. Eduardo Asta	INVITADO ESPECIAL

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. REQUERIMIENTOS GENERALES

1.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL	1
1.2.	LÍMITES DE APLICACIÓN	1
1.2.1.	Limitaciones	1
1.3.	DEFINICIONES Y SIMBOLOGÍA	2
1.3.1.	Definiciones relativas a las responsabilidades profesionales	2
1.3.2.	Simbología	2
1.4.	MATERIALES	2
1.4.1.	Acero estructural	3
1.4.2.	Metal de aporte y fundente para soldadura	4

SIMBOLOGÍA GENERAL

CAPÍTULO 2. DISEÑO DE UNIONES SOLDADAS

2.1.	CAMPO DE VALIDEZ	5
2.2.	REQUERIMIENTOS GENERALES	5
2.2.1.	Planos y dibujos	5
2.2.2.	Especificación de procedimiento de soldadura (EPS)	5
2.2.3.	Requerimientos de tenacidad	6
2.2.4.	Requerimientos específicos de soldadura	6
2.2.5.	Requerimientos para planos y dibujos de taller	6
2.3.	PARÁMETROS DIMENSIONALES Y SECCIONES RESISTENTES O ÁREAS EFECTIVAS	7
2.3.1.	Uniones soldadas a tope, con o sin bisel	7
2.3.2.	Soldaduras de filete	7
2.3.3.	Uniones T oblicuas	11
2.4.	REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS PARA UNIONES NO TUBULARES CARGADAS ESTÁTICA O CÍCLICAMENTE	12
2.4.1.	Tensiones	12
2.4.2.	Configuraciones y detalles generales en el diseño de uniones soldadas	14

2.4.3.	Configuraciones y detalles en el diseño en uniones soldadas con juntas biseladas	15
2.4.4.	Configuraciones y detalles en el diseño de uniones soldadas con juntas de filete	15
2.4.5.	Configuraciones y detalles en el diseño de uniones con soldaduras de tapón (botón) o de ranura (ojal o muesca)	19
2.4.6.	Chapas de relleno para empalmes	20
2.5.	REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS PARA UNIONES NO TUBULARES CARGADAS CÍCLICAMENTE	21
2.5.1.	Campo de validez	21
2.5.2.	Otras previsiones	21
2.5.3.	Responsabilidad del Ingeniero	22
2.5.4.	Limitaciones	22
2.5.5.	Cálculo de tensiones	22
2.5.6.	Tensiones admisibles y rangos de tensión	23
2.5.7.	Transiciones en espesor y ancho	26
2.5.8.	Respaldo	27
2.5.9.	Soldaduras de contorno en juntas de esquina y en T	28
2.5.10.	Bordes cortados con procesos a la llama	28
2.5.11.	Uniones soldadas a tope bajo cargas transversales	28
2.5.12.	Terminación de las soldaduras de filete	28
2.5.13.	Juntas y soldaduras no permitidas	28
2.6.	REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS PARA UNIONES TUBULARES CARGADAS ESTÁTICA Y CÍCLICAMENTE	29
2.6.1.	Campo de validez	29
2.6.2.	Excentricidad	29
2.6.3.	Tensiones admisibles	29
2.6.4.	Identificación	35
2.6.5.	Diseño de soldadura	35
2.6.6.	Limitaciones de la resistencia de uniones soldadas	40
2.6.7.	Transición de espesor	54
2.6.8.	Limitaciones de los materiales	54

CAPÍTULO 3. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

3.1.	CAMPO DE VALIDEZ	75
3.2.	ELABORACIÓN DE LA EPS	75
3.2.1.	Formato de la EPS	75
3.3.	PROCESOS DE SOLDADURA	76
3.3.1.	Procesos de soldadura aprobados por este Reglamento	76
3.3.2.	Procesos de soldadura para EPS Precalificada	76

3.4.	COMBINACIONES DE METAL BASE Y METAL DE APORTE	76
3.5.	MÍNIMA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO Y ENTRE PASADAS	79
3.5.1.	Metal base y combinación de espesores	79
3.5.2.	Determinación alternativa	79
3.5.3.	Temperaturas alternativas de precalentamiento y entre pasadas en soldadura por arco sumergido	79
3.6.	LIMITACIONES EN LAS VARIABLES DE LAS EPS PRECALIFICADAS	80
3.6.1.	Combinación de EPS	81
3.7.	REQUERIMIENTOS GENERALES PARA UNA EPS PRECALIFICADA	81
3.7.1.	Requerimientos de la soldadura vertical ascendente	81
3.7.2.	Limitación de ancho / profundidad de pasada	81
3.7.3.	Requerimientos con aceros resistentes a la intemperie	81
3.8.	REQUERIMIENTOS COMUNES PARA ARCO SUMERGIDO CON ALAMBRES EN PARALELO Y MÚLTIPLES ALAMBRES CORRESPONDIENTES A UNA EPS PRECALIFICADA	82
3.9.	REQUERIMIENTOS DE LA SOLDADURA DE FILETE PARA UNA EPS PRECALIFICADA	83
3.9.1.	Detalles para elementos estructurales no tubulares	83
3.9.2.	Detalles para elementos estructurales tubulares	83
3.9.3.	Uniones en T oblicuas	83
3.10.	REQUERIMIENTOS DE SOLDADURAS DE BOTONES (TAPONES) Y RANURAS (OJALES) CORRESPONDIENTES A UNA EPS PRECALIFICADA	84
3.10.1.	Profundidad del relleno	84
3.11.	REQUERIMIENTOS COMUNES PARA SOLDADURAS DE BISEL CON JPP O JPC CORRESPONDIENTES A UNA EPS PRECALIFICADA	84
3.11.1.	Juntas para Proceso de Soldadura Manual (SMAW) en Procesos de Soldadura Semiautomáticos (FCAW /GMAW)	84
3.11.2.	Preparación de juntas en esquina	84
3.11.3.	Abertura de la raíz	84
3.12.	REQUERIMIENTOS PARA LAS JUNTAS DE PENETRACIÓN PARCIAL CORRESPONDIENTES A UNA EPS PRECALIFICADA (JPP)	84
3.12.1.	Definición	86
3.12.2.	Tamaño de la soldadura	86
3.12.3.	Dimensiones de la junta	86
3.12.4.	Detalles para uniones tubulares	87
3.12.5.	Uniones tubulares de sección rectangular alineadas	87

3.13.	REQUERIMIENTOS PARA JUNTAS DE PENETRACIÓN COMPLETA (JPC) CORRESPONDIENTES A UNA EPS PRECALIFICADA	87
3.13.1.	Dimensiones de la junta	87
3.13.2.	Preparación de los biseles	87
3.13.3.	Juntas tubulares a tope	88
3.13.4.	Uniones tubulares T, Yo K	88
3.14.	FORMULARIO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA EPS	117

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

4.1.	CAMPO DE VALIDEZ	119
4.2.	REQUERIMIENTOS GENERALES	119
4.2.1.	Especificación del procedimiento de soldadura (EPS)	119
4.2.2.	Calificación de habilidad del personal de soldadura	120
4.2.3.	Período de efectividad	120
4.3.	REQUERIMIENTOS COMUNES PARA LA CALIFICACIÓN DE EPS Y HABILIDAD DEL PERSONAL DE SOLDADURA	121
4.3.1.	Edición aplicable	121
4.3.2.	Envejecimiento	121
4.3.3.	Registros	121
4.3.4.	Posiciones de las soldaduras	121
4.4.	ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)	121
4.4.1.	Posiciones calificadas de la soldadura para la producción	121
4.4.2.	Tipos de ensayos para calificación	121
4.4.3.	Tipos de soldadura para calificación de EPS	124
4.4.4.	Preparación de la EPS	124
4.4.5.	Variables esenciales	126
4.4.6.	Métodos de ensayo y criterios aceptables para calificación de la EPS	126
4.4.7.	Reensayo	145
4.5.	SOLDADURAS CON JUNTAS DE PENETRACIÓN COMPLETA (JPC) PARA UNIONES NO TUBULARES	145
4.5.1.	Juntas en esquina o juntas T	145
4.6.	SOLDADURAS CON JUNTAS DE PENETRACIÓN PARCIAL (JPP) PARA UNIONES NO TUBULARES	145
4.6.1.	Tipo y cantidad de probetas a ser ensayadas	145
4.6.2.	Verificación del tamaño de la soldadura (E) por macrografía	147

4.6.3.	Verificación de EPS calificada con JPC por macrografía	147
4.6.4.	Verificaciones de otros casos de EPS por macrografía	149
4.6.5.	Sodaduras con junta acampanada	150
4.7.	REQUERIMIENTOS DE CALIFICACIÓN EN SOLDADURA DE FILETE PARA UNIONES TUBULARES Y NO TUBULARES	150
4.7.1.	Tipo y cantidad de probetas	150
4.7.2.	Ensayo de soldadura de filete	150
4.7.3.	Ensayos de verificación de consumibles	150
4.8.	SOLDADURAS CON JUNTAS DE PENETRACIÓN COMPLETA (JPC) PARA UNIONES TUBULARES	151
4.8.1.	Uniones a tope con juntas de penetración completa (JPC) con respaldo o repelado de raíz	152
4.8.2.	Uniones a tope con juntas de penetración completa (JPC) sin respaldo soldadas de un solo lado	152
4.8.3.	Uniones T, Y o K, con respaldo o repelado de raíz	152
4.8.4.	Uniones T, Y o K, sin respaldo soldadas de un solo lado	152
4.9.	UNIONES TUBULARES T, Y, K A TOPE CON JPP	158
4.10.	SOLDADURAS DE BOTONES (TAPONES) Y RANURAS (OJALES) PARA UNIONES TUBULARES Y NO TUBULARES	158
4.11.	PROCESOS DE SOLDADURA QUE REQUIEREN OBLIGATORIAMENTE CALIFICACIÓN	160
4.11.1.	ESW,EGW, GTAW, GMAW-S (transferencia en corto circuito)	160
4.11.2.	Otros procesos de soldadura	160
4.12.	CALIFICACIÓN DE HABILIDAD PARA SOLDADORES Y OPERADORES DE SOLDADURA	160
4.12.1	Posiciones de soldadura de producción calificadas	160
4.12.2.	Espesores y diámetros de producción calificados	161
4.13.	ENSAYOS DE CALIFICACIÓN REQUERIDOS PARA SOLDADORES Y OPERADORES	161
4.13.1.	Soldadores y operadores	161
4.13.2.	Sodadores punteadores	171
4.14.	TIPOS DE UNIONES SOLDADAS PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES	172
4.15.	PREPARACIÓN DE LOS REGISTROS DE CALIFICACIÓN DE HABILIDAD EN SOLDADURA (RCHS)	172
4.16.	VARIABLES ESENCIALES PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES	172

4.17.	SOLDADURAS CON BISEL Y JPC PARA UNIONES NO TUBULARES PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES	172
4.17.1.	Probeta en chapa para calificación de soldador	173
4.17.2.	Probeta en chapa para calificación de operador	174
4.18.	SOLDADURAS CON BISEL Y JPP PARA UNIONES NO TUBULARES PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES	174
4.19.	SOLDADURAS DE FILETE PARA UNIONES NO TUBULARES PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES	174
4.20.	SOLDADURAS CON BISEL Y JPC PARA UNIONES TUBULARES PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES	175
4.20.1.	Otros detalles de juntas	175
4.21.	SOLDADURAS CON BISEL Y JPP PARA UNIONES TUBULARES PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES	177
4.22.	SOLDADURAS DE FILETE PARA UNIONES TUBULARES PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES	177
4.23.	UNIONES TUBULARES Y NO TUBULARES CON SOLDADURAS DE BOTON (TAPON) Y RANURA (OJAL) PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES	177
4.24.	MÉTODOS DE ENSAYO Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN PARA LA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES	177
4.24.1.	Inspección visual	177
4.24.2.	Ensayo de macroataque	177
4.24.3.	Ensayo radiográfico (RI)	178
4.24.4.	Ensayo de rotura de la soldadura de filete	179
4.24.5.	Probetas de plegado de raíz, cara y lateral	179
4.25.	MÉTODO DE ENSAYO Y CRITERIO DE ACEPTABILIDAD PARA LA CALIFICACIÓN DEL SOLDADOR DE PUNTEO	180
4.25.1.	Criterio de aceptación visual	180
4.25.2.	Criterio de aceptación de los ensayos destructivos	180
4.26.	REENSAYO	180
4.26.1.	Requerimientos para reensayo de soldador y operador	180
4.26.2.	Requerimientos de reensayo de soldador punteador	181
 CAPÍTULO 5. FABRICACIÓN Y MONTAJE		
5.1.	CAMPO DE VALIDEZ	183

5.2.	Metal base	183
5.2.1.	Metal base especificado	183
5.2.2.	Metal base para prolongadores, respaldos, y separadores	183
5.3.	REQUERIMIENTOS PARA LOS CONSUMIBLES Y ELECTRODOS DE SOLDADURA	184
5.3.1.	Requerimientos generales	184
5.3.2.	Electrodos para soldadura manual (SMAW)	184
5.3.3.	Alambres y fundentes para arco sumergido (SAW)	187
5.3.4.	Alambres macizos y tubulares para procesos semiautomáticos (GMAW/ FCAW)	188
5.3.5.	Soldadura por arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa (GTAW)	188
5.4.	PROCESOS DE SOLDADURA POR ELECTROGAS (ESW) Y ELECTRO-ESCORIA (EGW)	188
5.4.1.	Limitaciones del proceso	188
5.4.2.	Estado de alambres y tubos de guía	189
5.4.3.	Condición de provisión y almacenamiento del fundente	189
5.4.4.	Arranque y final de soldadura	189
5.4.5.	Pre calentamiento	189
5.4.6.	Reparaciones	189
5.4.7.	Requerimientos para aceros resistentes a la intemperie o patinables	189
5.5.	VARIABLES DE LA EPS	190
5.6.	TEMPERATURAS DE PRECALENTAMIENTO Y ENTRE PASADAS	190
5.7.	CONTROL DE APOORTE DE CALOR PARA ACEROS TEMPLADOS Y REVENIDOS	190
5.8.	TRATAMIENTO TÉRMICO DE ALIVIO DE TENSIONES	190
5.8.1.	Requerimientos	191
5.8.2.	Tratamiento térmico alternativo	192
5.8.3.	Aceros no recomendados para tratamiento térmico de alivio de tensiones	192
5.9.	RESPALDO, GAS DE RESPALDO E INSERTOS	192
5.10.	RESPALDO	192
5.10.1.	Fusión	193
5.10.2.	Respaldo de largo total	193
5.10.3.	Espesor del respaldo	193
5.10.4.	Uniones no tubulares cargadas cíclicamente	193
5.10.5.	Uniones cargadas en forma estática	193
5.11.	EQUIPOS DE SOLDADURA Y CORTE	194

5.12.	CONDICIONES AMBIENTALES PARA LA UTILIZACIÓN DE LA SOLDADURA	194
5.12.1.	Velocidad máxima del viento	194
5.12.2.	Mínima temperatura ambiente	194
5.13.	CUMPLIMIENTO DEL DISEÑO	194
5.14.	TAMAÑO MÍNIMO DE LA SOLDADURA DE FILETE	194
5.15.	PREPARACIÓN DEL METAL BASE	194
5.15.1.	Discontinuidades originadas en el proceso de laminación	195
5.15.2.	Preparación de la junta	197
5.15.3.	Ajuste del material	197
5.15.4.	Procesos de corte térmico	197
5.16.	ESQUINAS ENTRANTES	198
5.17.	RECORTES EN VIGAS Y ORIFICIOS PARA ACCESO DE SOLDADURA	198
5.17.1.	Dimensiones de los orificios de acceso	198
5.17.2.	Perfiles pesados	199
5.18.	SOLDADURA TEMPORARIA Y DE PUNTEO	200
5.18.1.	Soldaduras temporarias	200
5.18.2.	Requerimientos generales de las soldaduras de punteo	200
5.19.	COMBA O PREDEFORMACIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES COMPUESTOS O ARMADOS	201
5.19.1.	Comba	201
5.19.2.	Corrección	201
5.20.	EMPALMES EN ESTRUCTURAS CARGADAS CÍCLICAMENTE	201
5.21.	CONTROL DE DISTORSIÓN Y CONTRACCIONES	201
5.21.1.	Procedimiento y secuencia	201
5.21.2.	Secuencia	201
5.21.3.	Responsabilidad del contratista	201
5.21.4.	Progresión de la soldadura	202
5.21.5.	Restricciones minimizadas	202
5.21.6.	Empalmes	202
5.21.7.	Limitaciones de temperatura	202
5.22.	TOLERANCIAS EN LAS DIMENSIONES DE LA JUNTA	202
5.22.1.	Ensamble del filete soldado	202

5.22.2.	Unión soldada con JPP	203
5.22.3.	Alineación de la junta a tope	203
5.22.4.	Dimensiones del bisel	204
5.22.5.	Biseles con métodos de repelado y corte	204
5.22.6.	Métodos de alineación	204
5.23.	TOLERANCIAS DIMENSIONALES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES SOLDADOS	206
5.23.1.	Rectitud de columnas y vigas armadas	206
5.23.2.	Rectitud de vigas y vigas armadas (sin comba especificada)	206
5.23.3.	Comba de vigas y vigas armadas	206
5.23.4.	Comba de vigas y vigas armadas (diseñadas sin un riñón de hormigón)	207
5.23.5.	Curvatura de vigas	207
5.23.6.	Variación de planitud en el alma de vigas	208
5.23.7.	Variación entre las líneas de centros de alma y alas de vigas	210
5.23.8.	Inclinación y alabeo del ala	210
5.23.9.	Variación de la profundidad o altura	210
5.23.10	Apoyos en puntos de carga	210
5.23.11.	Tolerancias en rigidizadores	211
5.24.	PERFILES DE SOLDADURA	211
5.24.1.	Soldadura de filete	211
5.24.2.	Excepción para filetes de soldadura discontinua o intermitente	211
5.24.3.	Convexidad	211
5.24.4.	Soldaduras con bisel o a tope	212
5.25.	TÉCNICAS PARA SOLDADURAS EN BOTONES (TAPONES) Y RANURAS (OJALES)	212
5.25.1.	Soldaduras en botón (tapón)	212
5.25.2.	Soldaduras de ranura (ojal)	213
5.26.	REPARACIONES	213
5.26.1.	Opciones del Contratista	213
5.26.2.	Limitaciones de la temperatura en la reparación por calor localizado	215
5.26.3.	Aprobación	215
5.26.4.	Inaccesibilidad de soldaduras inaceptables	215
5.26.5.	Reparación soldada de metal base por orificios mal ubicados	215
5.27.	MARTILLADO	216
5.27.1.	Herramientas	216
5.28.	RECALQUE	217
5.29.	CORTES DE ARCO	217

5.30.	LIMPIEZA DE LA SOLDADURA	217
5.30.1.	Limpieza durante el proceso	217
5.30.2.	Limpieza de soldaduras terminadas	217
5.31.	PROLONGADORES	217
5.31.1.	Uso de prolongadores	217
5.31.2.	Remoción de los prolongadores para estructuras no tubulares cargadas en forma estática	217
5.31.3.	Remoción de los prolongadores para estructuras no tubulares cargadas en forma cíclica	218
5.31.4.	Extremos de las juntas a tope soldadas	218

CAPÍTULO 6. INSPECCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

6.1.	REQUERIMIENTOS GENERALES	219
6.1.1.	Campo de validez	219
6.1.2.	Información provista a los Comitentes	219
6.1.3.	Estipulaciones de Inspección y Contrato	219
6.1.4.	Definición de categorías de Inspector	219
6.1.5.	Requerimientos de calificación del Inspector	220
6.1.6.	Responsabilidad de Inspector	220
6.1.7.	Documentación necesaria para la Inspección	221
6.1.8.	Notificación al Inspector	221
6.1.9.	Inspección de materiales	221
6.1.10.	Inspección de la EPS y equipos	221
6.1.11.	Calificación de soldador, operador o soldador de punteado	221
6.1.12.	Validez de la certificación	222
6.1.13.	Materiales de aporte	222
6.1.14.	Requisitos generales de las inspecciones	222
6.1.15.	Identificación del Inspector en las inspecciones realizadas	222
6.1.16.	Mantenimiento de los registros	222
6.2.	RESPONSABILIDADES DEL CONTRATISTA	222
6.2.1.	Obligaciones del Contratista	222
6.3.	CRITERIO DE ACEPTACIÓN	223
6.3.1.	Campo de validez	223
6.3.2.	Aprobación del Ingeniero para criterios de aceptación alternativos	223
6.3.3.	Inspección visual	223
6.3.4.	Ensayos de líquidos penetrantes (LP) y partículas magnetizables (PM)	224
6.3.5.	Ensayos no destructivos (END)	224
6.3.6.	Requerimientos en unión tubular para soldadura a tope con JPC	224
6.3.7.	Inspección radiográfica (RI)	224
6.3.8.	Inspección por ultrasonido	235

6.4.	PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	243
6.4.1.	Procedimientos	243
6.4.2.	Ensayo radiográfico (RI)	243
6.4.3.	Ensayo por ultrasonido (US)	243
6.4.4.	Ensayo por partículas magnetizables (PM)	243
6.4.5.	Ensayo de tintas penetrantes (PM)	243
6.4.6.	Alcance de los ensayos	243
6.5.	ENSAYO RADIOGRÁFICO (RI)	244
6.5.1.	Ensayo radiográfico de soldaduras con bisel en juntas a tope	244
6.5.2.	Procedimientos radiográficos	245
6.5.3.	Requerimientos complementarios de los ensayos radiográficos para uniones tubulares	253
6.5.4.	Ensayo, informe y disposición de las radiografías	256
6.6.	ENSAYO POR ULTRASONIDO (US) DE SOLDADURAS CON BISEL	256
6.6.1.	Procedimientos generales	256
6.6.2.	Procedimientos alternativos	256
6.6.3.	Porosidad vermicular	257
6.6.4.	Metal base	257
6.6.5.	Requerimientos de calificación de personal	257
6.6.6.	Equipo de ultrasonido	257
6.6.7.	Calibración y ajuste del equipo de US	259
6.6.8.	Reflectores prohibidos	258
6.6.9.	Requerimientos de resolución	259
6.6.10.	Calibración para ensayo	260
6.6.11.	Procedimientos de ensayo	262
6.6.12.	Ultrasonido en conexiones tubulares T,K e Y	268
6.6.13.	Informes	272
6.6.14.	Preparación y disposición de los informes	272
6.6.15.	Procedimientos de evaluación del tamaño de las discontinuidades	273
6.6.16.	Barrido o exploración	273

CAPITULO 7. REFUERZO, RESTAURACIÓN Y REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

7.1.	CAMPO DE VALIDEZ	275
7.2.	METAL BASE	275
7.2.1.	Investigación	275
7.2.2.	Soldabilidad	275
7.2.3.	Otros metales base	275
7.3.	DISEÑO PARA REFUERZO, RESTAURACIÓN O REPARACIÓN DE UNA ESTRUCTURA EXISTENTE	275
7.3.1.	Proceso de diseño	275

7.3.2.	Análisis de esfuerzos	276
7.3.3.	Historia de fatiga	276
7.3.4.	Restauración o reemplazo	276
7.3.5.	Cargas durante las operaciones	276
7.3.6.	Uniones existentes	276
7.3.7.	Aplicación de fijadores	276
7.4.	MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA	276
7.4.1.	Métodos	276
7.4.2.	Incremento del rango de esfuerzos	277
7.5.	MANO DE OBRA Y TÉCNICA	277
7.5.1.	Condición del metal base	277
7.5.2.	Discontinuidades en los elementos estructurales	277
7.5.3.	Reparaciones de las soldaduras	277
7.5.4.	Metal base con espesor insuficiente	277
7.5.5.	Enderezado en caliente	278
7.5.6.	Secuencia de soldadura	278
7.6.	CALIDAD	278
7.6.1.	Inspección visual	278
7.6.2.	Ensayos no destructivos	278

ANEXOS

ANEXO I. GARGANTAS EFECTIVAS DE SOLDADURAS DE FILETE EN JUNTAS T OBLICUAS

ANEXO II- a. PLANITUD DE LAS VIGAS ARMADAS – ESTRUCTURAS CARGADAS ESTÁTICAMENTE

ANEXO II- b. PLANITUD DE LAS VIGAS ARMADAS – ESTRUCTURAS BAJO CARGAS CÍCLICAS

ANEXO III. REQUERIMIENTOS PARA LOS ENSAYOS DE IMPACTO

A.III.1.	GENERAL	1
A.III.2.	UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS	1
A.III.3.	ENSAYOS CVN	2
A.III.4.	REQUERIMIENTOS DE ENSAYOS	3
A.III.5.	REENSAYO	3
A.III.6.	INFORME	4

ANEXO IV. GUÍA DE MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA DETERMINAR EL PRECALENTAMIENTO EN LA SOLDADURA DE ACEROS ESTRUCTURALES

A.IV.1.	INTRODUCCIÓN	1
---------	--------------	---

A.IV.2.	MÉTODOS	2
A.IV.3.	CONTROL DE DUREZA EN LA ZAC	3
A.IV.4.	CONTROL DE HIDRÓGENO	4
A.IV.5.	SELECCIÓN DEL MÉTODO	4
A.IV.6.	APLICACIÓN DEL MÉTODO DE CONTROL DE DUREZA	5
A.IV.7.	APLICACIÓN DEL MÉTODO DE CONTROL DEL HIDRÓGENO	11
ANEXO V.	REQUERIMIENTOS DE CALIDAD EN SOLDADURA PARA JUNTAS A LA TRACCIÓN EN ESTRUCTURAS CARGADAS CÍCLICAMENTE	
ANEXO VI.	FORMULARIOS PARA EPS, RCP E INFORMES DE ENSAYOS	
ANEXO A.	SOLDADURA DE ESPESORES DELGADOS EN CHAPA DE ACERO	
ANEXO B.	SOLDADURA DE BARRAS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS LIVIANAS	

CAPÍTULO 1. REQUERIMIENTOS GENERALES

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Este Reglamento contiene los requerimientos mínimos para el diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero 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 aceros estructurales en un todo de acuerdo con el **Reglamento CIRSOC 301-2005**, **Reglamento Argentino de Estructuras de Aceros para Edificios** y con el **Reglamento CIRSOC 302-2005**, **Reglamento Argentino de Elementos Estructurales de Tubos de Acero para Edificios**.

Por su parte este 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.

Este Reglamento tendrá un alcance general para todas las estructuras de acero comprendidas en los Reglamentos **CIRSOC 301-2005**, **CIRSOC 302-2005**, **CIRSOC 303-2009** y **CIRSOC 308-2007**. Consecuentemente quedan exceptuados recipientes de presión y cañerías.

Este Reglamento está concebido, en su mayor parte, como auto contenido a la manera de una guía de aplicación; sin embargo se apoyará también en documentos y referencias a consultar así como en normas IRAM-IAS y MERCOSUR con alcances en aspectos tales como aceros 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 acero soldadas.

1.2.1. Limitaciones

Este Reglamento no podrá ser aplicado en los siguientes casos:

- (1) Aceros estructurales con límite de fluencia especificado mayor que **690 MPa**.
- (2) Productos de aceros estructurales con espesores menores que **3 mm**, excepto por la aplicación específica del Anexo B de este Reglamento.
- (3) Recipientes, tuberías, cañerías y componentes en general sometidos a presión interna.
- (4) Materiales base distintos de aceros estructurales al carbono o de baja aleación.

1.3. DEFINICIONES Y SIMBOLOGÍA

La terminología y simbología utilizadas en el presente Reglamento están definidas por las normas IRAM e IRAM-IAS específicas, por la Simbología General que figura al finalizar el Capítulo 1 y por la Simbología Específica detallada en cada Capítulo.

1.3.1. Definiciones relativas a las responsabilidades profesionales

Autoridad Fiscalizadora o de Aplicación: Organismo que en la jurisdicción nacional, provincial o municipal en que se encuentra la obra, ejerce el poder de fiscalizar la seguridad en la construcción.

Comitente: Persona física o jurídica que encomienda las tareas profesionales.

Contratista Principal o Empresa Contratista : Cualquier empresa o representante individual de una empresa, responsable por la fabricación en planta industrial, por la construcción en obra, por el montaje o por la soldadura, en un todo de acuerdo con este Reglamento.

Ingeniero en soldadura: (también designado 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.

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 el Ingeniero en soldadura podrán designar los correspondientes inspectores.

Propietario: Empresa o persona propietaria legal del producto o conjunto estructural producido en un todo de acuerdo con este Reglamento.

1.3.2. Simbología

La Simbología General se ubica al finalizar el Capítulo 1 y la Simbología Específica acompaña el desarrollo de cada Capítulo.

1.4. MATERIALES

Las normas IRAM e IRAM-IAS de materiales aplicables a este Reglamento se encuentran a la fecha en proceso de revisión e integración con las normas MERCOSUR. Algunas de las normas IRAM-IAS listadas en este Reglamento 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 o IRAM-IAS correspondiente no haya sido emitida o se encuentre en proceso de revisión se podrán aplicar normas de reconocido prestigio internacional o normas ISO para uso en estructuras metálicas soldadas.

1.4.1. Acero estructural

1.4.1.1. Normas aplicables

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

IRAM-IAS U 500-42	Chapas de acero al carbono para uso estructural.
IRAM-IAS U 500-180	Flejes de acero al carbono, laminados en caliente para uso general y estructural.
IRAM-IAS U 500-215	Perfiles doble T de acero, de alas anchas, caras paralelas, laminados en caliente.
IRAM-IAS U 500-218	Tubos de acero al carbono sin costura para uso estructural.
IRAM-IAS U 500-219	Tubos de acero microaleado con y sin costura para uso estructural.
IRAM-IAS U 500-230	Perfiles ángulo de acero, de alas desiguales laminados en caliente.
IRAM-IAS U 500-503	Aceros al carbono para uso estructural.
IRAM-IAS U 500-509	Perfiles U de acero, de alas inclinadas laminados en caliente.
IRAM-IAS U 500-511	Perfiles doble T de acero, de alas inclinadas laminados en caliente.
IRAM-IAS U 500-558	Perfiles ángulo de acero, de alas iguales laminados en caliente.
IRAM-IAS U 500-561	Perfiles T de acero laminados en caliente.
IRAM-IAS U 500-2592	Tubos de acero al carbono con costura para uso estructural.
MERCOSUR NM 223-2000	Tubos de acero al carbono sin costura y soldados por resistencia eléctrica para uso estructural.

1.4.1.2. Perfiles pesados

Se define como perfiles pesados a los perfiles laminados con elementos de espesores mayores que **40 mm** y a las barras o vigas armadas con chapas de espesor mayor que **50 mm**.

Cuando se realicen uniones o empalmes de perfiles pesados con soldadura a tope de penetración completa, en uniones sometidas a tensiones de tracción debidas a sollicitaciones de tracción o flexión, el acero de los elementos estructurales unidos deberá cumplimentar exigencias de impacto Charpy-V, realizado de acuerdo con la norma IRAM-IAS U 500 -16. La energía mínima promedio de impacto será de **27 J** a una temperatura de ensayo de **21 °C**.

Cuando se unan elementos de perfiles pesados a elementos de perfiles no pesados o a chapas de espesor menor que **50 mm** con soldaduras de penetración completa y la misma se realice a través del elemento más delgado, no será necesario cumplir la exigencia indicada en el ensayo Charpy-V.

1.4.2. Metal de aporte y fundente para soldadura

Los electrodos y fundentes deberán cumplir alguna de las siguientes normas:

IRAM-IAS U500-127	Soldadura por arco. Electrodo de baja aleación revestido.
IRAM-IAS U500-166	Soldadura. Alambres y varillas de acero al carbono para procesos de soldadura eléctrica con protección gaseosa.
IRAM-IAS U500-232	Soldadura. Alambres y varillas de acero al carbono y de baja aleación para procesos de soldadura eléctrica con protección gaseosa.
IRAM-IAS U500-233	Soldadura. Alambres tubulares de acero al carbono.
IRAM-IAS U500-234	Soldadura. Alambres tubulares de acero de baja aleación.
IRAM-IAS U500-235	Soldadura. Alambres de acero al carbono y fundentes para soldadura por arco sumergido.
IRAM-IAS U500-236	Soldadura. Alambres de acero de baja aleación y fundentes para soldadura por arco sumergido.
IRAM-IAS U500-601	Soldadura por arco. Electrodo de acero al carbono revestido.

SIMBOLOGÍA GENERAL

α	- parámetro de ovalización del elemento estructural principal en uniones tubulares, - ángulo de bisel.
a	- ancho de un elemento tubular de sección rectangular, - garganta efectiva (filete recto).
a_x	proyección: $a \sin \theta$.
a_R	garganta real (filete recto).
a_t	garganta teórica (filete recto).
$2a$	tamaño de la ranura o cara de raíz no soldada(fatiga).
b	ancho transversal de tubos rectangulares.
B	junta a tope.
$b_{et} (b_{e(ov)})$	ancho del elemento ramal de solape en el elemento pasante.
$b_{eo} (b_e)$	ancho del elemento ramal sobre el elemento principal.
$b_{eoi} (b_{ep})$	ancho del elemento ramal para la consideración de punzonado exterior.
b_s	ancho efectivo de la separación en uniones K .
β -	- cociente o relación entre d_b y D , - cociente o relación entre r_b y R (secciones circulares), - cociente o relación entre b y D (secciones rectangulares).
β_s	ancho efectivo adimensional de la separación en uniones K .
β_{pee}	ancho adimensional efectivo para punzonado exterior.
β_{eff}	β efectivo para la plastificación de la cara del elemento principal en uniones K .
c	dimensión de la esquina, secciones tubulares rectangulares.
C	- junta en esquina o en L, - medida de la convexidad.
C_f	coeficiente de fatiga.
c_t	tamaño o cateto teórico en un filete recto.
CVN	ensayo de flexión por impacto con probeta Charpy-V.

D	- diámetro exterior DE (tubos circulares), - ancho exterior del miembro principal (secciones rectangulares), - profundidad o altura del alma de viga, - densidad radiográfica, - daño acumulativo (fatiga).
d	dimensión de panel, distancia entre rigidizadores o entre alas.
d_b	diámetro del elemento estructural ramal, montante o diagonal.
DE	diámetro externo.
DFR	diseño por Factor de Resistencia (también LRFD como sigla en idioma inglés).
DI	diámetro interno.
DTA	Diseño por Tensión Admisible (también ADS como sigla en idioma inglés).
Δ°C	variación de temperatura.
E	tamaño efectivo de la soldadura (cateto en filetes rectos).
EGW	soldadura por electrogas.
EPS	especificación de procedimiento de soldadura.
END	ensayo no destructivo.
ESW	soldadura por electroescoria.
η	cociente o relación entre a_x y D .
ε_{TR}	rango total de la deformación.
f	cara de la raíz o talón.
F	- tamaño de la punta de la soldadura de filete (estructuras tubulares), - posición de soldadura plana o bajo mano (1G : junta a tope y 1F : junta de filete).
FCAW	soldadura por arco con alambre tubular (semiautomática alambre tubular).
FCAW-G	soldadura por arco con alambre tubular bajo protección gaseosa.
FCAW-S	soldadura por arco con alambre tubular autoprotegido.
F_{EXX}	resistencia a la tracción mínima de norma del metal de soldadura o material de aporte.
F_{TH}	tensión umbral de fatiga.
F_{SR}	rango de tensión admisible.
F_y	resistencia a la fluencia del metal base.

f_a	tensión axial en un elemento ramal (estructuras tubulares).
f_a	tensión axial en un elemento principal (estructuras tubulares).
f_b	tensión debida a flexión en un elemento ramal (estructura tubular).
f_b	tensión debida a flexión en un elemento principal (estructura tubular).
f_{by}	tensión nominal debida a flexión en el plano (estructura tubular).
f_{bz}	tensión nominal debida a flexión fuera del plano (estructura tubular).
f_n	tensión nominal en un elemento ramal.
g	separación en uniones K .
GMAW	soldadura por arco con protección gaseosa (semiautomática con alambre macizo).
GMAW-S	soldadura por arco con protección gaseosa modo de transferencia cortocircuito.
GTAW	soldadura por arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa.
γ	parámetro de flexibilidad del elemento principal; cociente o relación entre R y t_c (secciones circulares) o entre D y $2 t_c$ (secciones rectangulares).
γ_b	radio respecto de la relación de espesores del tubo en la transición.
γ_t	elemento transversal (que atraviesa) γ (para conexiones solapadas).
H	- profundidad de la viga en el plano del esfuerzo, - posición de soldadura horizontal (2G : junta a tope, 2F : junta de filete) - convexidad (filete recto).
ICI	indicador de calidad de imagen.
Io	intensidad del haz en la película para RI .
Ii	intensidad transmitida a través de la película para RI .
JPC	junta de penetración completa.
JPP	junta de penetración parcial.
K	unión tipo K .
K_a	factor de largo relativo.
K_b	factor de sección relativa.
λ	parámetro de sensibilidad de la interacción.

L	- tamaño de soldadura de filete como se muestra en la Figura 2.17. y en la Figura 3.2. - largo del manguito.
LF	factor de carga (factor de seguridad parcial para carga en DFR o LRFD).
LP	ensayo de líquidos penetrantes.
l_1	largo real de soldadura donde el elemento ramal hace contacto con el principal (estructura tubular).
l_2	largo del elemento principal proyectado (de un lado) de la soldadura que solapa (estructura tubular).
l_w	largo efectivo de la soldadura (estructuras no tubulares).
M	momento aplicado.
M_c	momento en el elemento principal (estructura tubular).
MS	metal de soldadura.
M_u	momento último.
N	- número de ciclos máximos permitidos para un rango de tensión dado. Número de ciclos para la condición de falla o de diseño prefijada, - unión tipo N .
ω	ángulo de preparación para la unión en los elementos estructurales ramal, ver las Figuras 3.8., 3.9. y 3.10.
OH	posición de soldadura sobre cabeza (4G : juntas a tope y 4F : juntas de filete).
P	carga axial en el elemento estructural ramal.
P_c	carga axial en el elemento estructural principal.
P_u	carga axial (compresión o tracción) última o de rotura.
P_p	componente perpendicular o vertical de la carga P de un elemento ramal respecto del eje del elemento principal, ver la Figura 2.20.
p	largo de la proyección horizontal (sobre el elemento principal) del elemento ramal que solapa, ver la Figura 2.22.
q	tamaño o dimensión del solape, ver la Figura 2.22.
n	número de ciclos de carga aplicados.
PM	ensayo de partículas magnéticas.
ϕ	ángulo del bisel de la junta en uniones tubulares, ver la Figuras 3.8., 3.9. y 3.10.

Φ	factor de resistencia en el diseño DFR .
ψ	ángulo diedro local, ver la Figuras 3.8., 3.9. y 3.10.
$\bar{\Psi}$	ángulo suplementario al cambio de ángulo diedro local en la transición, ver la Tabla 2.6.
Q_b	modificador de geometría, ver la Tabla 2.9.
Q_f	término de interacción de tensión, ver la Tabla 2.9.
Q_q	modificador de geometría del elemento ramal y modificador del de carga, ver la Tabla 2.9.
Q_w	carga unitaria o carga por unidad de longitud de soldadura.
R	- radio exterior del elemento estructural principal, - abertura de raíz. Radio de la superficie exterior en juntas abocardadas.
r	- radio de la esquina en elementos estructurales tubulares de secciones rectangulares medida con un calibre de radios, - radio efectivo de intersección.
r_b	radio del elemento rama.
RCP	registro de calificación del procedimiento.
RCHS	registro de calificación de habilidad en soldadura.
R_{JPP}	factor de reducción para uniones JPP (fatiga elementos no tubulares)
RI	ensayo de radiografía.
R_{FIL}	factor de reducción para uniones de filete (fatiga elementos no tubulares).
r_m	radio medio un elemento tubular de sección circular, ver la Figura 2.18.
r_w	radio medio respecto de la garganta efectiva, ver la Figura 2.18.
S	profundidad de bisel.
SAW	soldadura por arco sumergido.
SCF	factor de concentración de tensiones (fatiga uniones tubulares).
SMAW	soldadura por arco con electrodo revestido.
$\Sigma \ell_1$	sumatoria de largos reales de soldaduras.
TCBR	rango total de tensiones nominales para tracción/compresión o flexión, o ambos(fatiga uniones tubulares).
t	espesor de pared del elemento estructural tubular y no tubular.

T	- espesor del material base o espesor nominal para probeta de calificación, - unión tipo T
t_b	- espesor de pared del elemento ramal para el dimensionamiento de la soldadura con JPC , - elemento de menor espesor para el dimensionamiento de soldadura con JPP y filete, ver la Figura 2.19.
t_c	espesor de pared del elemento principal, ver la Figura 2.20.
t_p	espesor elemento estructural plano (fatiga estructuras no tubulares).
t_w	- tamaño de soldadura (garganta efectiva) en uniones tubulares. - espesor del alma en una viga.
t'_w	t_w como se define en el artículo 2.6.6.1.6.
τ	parámetro geométrico que relaciona t_b / t_c .
θ	ángulo agudo entre los ejes de dos elementos estructurales.
ū	relación de utilización de tensiones axiales y de flexión respecto de la tensión admisible, en el punto bajo consideración en el elemento principal.
US	ensayo de ultrasonido.
V	posición de soldadura vertical (3G : junta a tope, 3F : junta de filete).
V_p	esfuerzo de corte por punzonado.
V_w	esfuerzos admisibles para soldadura entre elementos estructurales ramales.
W	- tamaño del filete de refuerzo o de contorno (fatiga), - distancia entre filetes, ver la Figura 2.7., - ancho de la cara de la soldadura (ver la Figura 5.4.).
W.P	punto de trabajo (uniones tubulares tipo Y , K o T).
x	variable algebraica $\frac{1}{2\pi \operatorname{sen} \theta}$
y	variable algebraica $\frac{1}{3\pi} \frac{3 - \beta^2}{2 - \beta^2}$.
Y	unión tipo Y .
Z	incremento de garganta efectivo Z .
ZAC	zona afectada por el calor.
ζ	relación entre la separación y D .

CAPÍTULO 2. DISEÑO DE UNIONES SOLDADAS

2.1. CAMPO DE VALIDEZ

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. Este Capítulo 2 se puede utilizar en conjunto con los capítulos correspondientes de los Reglamentos CIRSOC 301-2005 y CIRSOC 302-2005 respectivamente.

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 (l_w)
- (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, cada tipo de unión soldada deberá disponer en referencia a los planos y dibujos del Proyecto, de su correspondiente **EPS**. Este documento será aplicable tanto para procesos de fabricación en taller como de montaje en obra.

Este Reglamento permite establecer en la documentación de contrato, o por requerimiento del Ingeniero responsable, que la **EPS** podrá ser precalificada o calificada.

2.2.3. Requerimientos de tenacidad

Si las uniones soldadas tienen requerimientos de tenacidad, en términos de ensayos por impacto con probeta entallada, el Ingeniero responsable deberá especificar en la documentación técnica contractual, la mínima energía absorbida en relación con la temperatura de ensayo, para la clasificación de material de aporte seleccionado, o deberá especificar que la **EPS** será calificada con ensayos de impacto utilizando probeta entallada Charpy- V (**CVN**).

Si estos ensayos son indicados en la calificación de la **EPS**, el Ingeniero responsable deberá especificar en la documentación contractual la mínima energía absorbida, la temperatura de ensayo y si los ensayos **CVN** serán realizados sólo en metal de soldadura (**MS**) o en metal de soldadura y zona afectada por el calor (**ZAC**).

Si las uniones soldadas tienen requerimientos de tenacidad a la fractura, en términos de ensayos de mecánica de la fractura, el Ingeniero responsable 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 **MS** o en **MS** y **ZAC**.

2.2.4. Requerimientos específicos de soldadura

El Ingeniero responsable, 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) Se deberá indicar 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 metálico de acero, se deberá especificar el espesor y el ancho del respaldo.
- (c) En las uniones soldadas con **JPP** se deberá indicar 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 se deberá indicar el tamaño efectivo (**E**) y se deberá aplicar el criterio establecido en los artículos 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 será 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. Para la consideración del tamaño efectivo de junta en uniones tipo *T*, *Y* o *K*, en construcciones tubulares, se deberá utilizar la Tabla 3.6. del Capítulo 3 de este Reglamento.

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 que el valor de *E* especificado en la Tabla 3.4. del Capítulo 3, a excepción de que la *EPS* correspondiente sea calificada de acuerdo con el Capítulo 4 de este Reglamento.

2.3.1.4. Tamaño efectivo en unión soldada con junta acampanada o abocardada

El tamaño efectivo *E* para soldaduras de junta acampanada (también identificadas como abocardadas) cuando el llenado con metal de soldadura alcance el nivel de la superficie horizontal, en una barra doblada a 90° de una sección conformada o en un tubo de sección rectangular, deberá ser:

$0,32 R$ ó $0,5 R$ para juntas acampanadas en *V* (se recomienda aplicar **$0,375 R$** para proceso semiautomático, excepto en modo cortocircuito cuando *R* es igual o mayor que **$12 mm$**), siendo *R* el radio de la superficie exterior.

2.3.1.5. 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.

2.3.2. 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 **40 mm**.

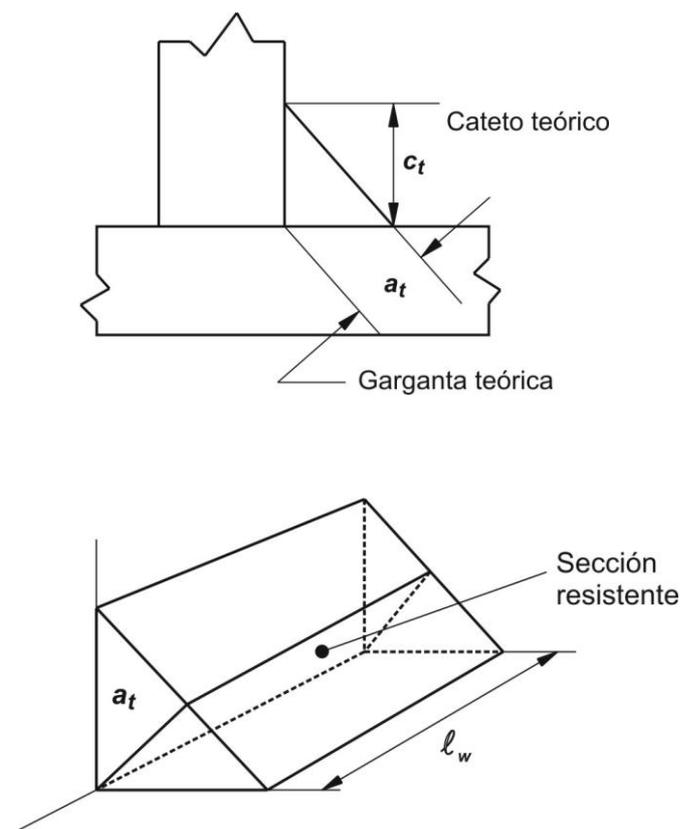
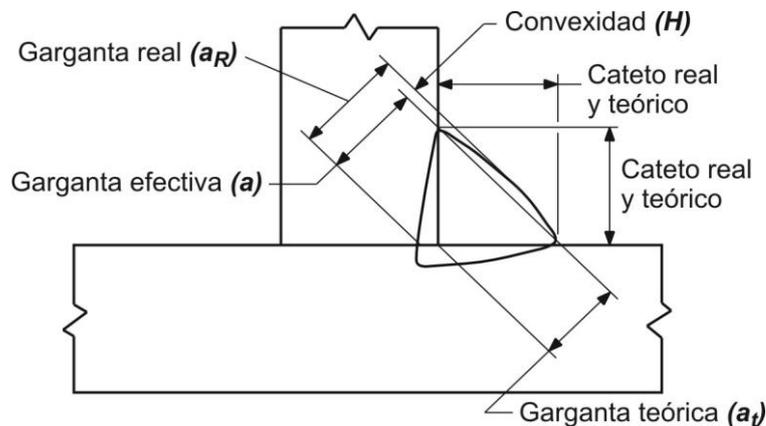


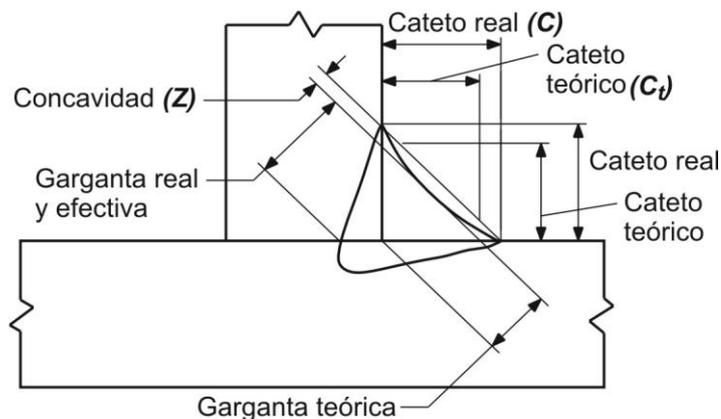
Figura 2.1. Dimensiones teóricas y sección resistente de una junta de filete.

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.



A) Filete convexo



B) Filete cóncavo

Figura 2.2. Dimensiones típicas de juntas de filete.

2.3.2.6. Definición de la garganta efectiva en filete de refuerzo

La garganta efectiva en una combinación de unión soldada con **JPP** y refuerzo de filete deberá ser considerada como la distancia más corta entre la raíz de la junta y la cara de la misma menos **3 mm**, tal como se indica en la Figura 2.2.

2.3.2.7. Tamaño o cateto mínimo

El tamaño o cateto (también identificado como lado) mínimo de una soldadura de filete no deberá ser menor que el requerido por el cálculo, para transmitir y/o resistir la carga aplicada, ni menor que lo especificado en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Mínimo tamaño de cateto en soldadura de filete compatible con los espesores de elementos o partes estructurales a ser soldadas

Espesor de material base (T) ⁽¹⁾ mm	Cateto mínimo (E) ⁽²⁾ mm
$T \leq 6$	3 ⁽³⁾
$6 < T \leq 12$	5
$12 < T \leq 20$	6
$20 < T$	8

(1) Para procesos de no bajo hidrógeno, sin precalentamiento calculado, T es el espesor de la parte más gruesa a ser soldada. Se debe utilizar soldadura de una sola pasada. Para procesos de no bajo hidrógeno pero con cálculo de precalentamiento o procesos de bajo hidrógeno, T es igual a la parte más fina a ser soldada.

(2) No debe exceder el espesor de la parte más delgada a ser soldada.

(3) Cateto mínimo para estructuras cargadas cíclicamente, **5 mm**.

2.3.2.8. 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 sea menor que **6 mm**, tal como se indica en la Figura 2.3., Detalle A.
- (2) **2 mm** menor que el espesor del metal base, como mínimo, cuando el mismo sea mayor o igual a **6 mm**, tal como se indica en la Figura 2.3., Detalle B.

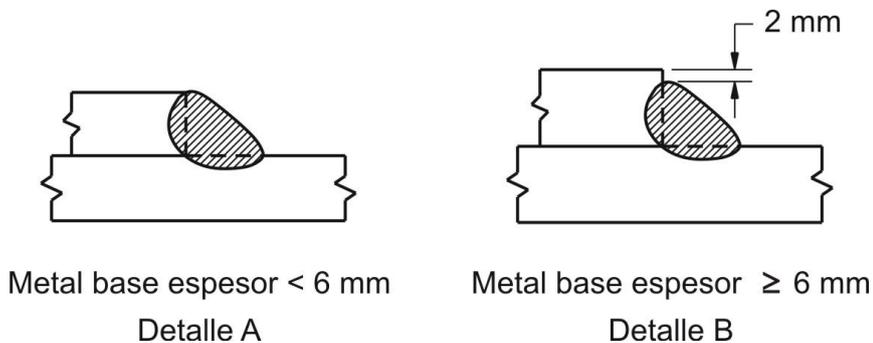


Figura 2.3. Filete en junta de solape.

2.3.2.9. 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 la Figura 2.1.)

2.3.3. Uniones *T* oblicuas

2.3.3.1. Definición

Se definen como uniones soldadas con juntas *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).

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. Soldaduras en ángulos agudos entre 60° y 30°

Las soldaduras requeridas en ángulos menores que 60° pero mayores que 30° deberán incrementar la garganta efectiva por un factor *Z* de acuerdo con lo indicado en la Tabla 2.2. Los planos de la documentación contractual deberán especificar 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 con incremento del factor *Z* correspondiente.

2.3.3.4. Soldaduras con ángulos agudos menores que 30°

Las soldaduras en ángulos menores que 30° no deberán ser consideradas como efectivas para la transmisión de cargas aplicadas excepto en el caso de las modificadas para estructuras tubulares de acuerdo con el artículo 4.8.4.2. del Capítulo 4 de este Reglamento.

2.3.3.5. 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.

2.3.3.6. Tamaño o cateto mínimo en juntas *T* oblicuas

Se aplicarán los mismos requerimientos indicados en el artículo 2.3.2.7.

2.3.3.7. Definición de garganta efectiva en juntas *T* oblicuas

La garganta efectiva de juntas *T*, formando ángulos entre 60° y 30° , se define como la mínima distancia entre la raíz y la cara de la junta soldada menos la reducción dimensional del parámetro *Z*. La garganta efectiva de juntas *T*, formando ángulos entre 80° y 60° , ó mayores que 100° , se define como la mínima distancia entre la raíz y la cara de la junta soldada.

Tabla 2.2. Incremento de garganta efectivo Z (no tubular)

Ángulos diedros ψ	Posición de la Soldadura: V o OH		Posición de la Soldadura: H o F	
	Proceso	Z (mm)	Proceso	Z (mm)
$60^\circ > \psi \geq 45^\circ$	SMAW	3	SMAW	3
	FCAW-S	3	FCAW-S	0
	FCAW-G	3	FCAW-G	0
	GMAW	N/A	GMAW	0
$45^\circ > \psi \geq 30^\circ$	SMAW	6	SMAW	6
	FCAW-S	6	FCAW-S	3
	FCAW-G	10	FCAW-G	6
	GMAW	N/A	GMAW	6

2.3.3.8. Área efectiva en una junta T oblicua

El área efectiva o sección resistente de una junta T oblicua se define como el producto del largo efectivo multiplicado por la garganta efectiva.

2.4. REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS PARA UNIONES NO TUBULARES CARGADAS ESTÁTICA O CÍCLICAMENTE

2.4.1. Tensiones

2.4.1.1. Cálculo de tensiones

El cálculo de las tensiones nominales de diseño y el análisis con las tensiones admisibles correspondientes, se deberá efectuar utilizando métodos adecuados de cálculo y análisis, de acuerdo con los requerimientos mínimos de resistencia de las especificaciones de diseño establecidas en este Reglamento y en los Reglamentos CIRSOC 301-2005 y CIRSOC 302-2005 respectivamente.

2.4.1.2. Tensiones admisibles en metal base

Las tensiones calculadas para el metal base no deberán exceder las tensiones admisibles determinadas por las especificaciones de diseño siguiendo las directivas de este Reglamento y/o de los Reglamentos CIRSOC 301-2005 y CIRSOC 302-2005 respectivamente.

2.4.1.3. Tensiones admisibles en metal de soldadura

Las tensiones calculadas sobre el área efectiva de las uniones soldadas no deberán exceder las tensiones admisibles especificadas en la Tabla 2.3, método convencional de diseño por tensión admisible (**DTA** o **ASD**) de este Reglamento y/o las directivas de los Reglamentos CIRSOC 301-2005 y CIRSOC 302-2005 respectivamente que utilizan el método de diseño por factores de carga y resistencia (**DFR** o **LRFD**)

2.4.1.4. Tensiones en uniones soldadas con junta de filete

Las tensiones calculadas en juntas de filete deberán ser consideradas como tensiones de corte aplicadas sobre el área efectiva para cualquier dirección de aplicación de la carga.

Tabla 2.3. Tensiones admisibles para el diseño convencional (DTA o ASD) en cargas estáticas de uniones soldadas no tubulares

Tipo de unión soldada	Tipo de tensión aplicada		Tensiones admisibles	Nivel de resistencia requerido del metal de aporte ⁽¹⁾
Soldaduras con junta de penetración completa, JPC	Tracción normal al área efectiva		Igual al metal base	Se debe usar un metal de aporte que iguale el nivel de resistencia del metal base
	Compresión normal al área efectiva		Igual al metal base	Se debe usar un metal de aporte que iguale el nivel de resistencia del metal base o una clasificación 70 MPa en menos, compatible con el metal base.
	Tracción o compresión paralelas al eje de la soldadura		Sin consideración de diseño para la unión soldada	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor al metal base.
	Corte sobre el área efectiva		0,30 × mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma. La tensión de corte en el metal base será menor o igual que 0,40 × la tensión de fluencia del metal base	
Soldaduras con junta de penetración parcial, JPP	Compresión normal al área efectiva	Juntas diseñadas como resistentes	0,90 × mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma, pero menor o igual que 0,90 × la tensión de fluencia del metal base	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor al metal base.
		Juntas no diseñadas como resistentes	0,75 × mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma.	
	Tracción o compresión paralelos al eje de la soldadura		Sin consideración de diseño para la unión soldada	
	Corte paralelo al eje de la soldadura o al área efectiva		0,30 × mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma. La tensión de corte en el metal base será menor o igual que 0,40 × la tensión de fluencia del metal base	
	Tracción normal al área efectiva		0,30 × mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma.	
Soldadura de filete	Corte en el área efectiva		0,30 × mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor al metal base.
Soldadura de filete	Tracción o compresión paralelos al eje de la soldadura		Sin consideración de diseño para la unión soldada	
Soldaduras en Botón (tapón) y de Ranura (ojal o muesca)	Corte paralelo a las superficies de empalme (en el área efectiva)		0,30 × mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma, exceptuando que el esfuerzo de corte en el metal base será menor o igual que 0,40× la tensión de fluencia del metal base	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor al metal base.
(1) Para aplicar el criterio de igualación de resistencia del metal de aporte con el metal base ver la Tabla 3.1.				

2.4.2. Configuraciones y detalles generales en el diseño de uniones soldadas

2.4.2.1. Uniones de elementos estructurales y empalmes sometidos a compresión

Los empalmes de columnas, considerados como resistentes, deberán ser conectados mediante uniones soldadas con **JPP** o juntas de filete cuyas dimensiones deberán satisfacer como mínimo la condición de mantener las partes fijas en sus correspondientes posiciones. Para otros elementos estructurales resistentes (no columnas) las soldaduras de empalmes o uniones deberán mantener la fijación de las partes con una resistencia mínima equivalente al **50 %** de la correspondiente al elemento estructural.

Para todos estos mismos casos estructurales, sometidos a compresión, pero considerados como no resistentes, el diseño deberá ser para transmitir esfuerzo a los elementos estructurales correspondientes.

En todos los casos se deberá cumplir con los requerimientos de las Tablas 2.1. y 3.4.

Las uniones de elementos estructurales sometidos a la compresión sobre placas de base deberán garantizar la fijación segura, en posición, del elemento estructural en cuestión.

2.4.2.2. Cargas en la dirección del espesor del metal base

En uniones soldadas tipo esquina (**L** o **T**) se deberá prestar especial atención a las propiedades mecánicas en la dirección del espesor para el metal base seleccionado a fin de evitar el riesgo a desgarre laminar, particularmente para espesores mayores que **20 mm**. En tales casos se deberá asegurar la certificación de la resistencia a la tracción y la elongación a la rotura en la dirección del espesor para el metal base seleccionado. El diseño de las uniones soldadas deberá ser realizado de manera de reducir las tensiones sobre el metal base en la dirección del espesor y el tamaño de la soldadura deberá ser el mínimo necesario para las tensiones de diseño calculadas.

2.4.2.3. Aplicación combinada de diferentes tipos de juntas

Los diferentes tipos de juntas tales como de bisel (**JPP** o **JPC**), filete, ranura (ojal o muesca) o de botón (tapón) pueden ser aplicadas en forma combinada en una unión o conexión soldada. La resistencia de la unión deberá ser calculada como la suma de las resistencias individuales de cada tipo de soldadura en relación con la dirección de aplicación de la carga. Este método aditivo no considerará las soldaduras de refuerzo con filetes, aplicadas en uniones con **JPP**.

2.4.2.4. Soldadura de contorneado o terminación en juntas en *T* y esquina

Las soldaduras de filete pueden ser aplicadas en uniones **JPP** y **JPC** del tipo **T** y esquina de manera tal de realizar un contorneado o terminación con el fin de reducir la concentración de tensiones. El tamaño o cateto máximo para este tipo de filete deberá ser menor o igual que **8 mm**.

2.4.2.5. Combinación de unión soldada con unión remachada o fijada por bulones

Este Reglamento permite la unión soldada a un elemento estructural que se encuentre remachado o unido con bulones a otro. En ningún caso este tipo de combinación podrá ser considerada para la resistencia de las uniones en forma conjunta, de manera que la soldadura deberá ser calculada para soportar por si misma las cargas en la unión.

2.4.3. Configuraciones y detalles en el diseño en uniones soldadas con juntas biseladas

2.4.3.1. Transiciones en espesores y anchos

Las juntas a tope de elementos estructurales 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 sea menor que $1/2,5$, tal como se indica en la Figura 2.4. para espesores y en la Figura 2.5. para anchos.

2.4.3.2. Aplicación de soldadura intermitente o discontinua

Su aplicación no está permitida en uniones con **JPC**.

La aplicación de soldadura intermitente está permitida en uniones con **JPP** para transferir tensiones de corte entre las partes estructurales conectadas.

2.4.4. Configuraciones y detalles en el diseño de uniones soldadas con juntas de filete

2.4.4.1. Juntas solapadas o yuxtapuestas

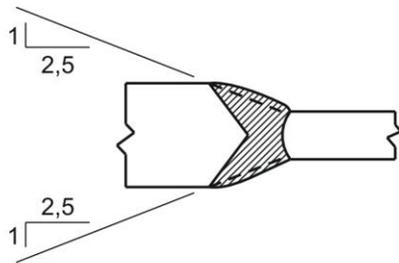
Las soldaduras de doble filete transversal se deberán aplicar en uniones solapadas cuyos elementos estructurales estén sometidos a cargas en la dirección axial, tal como se indica en la Figura 2.6.

El solape mínimo para la unión deberá ser mayor que cinco veces el espesor de la parte más fina pero mayor o igual que **25 mm**.

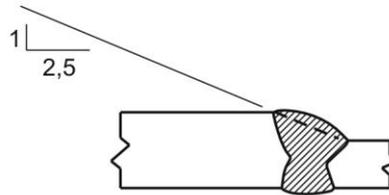
2.4.4.2. Soldadura de Filete Longitudinal

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 2.7. 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 2.7.

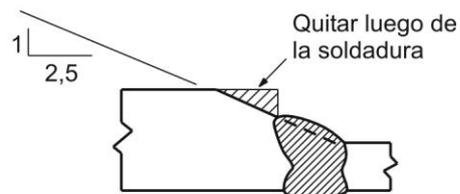
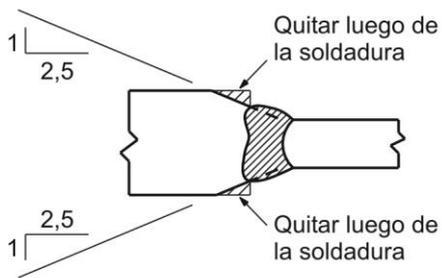
Alineación por la línea de centros
(Aplicable particularmente a las chapas del alma de las vigas)



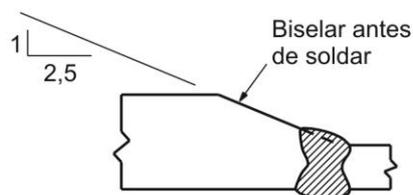
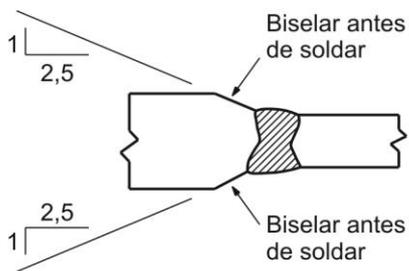
Alineada en forma descentrada
(Aplicable particularmente a las chapas de las alas)



Transición con pendiente o inclinación de la superficie de soldadura



Transición con pendiente o inclinación de la superficie de soldadura y biselado



Transición por biselado del elemento estructural de mayor espesor

Figura 2.4. Transición de juntas a tope en elementos estructurales de distintos espesores (no tubulares).

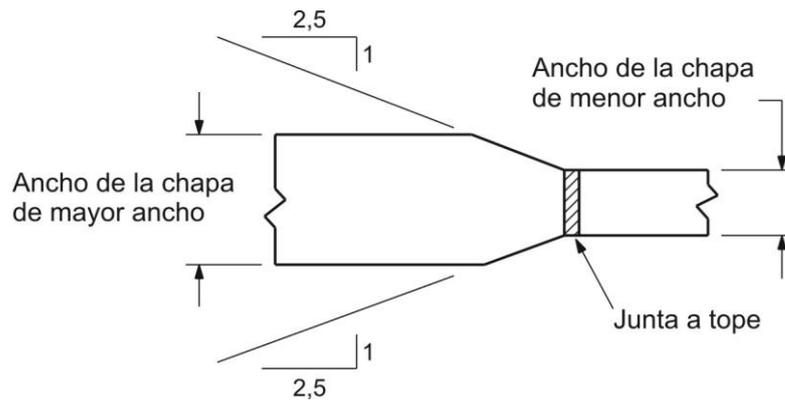
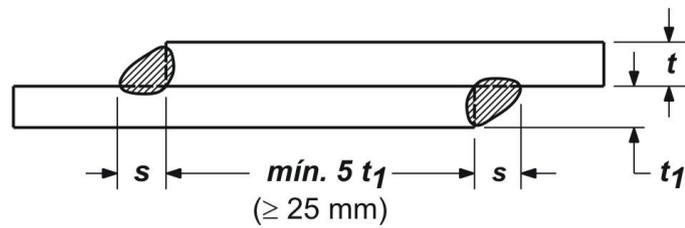
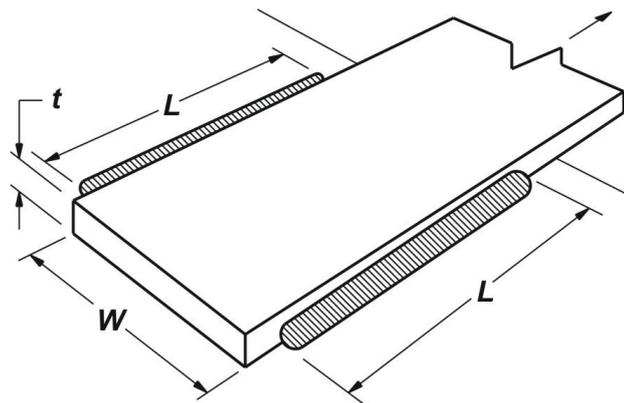


Figura 2.5. Transición de anchos (cargado estáticamente, unión no tubular).



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

Figura 2.6. Soldadura de filete con aplicación de carga transversal.



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

Figura 2.7. Largo mínimo de soldaduras de filete longitudinal en los bordes o extremos de chapas.

2.4.4.3. Terminaciones en las soldaduras de filete

Las terminaciones en soldaduras de filete se podrán extender 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) Las 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 2.8.
- (2) En las 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 2.9.
- (3) Los 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) En lados opuestos de un plano en común, la soldadura de filete de estos deberá ser terminada fuera de la esquina común a ambas soldaduras, tal como se indica en la Figura 2.10.
- (5) La soldadura de filete alrededor de orificios circulares o rectangulares, puede ser aplicada como junta de solape apta para solicitaciones de corte, evitar pandeo o evitar separación de partes solapadas. La separación y las dimensiones mínimas de los orificios estarán de acuerdo con el artículo 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) La soldadura de filete intermitente, puede ser aplicada para transferir tensiones entre los elementos estructurales unidos.

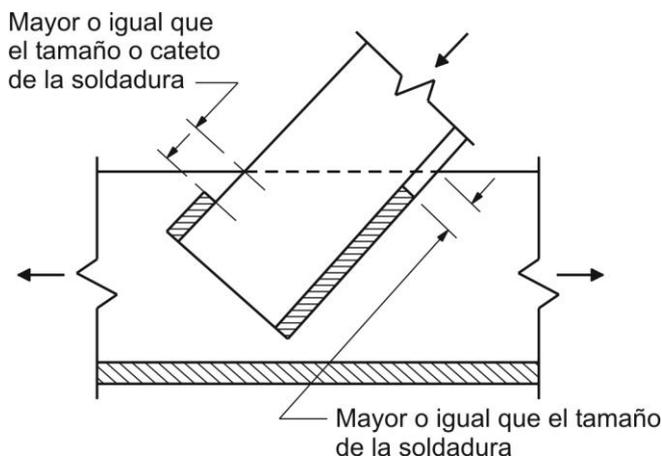


Figura 2.8. Terminaciones de las soldaduras próximas a los bordes de elementos estructurales sometidos a tracción.

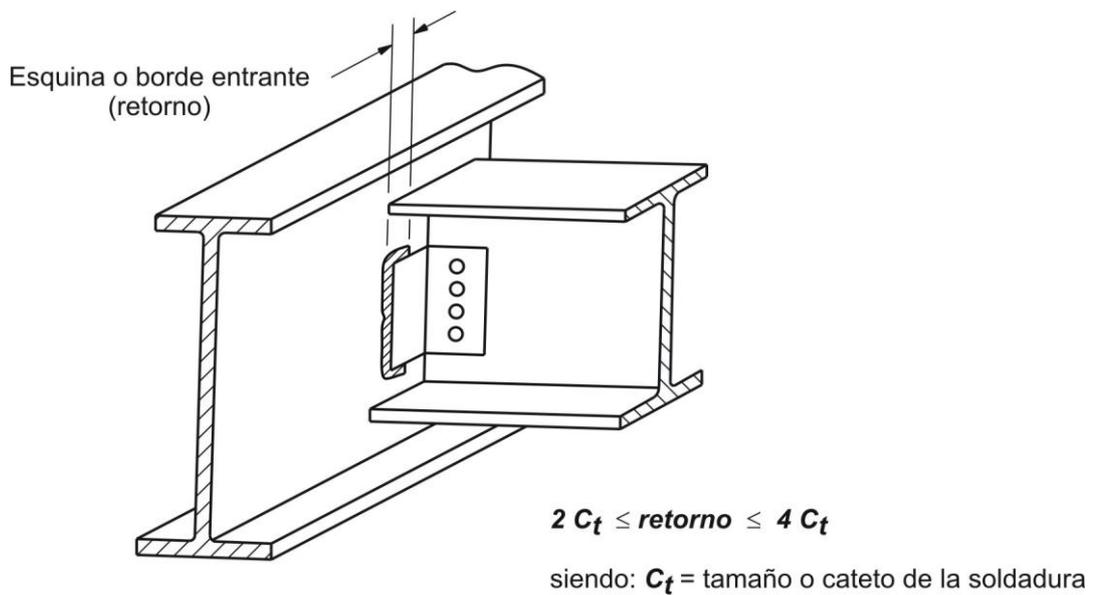


Figura 2.9. Esquinas entrantes o con retorno en uniones flexibles de elementos estructurales.

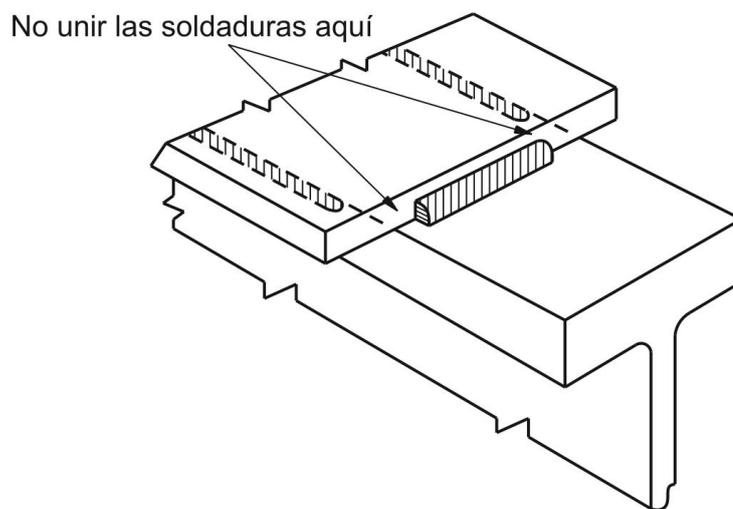


Figura 2.10. Soldaduras de filete en los lados opuestos sobre un plano en común.

2.4.5. Configuraciones y detalles en el diseño de uniones con soldaduras de tapón (botón) o de ranura (ojal o muesca)

2.4.5.1. 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.

2.4.5.2. Limitaciones

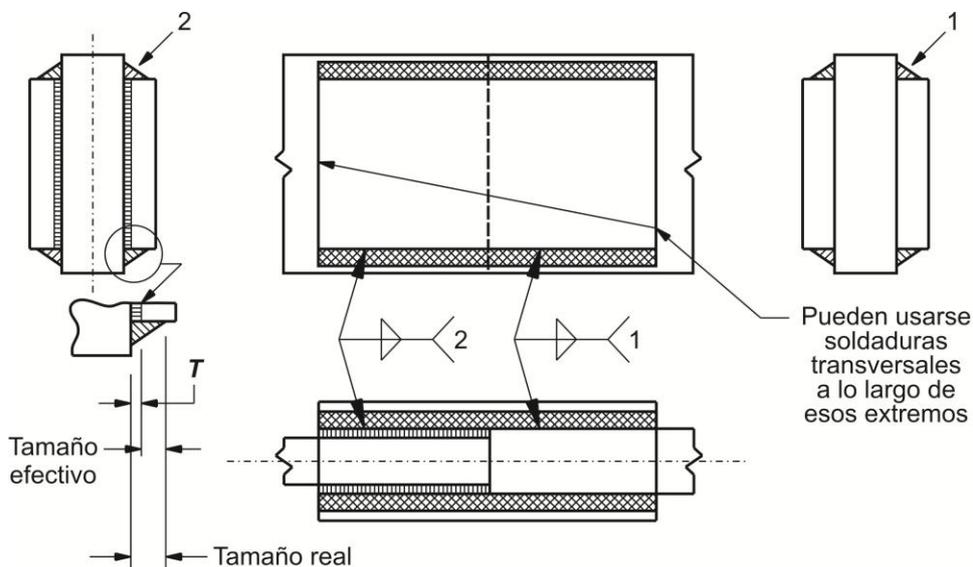
Las uniones soldadas de botón o ranura no deberán ser aplicadas en aceros estructurales templados y revenidos o con un límite de fluencia mayor que **490 MPa**.

2.4.6. Chapas de relleno para empalmes

Este tipo de chapas se pueden utilizar 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:

2.4.6.1 Chapas de relleno con espesor delgado

Las 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 sea **menor que 6 mm** o cuando **sea mayor que 6 mm pero no apto para 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 2.11.



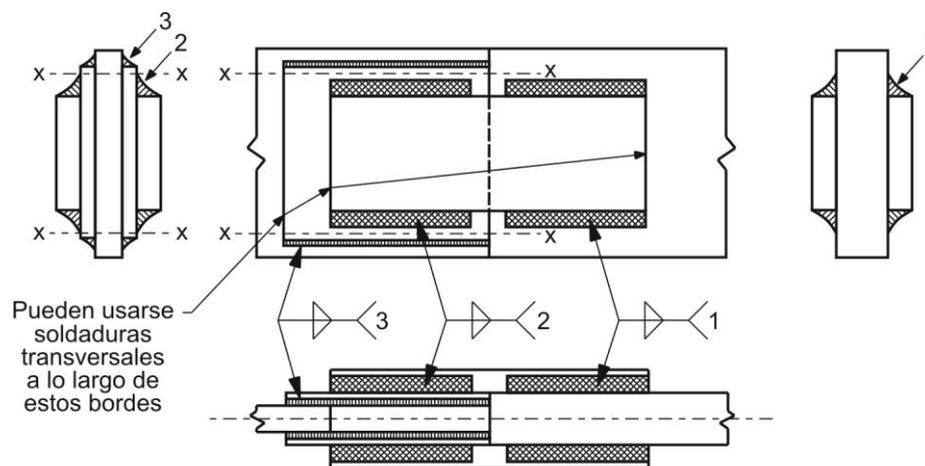
Nota: El área efectiva de la soldadura 2 debe ser igual que el área efectiva de la soldadura 1, pero su tamaño debe ser igual a su tamaño efectivo más el espesor de la chapa de relleno T .

Figura 2.11. Chapas de relleno para empalmes de espesor fino.

2.4.6.2. Chapas de relleno con espesor grueso

Cuando el espesor de la chapa de relleno sea **mayor que 6 mm** y resulte 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 2.12.



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 2.12. Chapas de relleno para empalmes de espesor grueso.

2.5. REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS PARA UNIONES NO TUBULARES CARGADAS CÍCLICAMENTE

2.5.1. Campo de validez

Este artículo se debe aplicar solamente a componentes no tubulares y a uniones sujetas a cargas cíclicas de una frecuencia y magnitud suficiente para iniciar fisuras que lleven al modo de falla por fatiga. Este artículo provee un método para evaluar los efectos de las fluctuaciones repetidas de tensión sobre elementos estructurales no tubulares soldados para minimizar la posibilidad de falla por fatiga.

2.5.2. Otras Previsiones

Las prescripciones dadas en los artículos 2.2., 2.3. y 2.4. serán aplicables al diseño de los elementos y uniones sujetas a los requisitos especificados en este artículo 2.5.

2.5.3. Responsabilidad del Ingeniero

El Ingeniero responsable proveerá los detalles completos, incluyendo tamaño de soldadura, especificará la vida útil de diseño y el valor máximo de los momentos, esfuerzos de corte y las reacciones para las uniones en los documentos del contrato.

2.5.4. Limitaciones

2.5.4.1. Umbral de tensiones

Ninguna evaluación de la resistencia a la fatiga será requerida si el rango de tensión es menor que el umbral, F_{TH} , tal como se indica en la Tabla 2.4., que por su extensión se ubica al final de este Capítulo.

2.5.4.2. Fatiga de bajo número de ciclos

Las prescripciones dadas en el artículo 2.5. no son aplicables a casos de bajo número de ciclos que produzcan tensiones en el rango elasto-plástico.

2.5.4.3. Protección contra la corrosión

La resistencia a la fatiga descrita en el artículo 2.5. es aplicable a estructuras con protección contra la corrosión apropiada, o sujetas solamente a ambientes suavemente corrosivos como las condiciones atmosféricas normales.

2.5.4.4. Elementos redundantes y no redundantes

Este Reglamento no reconoce una diferencia entre elementos redundantes y no redundantes.

2.5.5. Cálculo de tensiones

2.5.5.1. Análisis elástico

Las tensiones calculadas y los rangos de tensión deben ser nominales, basados en el análisis de tensión lineal elástico. Los esfuerzos no necesitan ser amplificados por los factores de concentración de tensión para las discontinuidades geométricas locales.

2.5.5.2. Esfuerzo axial y de flexión

En el caso de la tensión axial combinada con flexión, la tensión combinada máxima será la correspondiente a los casos de carga aplicados simultáneamente.

2.5.5.3. Secciones simétricas

Para los componentes con secciones transversales simétricas, las uniones soldadas se deben realizar en forma simétrica con respecto al eje del elemento, o se deben realizar consideraciones adecuadas para distribuciones asimétricas de esfuerzos.

2.5.5.4. Componentes en ángulo

Para componentes en ángulo cuyas cargas son aplicadas en forma axial, el centro de gravedad de las uniones soldadas debe estar entre la línea del centro de gravedad de la sección transversal del ángulo y la línea de centro del cateto de la unión. Si el centro de gravedad de la soldadura de conexión está fuera de esta zona, los esfuerzos totales, incluyendo los debidos a la excentricidad respecto al centro de gravedad del ángulo, no deben exceder aquellos permitidos por este Reglamento.

2.5.6. Tensiones admisibles y rangos de tensión

2.5.6.1. Tensiones admisibles

Las tensiones calculadas en las soldaduras no deberán superar las tensiones admisibles especificadas en la Tabla 2.3 y en los Reglamentos CIRSOC 301-2005 y CIRSOC 302-2005. Esto significa que el rango de tensión admisible (tensión de fatiga) no debe superar las tensiones admisibles de la Tabla 2.3.

2.5.6.2 Rangos de tensión admisibles

El rango de tensión se define como la magnitud de la fluctuación en la tensión que resulta de la aplicación y retiro repetidos de la carga. En el caso de tracción – compresión cíclica, el rango de tensión será calculada como la suma algebraica de las tensiones de tracción máxima y de compresión mínima, o la suma de las máximas tensiones de corte en sentidos opuestos, para una condición en particular correspondiente a una determinada forma del ciclo de aplicación de la carga dinámica. El rango calculado de tensión no excederá el máximo calculado por las expresiones (1) a (4), si resultan aplicables. La Figura 2.13. representa gráficamente las expresiones (1) a (4) para categorías, **A**, **B**, **B'**, **C**, **D**, **E**, **E'**, y **F**.

Para categorías **A**, **B**, **B'**, **C**, **D**, **E**, y **E'**, el rango de tensión no superará F_{SR} determinado por la expresión (1).

$$F_{SR} = \left(\frac{C_f \cdot 329}{N} \right)^{0,333} \geq F_{TH} \quad (1)$$

siendo:

F_{SR} el rango de tensión admisible, en MPa.

C_f el coeficiente de fatiga de la Tabla 2.4. (ubicada al final de este Capítulo) para todas las categorías excepto la **F**.

N número de ciclos para la condición de diseño prefijada.

F_{TH} el umbral del rango de tensión de fatiga, es decir, el máximo rango de tensión para la vida ilimitada, en MPa.

Para categoría **F** de tensión, el rango de tensión no superará el valor F_{SR} determinado por la expresión (2).

$$F_{SR} = \left(\left(\frac{C_f \cdot 11 \times 10^4}{N} \right)^{0,167} \geq F_{TH} \right) \quad (2)$$

siendo:

C_f la constante de fatiga de la Tabla 2.4. (ubicada por su extensión al final de este Capítulo) para la categoría F .

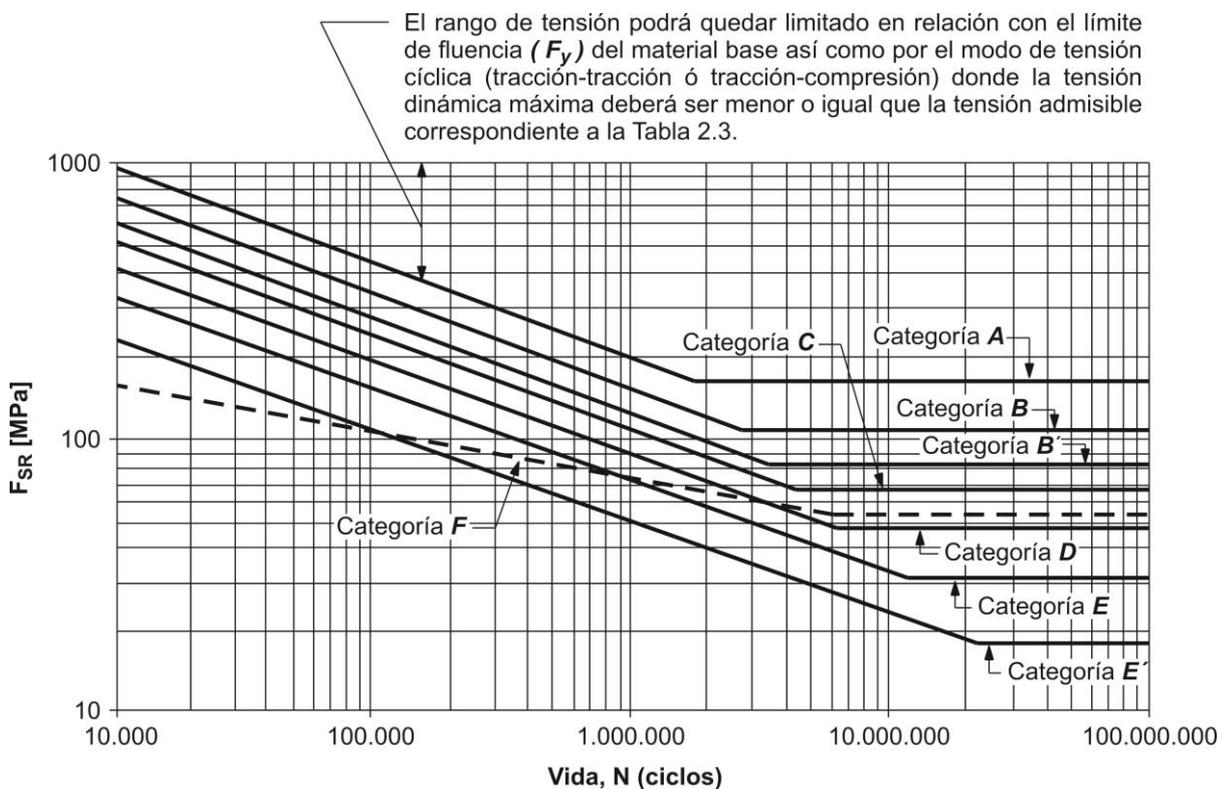


Figura 2.13. Rango de tensiones admisibles para cargas ciclicamente aplicadas (fatiga) en uniones no tubulares (corresponde a Tabla 2.4.).

Para elementos de placa o planos cargados bajo tensión en uniones cruciforme, en T y en esquina, con soldaduras JPC , JPP , soldaduras de filete o combinaciones de éstas, transversales a la dirección de la tensión, el rango de tensión máximo sobre la sección transversal del elemento de placa será determinado de acuerdo con con los puntos (a), (b), o (c) tal como se indica a continuación:

- (a) Para la sección transversal de un elemento de placa o plano, el rango de tensión máximo sobre el metal base en la sección transversal, sobre el borde o extremo de la soldadura (considerado como potencial punto de iniciación de la fisura), será menor o igual que F_{SR} , determinado por la siguiente expresión (3) de la categoría de tensión C :

$$F_{SR} = \left(\left(\frac{14,4 \times 10^{11}}{N} \right)^{0,333} \geq 68,9 \text{ MPa} \right) \quad (3)$$

- (b) Para uniones de elementos estructurales de placa o planos bajo tensión con soldaduras de **JPP** transversales, con o sin refuerzo y contorneado de filete, el rango de tensión máximo sobre la sección transversal de metal base en el borde o extremo de la soldadura (considerando punto de iniciación de fisura a la raíz de la soldadura), será menor o igual que F_{SR} determinado por la expresión (4).

$$F_{SR} = \left(R_{JPP} \left(\frac{14,4 \times 10^{11}}{N} \right)^{0,333} \right) \quad (4)$$

siendo:

R_{JPP} el factor de reducción para uniones con **JPP** reforzadas o no reforzadas.

$$R_{JPP} = \frac{1,12 - 1,01 \left(\frac{2a}{t_p} \right) + 1,24 \left(\frac{W}{t_p} \right)}{t_p^{0,167}} \leq 1,0$$

$2a$ el tamaño de la ranura o cara de raíz no soldada en dirección al espesor del elemento estructural, en mm.

t_p el espesor del elemento estructural, en mm.

W el tamaño del filete de refuerzo o de contorno, en dirección al espesor de la placa bajo tensión, en mm.

- (c) Para uniones de elementos estructurales de placa (o planos), usando dos (un par) soldaduras de filete, el rango de tensión máximo sobre la sección transversal del metal base en el borde de la soldadura (considerando como punto de iniciación de la fisura a la raíz de la soldadura) debido a la tensión en la raíz, no superará F_{SR} determinado por la expresión (5).

Adicionalmente, el rango de tensión de corte sobre la garganta de la soldadura no superará F_{SR} según la expresión (2) para Categoría **F**.

$$F_{SR} = \left(R_{FIL} \left(\frac{14,4 \times 10^{11}}{N} \right)^{0,333} \right) \quad (5)$$

siendo:

R_{FIL} el factor de reducción para juntas donde sólo se usa un par de soldaduras de filete transversal.

$$R_{FIL} = \frac{0,10 + 1,24 \left(\frac{W}{t_p} \right)}{t_p^{0,167}} \leq 1,0$$

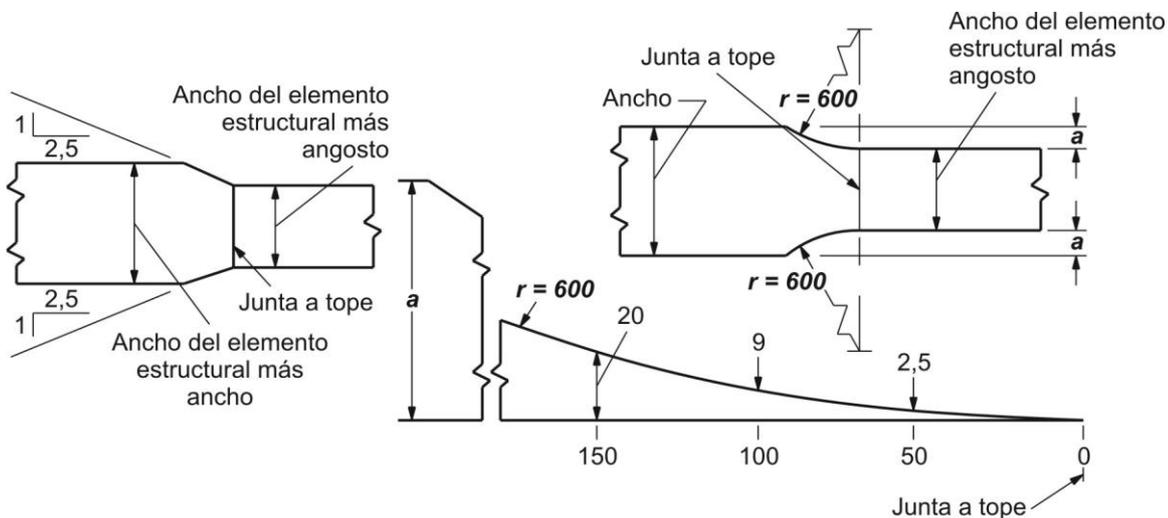
2.5.7. Transiciones en espesor y ancho

2.5.7.1. Transiciones de espesor en uniones soldadas a tope

Las juntas a tope entre partes con espesores desiguales y que están sometidas a tensión cíclica tendrán transiciones suaves entre superficies de compensación con pendientes no mayores que **1/2,5** respecto de la superficie de cualquiera de las partes. La transición podrá ser realizada inclinando las superficies de soldadura, mecanizando la pendiente sobre la parte más gruesa, o por una combinación de los dos métodos (ver la Figura 2.4.).

2.5.7.2. Transiciones de ancho en uniones soldadas a tope

Las juntas a tope entre partes de ancho desigual sujeta a la tensión cíclica tendrán una transición suave entre los contornos de compensación con pendiente no mayor que **1/2,5** respecto del borde de cualquiera de las partes o deberán tener una transición con un radio de acuerdo mínimo de **600 mm**. Dicho radio deberá ser tangente a la línea de borde de la parte más fina a unir, en el centro de la línea de unión a tope (ver la Figura 2.14.). Un incremento del rango de tensión puede ser usado en aceros que tienen una tensión de fluencia mayor que **620 MPa**, con los detalles del radio incorporados, (ver la Figura 2.14.).



Nota: Este esquema es mandatorio para aceros con un límite de fluencia igual o mayor que 620 MPa.

(medidas en mm)

Figura 2.14. Transiciones de ancho en estructuras no tubulares cargadas cíclicamente.

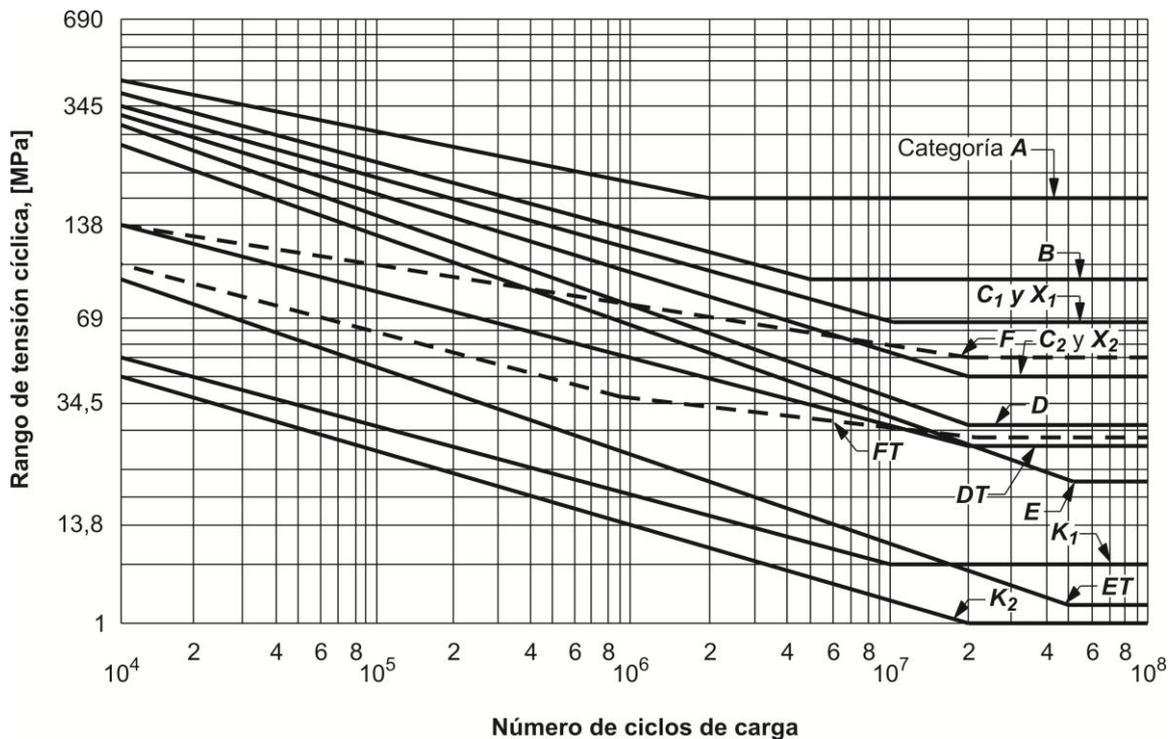


Figura 2.15. Rango de tensiones de fatiga admisibles para las categorías de tensión de la Tabla 2.6. Estructuras redundantes tubulares para servicio atmosférico.

2.5.8. Respaldo

2.5.8.1. Soldaduras con respaldo

Los requerimientos para soldaduras con respaldo, que incluyen si el respaldo será quitado o dejado en su lugar (permanente), serán determinados de acuerdo con las especificaciones de los artículos 2.5.8.2., 2.5.8.3. y 2.5.8.4., y las categorías de rango de tensión corresponderán a las especificadas en la Tabla 2.4. (ubicada por su extensión al final de este Capítulo). La categoría de tensión de fatiga se establecerá en relación con la configuración geométrica correspondiente. La categoría de fatiga y el detalle de soldadura a ser usado se determinará en la ubicación requerida. Se deberá considerar si las soldaduras de punteado estarán dentro de la junta o fuera de la misma y si el respaldo quedará fijo o será removido para establecer la categoría de rango de tensión.

2.5.8.2. Uniones soldadas JPC en T y en esquina hechas de un solo lado

Las soldaduras para la fijación del respaldo podrán ser hechas dentro o fuera de la junta.

El respaldo para juntas sometidas a cargas de tracción cíclica (fatiga) en la dirección transversal a las mismas deberá ser removido, procurando que el acabado superficial de la raíz sea consistente con el de la cara de la junta soldada. Cualquier discontinuidad inaceptable verificada luego del retiro del respaldo será reparada siguiendo las directivas de este Reglamento.

2.5.8.3. Uniones a tope con JPC

Las soldaduras para la fijación del respaldo podrán ser hechas dentro o fuera de la junta salvo restricciones impuestas por la descripción de la categoría de tensión. Las soldaduras de punteado ubicadas fuera de la junta se aplicarán a una distancia mínima de **12 mm** respecto del borde de la junta. El respaldo podrá quedar fijo o ser removido salvo restricciones impuestas por la descripción de la categoría de tensión usada en el diseño.

2.5.8.4. Uniones soldadas con juntas longitudinales y en esquina

Cuando se utilice respaldo, el mismo se aplicará en forma continua a todo el largo de la junta. Las soldaduras para la fijación del respaldo podrán ser hechas dentro o fuera de la junta.

2.5.9. Soldaduras de contorno en juntas de esquina y en T

En uniones soldadas con juntas transversales de esquina y en **T**, sometidas a tensiones de tracción o tensiones debidas a flexión, se deberá aplicar en esquinas entrantes una soldadura de contorno con filete de una sola pasada y cateto no menor que **6 mm**.

2.5.10. Bordes cortados con procesos a la llama

Los bordes cortados con procesos de llama no necesitan ser analizados siempre que cubran las provisiones dadas en el artículo 5.15.4.3. de este Reglamento.

2.5.11. Uniones soldadas a tope bajo cargas transversales

En las juntas transversalmente cargadas, se podrán usar extensiones de las uniones soldadas para obtener la terminación de la soldadura fuera de los límites de la misma. Dichas extensiones deberán ser removidas y la soldadura deberá ser terminada al ras con el borde del elemento estructural.

2.5.12. Terminación de las soldaduras de filete

Además de los requisitos especificados en el artículo 2.4.4.3. se aplicarán las siguientes terminaciones de soldadura en condiciones de cargas cíclicas (fatiga). Para conexiones de elementos estructurales de importancia, sometidos a carga cíclica de frecuencia y magnitud que pueda provocar la iniciación de falla progresiva en un punto de máxima tensión en el final, o extremo de la soldadura, se aplicarán soldaduras de filete a modo de retomas o entrantes alrededor del extremo o final, a una distancia no menor que dos veces el tamaño nominal o cateto de la soldadura.

2.5.13. Juntas y soldaduras no permitidas

2.5.13.1. Uniones soldadas con juntas de acceso por un solo lado

Este Reglamento no permite las juntas hechas de un lado solamente sin la aplicación de respaldo metálico en acero o hechas con respaldo de otro tipo de material, cuya **EPS** no ha sido calificada de conformidad con este Reglamento. Quedarán exceptuadas las juntas soldadas de un solo lado aplicables a:

- 1) Elementos estructurales secundarios o no sometidos a acciones de carga.
- 2) Juntas de esquina paralelas a la dirección de la tensión calculada entre componentes de elementos estructurales armados o contruoidos.

2.5.13.2. Juntas soldadas a tope en posición plana

Para uniones soldadas a tope en posición plana se deberán utilizar, cuando sea practicable, juntas **V** o **U**.

2.5.13.3. Soldaduras de filete menores que 5 mm

Las soldaduras de filete menores que **5 mm no están permitidas**.

2.5.13.4. Uniones soldadas JPC en T y esquina con respaldo permanente

Las uniones soldadas **JPC** en **T** y en esquina con respaldo permanente, sujetas a tensiones de tracción cíclicas, **están prohibidas**.

2.6. REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS PARA UNIONES TUBULARES CARGADAS ESTÁTICA Y CÍCLICAMENTE

2.6.1. Campo de validez

Este artículo 2.6. se debe aplicar solamente a componentes estructurales tubulares, y será utilizado conjuntamente con los requisitos aplicables según el artículo 2.3. Todas las indicaciones del artículo 2.6. son aplicables a acciones de cargas estáticas y cíclicas, con la excepción de las previsiones para fatiga dadas en el artículo 2.6.3.6. que son únicamente para las aplicaciones cíclicas.

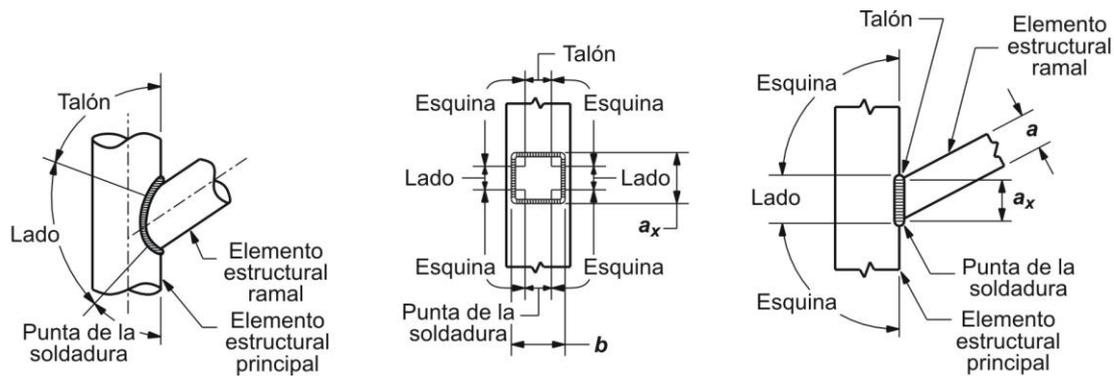
2.6.2. Excentricidad

Los momentos causados por la desviación importante de uniones concéntricas serán estipulados en el análisis y el diseño, ver la Figura 2.16. (H) para una ilustración de una unión excéntrica.

2.6.3. Tensiones admisibles

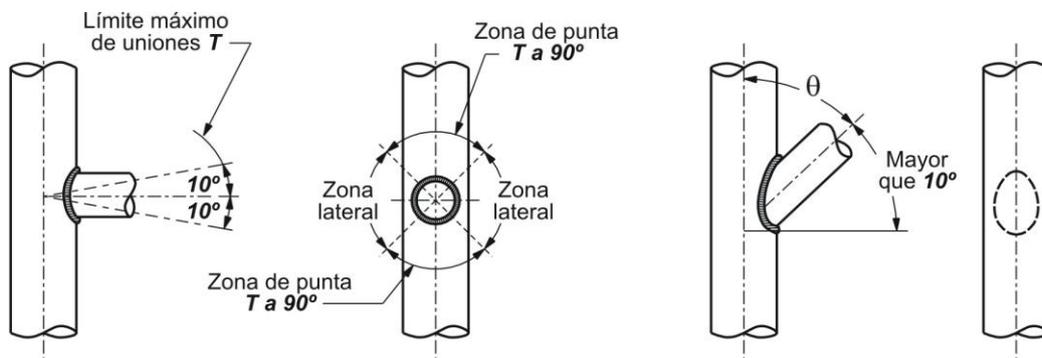
2.6.3.1. Tensiones en el metal base

Estas previsiones pueden ser usadas en conjunto con cualquier especificación de diseño aplicable que utilice tanto el criterio de tensión admisible (**DTA** o **ASD**) como el de factores de resistencia (**DFR** o **LRFD**). Teniendo en consideración la especificación de diseño aplicable se efectuarán las consideraciones para el diseño de uniones tubulares descriptos en los artículos 2.6.3.5., 2.6.3.6. y 2.6.3.7. Las tensiones en el metal base serán las indicadas en las especificaciones de diseño aplicables, con las limitaciones que se establecen en los siguientes artículos.



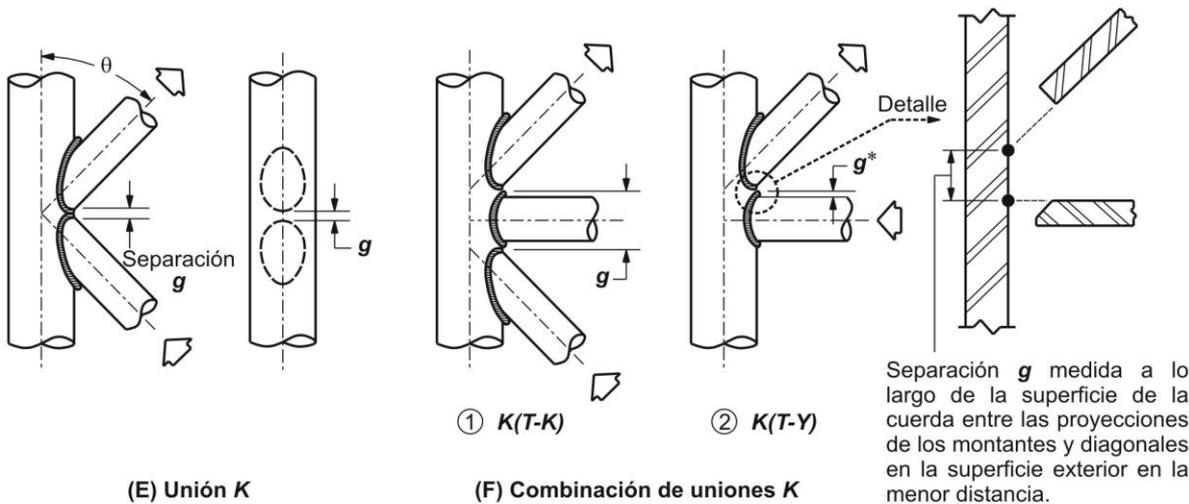
(A) Secciones circulares

(B) Secciones rectangulares



(C) Uniones T

(D) Unión Y

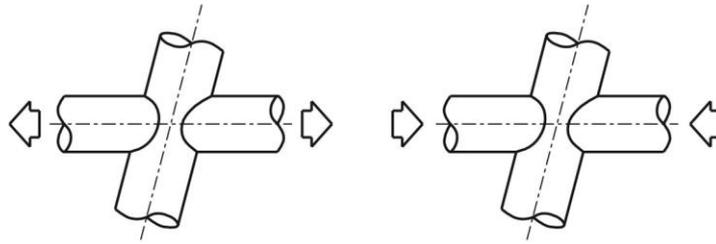


(E) Unión K

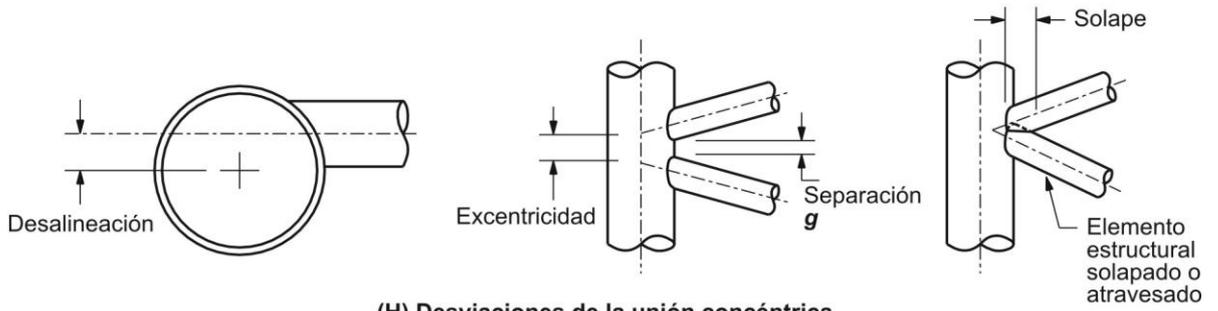
(F) Combinación de uniones K

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

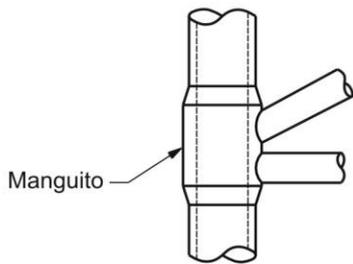
Figura 2.16. Formas típicas de una unión tubular.



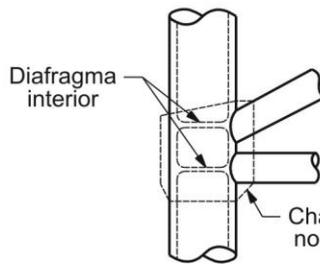
(G) Uniones en cruz



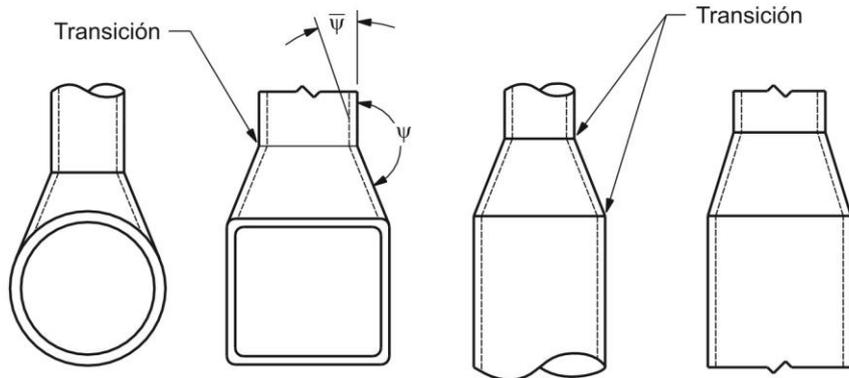
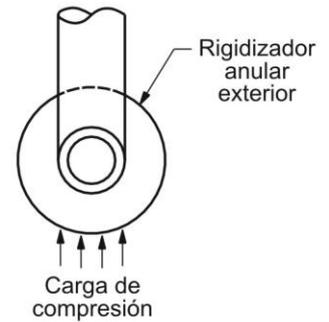
(H) Desviaciones de la unión concéntrica



(I) Unión tubular simple

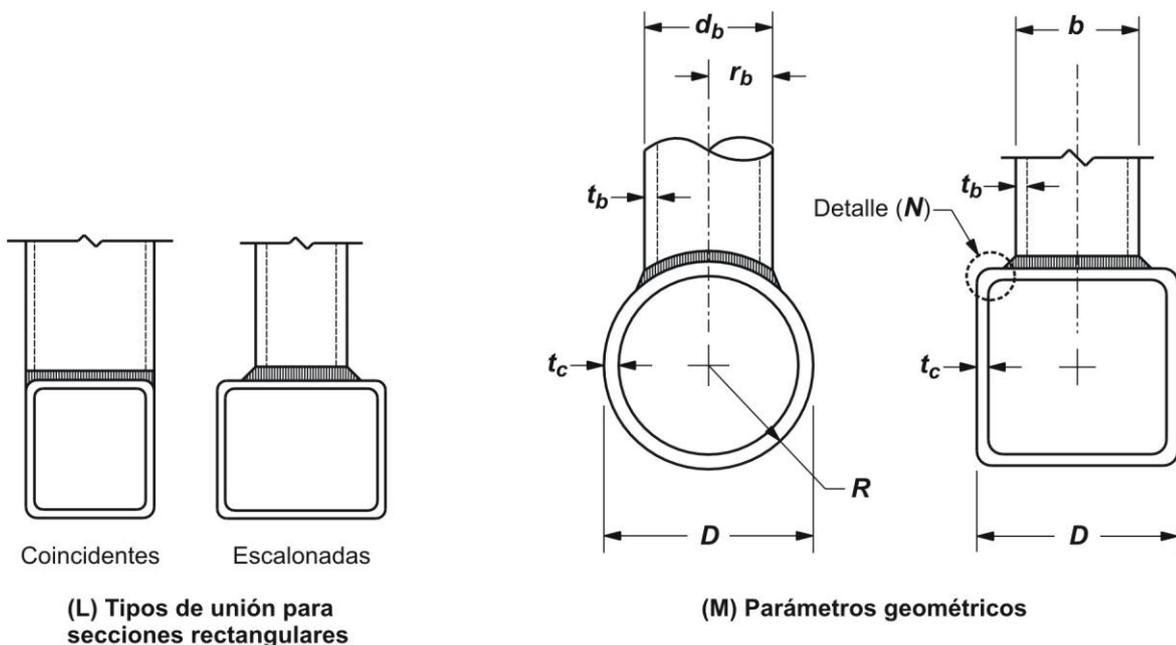


(J) Ejemplos de uniones reforzadas complejas



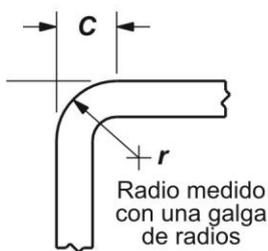
(K) Uniones ensanchadas y transiciones

Figura 2.16. (continuación). Formas típicas de una unión tubular.



(L) Tipos de unión para secciones rectangulares

(M) Parámetros geométricos



(N) Dimensión de la esquina o medida del radio

Parámetro	Secciones circulares	Secciones rectangulares
β	r_b / R ó d_b / D	b / D
η	-	a_x / D
γ	R / t_c	$D / 2 t_c$
τ	t_b / t_c	t_b / t_c
θ	Ángulo entre las líneas de centros de los componentes	
ψ	Ángulo 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 una unión tubular.

2.6.3.2. Limitaciones en tubos de secciones circulares y rectangulares

Las limitaciones en la relación diámetro/espesor para secciones circulares, y la mayor proporción de ancho/espesor en secciones rectangulares, más allá de que se consideren efectos de pandeo local u otros modos de falla locales, deberán estar de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 302-2005.

2.6.3.3 Tensiones de soldadura

Las tensiones admisibles en las soldaduras no deberán exceder los valores indicados en la Tabla 2.5. (ubicada por su extensión al final de este Capítulo), excepto en el caso de las modificaciones indicadas en los artículos 2.6.3.5., 2.6.3.6., y 2.6.7.

2.6.3.4. Tensiones de fibra

Las tensiones de fibra debido a flexión no excederán los valores descritos para tracción y compresión, a menos que los elementos estructurales sean secciones compactas (capaces de desarrollar el momento plástico total) y ninguna soldadura transversal será calculada para desarrollar totalmente la resistencia de las secciones unidas.

2.6.3.5. Diseño por factor de resistencia (*DFR* o *LRFD*)

El factor de resistencia (ϕ) puede ser usado de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$\phi P_u = \sum (LF \times Carga) \quad \text{o} \quad \phi M_u = \sum (LF \times Carga) \quad (6) \text{ y } (7)$$

siendo:

P_u la carga última,

M_u el momento último y

LF el factor de carga definido para el diseño por factor de resistencia (*DFR* o *LRFD*) aplicado en el Reglamento CIRSOC 302-2005.

2.6.3.6. Fatiga en uniones tubulares

2.6.3.6.1. Rangos de tensiones y tipos de elementos

En el diseño de elementos y uniones tubulares sujetas a tensiones de fatiga, la consideración será dada por el número de ciclos, el rango esperado de tensión así como el tipo y ubicación del elemento o detalle estructural.

2.6.3.6.2. Categorías de tensión de fatiga

El tipo y la ubicación del material o elemento estructural serán categorizados como se indica en la Tabla 2.6. (ubicada por su extensión al final de este Capítulo).

2.6.3.6.3. Limitación básica de la tensión admisible

Cuando la especificación de diseño aplicable tenga un requisito de fatiga, la tensión máxima no deberá exceder de la tensión admisible básica calculada por la metodología utilizada de acuerdo con el presente Reglamento así como el rango de tensión para un número en particular de ciclos no deberá exceder los valores dados en la Figura 2.15.

2.6.3.6.4. Daño acumulativo

En aquellos lugares donde el espectro o la condición de fatiga se presente en rangos de tensiones de amplitud y frecuencia variables, la proporción de daño acumulativo, D , para la sumatoria de todas las aplicaciones de carga no excederá la unidad, tal como se indica en la siguiente expresión:

$$D = \sum \frac{n}{N} \quad (8)$$

siendo:

- n*** el número de ciclos aplicados en un rango de tensiones dado.
- N*** el número de ciclos para alcanzar el rango de tensión admisible dada en la Figura 2.15.

2.6.3.6.5. Elementos críticos

Para elementos críticos cuyo modo de falla único sería catastrófico, el valor de ***D*** será limitado al valor de **1/3** (ver el artículo 2.6.3.6.4.).

2.6.3.6.6. Mejoramiento del comportamiento en fatiga

Con el propósito de mejorar el comportamiento en fatiga y siempre que se lo especifique en los documentos de contrato, el procedimiento que se indica a continuación podrá ser utilizado para soldaduras tubulares en ***K***, ***Y***, o ***T***:

- (1) Una capa o pasada de terminación podrá ser aplicada con el propósito de que la superficie soldada presente una terminación o acuerdo suave con el metal base contiguo, y se aproxime al perfil mostrado en la Figura 3.10. Se recomienda que las eventuales muescas en el perfil de soldadura no tengan una profundidad mayor que **1 mm**.
- (2) La superficie de soldadura podrá ser amolada a fin de aproximarla al perfil mostrado en la Figura 3.10. Las marcas por amolado serán transversales al eje de soldadura.
- (3) El borde o extremo del cordón de soldadura podrá ser martillado con una herramienta o dispositivo de punta redondeada para producir una deformación plástica local que mejore la transición entre soldadura y metal base produciendo tensiones residuales de compresión. Tal procedimiento será hecho después de la inspección visual y al martillado le seguirá un ensayo de partículas magnéticas (***PM***). Deberá ser considerada la posibilidad de degradación de la tenacidad, la fractura o la sensibilidad a la entalla, en nivel local, debido al procedimiento de martillado.

Para calificar las categorías de fatiga ***X1*** y ***K1***, en las soldaduras representativas (todas las soldaduras para estructuras no redundantes o donde el procedimiento indicado arriba ha sido aplicado) se aplicará ***PM*** para discontinuidades superficiales y subsuperficiales. Cualquier indicación que no pueda ser resuelta por un amolado suave será reparada en conformidad con el artículo 5.26.1.4.

2.6.3.6.7. Efectos de tamaño y perfil

La aplicabilidad de soldaduras para las categorías de fatiga enumeradas a continuación será limitada a los siguientes tamaños de soldadura o a espesores de metal base:

- C1** 50 mm elemento estructural más delgado en la transición
- C2** 25 mm accesorio adosado
- D** 25 mm accesorio adosado
- E** 25 mm accesorio adosado
- ET** 38 mm ramal
- F** 18 mm tamaño de la soldadura
- FT** 25 mm tamaño de la soldadura

Para aplicaciones que sobrepasen estos límites, la consideración debe tender a reducir las tensiones admisibles o mejorar el perfil de soldadura.

Para uniones **K**, **T** e **Y** se deberán asignar dos niveles de prestaciones o categorías de fatiga, de acuerdo con la Tabla 2.7. El profesional responsable del diseño definirá cuándo se debe aplicar el Nivel I. A falta de dicha definición o para aplicaciones donde la fatiga no sea una consideración, el Nivel II será el estándar mínimo aceptable.

Tabla 2.7. Límites de las categorías de fatiga en el tamaño de soldadura o espesores y perfil de soldadura (Uniones tubulares)

Perfil de Soldadura	Nivel I	Nivel II
	Espesor que limite para el elemento estructural ramal para las categorías X₁, K₁, DT (mm)	Espesor que limite para el elemento estructural ramal para las categorías X₂, K₂ (mm)
Perfil de soldadura plano estándar según la Figura 3.8.	10	16
Perfil de soldadura con punta de filete	16	38 calificado para espesor ilimitado por carga de compresión estática
Perfil cóncavo, sin tratamiento posterior a la soldadura, según la Figura 3.10. con terminación según el artículo 2.6.3.6.6.(1).	25	ilimitado
Perfil cóncavo suave, Figura 3.10. con terminación según el artículo 2.6.3.6.6(2).	ilimitado	—

2.6.4. Identificación

Los elementos estructurales tubulares serán identificados como se muestra en la Figura 2.16.

2.6.5. Diseño de soldadura

2.6.5.1. Soldaduras de filete

2.6.5.1.1. Área efectiva

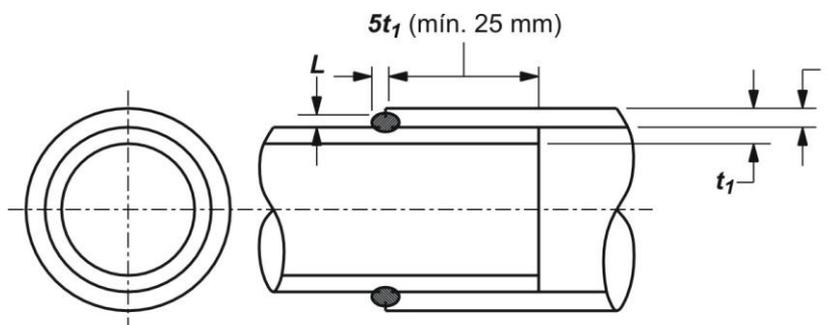
El área efectiva se deberá determinar de acuerdo con el artículo 2.3.2.8. y con la siguiente indicación: el largo efectivo de soldaduras de filete en uniones **K**, **Y** o **T** estará calculado de acuerdo con los artículos 2.6.5.4. ó 2.6.5.5., usando el radio o dimensiones de cara del elemento estructural, ramal o montante, medido sobre la línea central de la soldadura.

2.6.5.1.2. Limitación beta para los detalles precalificados

Los detalles para soldaduras de filete con **EPS** precalificada en uniones tubulares **T**, **K** e **Y** se describen en la Figura 3.2. Estos detalles están limitados a $\beta < 1/3$ para conexiones circulares y $\beta < 0,8$ para secciones rectangulares, estando también sujetos a las limitaciones dadas en el artículo 3.9.2. Para una sección rectangular con radios de esquina grandes, se puede requerir un límite más pequeño sobre β con el fin de conservar el elemento estructural ramal y la soldadura sobre el plano de la cara.

2.6.5.1.3. Juntas solapadas o yuxtapuestas

Las juntas solapadas de conexiones tubulares telescópicas, en las que la carga sea transferida a través de la soldadura, podrán ser unidas con soldadura de filete simple de conformidad con la Figura 2.17.



Nota: L = tamaño según se requiera

Figura 2.17. Junta solapada o yuxtapuesta, soldada con filete (tubular).

2.6.5.2. Soldaduras de junta

El área efectiva se debe calcular de acuerdo con el artículo 2.3.1.4. y con las siguientes indicaciones: el largo efectivo de soldadura de junta en uniones estructurales tipo **K**, **Y** o **T**, será calculado de conformidad con los artículos 2.6.5.4. ó 2.6.5.5., usando el radio medido r_m o dimensiones de la cara del elemento estructural ramal.

2.6.5.2.1. Detalles de uniones soldadas con **JPP** precalificadas

Las uniones soldadas con **JPP** precalificadas tubulares del tipo **T**, **Y** o **K** se deberán ajustar a lo indicado en la Figura 3.5. El Ingeniero responsable usará dicha Figura en conjunto con la Tabla 2.8. para calcular el mínimo tamaño de soldadura, con el fin de determinar la máxima tensión en la misma, excepto donde tales cálculos no sean hechos como se detallan en el artículo 2.6.6.1.3. (2). La reducción dimensional **Z**, o reducción del tamaño de la soldadura, será deducida de la distancia perpendicular desde el punto de trabajo (**W.P**) hasta la cara teórica de la soldadura, buscando el mínimo tamaño de soldadura.

Tabla 2.8. Reducción dimensional Z para el cálculo de los tamaños mínimos de soldadura en uniones tubulares T, Y, y K, con JPP precalificada

Ángulos de Bisel ϕ	Posición de la Soldadura V ó OH		Posición de la Soldadura H ó F	
	Proceso	Z(mm)	Proceso	Z(mm)
$\phi \geq 60^\circ$	SMAW	0	SMAW	0
	FCAW-S	0	FCAW-S	0
	FCAW-G	0	FCAW-G	0
	GMAW	N/A	GMAW	0
	GMAW-S	0	GMAW-S	0
$60^\circ > \phi \geq 45^\circ$	SMAW	3	SMAW	3
	FCAW-S	3	FCAW-S	0
	FCAW-G	3	FCAW-G	0
	GMAW	N/A	GMAW	0
	GMAW-S	3	GMAW-S	3
$45^\circ > \phi \geq 30^\circ$	SMAW	6	SMAW	6
	FCAW-S	6	FCAW-S	3
	FCAW-G	10	FCAW-G	6
	GMAW	N/A	GMAW	6
	GMAW-S	10	GMAW-S	6

2.6.5.2.2. Detalles de uniones soldadas con JPC precalificadas desde un solo lado sin respaldo en conexiones tipo T, K e Y

En el artículo 3.13.4. se indican detalles de las opciones de diseño. Si se requiere mejorar el comportamiento a fatiga, los detalles se seleccionarán en base a los requerimientos de perfil del artículo 2.6.3. y de la Tabla 2.7.

2.6.5.3. Tensiones en las soldaduras

Cuando se requieran cálculos de tensión admisible en las soldaduras para secciones circulares, la tensión nominal en la soldadura que unirá un elemento estructural ramal en T, K o Y, será calculada de acuerdo con la expresión (9):

$$f_w = \frac{t_b}{t_w} \left[\frac{f_a}{K_a} \left(\frac{r_m}{r_w} \right) + \frac{f_b}{K_b} \left(\frac{r_m^2}{r_w^2} \right) \right] \quad (9)$$

siendo:

t_b el espesor del elemento estructural ramal.

t_w la garganta efectiva de la soldadura.

f_a y f_b las tensiones nominales axiales y de flexión en el elemento ramal.

r_m y r_w , de acuerdo con la Figura 2.18.

K_a el factor de largo efectivo (ver el artículo 2.6.5.4.).

K_b el factor de sección relativa (ver el artículo 2.6.5.5.).

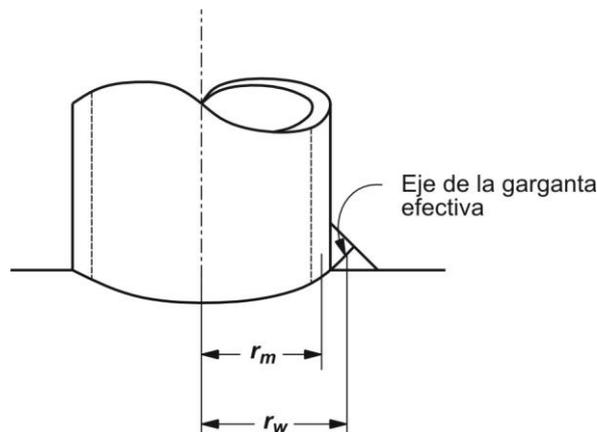


Figura 2.18. Radio de proyección en uniones tubulares T, Y, y K, con soldadura de filete.

En el diseño por factores de carga y resistencia (**DFR** o **LRFD**) se aplicará lo especificado en el Reglamento CIRSOC 302-2005 o la expresión (10) para el cálculo de la capacidad de carga o resistencia de diseño (ϕP_u) del elemento estructural ramal cargado axialmente, en secciones tanto circulares como rectangulares:

$$P_u = Q_w \ell_w \quad (10)$$

siendo:

Q_w la capacidad de carga por unidad de longitud o carga unitaria de la soldadura, en N/mm.

ℓ_w el largo efectivo de la soldadura, en mm.

Para soldaduras de filete:

$$Q_w = 0,6 t_w F_{EXX} \quad (11)$$

Con $\phi = 0,65$

siendo:

F_{EXX} la mínima resistencia a la tracción del metal de aporte.

2.6.5.4. Largos de uniones circulares

El largo de soldaduras y de intersección en uniones **K**, **T** e **Y**, será determinado como $2\pi r K_a$, siendo r el radio efectivo de la intersección (ver los artículos 2.6.5.2., 2.6.5.1.1. y 2.6.6.1.3. (4)).

$$K_a = x + y + 3\sqrt{(x^2 + y^2)} \quad (12)$$

$$x = \frac{1}{(2\pi \operatorname{sen} \theta)} \quad (13)$$

$$y = \frac{1}{3\pi} \left(\frac{3 - \beta^2}{2 - \beta^2} \right) \quad (14)$$

siendo:

θ el ángulo agudo entre los dos ejes de los elementos estructurales.

β el cociente de diámetros, ramal / principal

Las siguientes expresiones pueden ser utilizadas como aproximación conservadora:

$$K_a = \frac{1 + \frac{1}{\operatorname{sen} \theta}}{2} \quad \text{Para carga axial} \quad (15)$$

$$K_b = \frac{3 + \frac{1}{\operatorname{sen} \theta}}{4 \operatorname{sen} \theta} \quad \text{Para flexión plana} \quad (16)$$

$$K_b = \frac{1 + \frac{3}{\operatorname{sen} \theta}}{4} \quad \text{Para flexión compuesta} \quad (17)$$

2.6.5.5. Largos en uniones tubulares de sección rectangular

2.6.5.5.1. Uniones K y N

El largo efectivo de soldaduras de elementos estructurales ramales en K y N con separación, para secciones planas rectangulares, sujetas a carga axial predominantemente estática, será considerado (ver la Figura 2.16 (B) para simbología) como:

$$\begin{aligned} 2a_x + 2b & \quad \text{para } \theta \leq 50^\circ \\ 2a_x + b & \quad \text{para } \theta \geq 60^\circ \end{aligned} \quad (18)$$

siendo:

a_x el largo del lado de la soldadura en una unión tubular (ver la Figura 2.16 (B)).

b el tamaño del lado en el tubo de sección cuadrada considerando el elemento estructural ramal (ver las Figuras 2.16 (B) y 2.16 (M)).

Por lo tanto para $\theta \leq 50^\circ$ el talón, la punta y los lados del elemento estructural ramal pueden ser considerados, completamente, en el largo efectivo. Para $\theta \geq 60^\circ$, el talón no se considera en el largo efectivo debido a la distribución despareja de la carga. Para valores $50^\circ < \theta < 60^\circ$ se deberá interpolar.

2.6.5.5.2. Uniones T, X e Y

El largo efectivo de soldaduras de elementos estructurales ramal en T , Y o X planos y de secciones rectangulares, sujetas a carga axial predominantemente estática, será considerado como:

$$\begin{aligned} 2a_x + b & \quad \text{para } \theta \leq 50^\circ \\ 2a_x & \quad \text{para } \theta \geq 60^\circ \end{aligned} \tag{19}$$

Para valores $50^\circ < \theta < 60^\circ$ se deberá interpolar.

2.6.6. Limitaciones de la resistencia de uniones soldadas

2.6.6.1. Uniones de sección circular en Y, T o K, (ver el artículo 2.6.8.1.1) y la Figura 2.18.

2.6.6.1.1. Falla local

Cuando una unión Y , T o K , sea realizada de manera tal que los elementos estructurales ramales son soldados en forma individual al elemento estructural principal, las tensiones locales en una superficie de falla potencial a través de la pared del elemento principal podrán limitar la resistencia utilizable de la unión soldada. La tensión de corte en la que tal falla ocurre no depende solamente de la resistencia del elemento estructural principal sino también de la geometría de la unión. Tales uniones serán calculadas o dimensionadas de acuerdo con:

- (1) El corte por punzonado ó (2) cálculos de carga última.
El corte por punzonado es un criterio de diseño convencional por tensión admisible (**DTA** o **ASD**) que incluye el factor de seguridad. En el cálculo por carga última se aplicará el diseño por factores de carga y resistencia (**DFR** o **LRFD**), con el factor de resistencia ϕ incluido por el diseñador, (ver el artículo 2.6.3.5.) y en un todo de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 302-2005.

Corte por punzonado:

La tensión de corte actuante sobre la superficie potencial de falla (ver la Figura 2.19.) no excederá la tensión de corte admisible por punzonado.

La tensión de corte actuante por punzonado se expresa como:

$$V_p \text{ actuante} = \tau f_n \sin \theta \tag{20}$$

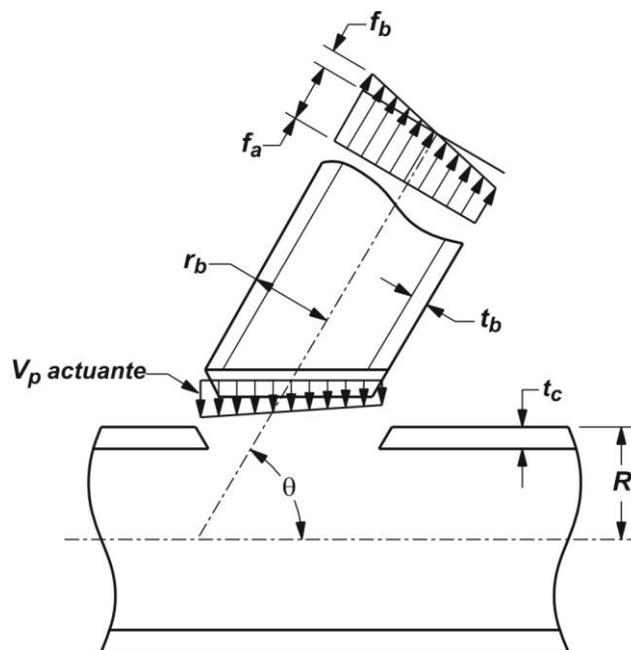


Figura 2.19. Esfuerzo de corte por punzonamiento.

La tensión de corte admisible por punzonado se expresa como:

$$V_{p adm} = Q_q Q_f F_y / (0,6 \gamma) \quad (21)$$

La $V_{p adm}$ también puede quedar definida por un valor establecido en la especificación de diseño aplicable (por ejemplo $0,4 F_y$).

Los términos usados en las expresiones precedentes se definen de la siguiente manera:

τ , θ , γ , β y los otros parámetros de geometría de la unión son definidos en la Figura 2.16(M), siendo:

f_n la tensión nominal axial (f_a) o de flexión (f_b) en el elemento estructural ramal.

F_y la tensión de fluencia mínima especificada para el acero del elemento estructural principal, pero menor o igual que $2/3$ de la resistencia a la tracción del mismo.

Q_q el término modificador de geometría.

Q_f el término de interacción de tensión, cuyos valores son obtenidos de la Tabla 2.9.

Para flexión alrededor de dos ejes (por ejemplo **y**, **z**), la tensión efectiva resultante de la flexión en secciones rectangulares y circulares podrá ser calculada mediante la expresión (22)

$$f_b = \sqrt{f_{by}^2 + f_{bz}^2} \quad (22)$$

Para tensiones combinadas axiales y de flexión, se deberá verificar la siguiente relación:

$$\left[\frac{V_{p, actuante}}{V_{p, admisible}} \right]_{axial}^{1,75} + \left[\frac{V_{p, actuante}}{V_{p, admisible}} \right]_{flexión} \leq 1,0 \quad (23)$$

Tabla 2.9. Términos para la resistencia de las uniones (secciones circulares)

Elemento estructural ramal Q_q , modificador de geometría y carga	$Q_q = \left(\frac{1,7}{\alpha} + \frac{0,18}{\beta} \right) Q_\beta^{0,7(\alpha-1)}$ $Q_q = \left(\frac{2,1}{\alpha} + \frac{0,6}{\beta} \right) Q_\beta^{1,2(\alpha-0,67)}$	Para cargas axiales (ver Nota (6)) Para flexión
Q_β (necesario para Q_p)	$Q_\beta = 1,0$	Para $\beta \leq 0,6$
	$Q_\beta = \frac{0,3}{\beta(1 - 0,833\beta)}$	Para $\beta > 0,6$
Elemento estructural principal	$\alpha = 1,0 + 0,7g/d_b$	Para carga axial en conexiones K , con separación, que tienen todos los elementos estructurales en el mismo plano y las cargas transversales al elemento principal esencialmente balanceadas (Ver Nota (3))
Ovalidad	$1,0 \leq \alpha < 1,7$	
Parámetro	$\alpha = 1,7$	Para cargas axiales en uniones T y K
	$\alpha = 2,4$	Para cargas axiales en uniones en cruz
α (necesario para Q_q)	$\alpha = 0,67$	Para flexión en el plano (ver Nota (5))
	$\alpha = 1,5$	Para flexión fuera del plano (ver Nota (5))
Término Q_f de interacción de la tensión en el elemento principal (Ver Notas (4) y (5))	$Q_f = 1,0 - \lambda \bar{U}^2$	
	$\lambda = 0,030$	Para carga axial en el ramal, (montante o diagonal)
	$\lambda = 0,044$	Para flexión en el plano en el ramal
	$\lambda = 0,018$	Para flexión fuera del plano en el ramal
Notas:		
(1) λ, β son parámetros geométricos definidos por la Figura 2.16 (M).		
(2) F_{yo} es el mínimo límite de fluencia especificado del elemento principal, pero menor que 2/3 de la resistencia a la tracción.		
(3) La separación, g , está definida en las Figuras 2.16 (E), (F), y (H); d_b es el diámetro elemento estructural ramal.		
(4) \bar{U} es la razón de utilización (razón entre el valor real y el admisible) para compresión longitudinal (axial, flexión) en el elemento estructural principal en la unión bajo consideración.		
$\bar{U}^2 = \left(\frac{f_a}{0,6F_{yo}} \right)^2 + \left(\frac{f_b}{0,6F_{yo}} \right)^2$		
(5) Para combinaciones de flexión en el plano y fuera del plano, usar valores interpolados de α y λ .		
(6) Para colapso general (compresión transversal) ver también el artículo 2.6.6.1.2.		

(2) Cálculo por factor de carga (ver el artículo 2.6.3.5):

El cálculo se efectuará de acuerdo con lo indicado en el Reglamento CIRSOC 302-2005. La carga en el elemento estructural ramal que produce el colapso plástico en la pared del elemento estructural principal estará dada por las siguientes expresiones:

$$\text{Carga axial: } P_u \text{ sen } \theta \quad (24)$$

$$\text{Momento de flector: } M_u \text{ sen } \theta \quad (25)$$

El estado límite para combinaciones de carga axial P y momento flector M estarán dados por:

$$\left(\frac{P}{P_u} \right)^{1,75} + \left(\frac{M}{M_u} \right) \leq 1,0 \quad (26)$$

2.6.6.1.2. Colapso general

La resistencia y estabilidad de un elemento estructural principal en una unión tubular, con aplicación de cualquier tipo de refuerzo, serán evaluadas de conformidad con el Reglamento CIRSOC 302-2005 o con la especificación de diseño aplicable. El colapso general es particularmente grave en las uniones en cruz (**X**) y uniones sujetas a cargas cruzadas, (ver la Figura 2.16 (G) y (J)). Tales uniones pueden ser reforzadas incrementando el espesor del elemento estructural principal, o por el uso de diafragmas, anillos, o cuellos de refuerzo.

- (1) Para conexiones en cruz circulares no reforzadas, la carga admisible máxima transversal, debida a una carga axial de compresión, P , en un elemento ramal se calculará con la siguiente relación para el diseño convencional (**DTA** o **ASD**):

$$P \text{ sen } \theta = t_c^2 F_y (1,9 + 7,2 \beta) Q_\beta Q_f \quad (27)$$

Q_f debe ser calculado con U^2 expresado como $(P_c / A F_y)^2 + (M_c / S F_y)^2$, donde P_c y M_c son factores de carga y de momento, A es el área y S el módulo de la sección.

- (2) Para uniones en cruz circulares reforzadas por un niple o manguito de unión, habiendo incrementado el espesor t_c y el largo del manguito, L , la carga axial admisible, P , del elemento ramal podrá ser aplicada de la siguiente forma:

$$P = P_{(1)} + [P_{(2)} - P_{(1)}] \frac{L}{2,5 D} \quad \text{Para } L < 2,5/D \quad (28)$$

$$P = P_{(2)} \quad \text{Para } L \geq 2,5/D$$

El valor $P_{(1)}$ se obtiene usando el espesor nominal del elemento estructural principal en la expresión (29) y $P_{(2)}$ se obtiene usando el espesor del manguito en la misma expresión.

- (3) Para conexiones circulares K en donde el espesor del elemento estructural principal, exigido para cubrir las previsiones de corte locales del artículo 2.6.6.1., se extiende por lo menos $D/4$ más allá de las soldaduras del elemento ramal, el colapso general no necesita ser verificado.

2.6.6.1.3. Distribución despareja de la carga (tamaño de soldadura)

- (1) Debido a las diferencias en las respectivas flexibilidades del elemento estructural principal cargado normal a su superficie y al elemento estructural ramal que lleva tensiones de membrana paralelas a su superficie, la transferencia de la carga a través de la soldadura no será uniforme dando lugar a una posible fluencia local antes de que la unión alcance su carga de diseño. Para prevenir la falla progresiva de la soldadura y asegurar el comportamiento dúctil de la junta, los mínimos tamaños de las soldaduras en uniones T , K e Y deberán ser capaces de desarrollar, en su resistencia final a la rotura, el menor valor entre la tensión de fluencia del material del elemento ramal y la tensión de falla local de corte por punzonado del elemento estructural principal. La resistencia a la rotura de las soldaduras de filete y soldaduras con JPP será calculada como **2,5 veces** la tensión admisible para una resistencia a la tracción menor o igual que **485 MPa** y como **2,2 veces** la tensión admisible para niveles de resistencia mayores que **485 MPa**. La tensión de corte última por punzonado será adoptada como **1,8 veces** la tensión V_p admisible de acuerdo con el artículo 2.6.6.1.1.
- (2) Dichos requerimientos se considerarán cubiertos por los detalles de juntas precalificadas de la Figura 3.8. (JPC) y el artículo 3.12.4. (JPP), cuando se utilice lo establecido en la Tabla 3.1.
- (3) La adecuada resistencia de las soldaduras también podrá ser considerada con los detalles de soldadura de filete precalificada de la Figura 3.2., cuando se verifiquen los siguientes requisitos de garganta efectiva:
 - (a) $E = 0,7 t_b$ para el diseño bajo condiciones de tensiones elásticas (DTA o ASD) en tubos de acero de sección circular ($F_y < 280 MPa$) unidos con metales de aporte de mayor resistencia que el metal base ($F_{EXX} = 485 MPa$).
 - (b) $E = 1,0 t_b$ para diseño por factores de carga y resistencia (DFR o $LRFD$) de uniones tubulares de sección circular o rectangular ($F_y < 280 MPa$), con soldaduras donde el metal de aporte cumple el criterio de igualación de la resistencia establecido en la Tabla 3.1.
 - (c) $E < t_c$ ó $< 1,07 t_b$ para todos los otros casos.
- (4) Las soldaduras de filete más pequeñas que lo requerido en la Figura 3.2., para uniones con igualación de resistencia pero dimensionadas solamente para resistir las cargas de diseño, deberán ser como mínimo diseñadas de acuerdo con los siguientes múltiplos de las tensiones calculadas por medio del artículo 2.6.5.3, para tener en cuenta una distribución no uniforme de cargas:

	DTA o ASD	DFR o LRFD
E43XX y E51XX	1,35	1,5
Mayores resistencias	1,6	1,8

2.6.6.1.4. Transiciones

Las uniones abocardadas o ensanchadas y las transiciones de tamaño de tubo no exceptuadas más abajo serán evaluadas para determinar las tensiones locales causadas por el cambio de dirección en la transición (ver la Nota 4 en la Tabla 2.6.).

La excepción, para cargas estáticas será:

Tubos circulares con D/t menor que **30**, y pendiente de transición menor que **1: 4**.

2.6.6.1.5. Otras configuraciones y cargas

- (1) El término unión **K**, **T** e **Y** se utiliza genéricamente para describir las uniones tubulares en las que elementos estructurales de ramal son soldados a un elemento estructural principal en un nodo estructural. También se dan criterios específicos para las uniones en cruz o en **X** (también indicadas como doble **T**) en los artículos 2.6.6.1.1. y 2.6.6.1.2. Las uniones en **N** son un caso especial de las uniones en **K** donde una de las secciones es perpendicular al elemento principal. En consecuencia, los mismos criterios son aplicables a ambas uniones.
- (2) Las clasificaciones de uniones **K**, **Y**, **T** y cruz, deberán ser aplicadas a elementos de ramal individuales de acuerdo con el patrón de carga para cada caso. Para considerar una unión **K**, la carga de punzonado en el elemento ramal deberá ser balanceada esencialmente con carga sobre otros ramales en el mismo plano y sobre el mismo lado de la junta. En uniones **T** e **Y** la carga de punzonado es transmitida como corte al elemento estructural principal. En uniones en cruz la carga de punzonado es llevada a través del elemento principal a los ramales sobre el lado opuesto. Para elementos ramales que soportan parte de la carga aplicada como unión en **K** y parte como unión en **T**, **Y** o en cruz, se debe interpolar sobre la base de la proporción de cada uno en el total, o utilizar el factor **alfa** (α) calculado.
- (3) Para uniones en planos múltiples, el factor **alfa** (α) será calculado para ponderar el efecto beneficioso o nocivo de varios elementos estructurales de ramal en la ovalización del elemento estructural principal.

2.6.6.1.6. Uniones solapadas o con recubrimiento

En las uniones solapadas o con recubrimiento, donde parte de la carga es transferida directamente de un elemento estructural ramal a otro a través de la soldadura, se incluirán las verificaciones indicadas en el Reglamento CIRSOC 302-2005 utilizando el diseño por factores de carga y resistencia.

Por su parte la verificación de acuerdo con el método convencional (**DTA** o **ASD**) se deberá efectuar de la siguiente manera:

- (1) El componente de carga admisible de un elemento estructural individual, P_p , perpendicular al eje del elemento principal será adoptado como :

$$P_p = (V_p t_c \ell_1) + (2 V_w t_w \ell_2) \quad (29)$$

siendo: (ver la Figura 2.20.)

- ℓ_1 el largo de soldadura para la porción del elemento ramal en contacto con el elemento estructural principal.
- V_p el corte por punzonado admisible, como se define en el artículo 2.6.6.1.1., para el elemento principal como unión K ($\alpha = 1,0$).
- V_w la tensión de corte admisible para la soldadura entre elementos ramal (ver la Tabla 2.5.).
- t'_w el menor tamaño de garganta efectiva o el espesor t_b del elemento estructural ramal más delgado.
- ℓ_2 el largo de la soldadura solapada medida perpendicularmente al elemento principal.

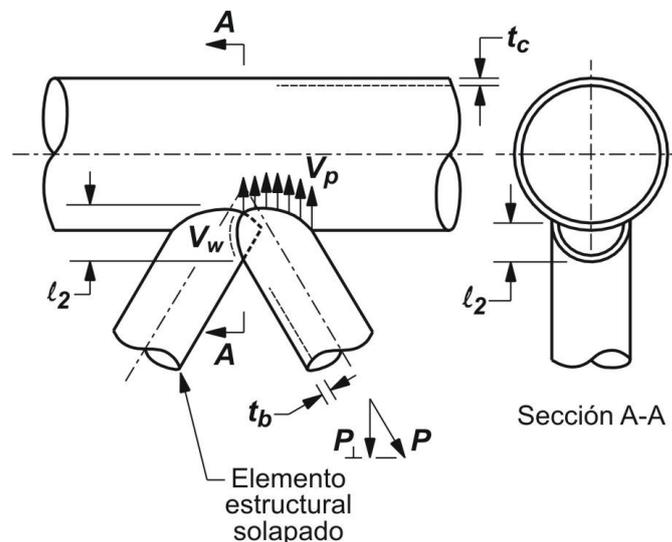


Figura 2.20. Detalle de junta solapada.

- (2) La componente de carga combinada admisible paralela al eje del elemento principal no será mayor que:

$$V_w t_w \sum \ell_1 \quad (30)$$

siendo:

$\sum \ell_1$ la suma de los largos reales de soldadura para todos los elementos ramales en contacto con el elemento estructural principal.

- (3) El solapado será preferentemente dimensionado para al menos el **50 %** de la carga actuante P_p . En ningún caso el espesor de pared del elemento ramal excederá el espesor de pared del elemento principal.
- (4) Cuando los elementos ramales estén sometidos a cargas considerablemente diferentes, o un elemento ramal tenga un espesor de pared más grande que los demás, o ambos casos, el elemento ramal más grueso o más cargado deberá tener toda su circunferencia soldada al elemento estructural principal.
- (5) La carga transversal neta sobre la unión combinada deberá satisfacer lo especificado en los artículos 2.6.6.1.1. y 2.6.6.1.2.
- (6) El tamaño o cateto mínimo para soldaduras de filete deberá corresponder a una garganta efectiva de:

$$1,0 t_b \text{ para } F_y < 280 \text{ MPa} \quad \text{ó} \quad 1,2 t_b \text{ para } F_y > 280 \text{ MPa}$$

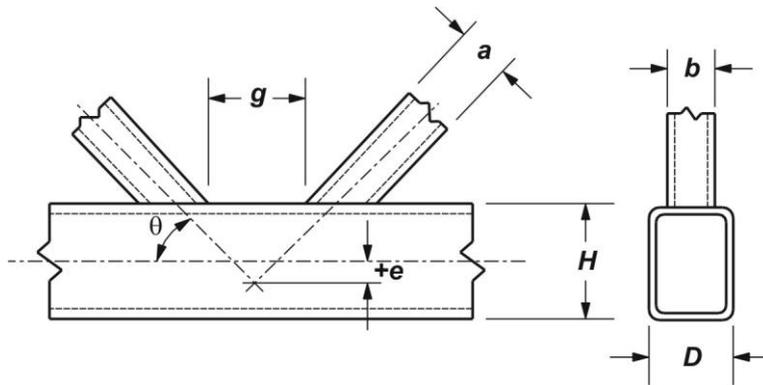
2.6.6.2. Uniones de sección rectangular T , K e Y

El diseño de este tipo de uniones se efectuará de acuerdo con lo especificado en el Reglamento CIRSOC 302-2005.

Los criterios de diseño descritos en este punto son indicativos y corresponden al método de factores de carga y resistencia (**DFR** o **LRFD**), sin inclusión del factor de seguridad, en virtud de que éstos se encuentran incluidos en el método **DFR**.

Para el método de cálculo por tensión admisible (**DTA** o **ASD**), el límite admisible para el diseño considerará un factor de seguridad de $1,44/\phi$. La elección de cargas y factores de carga se realizará de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 302-2005, para los alcances del mismo, o con la especificación de diseño adoptada en otros casos (ver los artículos 2.4.1. y 2.6.3.). Las uniones serán evaluadas en relación con alguno de los modos de falla descritos más abajo. Estos criterios corresponden a uniones entre secciones rectangulares de espesor de pared uniforme, en configuraciones planas donde los elementos estructurales ramales están principalmente cargados en dirección axial. Si se trata de secciones compactas, material base dúctil y resistencia de la soldadura compatible, entonces la flexión en los elementos secundarios del ramal podría no ser considerada. La flexión en el elemento estructural ramal debido a las cargas aplicadas, no puede ser ignorada y deberá tenerse en cuenta en el diseño (ver el artículo 2.6.6.2.5.).

Los criterios en esta sección están sujetos a las limitaciones mostradas en la Figura 2.21.



Notas:

- $-0,55 \cdot H \leq e \leq 0,25 \cdot H$
- $\theta \geq 30^\circ$
- H/t_c y $D/t_c \leq 35$ (40 para uniones **K** y **N** solapadas)
- a/t_b y $b/t_b \leq 35$
- $F_{y0} \leq 360 \text{ MPa}$
- $0,5 \leq H/D \leq 2,0$
- $F_{y0}/F_{ult} \leq 0,8$

Figura 2.21. Limitaciones para uniones de secciones rectangulares T, Y, y K.

2.6.6.2.1. Falla local

La carga axial de un elemento estructural ramal, P_u , para el cual la falla plástica ocurre en el elemento principal, estará dada por la siguiente expresión:

$$P_u \text{ sen } \theta = F_{y0} t_c^2 \left[\frac{2 \eta}{1 - \beta} + \frac{4}{\sqrt{1 - \beta}} \right] Q_f \quad (31)$$

para uniones cruz, **T** e **Y**, con $0,25 < \beta < 0,85$ y $\phi = 1,0$.

En cambio la siguiente expresión: $P_u \text{ sen } \theta = F_{y0} t_c^2 \left[9,8 \beta_{\text{eff}} \sqrt{\gamma} \right] Q_f \quad (32)$

se deberá utilizar con $\phi = 0,9$ y para para uniones **K** y **N** con separación:

$$\beta_{\text{eff}} > 0,1 + \frac{\gamma}{50} \quad \text{y} \quad g/D = \xi > 0,5 (1 - \beta) \quad (33)$$

siendo:

F_{y0} la tensión de fluencia mínima especificada del elemento estructural principal.

t_c el espesor de la pared del elemento principal.

$\gamma = D/2t_c$.

D el ancho de sección del elemento estructural principal.

β, η, θ , y ξ los parámetros de topología o característicos de la unión, como se definen en la Figura 2.16 (M).

β_{eff} es equivalente al β definido más adelante.

$Q_f = 1,3 - 0,4 U / \beta$ ($Q_f < 1,0$); se utiliza $Q_f = 1,0$ (para elemento estructural principal bajo tracción) siendo U la proporción de utilización del elemento principal.

$$\bar{U} = \left| \frac{f_a}{F_{yo}} \right| + \left| \frac{f_b}{F_{yo}} \right| \quad (34)$$

$$\beta_{eff} = (b_{compresión\ ramal} + a_{compresión\ ramal} + b_{tracción\ ramal} + a_{tracción\ ramal}) / 4D \quad (35)$$

Estas cargas también están sujetas al límite de resistencia al corte del material del elemento estructural principal:

$$P_u \text{ sen } \theta = (F_{yo} /) t_c D [2 \eta \square + \beta_{pee}] \quad (36)$$

para uniones cruz, T e Y , con $\beta > 0,85$, usando $\phi = 0,95$ y

la expresión (37):

$$P_u \text{ sen } \theta = (F_{yo} /) t_c D [2 \eta + \beta_{pee} + \beta_s] \quad (37)$$

se utilizará para uniones con separación tipo N y K con $\beta > 0,1 + \gamma / 50$, usando $\phi = 0,95$

siendo:

β_s (con separación, s) = β para uniones N o K con $\xi < 1,5 (1-\beta)$

$\beta_{pee} = \beta_{eop}$ para todas las otras uniones.

β_{pee} (punzonado exterior efectivo, pee) = $5\beta / \gamma$ pero no mayor que β .

2.6.6.2.2. Colapso general

Tanto la resistencia como la estabilidad de un elemento estructural principal en una unión tubular, con cualquier refuerzo, serán consideradas de conformidad con el Reglamento CIRSOC 302-2005 o la especificación de diseño aplicable.

- (1) El colapso general es particularmente grave en las uniones en cruz y uniones sujetas a cargas de aplastamiento. Tales uniones pueden ser reforzadas incrementando el espesor del elemento estructural o por el uso de diafragmas o collares.

Para uniones rectangulares no reforzadas, la carga final normal al elemento estructural principal (cuerda), debido a la carga axial P del ramal, deberá estar limitada por:

$$P \operatorname{sen} \theta = 2 t_c F_{y0} (a_x + 5 t_c) \quad (38)$$

con $\phi = 1,0$ para cargas de tracción y con $\phi = 0,8$ para compresión.

y:

$$P_u \operatorname{sen} \theta = \frac{47 t_c}{H - 4 t_c} \sqrt{E F_{y0}} (Q_f) \quad (39)$$

con $\phi = 0,8$ para conexiones en cruz, en compresión

siendo:

E el módulo de elasticidad.

o:

$$P_u \operatorname{sen} \theta = 1,5 t_c^2 [1 + 3a_x / H] \sqrt{E F_{y0}} (Q_f) \quad (40)$$

con $\phi = 0,75$ para todas las otras cargas de compresión de ramal.

- (2) Para uniones con separación tipo K y N , se deberá verificar corte en viga del elemento estructural principal para soportar cargas transversales a través de la zona de separación, incluyendo la interacción con las fuerzas axiales en el elemento principal (cuerda). Esta verificación no será requerida para $U < 0,44$ en uniones tubulares de secciones rectangulares de diferentes dimensiones que tengan $\beta + \eta < H / D$ (siendo H la altura de la sección del elemento estructural principal).

2.6.6.2.3. Distribución despareja de carga (ancho efectivo)

Debido a las diferencias en las flexibilidades relativas del elemento estructural principal cargado normal a su superficie, y del elemento ramal que lleva tensiones de membrana paralelas a su superficie, la transferencia de la carga a través de la soldadura tendrá una distribución no uniforme. En consecuencia, se puede esperar fluencia local antes que la unión alcance su carga límite de diseño. Para prevenir la falla progresiva y asegurar el comportamiento dúctil de la junta, tanto los elementos ramales como las soldaduras se verificarán de la siguiente manera:

(1) Verificación del elemento estructural ramal

La capacidad axial del ancho efectivo del elemento ramal será evaluada para todas las uniones con separación, del tipo N , K y otras, que tengan $\beta > 0,85$ (esta verificación no es necesaria si los elementos ramales son rectangulares y de igual ancho).

$$P_u = F_y t_b [2a + b_s + b_{eoi} - 4t_b] \quad (41)$$

Con $\phi = 0,95$

siendo:

F_y la tensión mínima de fluencia especificada para el material del elemento ramal.

t_b el espesor de pared del elemento ramal.

a, b las dimensiones de la sección del elemento ramal, ver la Figura 2.16 (B).

$b_s = b$ para uniones **K** y **N** con $\zeta \leq 1,5 (1-\beta)$.

$b_s = b_{coi}$ para todas las otras uniones.

$$b_{eoi} = \left(\frac{5b}{\gamma\tau} \right) \frac{F_{yo}}{F_y} \leq b \quad (42)$$

Nota: se considera $\tau < 1,0$ y $F_y < F_{yo}$.

(2) Verificación de la soldadura

La soldadura mínima prevista en uniones **T**, **K** e **Y**, deberá verificar una resistencia a la rotura que será el menor valor entre la tensión de fluencia en el material del elemento estructural ramal y la resistencia local del elemento principal.

Se puede asumir que este requisito verificará su cumplimiento aplicando un diseño de junta precalificada (**JPC** o **JPP**) de acuerdo con la Figura 3.6. y cuando se utilice el criterio de igualación de materiales de la Tabla 3.1.

(3) Las soldaduras de filete serán verificadas como se describe en el artículo 2.6.5.1.

2.6.6.2.4. Uniones solapadas o con recubrimiento

Las juntas solapadas o con recubrimiento reducen los problemas de diseño en el elemento principal transfiriendo la mayor parte de la carga transversal directamente de un elemento ramal a otro, (ver la Figura 2.22.).

Los criterios de este capítulo son aplicables a las uniones estáticamente cargadas con las siguientes limitaciones:

- (1) El elemento ramal más grande y de mayor espesor es el elemento verdadero.
- (2) $\beta > 0,25$.

- (3) El elemento ramal que solapa es **0,75 a 1,0 veces** el tamaño del elemento atravesado con al menos **25 %** de sus caras laterales solapando al elemento atravesado (ver la Figura 2.22.).
- (4) Ambos elementos estructurales de ramal tienen la misma tensión de fluencia.
- (5) Todos los elementos son tubos rectangulares compactos con ancho/espesor **< 35** para elementos ramales y **< 40** para elementos principales.

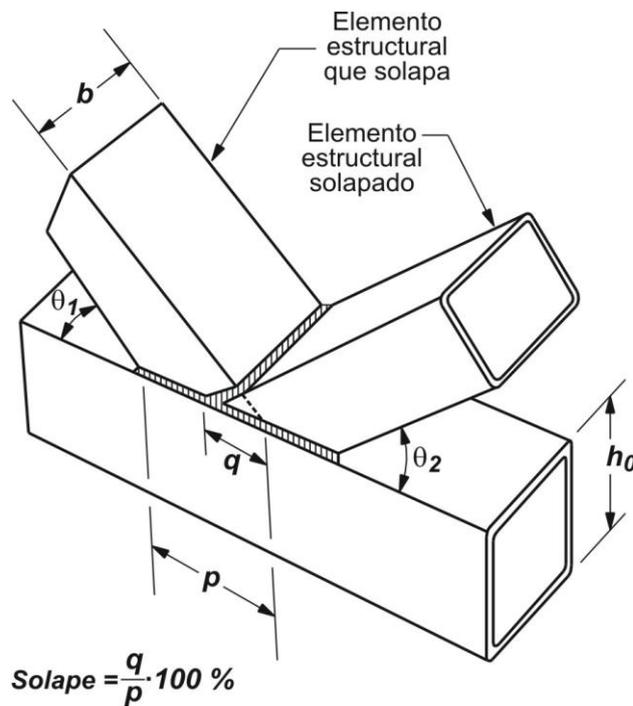


Figura 2.22. Uniones T, Y o K solapadas.

En estas uniones se deben realizar las siguientes verificaciones:

- (1) Capacidad axial P_u del tubo solapado utilizando:

$\phi = 0,95$ con

$$P_u = F_y t_b [Q_{OL} (2a - 4t_b) + b_{eo} + b_{et}] \quad (43)$$

Para **25 %** a **50 %** de solapado:

$$Q_{OL} = \% \text{ solapado} / 50 \%$$

$$P_u = F_y t_b [(2a - 4t_b) + b_{eo} + b_{et}] \quad (44)$$

Para **50 %** a **80 %** de solapado:

$$P_u = F_y t_b [(2a - 4t_b) + b + b_{et}] \quad (45)$$

Para **80 %** a **100 %** de solapado:

$$P_u = F_y t_b [(2a - 4t_b) + 2 b_{et}] \quad (46)$$

Para más de **100 %** de solapado:

Cuando b_{eo} es el ancho efectivo para la cara soldada del elemento principal:

$$b_{eo} = \frac{(5b)F_{yo}}{\gamma(\tau)F_y} \leq b \quad (47)$$

Cuando b_{et} es el ancho efectivo para la cara soldada del ramal o brazo atravesado:

$$b_{et} = \frac{5b}{\gamma_t \tau_t} \leq b \quad (48)$$

$$\gamma_t = b / (2t_b) \text{ del brazo atravesado}$$

$$\tau_t = t_{solapante} / t_{atravesado}$$

- (2) Carga transversal neta sobre la forma de unión combinada, tratada como una unión **T** o **Y**.
- (3) Para más de **100 %** de solapado, el corte longitudinal deberá ser verificado teniendo en cuenta solamente las paredes laterales de los elementos ramales.

2.6.6.2.5. Flexión

El momento flector primario **M**, debido a la carga aplicada, vigas en voladizo, etc. será considerado en el diseño como una carga axial adicional, **P**, expresada como:

$$P = \frac{M}{JD \text{ sen } \theta} \quad (49)$$

JD puede ser adoptado como $\eta D / 4$ para flexión plana y como $\beta D / 4$ para flexión compuesta. Los efectos debidos a carga axial en flexión plana y en flexión compuesta deben ser sumados. Los momentos se deben considerar en la unión del elemento estructural ramal.

2.6.6.2.6. Otras configuraciones

Las uniones en cruz, **T**, **Y**, y las **K** y **N** con separación, con tubos ramales circulares compactos en una sección rectangular del elemento principal, pueden ser diseñadas utilizando **78,5 %** de la capacidad dada por los artículos 2.6.6.1.1. y 2.6.6.1.2.,

reemplazando las dimensiones de la sección rectangular a y b en cada expresión por el diámetro del elemento ramal d_b (limitado a secciones compactas con $0,4 < \beta < 0,8$).

2.6.7. Transición de espesor

Las juntas a tope bajo tensión en elementos estructurales principales, axialmente alineadas y de diferentes espesores de material o tamaño, serán hechos de tal manera que la pendiente en la zona de transición tenga un largo entre **25 mm** y **63 mm**. La transición debe ser efectuada según alguno de los esquemas de la Figura 2.23.

2.6.8. Limitaciones de los materiales

Las uniones tubulares están sujetas a concentraciones de tensión locales que pueden resultar en fluencias locales y deformaciones plásticas locales para la carga de diseño.

Durante la vida en servicio, la carga cíclica puede iniciar las fisuras de fatiga, generando requisitos adicionales sobre la ductilidad y la tenacidad del acero, particularmente bajo cargas dinámicas. Estas demandas son particularmente severas en diseños aplicando manguitos de unión de paredes gruesas calculados al corte por punzonado.

2.6.8.1. Limitaciones

2.6.8.1.1. Tensión de fluencia

Las previsiones de diseño del artículo 2.6.6. para uniones tubulares soldadas no son adecuadas para su aplicación en tubos circulares que tengan una tensión de fluencia mínima especificada F_y mayor que **415 MPa** o mayor que **360 MPa** para tubos de secciones rectangulares.

2.6.8.1.2. Fluencia efectiva reducida

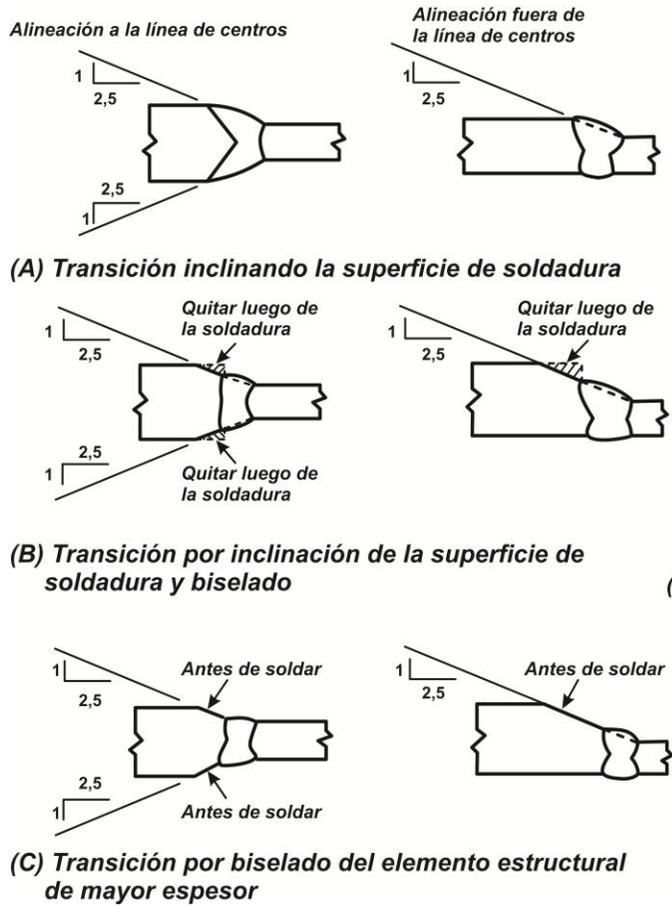
La tensión de fluencia efectiva reducida será usada como F_{yo} en el diseño de uniones tubulares con los siguientes límites para F_{yo} :

- (1) **2/3** de la resistencia a la tracción mínima especificada para secciones circulares (ver notas generales en la Tabla 2.9.).
- (2) **4/5** de la resistencia a la tracción mínima especificada para secciones rectangulares (ver la Figura 2.21.).

2.6.8.1.3. Uniones rectangulares T , K e Y

El diseñador debe considerar los requisitos especiales de los aceros utilizados en uniones rectangulares T , K e Y .

SOLDADO DE AMBOS LADOS



SOLDADO DE UN SOLO LADO

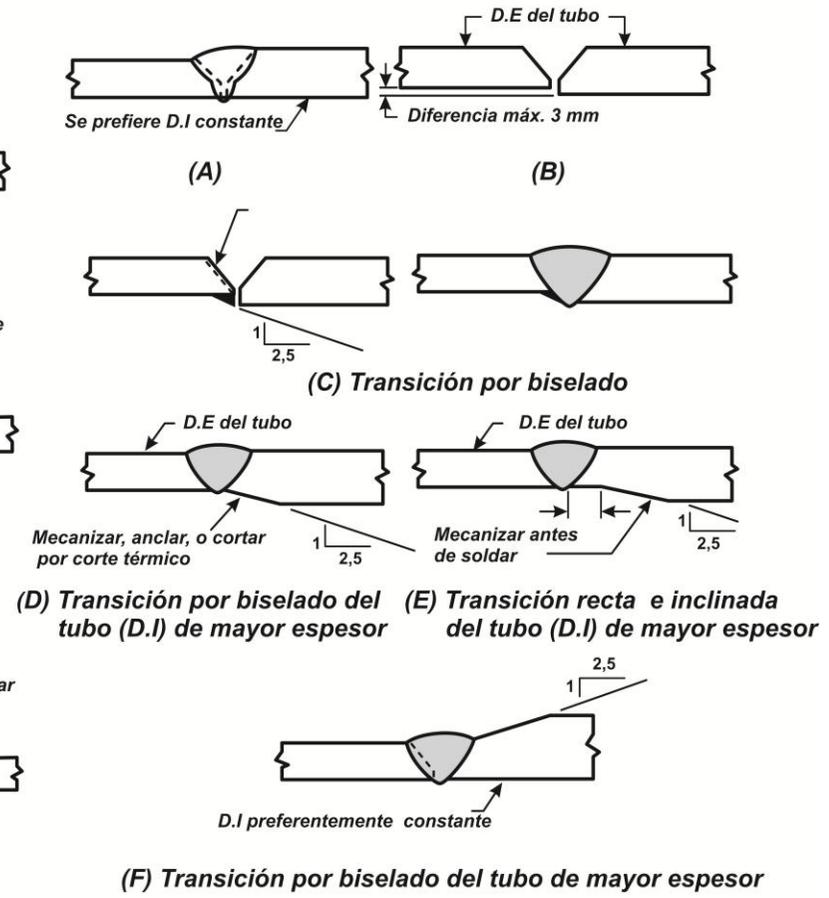


Figura 2.23. Transición de espesores de juntas entre elementos estructuras de diferentes espesores (Tubular).

2.6.8.1.4. Precaución con tubos conformados en frío (Tipo ASTM A 500)

Estos productos no son apropiados para aplicaciones tales como elementos bajo cargas dinámicas en estructuras soldadas, donde las propiedades de sensibilidad a la entalla y las propiedades de tenacidad a baja temperatura resultan importantes.

2.6.8.2. Tenacidad del metal base para estructura tubular

2.6.8.2.1. Requisitos de ensayo de impacto Charpy - V (CVN)

Los aceros para elementos estructurales tubulares soldados que se encuentren bajo un estado de tensión, deberán verificar, por medio de ensayos de impacto Charpy-V (**CVN**), una energía mínima absorbida, **CVN**, de **27 J** a **20 C°** para las siguientes condiciones:

- (1) Espesor de metal base igual o mayor que **50 mm** con una tensión de fluencia especificada mínima igual o mayor que **280 MPa**.

El ensayo **CVN** se realizará de conformidad con la norma IRAM-IAS U 500-16. A los fines de este artículo, se define que un elemento estructural se encuentra bajo un estado de tensión cuando la tensión atribuible a una carga de diseño sea igual o mayor que **70 MPa**.

2.6.8.2.2. Requisitos para baja temperatura

En aquellos elementos tubulares utilizados como principales en nodos estructurales, cuyo diseño tiene en cuenta un régimen de carga cíclico o de fatiga (por ej. las uniones pueden ser en **T**, **K** o **Y**) se deberá demostrar que la energía absorbida en ensayos de impacto **CVN** es mayor que **27 J**, para la temperatura de servicio más baja prevista y para las siguientes condiciones:

- (1) Espesor de metal base de $\geq 50 \text{ mm}$.
- (2) Espesor de metal base de $\geq 25 \text{ mm}$ con una tensión de fluencia especificada $\geq 345 \text{ MPa}$.

Cuando la temperatura no esté especificada, o la estructura no esté bajo un régimen de carga cíclico o de fatiga, el ensayo se deberá realizar a una temperatura igual o menor que **4° C**.

2.6.8.2.3. Requisitos alternativos de impacto o de tenacidad a la fractura

Los requisitos alternativos de impacto o de tenacidad a la fractura serán aplicables cuando se especifiquen en documentos de contrato tal como se indica en el artículo 2.2.3. de este Reglamento. La tenacidad debe ser considerada en relación con la redundancia versus la criticidad de la estructura.

Tabla 2.4. Parámetros de diseño para tensiones de fatiga

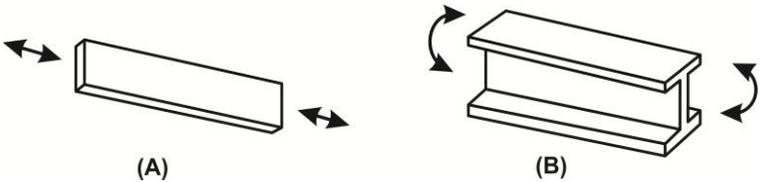
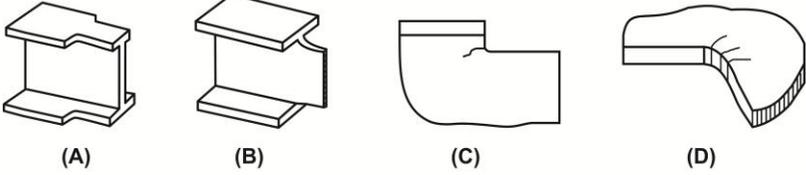
Descripción	Categoría	C_f	F_{TH} [MPa]	Punto potencial para la iniciación de la fisura	Ejemplos ilustrativos Tabla 2.4
Sección 1 – Material base sin soldadura o alejado de cualquier soldadura					
1.1. Metal base, excepto acero apto para intemperie sin recubrimiento, con superficie laminada o limpia; con bordes cortados a llama y terminación superficial con rugosidad menor que 25 μm , con extremos sin esquinas entrantes.	A	250×10^8	166	Fuera de toda soldadura o unión estructural	
1.2. Metal base, acero apto para intemperie sin recubrimiento, con superficie laminada o limpia; con bordes cortados a llama y terminación superficial con rugosidad menor que 25 μm , con extremos sin esquinas entrantes.	B	120×10^8	110	Fuera de toda soldadura o unión estructural	
1.3. Esquinas entrantes cortadas a llama, excepto orificios de acceso a soldadura, que cumplen con los requerimientos del artículo 2.5.11. y terminación superficial con rugosidad menor que 25 μm .	B	120×10^8	110	Desde las irregularidades en superficie o esquinas entrantes	

Tabla 2.4. (continuación). Parámetros de diseño para tensiones de fatiga

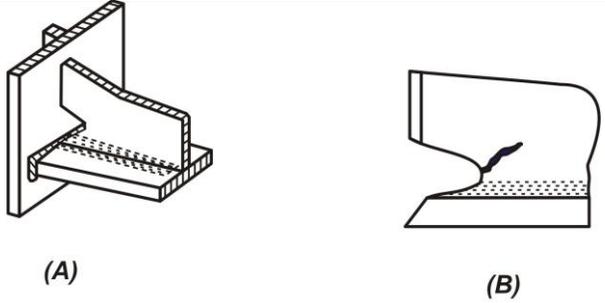
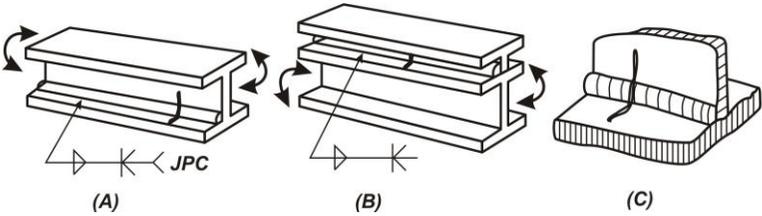
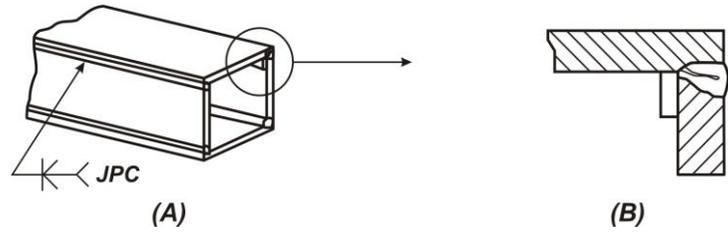
Descripción	Categoría	C_f	F_{TH} [MPa]	Punto potencial para la iniciación de la fisura	Ejemplos ilustrativos Tabla 2.4
<p>1.4. Orificios de acceso a soldadura según los requerimientos de los artículos 2.5.11 y 5.17.1.</p>	C	44×10^8	69	Desde las irregularidades en superficie o esquinas entrantes de orificios de acceso a soldadura	
Sección 2 – No aplicable (1)					
Sección 3 – Juntas soldadas uniendo componentes o partes de elementos estructurales armados (por ej. vigas armadas)					
<p>3.1. Metal base y metal de soldadura en elementos estructurales sin accesorios, armadas con chapas, formas o perfiles conectados por soldadura longitudinal de JPC, con repelado y soldadura por ambos lados o con soldaduras de filete continuo.</p>	B	120×10^8	110	Desde la superficie o discontinuidad interna en la soldadura fuera del extremo de las mismas	
<p>3.2. Metal base y metal de soldadura en elementos estructurales sin accesorios, armadas con chapas, formas o perfiles conectados por soldadura longitudinal de JPC, con respaldo no removible o con soldadura de JPP continua.</p>	B'	61×10^8	83	Desde la superficie o discontinuidad interna en la soldadura, incluida la de fijación del respaldo	

Tabla 2.4. (continuación). Parámetros de diseño para tensiones de fatiga

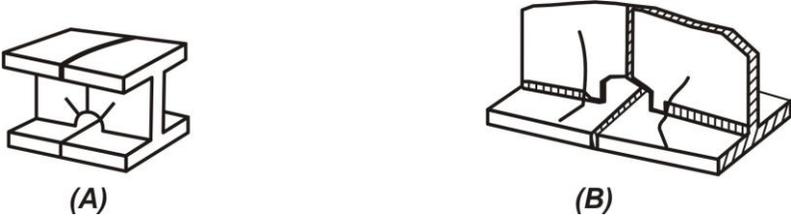
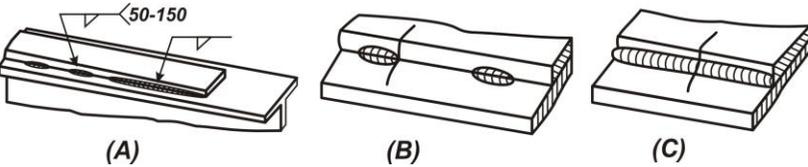
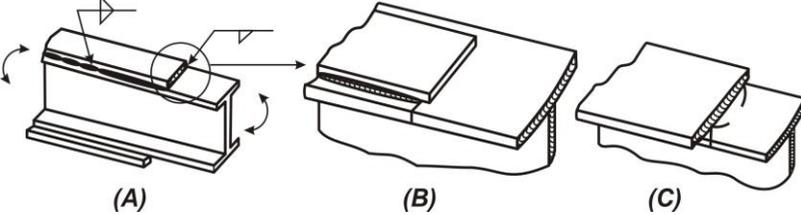
Descripción	Categoría	C_f	F_{TH} [MPa]	Punto potencial para la iniciación de la fisura	Ejemplos ilustrativos Tabla 2.4
<p>3.3. Metal base y metal de soldadura en terminación de filetes longitudinales de orificios de acceso a soldadura en elementos estructurales armados.</p>	D	22×10^8	48	Desde la terminación de la soldadura dentro del alma o ala	
<p>3.4. Metal base en extremos de segmentos de soldadura de filete intermitente.</p>	E	11×10^8	31	En material base unido, en inicio y sitios localizados de la soldadura	
<p>3.5. Metal base en los extremos de platabandas de largo parcial y más angostas que el ala que tengan extremos en ángulo recto o de ancho variable, con o sin soldaduras transversales; o platabandas más anchas que el ala, con soldaduras transversales en el extremo.</p> <p>Espesor del flanco ≤ 20 mm. Espesor del flanco > 20 mm.</p>	E E	11×10^8 $3,9 \times 10^8$	31 18	En el ala sobre la punta de extremo de la soldadura o en el ala en la terminación de la soldadura longitudinal o en el borde del ala en contacto con el ancho de la plata-banda	

Tabla 2.4. (continuación). Parámetros de diseño para tensiones de fatiga

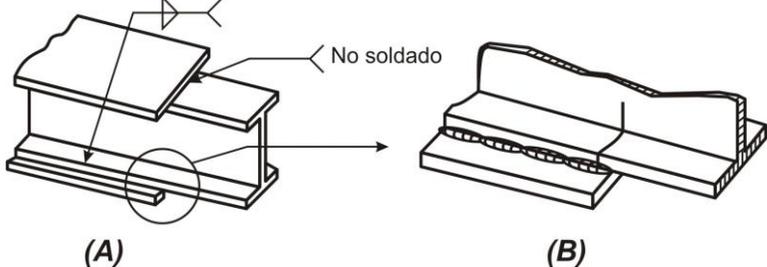
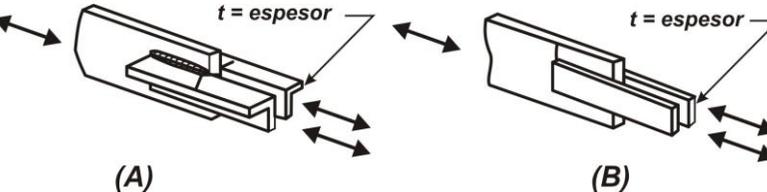
Descripción	Categoría	C_f	F_{TH} [MPa]	Punto potencial para la iniciación de la fisura	Ejemplos ilustrativos Tabla 2.4
<p>3.6. Metal base en los extremos de platabandas de largo parcial, más anchas que el ala, sin soldaduras transversales en el extremo.</p>	E'	$3,9 \times 10^8$	18	En el borde del ala en el final de la soldadura de la platabanda	
Sección 4 – Uniones soldadas con filete longitudinal					
<p>4.1. Metal base en empalmes de elementos estructurales axialmente cargados con soldaduras longitudinales en las uniones de extremo. Las soldaduras se ubicarán a cada lado del eje de la barra de manera que la tensión en la soldadura resulte balanceada.</p> <p>$t < 12 \text{ mm}$ $t > 12 \text{ mm}$</p>	E E'	11×10^8 $3,9 \times 10^8$	31 18	Desde el extremo de cualquier terminación de soldadura extendiéndose en el metal base	

Tabla 2.4. (continuación). Parámetros de diseño para tensiones de fatiga

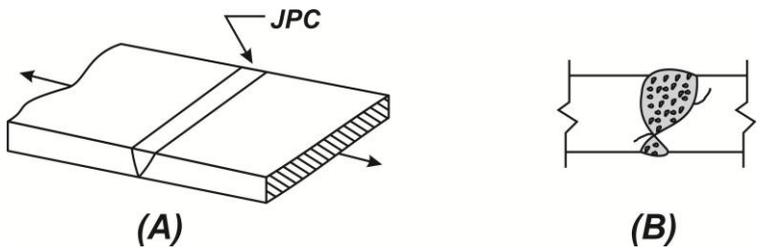
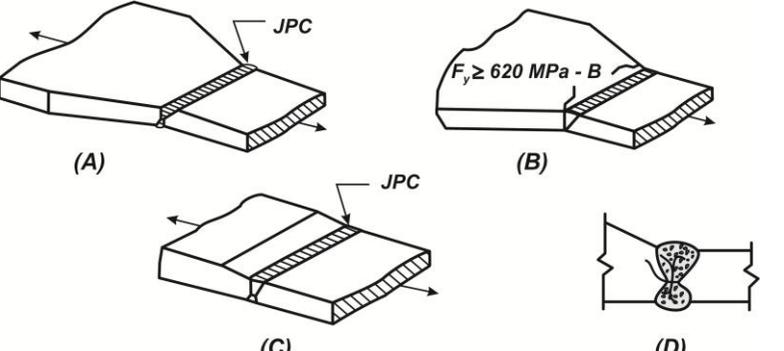
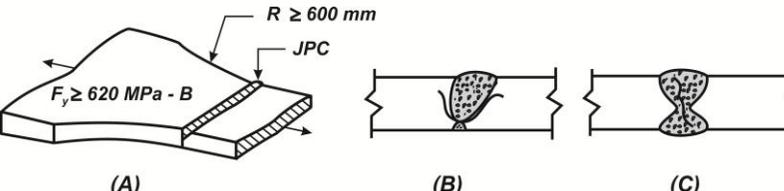
Descripción	Categoría	C_f	F_{TH} [MPa]	Punto potencial para la iniciación de la fisura	Ejemplos ilustrativos Tabla 2.4
Sección 5 – Juntas soldadas transversalmente a la dirección de las tensiones					
<p>5.1. Metal base y metal de soldadura en o adyacencias a empalmes soldados a tope con JPC en secciones laminadas o armadas, con amolado de la soldadura paralelo a la dirección de la tensión.</p>	B	120×10^8	110	Desde discont. internas en metal de soldadura o a lo largo del borde o línea de fusión	
<p>5.2. Metal base o metal de soldadura en o adyacencias a empalmes soldados a tope con JPC, con amolado de la soldadura paralelo a la dirección de la tensión, en transiciones de espesor o de ancho con una pendiente menor o igual que 1/2,5. $F_y < 620 \text{ MPa}$ $F_y > 620 \text{ MPa}$</p>	B B'	120×10^8 61×10^8	110 83	Desde discont. internas en metal de soldadura o alrededor del borde de fusión o en el comienzo de la transición	
<p>5.3. Metal base con F_y menor o igual que 620 MPa y metal de soldadura en o adyacencias de empalmes soldados con JPC y amolado de las soldaduras paralelo a la dirección de la tensión en transiciones en ancho con un radio menor o igual que 600 mm con el punto de tangencia en el final de la junta.</p>	B	120×10^8	110	Desde discont. internas en metal de soldadura o discont. alrededor del borde de fusión.	

Tabla 2.4. (continuación). Parámetros de diseño para tensiones de fatiga

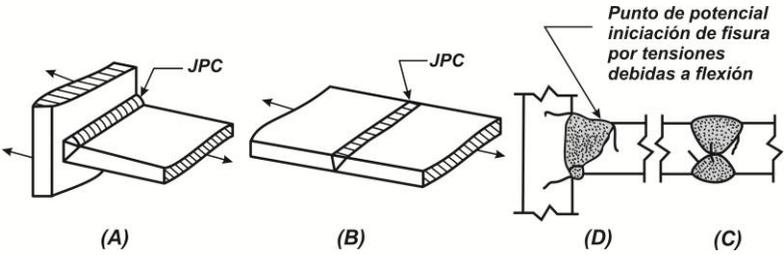
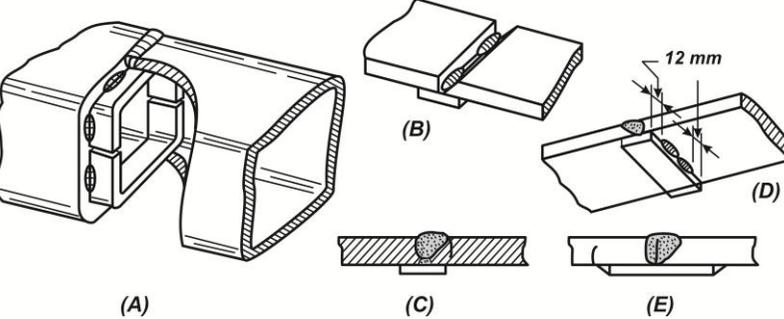
Descripción	Categoría	C_f	F_{TH} [MPa]	Punto potencial para la iniciación de la fisura	Ejemplos ilustrativos Tabla 2.4
<p>5.4. Metal base o metal de soldadura dentro o en adyacencias de la punta de las soldaduras a tope con JPC en juntas en T o en esquina con respaldo removible con o sin transición en espesor teniendo pendiente menor o igual que 1/2,5</p>	C	44×10^8	69	Desde discont. superficiales en la punta de la soldadura extendiéndose en el metal base o a lo largo del borde de fusión.	 <p>Punto de potencial iniciación de fisura por tensiones debidas a flexión</p>
<p>5.4.1. Metal base y metal de soldadura dentro o en adyacencias de soldaduras de JPC correspondientes a uniones a tope de empalmes con respaldo permanente. Punteado de soldadura dentro de la junta Punteado de soldadura fuera de la junta a una distancia menor que 12 mm del borde del metal base.</p>	D E	22×10^8 11×10^8	48 31	Desde la punta de la junta soldada o de la soldadura de fijación del respaldo	 <p>12 mm</p>

Tabla 2.4. (continuación). Parámetros de diseño para tensiones de fatiga

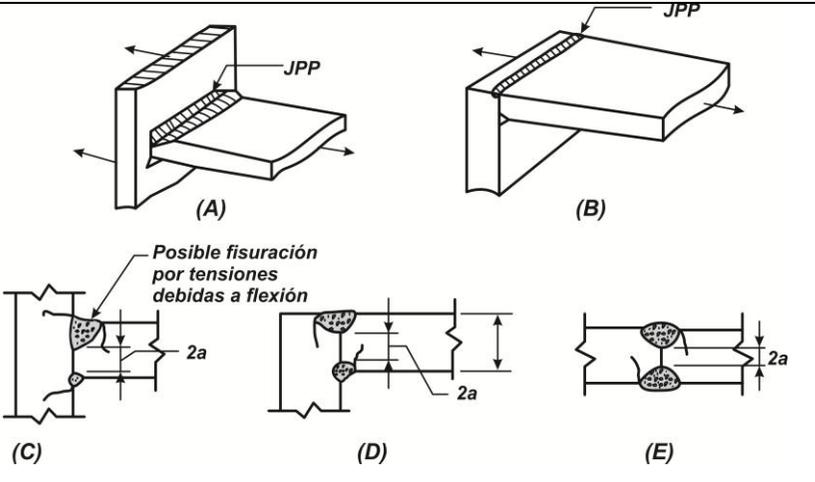
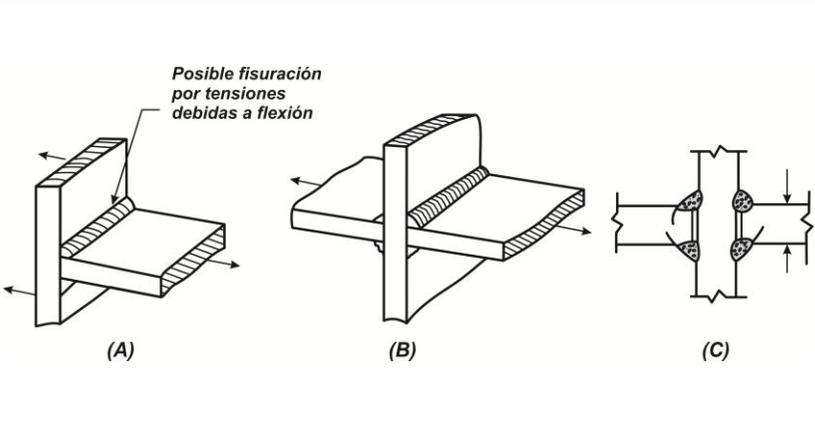
Descripción	Categoría	C_f	F_{TH} [MPa]	Punto potencial para la iniciación de la fisura	Ejemplos ilustrativos Tabla 2.4
<p>5.5. Metal base y metal de soldadura en uniones de extremo transversales de chapas bajo tracción con soldaduras de JPP, juntas en T o esquina, con soldaduras de filete de refuerzo o contorneado. F_{SR} será el menor de los rangos de tensión entre los de inicio de la fisura en la punta o inicio de la fisura en la raíz.</p> <p>Inicio de fisura en la punta de soldadura</p> <p>Inicio de fisura en la raíz de soldadura</p>	<p>C</p> <p>C'</p>	<p>44×10^8</p> <p>Exp. (4)</p>	<p>69</p> <p>N/D</p>	<p>Desde discont. en la punta de la soldadura extendida en el metal base, o iniciación en la raíz sometida a tracción extendiendo hacia arriba y hacia afuera a través de la soldadura.</p>	 <p>Diagramas (A) y (B) muestran uniones de chapas con soldaduras JPP. Diagrama (C) muestra una fisura en la punta de la soldadura. Diagrama (D) muestra una fisura en la raíz de la soldadura. Diagrama (E) muestra una fisura en la raíz de la soldadura. Las etiquetas indican "Posible fisuración por tensiones debidas a flexión" y "2a".</p>
<p>5.6. Metal base y metal de soldadura en uniones extremas transversales de chapas traccionadas usando un par de soldaduras de filete ubicadas en lados opuestos de la chapa. F_{SR} deberá ser el menor de los rangos de tensión entre los de inicio de la fisura en la punta o inicio de la fisura en la raíz de la soldadura.</p> <p>Inicio de fisura en la punta de soldadura</p> <p>Inicio de fisura en la raíz de soldadura</p>	<p>C</p> <p>C''</p>	<p>44×10^8</p> <p>Exp. (5)</p>	<p>69</p> <p>N/D</p>	<p>Desde discont. en la punta de la soldadura, extendida en el metal base o iniciación en la raíz sometida a tracción extendida hacia arriba y luego hacia fuera a través de la soldadura</p>	 <p>Diagramas (A) y (B) muestran uniones de chapas con soldaduras de filete. Diagrama (C) muestra una fisura en la raíz de la soldadura. La etiqueta indica "Posible fisuración por tensiones debidas a flexión".</p>

Tabla 2.4. (continuación). Parámetros de diseño para tensiones de fatiga

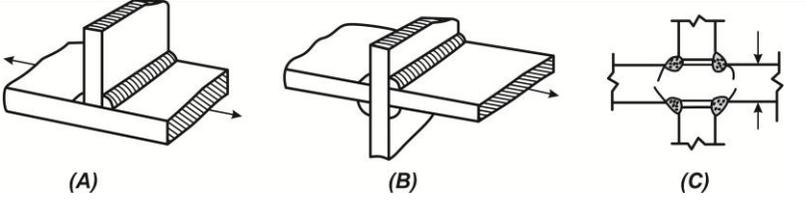
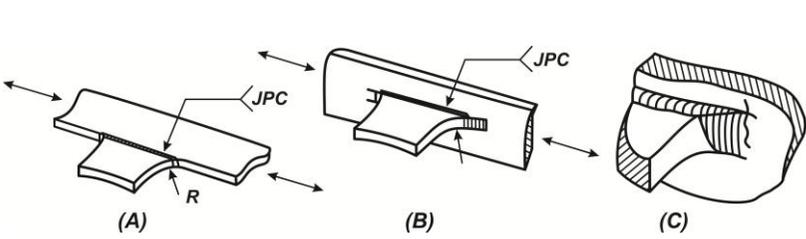
Descripción	Categoría	C_f	F_{TH} [MPa]	Punto potencial para la iniciación de la fisura	Ejemplos ilustrativos Tabla 2.4
<p>5.7. Metal base de chapas traccionadas y almas y alas de vigas laminadas o armadas, en la punta de las soldaduras de filete transversales, adyacentes a rigidizadores soldados transversalmente.</p>	C	44×10^8	69	Desde discont. geométricas en la punta del filete extendida en el metal base	
Sección 6 – Metal base en uniones soldadas de elementos estructurales transversales					
<p>6.1. Metal base en accesorios unidos con soldadura JPC sujetos a carga longitudinal, sólo cuando el accesorio posee un radio de transición R, con una terminación suave de la soldadura por amolado.</p> <p>$R \geq 600 \text{ mm}$ $600 \text{ mm} > R \geq 150 \text{ mm}$ $150 \text{ mm} > R > 50 \text{ mm}$ $R < 50 \text{ mm}$</p>	B C D E	120×10^8 44×10^8 22×10^8 11×10^8	110 69 48 31	Cerca del punto de tangencia del radio en el borde del elemento estructural	

Tabla 2.4. (continuación). Parámetros de diseño para tensiones de fatiga

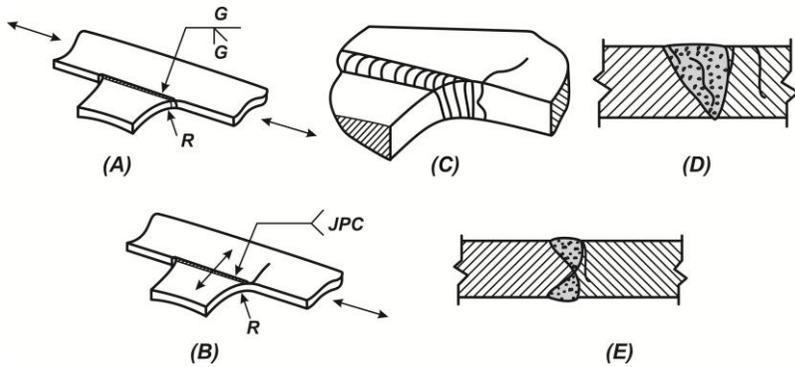
Descripción	Categoría	Cf	F _{TH} [MPa]	Punto potencial para la iniciación de la fisura	Ejemplos ilustrativos Tabla 2.4
<p>6.2. Metal base en accesorios de igual espesor, unidos con soldadura JPC sometidos a cargas transversales con o sin cargas longitudinales cuando el accesorio se une con un radio de transición R, con una terminación suave de la soldadura por amolado.</p> <p>Cuando el refuerzo de soldadura es removido:</p> <p>R ≥ 600 mm C 600 mm > R > 150 mm C 150 mm > R > 50 mm D R < 50 mm E</p> <p>Cuando el refuerzo de soldadura no es removido:</p> <p>R ≥ 600 mm C 600 mm > R > 150 mm C 150 mm > R > 50 mm D R < 50 mm E</p>				<p>Cerca de los puntos de tangencia del radio o en la soldadura, en el borde de fusión, en el elemento estructural o el accesorio.</p> <p>En la punta de la soldadura o a lo largo del borde del elemento estructural o del accesorio.</p>	 <p>Diagramas (A) a (E) que muestran diferentes configuraciones de uniones soldadas con radio de transición R y terminación JPC. (A) y (B) muestran uniones con radio R y terminación JPC. (C) y (D) muestran uniones con radio R y terminación JPC con un refuerzo de soldadura. (E) muestra una unión con radio R y terminación JPC sin refuerzo de soldadura. Las flechas indican los puntos de inicio de fisuras.</p>

Tabla 2.4. (continuación). Parámetros de diseño para tensiones de fatiga

Descripción	Categoría	C_f	F_{TH} [MPa]	Punto potencial para la iniciación de la fisura	Ejemplos ilustrativos Tabla 2.4
<p>6.3. Metal base en accesorios de espesor diferente, unidos a tope con soldadura JPC sometidos a cargas transversales con o sin carga longitudinal cuando el accesorio tiene un radio de transición R, con una terminación suave de la soldadura por amolado.</p> <p>Cuando el refuerzo de soldadura es removido:</p> <p>R > 50 mm R ≤ 50 mm</p> <p>Cuando el refuerzo de soldadura no es removido: Para cualquier R</p>	<p>D E E</p>	<p>22×10^8 11×10^8 11×10^8</p>	<p>48 31 31</p>	<p>En la punta de la soldadura a lo largo de borde del material más fino</p>	
<p>6.4. Metal base sometido a tensión longitudinal en elementos estructurales transversales, con o sin tensión transversal, unidos por soldadura de filete o de JPP paralela a la dirección de la tensión, cuando el accesorio tiene un radio de transición R, con una terminación suave de la soldadura por amolado.</p> <p>R > 50 mm R ≤ 50 mm</p>	<p>D E</p>	<p>22×10^8 11×10^8</p>	<p>48 31</p>	<p>En la terminación de la soldadura desde el borde del cordón extendiéndose en el miembro</p>	

Tabla 2.4. (continuación). Parámetros de diseño para tensiones de fatiga

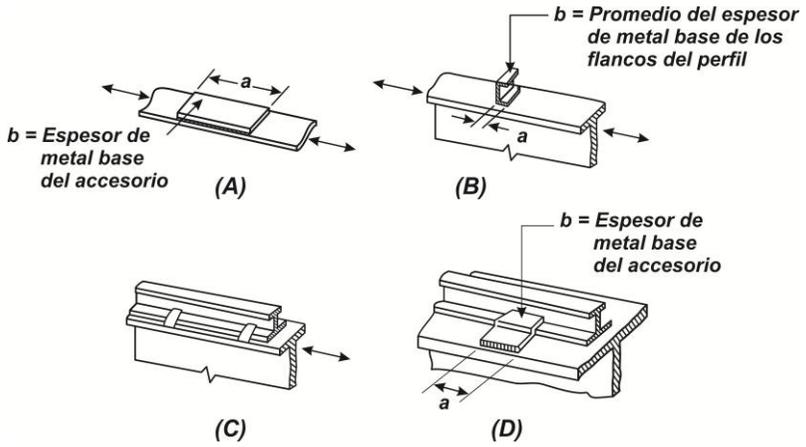
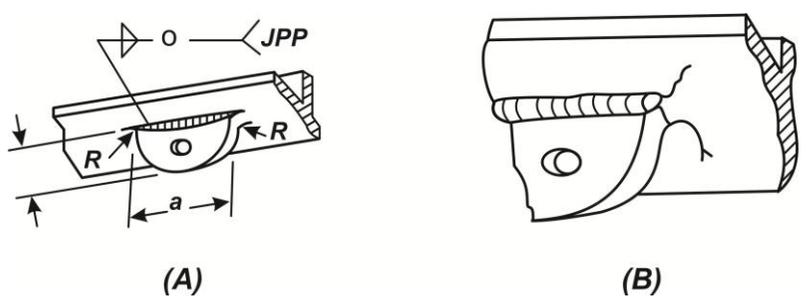
Descripción	Categoría	C_f	F_{TH} [MPa]	Punto potencial para la iniciación de la fisura	Ejemplos ilustrativos Tabla 2.4
Sección 7 – Metal base en piezas accesorios cortas (2)					
<p>7.1. Metal base sujeto a carga longitudinal en accesorios unidos por soldaduras de filete paralelos o transversales a la dirección de la tensión, cuando los accesorios son unidos sin un radio de transición, y con el largo del accesorio (a) en la dirección de la tensión y la altura (b) normal a la superficie del elemento estructural.</p> <p>$a < 50 \text{ mm}$ $50 \text{ mm} \leq a \leq 12 b$ o 100 mm $a > 12 b$ o 100 mm y $b \leq 25 \text{ mm}$ $a > 12 b$ o 100 mm y $b > 25 \text{ mm}$</p>	<p>C D E E'</p>	<p>44×10^8 22×10^8 11×10^8 3.9×10^8</p>	<p>69 48 31 18</p>	<p>En el miembro, en el extremo de la soldadura</p>	
<p>7.2. Metal base sometido a tensión longitudinal en accesorios unidos mediante soldadura de filete o de JPP, con o sin carga transversal en el accesorio, cuando el accesorio tiene un radio de transición R, con una terminación suave de la soldadura por amolado.</p> <p>$R > 50 \text{ mm}$ $R \leq 50 \text{ mm}$</p>	<p>D E</p>	<p>22×10^8 11×10^8</p>	<p>48 31</p>	<p>En el extremo de la soldadura, extendiéndose en el elemento estructural</p>	

Tabla 2.4. (continuación). Parámetros de diseño para tensiones de fatiga

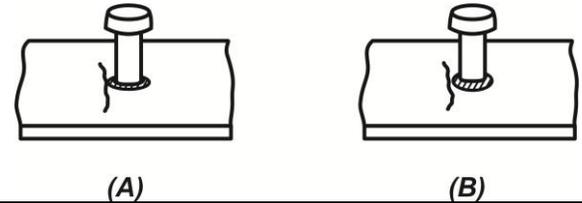
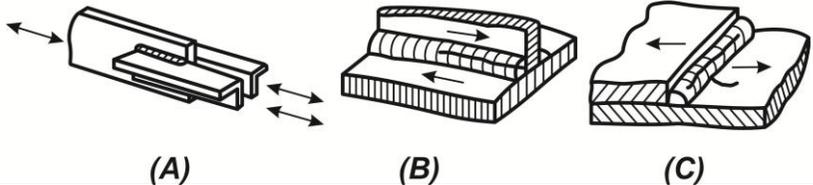
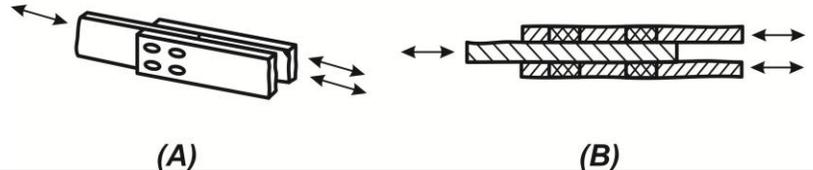
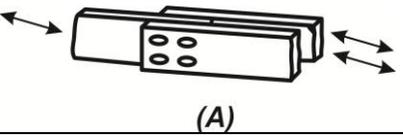
Descripción	Categoría	C_f	F_{TH} [MPa]	Punto potencial para la iniciación de la fisura	Ejemplos ilustrativos Tabla 2.4
Sección 8 – Casos varios					
8.1. Metal base en pernos de corte, unidos mediante soldadura de filete o soldadura eléctrica de pernos.	C	44×10^8	69	En el borde de la soldadura en el metal base.	
8.2. Corte en garganta de soldadura de filete longitudinal o transversal, continua o intermitente, incluyendo soldadura de filete en agujeros o ranuras.	F	150×10^{10} Exp. (2)	55	En la garganta de la soldadura	
8.3. Metal base en soldaduras de tapón o ranuras.	E	11×10^8	31	En el extremo, sobre el metal base	
8.4. Corte en soldaduras de tapón o ranuras.	F	150×10^{10} Exp. (2)	55	En la superficie de empalme	
<p>N/D: No disponible</p> <p>Notas:</p> <p>(1) La sección 2 en esta tabla aparece para mantener la coherencia y facilitar las referencias cruzadas con el Reglamento CIRSOC 301-05.</p> <p>(2) Pieza accesorio corta se define como cualquier pieza accesorio de acero soldada al elemento estructural, la cual por su simple presencia e independientemente de sus cargas, crea una discontinuidad en el flujo de tensiones del elemento de manera tal de reducir la resistencia a la fatiga.</p>					

Tabla 2.5. Tensiones admisibles en uniones tubulares soldadas

Tipo de soldadura	Aplicación tubular	Tipo de solicitación	Diseño por tensiones admisibles (<i>DTA</i> o <i>ASD</i>)	Diseño por factores de carga y resistencia (<i>DFR</i> o <i>LRFD</i>)		Nivel de resistencia requerido en el metal de aporte ⁽¹⁾
			Tensión admisible	Factor de resistencia ϕ	Resistencia Nominal	
Soldadura con JPC	Juntas a tope longitudinales	Tracción o compresión paralelo al eje de la soldadura ⁽²⁾	Igual que para el metal base ⁽³⁾	0,90	0,6 F_y	Puede usarse metal de aporte con una resistencia igual o menor que el metal base
		Corte por flexión o torsión	metal base 0,40 F_y metal de aporte 0,30 F_{EXX}	0,90 0,65	0,60 F_y 0,60 F_{EXX}	
	Juntas a tope circunferenciales	Compresión normal al área efectiva ⁽²⁾	Igual que para el metal base	0,90	F_y	Debe usarse un metal de aporte que iguale la resistencia del metal base
		Corte sobre el área efectiva		Metal base 0,90	0,60 F_y	
				Metal de soldadura 0,65	0,60 F_{EXX}	
	Tracción normal al área efectiva	0,90	F_y			
	Juntas soladas en uniones estructurales T , Y o K , diseñadas para cargas críticas tales como fatiga, las que normalmente requerirán soldaduras con JPC	Tracción, compresión o corte en el metal base contiguo a la soldadura, conforme al detalle de las Figuras 3.6., 3.8. y 3.10. (soldadura de tubo o caño de un sólo lado, sin respaldo)	Igual que para el metal base o como se limite, de acuerdo con la geometría de la unión (ver las disposiciones del artículo 2.6.6., DTA o ASD)	Igual que para el metal base o como se limite, de acuerdo con la geometría de la unión (ver las disposiciones del artículo 2.6.6., para DFR o LRFD)		Debe usarse un metal de aporte que iguale la resistencia del metal base
		Tracción, compresión o corte en el área efectiva de soldaduras con bisel, hechas de ambos lados o con respaldo.				

Notas:

- (1) Para igualación del material de aporte ver la Tabla 3.1.
- (2) Se permite un corte por flexión o torsión de hasta **0,30** de la resistencia mínima a la tracción especificada del metal de aporte, con la salvedad que el corte en el metal contiguo (adyacente) será menor que **0,40 F_y** (**DFR** o **LRFD**, ver corte).
- (3) Las soldaduras con bisel o de filete paralelas al eje longitudinal de elementos estructurales sometidos a tracción o compresión, excepto en áreas de unión, no se considera que transmiten tensión y por lo tanto pueden tomar la misma tensión que el metal base, sin toener en cuenta la clasificación del electrodo (material de aporte). Cuando se aplican las disposiciones del artículo 2.6.6.1., las soldaduras en el elemento estructural principal, dentro del área de unión, deben ser soldaduras con **JPC** y utilizando metal de aporte que iguale la resistencia del metal base, tal como está definido en la Tabla 3.1.
- (4) Ver el artículo 2.6.6.1.3.

Tabla 2.5. (continuación). Tensiones admisibles en uniones tubulares soldadas

Tipo de soldadura	Aplicación tubular	Tipo de solicitación	Diseño por tensiones admisibles (<i>DTA</i> o <i>ASD</i>)	Diseño por factores de carga y resistencia (<i>DFR</i> o <i>LRFD</i>)		Nivel de resistencia requerido en el metal de aporte ⁽¹⁾
			Tensión admisible	Factor de resistencia ϕ	Resistencia nominal	
Soldaduras de Filete	Juntas longitudinales de elementos estructurales tubulares armados o construidos.	Tracción o compresión paralelas al eje de la soldadura	Igual que para el metal base	0,90	F_y	Puede usarse metal de aporte con una resistencia igual o menor que el metal base
		Corte sobre el área efectiva	0,30 F_{EXX}	0,60	0,60 F_{EXX}	
	Juntas en uniones estructurales <i>T</i> , <i>Y</i> , o <i>K</i> , en juntas solapadas o yuxtapuestas circulares y juntas de uniones de accesorios a tubos o caños	Corte en la garganta efectiva, sin tener en cuenta la dirección de la carga. (Ver los artículos 2.6.5. y 2.6.6.1.3.)	0,30 F_{EXX} o como se limite por la geometría de la unión (ver el artículo 2.6.6.)	0,60	0,60 F_{EXX}	Puede usarse metal de aporte con una resistencia igual o menor que el metal base ⁽⁴⁾
Soldaduras en botones (tapones) y ranuras (muescas)	Corte paralelo a las superficies de empalme (sobre el área efectiva)	metal base 0,40 F_y metal de aporte 0,30 F_{EXX}	No aplicable			Puede usarse material de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el metal base
Notas:						
(1) Para igualación del material de aporte ver la Tabla 3.1.						
(2) Se permite un corte por flexión o torsión de hasta 0,30 de la resistencia mínima a la tracción especificada del metal de aporte, con la salvedad que el corte en el metal contiguo (adyacente) será menor que 0,40 F_y (<i>DFR</i> o <i>LRFD</i> , ver corte).						
(3) Las soldaduras con bisel o de filete paralelas al eje longitudinal de elementos estructurales sometidos a tracción o compresión, excepto en áreas de unión, no se considera que transmiten tensión y por lo tanto pueden tomar la misma tensión que el metal base, sin tener en cuenta la clasificación del electrodo (material de aporte). Cuando se aplican las disposiciones del artículo 2.6.6.1., las soldaduras en el elemento estructural principal, dentro del área de unión, deben ser soldaduras con <i>JPC</i> y utilizando metal de aporte que iguale la resistencia del metal base, tal como está definido en la Tabla 3.1.						
(4) Ver el artículo 2.6.6.1.3.						

Tabla 2.5. (continuación). Tensiones admisibles en uniones tubulares soldadas

Tipo de soldadura	Aplicación tubular	Tipo de sollicitación		Diseño por tensiones admisibles (<i>DTA</i> o <i>ASD</i>)	Diseño por factores de carga y resistencia (<i>DFR</i> o <i>LRFD</i>)		Nivel de resistencia requerido en el metal de aporte ⁽¹⁾	
				Tensión Admisible	Factor de Resistencia ϕ	Resistencia Nominal		
Soldadura con <i>JPP</i>	Soldadura longitudinal de elementos estructurales tubulares	Tracción o compresión paralelas al eje de la soldadura		Igual que para el metal base	0,90	F_y	Puede usarse material de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el metal base	
	Juntas circunferenciales y longitudinales que transmiten cargas	Compresión normal al área efectiva	Juntas no diseñadas para soportar carga	0,50 F_{EXX} , con la salvedad que la tensión en el metal base adyacente debe ser menor que 0,60 F_y	0,90	F_y	Puede usarse material de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el metal base	
			Juntas diseñadas para soportar carga	Igual que para el metal base				
		Corte sobre el área efectiva	Tracción sobre el área efectiva		0,30 F_{EXX} , con la salvedad que la tensión en el metal base adyacente debe ser menor que 0,50 F_y para tracción, ó 0,40 F_y para corte.	0,75	0,60 F_{EXX}	Puede usarse material de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el metal base
			Tracción sobre el área efectiva			Metal base 0,90	0,60 F_y	
	Uniones estructurales <i>T, Y, K</i> en estructuras comunes		Transmisión de carga a través de la soldadura como tensión sobre la garganta efectiva (ver los artículos 2.6.5. y 2.6.6.1.3.)		0,30 F_{EXX} o como se encuentre limitado por la geometría de la unión (ver el artículo 2.6.6., con la salvedad que la tensión en el metal base adyacente debe ser menor que 0,50 F_y para tracción y compresión, o 0,40 F_y para corte.	Metal base 0,90	0,60 F_y	Debe usarse material de aporte que iguale la resistencia del metal base
				Metal de soldadura 0,65		0,60 F_{EXX}		
				o como se encuentre limitada por la geometría de la unión (ver el artículo 2.6.6. para <i>DFR</i> o <i>LRDF</i>)				

Notas:

- (1) Para igualación del material de aporte ver la Tabla 3.1.
- (2) Se permite un corte por flexión o torsión de hasta **0,30** de la resistencia mínima a la tracción especificada del metal de aporte, con la salvedad que el corte en el metal contiguo (adyacente) será menor que **0,40 F_y** (*DFR* o *LRFD*, ver corte).
- (3) Las soldaduras con bisel o de filete paralelas al eje longitudinal de elementos estructurales sometidos a tracción o compresión, excepto en áreas de unión, no se considera que transmiten tensión y por lo tanto pueden tomar la misma tensión que el metal base, sin toener en cuenta la clasificación del electrodo (material de aporte). Cuando se aplican las disposiciones del artículo 2.6.6.1., las soldaduras en el elemento estructural principal, dentro del área de unión, deben ser soldaduras con *JPC* y utilizando metal de aporte que iguale la resistencia del metal base, tal como está definido en la Tabla 3.1.
- (4) Ver el artículo

Tabla 2.6. Categorías de Tensión para Tipo y Ubicación del Material para Secciones Circulares

Categoría de Tensión	Situación	Tipos de Solicitaciones ⁽¹⁾
A	Tubo estándar sin costura	TCFR
B	Tubo con costura longitudinal	TCFR
B	Empalmes a tope, soldados con JPC , configuración plana e inspeccionados por RI o US	TCFR
B	Elementos estructurales con rigidizadores unidos con soldadura longitudinal continua	TCFR
C₁	Empalmes a tope, soldados con JPC , sin tratamiento posterior a la soldadura	TCFR
C₂	Elementos estructurales con rigidizadores transversales anulares	TCFR
D	Elementos estructurales con fijaciones diversas como planchuelas, ménsulas, etc.	TCFR
D	Uniones en cruz y en T , soldadas con JPC (excepto en uniones tubulares).	TCFR
DT	Uniones diseñadas como simple T , Y o K , soldadas con JPC , conforme a las Figuras 3.8 y 3.10 (incluyendo uniones solapadas o yuxtapuestas en la cual el elemento estructural principal llega a requerimientos de corte por punzonamiento ver Nota (2))	TCFR en el ramal (montante o diagonal). (Nota: El elemento estructural principal debe ser verificado en forma separada por categoría K₁ o K₂)
E	Uniones en cruz balanceadas y uniones en T soldadas con JPP o soldadura de filete (excepto en uniones tubulares)	TCFR en el elemento estructural, la soldadura debe ser verificada también por categoría F
E	Componentes donde terminan, platabandas, rigidizadores longitudinales, manguitos de chapa (excepto en uniones tubulares)	TCFR en el elemento estructural, la soldadura debe ser verificada también por categoría F
ET	Uniones simples T , Y , y K soldadas con JPP o soldadura de filete; también uniones tubulares complejas en las cuales la capacidad de corte por punzonamiento del elemento estructural principal no puede soportar el total de la carga, y la transmisión de carga se lleva a cabo mediante solape (excentricidad negativa), manguitos de chapa, rigidizadores anulares, etc. Ver Nota (2)	TCFR en el ramal. (Nota: El elemento estructural principal en unión simple T , Y , o K , debe ser verificado separadamente por las categorías K₁ o K₂ ; la soldadura debe ser verificada también por categoría FT y el artículo 2.6.6.1.).
F	Soldadura de extremo de platabanda; soldaduras en manguitos de chapa, rigidizadores anulares, etc.	Corte en la soldadura.
F	Uniones en cruz y en T , cargadas a tracción o flexión, que tengan soldaduras de filete o con JPP (excepto en uniones tubulares).	Corte en la soldadura (sin tener en cuenta la dirección de la carga). Ver el artículo 2.6.5.
FT	Uniones simples en T , Y , o K , cargadas a tracción o flexión, que tengan soldaduras de filete o con JPP .	Corte en la soldadura (sin tener en cuenta la dirección de la carga)

Tabla 2.6. (continuación). Categorías de Tensión para Tipo y Ubicación del Material para Secciones Circulares

Categoría de Tensión	Situación	Tipos de Solicitaciones ⁽¹⁾
X_2	Elementos estructurales en intersección en uniones simples tipo T , Y , y K ; cualquier unión cuyo comportamiento se determina ensayando un modelo en escala o por análisis teórico (por ej. elementos finitos).	El mayor rango de tensión en puntos críticos o tensión en la superficie exterior de elementos estructurales de intersección, en la punta de la soldadura que los une, después de la comprobación del modelo o prototipo de la unión o calculado mediante el método de cálculo más avanzado disponible.
X_1	Como para X_2 , la sección mejorada por los artículos 2.6.3.6.6. y 2.6.3.6.7.	Como para X_2
X_1	Intersecciones cono – cilindro no reforzadas	Esfuerzo en los puntos críticos en el cambio de ángulo; calculado según Nota (4).
K_2	Uniones simples en T , Y , y K , en las cuales la relación gamma R/t_c del elemento estructural principal no exceda 24. (Ver Nota (3))	Corte por punzonamiento de componentes principales; calculados según Nota (5)
K_1	Como para K_2 , la sección mejorada por los artículos 2.6.3.6.6. y 2.6.3.6.7.	

Notas:

- (1) T = Tracción, C = compresión, F = flexión, R = combinado – por ejemplo: rango total de esfuerzos nominales axiales y de flexión
 (2) Las curvas empíricas (Figura 2.15.) basado en la geometría típica de las uniones; si se conocen los factores de concentración de tensiones reales o puntos críticos de esfuerzo, se prefiere el uso de las curvas X_1 o X_2 .
 (3) Las curvas empíricas (Figura 2.13) basado en ensayos, con gamma (R/t_c) de 18 a 24; curvas del lado seguro para miembros de paredes de gran cuerda (bajo R/t_c); para elementos estructurales de paredes delgadas (R/t_c) se debe reducir la tensión admisible en una proporción de:

$$\frac{\text{Tensión de fatiga admisible}}{\text{Tensión de curva } K} = \left(\frac{24}{R/t_c} \right)^{0.7}$$

Donde se conocen los factores reales de concentración de tensiones, o los puntos crítico de esfuerzos, es preferible el uso de las curvas X_1 o X_2 .

- (4) Factor de concentración de Tensiones – FCT

$$FCT = \frac{1}{\cos \bar{\psi}} + 1,17 \tan \bar{\psi} \sqrt{\gamma_b}$$

siendo:

$\bar{\psi}$ el cambio de ángulo en la transición.

γ_b el radio a la razón de espesor del tubo (tube) en la transición.

- (5) El rango cíclico de corte por punzonamiento es dado por:

$$V_p = \tau \text{ sen } \theta \left[\alpha f_a + \sqrt{(0,67 f_{by})^2 + (1,5 f_{bz})^2} \right]$$

siendo:

τ y θ están definidas previamente, y

f_a el rango cíclico de tensión nominal del montante o diagonal para carga axial.

f_{by} el rango cíclico de tensión en flexión en el plano.

f_{bz} el rango cíclico de tensión en flexión fuera del plano

α como está definido en la Tabla 2.9.

CAPÍTULO 3. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

3.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Capítulo cubre los requerimientos generales y específicos para la realización de la especificación de procedimiento de soldadura (**EPS**) correspondientes a uniones soldadas de estructuras planas y tubulares sometidas tanto a cargas estáticas como cíclicas.

Este Capítulo se puede utilizar en conjunto con los capítulos correspondientes de los Reglamentos **CIRSOC 301-2005 Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para Edificios** y **Reglamento CIRSOC 302-2005 Reglamento Argentino de Elementos Estructurales de Tubos de Acero para Edificios** respectivamente.

Este Capítulo permite la utilización de dos modalidades de **EPS**, precalificada y la que requiere proceso de calificación. La elaboración de una **EPS** precalificada debe ser considerada como una condición de excepción y para su elaboración se seguirán las directivas específicas de este capítulo. La utilización de una **EPS** precalificada deberá ser acordada a través de los documentos de contrato y del Ingeniero de soldadura responsable.

Toda **EPS** que requiera calificación, se efectuará siguiendo los lineamientos del Capítulo 4 de este Reglamento. Para cada **EPS** calificada se deberá emitir un documento denominado registro de calificación del procedimiento (**RCP**).

Toda **EPS**, tanto del tipo precalificada como calificada, deberá ser escrita y será considerada a los fines de este Reglamento como un documento de ingeniería y/o fabricación.

3.2. ELABORACIÓN DE LA EPS

3.2.1. Formato de la EPS

En el Anexo VI de este Reglamento se fija un formulario modelo con los contenidos necesarios para la confección de la **EPS**. Para el caso de una **EPS** que requiera calificación en los campos, que correspondan, del formulario se les asignarán la categoría variable esencial de acuerdo con lo estipulado en el Capítulo 4 de este Reglamento.

Toda **EPS** precalificada deberá ser desarrollada de acuerdo con los requerimientos generales y particulares de este Capítulo, no obstante todos estos requerimientos pueden ser aplicados o servir de guía a una **EPS** calificada con emisión de **RCP**.

3.3. PROCESOS DE SOLDADURA

3.3.1. Procesos de soldadura aprobados por este Reglamento

Todos los procesos de soldadura por arco eléctrico así como otros procesos de soldadura distintos de éstos pueden ser aplicados a la elaboración de las **EPS** cuando los mismos sean calificados con emisión de **RCP**.

3.3.2. Procesos de soldadura para **EPS** Precalificada (*)

Los procesos permitidos para la elaboración de las **EPS** precalificadas son:

- (a) soldadura por arco con electrodo revestido (**SMAW**)
- (b) soldadura por arco sumergido (**SAW**)
- (c) soldadura por arco eléctrico con protección gaseosa (semiautomática alambre macizo), excepto modo de transferencia por cortocircuito (**GMAW**)
- (d) soldadura por arco con alambre tubular (semiautomática alambre tubular), con o sin protección gaseosa. (**FCAW**)
- (e) Para los procesos (c) y (d) se deberán utilizar únicamente máquinas de soldar con fuente de poder de tensión constante.

(*) **Nota:** Hasta tanto no se disponga de las normas IRAM correspondientes a definición de procesos de soldadura y sus correspondientes siglas, se utilizarán las siglas establecidas por ANSI-AWS

3.4. COMBINACIONES DE METAL BASE Y METAL DE APORTE

En las **EPS** precalificadas se deben usar sólo los metales base y los metales de aporte establecidos en la Tabla 3.1. Para la calificación de metales base y metales de aporte listados, y para metales base y metales de aporte no listados en la Tabla 3.1., ver el Capítulo 4 de este Reglamento.

Se debe usar el criterio de relación entre la resistencia del metal base y el metal de aporte descrito en el siguiente cuadro. En conjunto con la Tabla 3.1. se determinará si se requieren metales de aporte que igualen o se ubiquen por debajo de la resistencia del metal base.

Relación de resistencia metal de aporte-metal base	Metal(es) base	Resistencia requerida del metal de aporte
Igual a	Cualquier acero consigo mismo o cualquier acero a otro del mismo grupo	Cualquier metal de aporte listado en el mismo grupo
	Cualquier acero de un grupo con un acero de otro grupo	Cualquier metal de aporte listado para un grupo de menor resistencia. (Los electrodos para soldadura manual deben estar clasificados como bajo hidrógeno.)
Metal de aporte por debajo	Cualquier acero con otro de cualquier grupo	Cualquier metal de aporte listado para el correspondiente al grupo de menor resistencia. (Los electrodos para soldadura manual deben estar clasificados como bajo hidrógeno.)

Tabla 3.1. Selección del metal de aporte

Requerimientos del metal base (1) (2) (3)			Requerimientos del metal de aporte (4)		
Grupo de Acero	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Proceso	Especificación del metal de aporte	Clasificación del metal de aporte
I	≤ 350	≤ 450	Soldadura manual	IRAM-IAS U 500-601 (AWS A5.1)	E43XX, E51XX (E60XX, E70XX)
				IRAM-IAS U 500-127 (AWS A5.5)	E51XX-X (E70XX-X)
			Soldadura semiautomática alambre macizo	IRAM-IAS U 500-166 (AWS A5.18)	E50S-X (ER70S-X, E70C-XC, E70C-XM, excepto -GS)
				AWS A5.28	ER70S-XXX, E70C-XXX
Soldadura semiautomática alambre tubular	AWS A5.20	E7XT-X, E7XT-XM (excepto -2, 2M -3, -10, -GS, -13, -14 y -11 debe ser excluido para espesor mayor a 12 mm)			
	AWS A5.29	E7XTX-X, E7XTX-XM			
Soldadura por arco sumergido	AWS A5.17	F6XX-EXXX, F6XX-ECXXX, F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX			
	AWS A5.23	F7XX-EXXX-XX, F7XX-ECXXX-XX			
II	> 350 ≤ 380	> 450 ≤ 490	Soldadura manual	IRAM-IAS U 500-601 (AWS A5.1)	E5115, E5116, E5118 (E7015, E7016, E7018)
				IRAM-IAS U 500-127 (AWS A5.5)	E5115-X, E5116-X, E5118-X (E70X5-X, E7016-X, E7018-X)
				Soldadura semiautomática alambre macizo	IRAM-IAS U 500-166 (AWS A5.18)
Soldadura semiautomática alambre tubular	AWS A5.28	ER70S-XXX, E70C-XXX			
	AWS A5.20	E7XT-X, E7XT-XM (excepto -2, 2M -3, -10, -GS, -13, -14 y -11 debe ser excluido para espesor mayor a 12 mm)			
AWS A5.29	E7XTX-X, E7XTX-XM				

Tabla 3.1. Selección del metal de aporte (continuación)

Requerimientos del metal base ^{(1) (2) (3)}			Requerimientos del metal de aporte ⁽⁴⁾		
Grupo de Acero	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Proceso	Especificación del metal de aporte	Clasificación del metal de aporte
II (cont.)			Soldadura por arco sumergido	AWS A5.17 AWS A5.23	F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX F7XX-EXXX-XX, F7XX-ECXXX-XX
III	> 380 ≤ 420	> 490 ≤ 690	Soldadura manual	IRAM-IAS U 500-127 (AWS A5.5)	E5515-X, E5516-X, E5518-X (E8015-X, E8016-X, E8018-X)
			Soldadura semiautomática alambre macizo	AWS A5.28	ER80S-XXX, E80C-XXX
			Soldadura semiautomática alambre tubular	AWS A5.29	E8XTX-X, E8XTX-XM
			Soldadura por arco sumergido	AWS A5.23	F8XX-EXXX-XX, F8XX-ECXXX-XX
IV	> 420 ≤ 690	> 690 ≤ 760	Soldadura manual	IRAM-IAS U 500-127 (AWS A5.5)	E6215-X, E6216-X, E6218-X (E9015-X, E9016-X, E9018-X)
			Soldadura semiautomática alambre macizo	AWS A5.28	ER90S-XXX, E90C-XXX
			Soldadura semiautomática alambre tubular	AWS A5.29	E9XTX-X, E9XTX-XM
			Soldadura por arco sumergido	AWS A5.23	F9XX-EXXX-XX, F9XX-ECXXX-XX

NOTAS:

- (1) Para la realización de una **EPS** precalificada los materiales base a ser soldados, de cada uno de los Grupos de la Tabla 3.1., deberán cumplir con los requisitos de la norma IRAM que corresponda para cada caso.
- (2) Cuando no se disponga de las normas IRAM correspondientes y hasta tanto no se realice el estudio de las mismas, se podrán emplear para la elaboración de una **EPS** precalificada otras normas reconocidas por IRAM para los materiales de Tabla 3.1. Esta alternativa deberá ser aprobada por el Ingeniero responsable y tener el acuerdo contractual correspondiente.
- (3) En la Tabla 3.1 se excluyen para **EPS** precalificadas aceros para uso estructural con tratamiento de templado y revenido, dichos aceros deberán ser únicamente utilizados bajo las condiciones de una **EPS** calificada de acuerdo con el Capítulo 4 .
- (4) Los materiales de aporte correspondientes a los grupos de aleación B3, B3L, B4L, B5, B5L, B6, B6L, B7, B7L, B8, B8L y B9 no pueden ser aplicados para una **EPS** precalificada según este Capítulo 3.

3.5. MÍNIMA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO Y ENTRE PASADAS

La temperatura mínima de precalentamiento y entre pasadas debe ser suficiente para prevenir la aparición de fisuras en frío asistidas por hidrógeno en la unión soldada (tanto en **ZAC** como en metal de soldadura). Se debe utilizar la Tabla 3.2. para determinar las temperaturas mínimas de precalentamiento y entre pasadas, correspondiente a una **EPS** precalificada, en relación con los metales base o aceros estructurales agrupados en la Tabla 3.1. de este Reglamento.

3.5.1. Metal base y combinación de espesores

La temperatura mínima de precalentamiento, o entre pasadas, aplicada a uniones soldadas compuestas de metales base de diferentes grupos, según la Tabla 3.2., debe ser la mayor de esos precalentamientos mínimos.

3.5.2. Determinación alternativa

El Anexo IV es una guía alternativa para determinar la mínima temperatura de precalentamiento y entre pasadas la cual puede ser establecida sobre la base de la composición del acero. Se podrán utilizar otros métodos reconocidos de predicción. Tanto las pautas provistas en el Anexo IV u otros métodos alternativos deben ser aprobados por el Ingeniero responsable. De todas formas, cuando se aplique el Anexo IV u otros métodos alternativos que resulten en una temperatura de precalentamiento o mínima, entre pasadas, menores que aquellas fijadas en la Tabla 3.2., se deberá requerir la calificación de la **EPS** de acuerdo con el Capítulo 4 del presente Reglamento.

3.5.3. Temperaturas alternativas de precalentamiento y entre pasadas en soldadura por arco sumergido

Las temperaturas de precalentamiento y entre pasadas para soldadura por arco sumergido con sistemas de alambres múltiples (paralelos o en línea) deberán ser seleccionadas en conformidad con la Tabla 3.2. Para pasada única de soldaduras con juntas de bisel o filete, para combinaciones de metales base y con previa aprobación del Ingeniero responsable, se deberán establecer las temperaturas de precalentamiento y entre pasadas que permitan reducir la dureza del metal base en la **ZAC**, a una dureza Vickers menor que **225 Hv** para aceros que tengan una resistencia a la tracción mínima especificada que no exceda los **415 MPa**, y a una dureza de **280 Hv** para aceros que tengan una resistencia a la tracción mínima especificada mayor que **415 MPa**, pero que no exceda los **485 MPa**.

Nota: La dureza Vickers (**Hv**) deberá ser determinada en conformidad con la norma IRAM-IAS U500 78 e IRAM-IAS U500 110.

3.5.3.1. Requerimientos de dureza

La determinación de la dureza de la **ZAC** se efectuará de la siguiente forma:

- (1) Corte de una sección transversal con macrografía sobre una probeta de muestra para ensayo.
- (2) La superficie deberá ser preparada para presentar una configuración plana previo al ensayo de dureza:

- (a) La frecuencia de tales ensayos en la **ZAC** debe ser al menos un área de ensayo por soldadura del metal base de mayor espesor y por cada **15000 mm** de soldadura con bisel o pares de soldaduras de filete.
- (b) Las determinaciones de dureza pueden ser discontinuadas después que el procedimiento haya sido establecido y probado a satisfacción del Ingeniero responsable.

Tabla 3.2. Mínima temperatura de precalentamiento y entre pasadas para una EPS precalificada

Grupo de acero (Tabla 3.1.)	Proceso de soldadura	Espesor de la parte más gruesa en la unión soldada (<i>T</i>)	Mínima temperatura de precalentamiento y entre pasadas
		<i>mm</i>	°C
I	Soldadura manual con electrodos de no bajo hidrógeno	$3 < T \leq 20$	0
		$20 < T \leq 38$	65
		$38 < T \leq 65$	110
		$T > 65$	150
I y II	Soldadura manual con electrodos de bajo hidrógeno, arco sumergido, semiautomática con alambre macizo y tubular	$3 < T \leq 20$	0
		$20 < T \leq 38$	10
		$38 < T \leq 65$	65
		$T > 65$	110
III y IV	Soldadura manual con electrodos de bajo hidrógeno, arco sumergido, semiautomática con alambre macizo y tubular	$3 < T \leq 20$	10
		$20 < T \leq 38$	65
		$38 < T \leq 65$	110
		$T > 65$	150

3.6. LIMITACIONES EN LAS VARIABLES DE LAS EPS PRECALIFICADAS

Los parámetros de soldadura indicados en los puntos (1) a (4) deben ser especificados y considerados en la **EPS** escrita dentro de la limitación de las variables prescritas en la Tabla 4.5. para cada proceso aplicable. Los cambios en esos parámetros que excedan de lo especificado en la **EPS** escrita, así como de todos los otros, cuya variación exceda lo indicado en la Tabla 4.5. deberán ser considerados cambios esenciales y requerirán una **EPS** precalificada escrita nueva o revisada:

- (1) Corriente de soldadura (o velocidad de alimentación del alambre)
- (2) Tensión de soldadura
- (3) Velocidad de avance o velocidad de soldadura
- (4) Velocidad de flujo del gas de protección (caudal)

3.6.1. Combinación de EPS

Se puede utilizar la combinación de una **EPS** calificada y otra precalificada sin calificación de la combinación, debiendo observarse las limitaciones de las variables esenciales aplicables a cada proceso.

3.7. REQUERIMIENTOS GENERALES PARA UNA EPS PRECALIFICADA

Todos los requerimientos indicados en la Tabla 3.7. deberán ser cumplidos para la realización de una **EPS** precalificada. Además deberán considerarse los siguientes requisitos

3.7.1. Requerimientos de la soldadura vertical ascendente

La progresión para todas las pasadas de soldaduras deberán considerarse en posición vertical ascendente, excepto que haya que reparar una socavación. En este último caso se podrá indicar la soldadura en posición vertical descendente, siempre que el precalentamiento esté de acuerdo con la Tabla 3.2., pero a una temperatura mayor o igual que **20 °C**.

Para elementos estructurales tubulares, la progresión de soldaduras verticales puede ser tanto ascendente como descendente, pero sólo en la(s) dirección(es) para la(s) que el soldador esté calificado.

3.7.2. Limitación de ancho / profundidad de pasada

Ni la profundidad ni el ancho máximo en la sección transversal del metal de soldadura depositado en cada pasada deberán exceder el ancho en la superficie de la pasada de soldadura (ver la Figura 3.1.).

3.7.3. Requerimientos con aceros resistentes a la intemperie

Para aplicaciones de aceros del tipo “patinales” o resistentes a la intemperie, expuestos sin esquemas de protección o pinturas, se requerirá un metal de soldadura con resistencia a la corrosión atmosférica y con características de color similares a las del metal base. El metal de aporte en electrodo o las combinaciones electrodo-fundente deberán seguir el criterio de selección de la Tabla 3.3., excepto que:

- (a) Para soldaduras de junta que se ejecutarán con una sola pasada, de un solo lado o de cada uno de ambos lados, se podrán utilizar metales de aporte correspondientes al grupo 2 de metales base de la Tabla 3.1.
- (b) Este mismo criterio se aplicará para soldaduras de filete con los siguientes tamaños o catetos según el proceso a aplicar:

Soldadura Manual	6 mm
Soldadura por Arco sumergido	8 mm
Soldadura Semiautomática con alambre macizo o tubular	8 mm

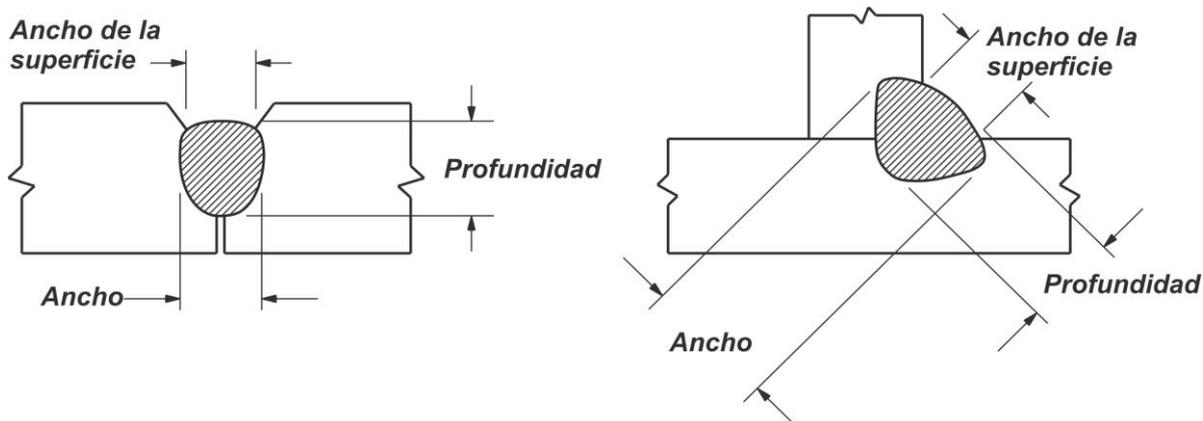


Figura 3.1. Cordón de soldadura en el cuál la profundidad y el ancho excede el ancho de la superficie o cara de la soldadura.

3.8. REQUERIMIENTOS COMUNES PARA ARCO SUMERGIDO CON ALAMBRES EN PARALELO y MULTIPLES ALAMBRES CORRESPONDIENTES A UNA EPS PRECALIFICADA

La pasada de raíz de soldaduras con bisel o de filete se podrán efectuar utilizando soldadura semiautomática con alambre macizo, seguidas por las pasadas de relleno con arco sumergido empleando alambres en paralelo o múltiples, con tal que la soldadura semiautomática esté de acuerdo con los requerimientos de este Capítulo y siempre que el espaciado entre el arco con proceso semiautomático y el siguiente, correspondiente al arco sumergido, no exceda de **380 mm**.

Tabla 3.3. Metal de aporte para aplicaciones en aceros resistentes a la intemperie expuestos sin protección

Proceso	Especificación del metal de aporte	Metal de aporte
Soldadura manual	IRAM-IAS U 500-127 (AWS A5.5)	Todos los electrodos que depositan metal de soldadura alcanzando un análisis B2L, C1, C1L, C2, C2L, C3 o W.
Arco sumergido	AWS A5.23	Todas las combinaciones de electrodo-fundente que depositan metal de soldadura alcanzando un análisis Ni1, Ni2, Ni3, Ni4 o W.
Semiautomática con alambre tubular	AWS A5.29	Todos los electrodos que depositan metal de soldadura alcanzando un análisis B2L, K2, Ni1, Ni2, Ni3, Ni4 o W.
Semiautomática con alambre macizo	AWS A5.28	Todos los electrodos cuyos metales de aporte alcanzan los análisis de requerimientos de composición de B2L, G, Ni1, Ni2, Ni3.

3.9. REQUERIMIENTOS DE LA SOLDADURA DE FILETE PARA UNA EPS PRECALIFICADA

La Tabla 2.1. especifica los tamaños o catetos mínimos para las uniones soldadas de filete en la **EPS** precalificada. Estos tamaños no deben ser utilizados como sustitutos del cálculo requerido de acuerdo con el Capítulo 2 de este Reglamento y los Reglamentos CIRSOC 301-2005 y CIRSOC 302-2005.

Estos tamaños mínimos se deberán considerar únicamente para garantizar un aporte térmico a fin de minimizar el riesgo de fisuración.

3.9.1. Detalles para elementos estructurales no tubulares

En las Figuras 2.3. y 2.6. se indican las limitaciones de las soldaduras de filete precalificadas.

3.9.2. Detalles para elementos estructurales tubulares

Para que las uniones de elementos estructurales tubulares con soldadura de filete se puedan considerar precalificadas, deben verificar las siguientes disposiciones:

- (1) Las uniones tubulares realizadas con soldadura de filete hechas con procedimientos de soldadura manual, semiautomática con alambre macizo y con alambre tubular que pueden ser realizados sin pasar por los ensayos de calificación de **EPS** están detallados en la Figura 3.2. (Ver el artículo 2.6.5.1.2. para las limitaciones). Estos detalles se podrán utilizar en soldadura semiautomática con alambre macizo, modo de transferencia corto circuito, calificada de acuerdo con el Capítulo 4.
- (2) Los detalles de la soldadura de filete precalificada en junta solapada, se muestran en la Figura 2.17.

3.9.3. Uniones en T oblicuas

Las soldaduras de uniones en T oblicuas se especificarán según lo indicado en la Figura 3.11.

3.9.3.1. Limitaciones en el ángulo diedro

El lado obtuso en juntas en T oblicuas, con ángulos diedros mayores que 100° , deberá ser preparado como se muestra en la Figura 3.11., detalle C, para permitir la soldadura del tamaño requerido. La cantidad de maquinado o amolado, etc., de la Figura 3.11., detalle C, no deberá ser mayor que el necesario para alcanzar el tamaño de soldadura (W) requerido.

3.9.3.2. Tamaño mínimo de la soldadura para uniones en T oblicuas

El tamaño mínimo de la soldadura para uniones en T oblicuas mostradas en la Figura 3.11., detalles A, B, y C, debe ser como se indica en la Tabla 2.1. El tamaño mínimo se aplica si es suficiente para satisfacer los requerimientos de diseño.

3.10. REQUERIMIENTOS DE SOLDADURAS DE BOTONES (TAPONES) y RANURAS (OJALES) CORRESPONDIENTES A UNA EPS PRECALIFICADA

Los detalles de las soldaduras en botones y ranuras hechas por los procesos manual, semiautomático con alambre macizo (excepto modo de transferencia cortocircuito) y semiautomático con alambre tubular, pueden ser usados sin realizar la calificación prescrita en el Capítulo 4, debiéndose cumplir con lo indicado en el artículo 5.25. de este Reglamento.

3.10.1. Profundidad del relleno

La profundidad del relleno de las soldaduras en botones o ranuras, en metales base de espesor $\leq 16 \text{ mm}$, deberá ser igual al espesor del metal base. En metales base con espesor $> 16 \text{ mm}$, deberá ser por lo menos la mitad del espesor del metal base, pero no menor que 16 mm .

3.11. REQUERIMIENTOS COMUNES PARA SOLDADURAS DE BISEL CON JPP o JPC CORRESPONDIENTES A UNA EPS PRECALIFICADA

3.11.1. Juntas para Proceso de Soldadura Manual (SMAW) en Procesos de Soldadura Semiautomáticos (FCAW /GMAW)

Se podrán usar las preparaciones de biseles detallados para juntas **SMAW** precalificadas en procesos **GMAW** o **FCAW** precalificados.

3.11.2. Preparación de juntas en esquina

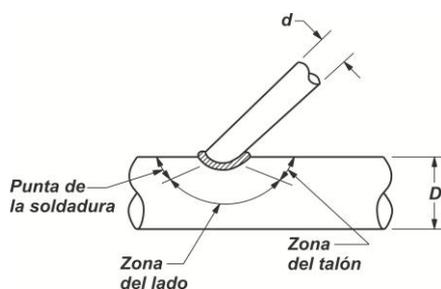
Para juntas en esquina, la preparación del bisel externo puede ser en cualquiera de los dos o en ambos elementos, con tal que la configuración básica del bisel no sea cambiada, y se mantenga una distancia adecuada al borde para soportar las operaciones de soldadura sin una fusión excesiva.

3.11.3. Abertura de la raíz

La apertura de la raíz de una junta puede variar tal como se indica en los artículos 3.12.3. y 3.13.1. De cualquier manera, para soldadura automática o mecanizada usando los procesos **FCAW**, **GMAW**, y **SAW**, la máxima variación de la apertura de raíz será menor o igual que 3 mm . Las variaciones mayores que 3 mm deberán ser corregidas antes de realizar la soldadura automática o mecanizada.

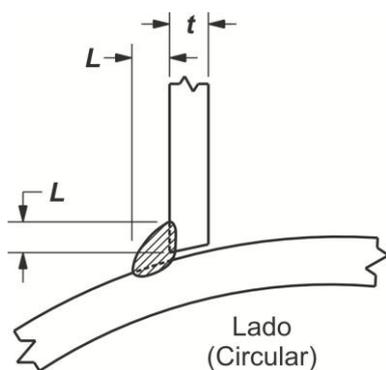
3.12. REQUERIMIENTOS PARA LAS JUNTAS DE PENETRACIÓN PARCIAL (JPP) CORRESPONDIENTE A UNA EPS PRECALIFICADA

Las soldaduras con **JPP** que pueden ser usadas sin realizar los ensayos de calificación de **EPS**, prescritos en el Capítulo 4, están detalladas en la Figura 3.3. y están sujetas a las limitaciones en las dimensiones de la junta indicadas en el artículo 3.12.3.

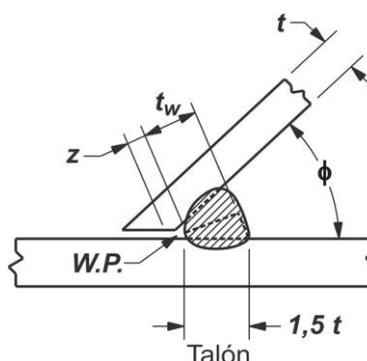
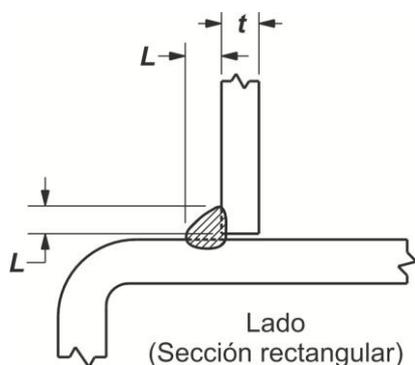
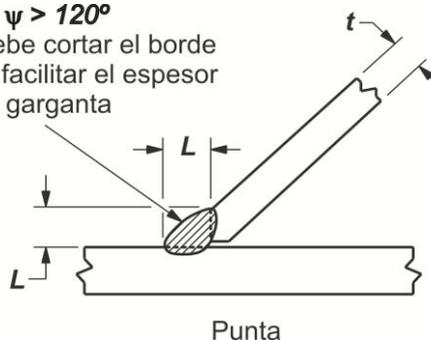


L mín. para:

	$E = 0,7 t$	$E = t$	$E = 1,07 t$
TALON $< 60^\circ$	$1,5 t$	$1,5 t$	El mayor de $1,5 t$, ó $1,4 T + Z$
LADO $\leq 100^\circ$	t	$1,4 t$	$1,5 t$
LADO $100-110^\circ$	$1,1 t$	$1,6 t$	$1,75 t$
LADO $110-120^\circ$	$1,2 t$	$1,8 t$	$2,0 t$
TALON $> 100^\circ$	BISEL t	BISEL $1,4 t$	BISEL TOTAL BISEL DE $60-90^\circ$



Para $\psi > 120^\circ$
se debe cortar el borde
para facilitar el espesor
de la garganta



Notas:

- (1) t = espesor de la parte más delgada.
- (2) L = tamaño mínimo (ver el Capítulo 2) que puede requerir un incremento del tamaño de soldadura para combinaciones distintas a 250 MPa para el metal base y 480 MPa para los electrodos.
- (3) abertura de raíz de 0 a 5 mm, (ver el artículo 5.22.).
- (4) $\phi = 15^\circ$ mín. No precalificado por debajo de 30° . Para $\phi < 60^\circ$, pérdida de dimensión (Tabla 2.8.) y aplicación de calificaciones de soldadores (Tabla 4.8.).
- (5) Ver el Capítulo 2 para las limitaciones de $\beta = d/D$.

Figura 3.2. Juntas tubulares precalificadas soldadas con filete hechas con soldaduras por arco con electrodo revestido (SMAW), con alambre macizo y protección gaseosa (GMAW) y con alambre tubular (FCAW.).

3.12.1. Definición

Con excepción de lo dispuesto en el artículo 3.13.4. y en la Figura 3.4. (B-L1-S), las soldaduras con bisel sin respaldo de acero, soldadas de un solo lado y las soldaduras con bisel soldadas de ambos lados, pero sin repelado de raíz, deberán ser consideradas soldaduras con junta de penetración parcial.

3.12.2. Tamaño de la soldadura

El tamaño de la soldadura (**E**) en una unión soldada con **JPP** deberá ser como se muestra en la Figura 3.3. para el proceso de soldadura en particular, designación de la junta, ángulo del bisel, y posición propuesta para usar en la fabricación.

3.12.2.1. Tamaños mínimos de soldaduras precalificadas

El tamaño mínimo de las soldaduras de **JPP** con bisel en V, X, 1/2V, J, o U, deberá ser como se indica en la Tabla 3.4. Los tamaños mínimos de soldaduras para **JPP** a tope con borde recto (**B-P1**) y con junta ensanchada o abocardada (**BTC-P10**) se deberán calcular de acuerdo con la Figura 3.3. Los planos de taller o de trabajo deberán especificar las profundidades (**S**) del bisel, según diseño, aplicables para el tamaño de soldadura (**E**) requerido en el artículo 3.12.2.

Tabla 3.4. Tamaños mínimos de soldaduras precalificadas con **JPP**

Espesor del metal base (T) ⁽¹⁾	Tamaño mínimo de la soldadura ⁽²⁾
mm	mm
$3 \leq T \leq 5$	2
$5 < T \leq 6$	3
$6 < T \leq 12$	5
$12 < T \leq 20$	6
$20 < T \leq 38$	8
$38 < T \leq 57$	10
$57 < T \leq 150$	12
$T > 150$	16

(1) Para procesos de no bajo hidrógeno sin precalentamiento calculado.
 T es el espesor de la parte más gruesa a ser soldada. Soldadura de una sola pasada debe ser utilizada.
Para procesos de no bajo hidrógeno pero con cálculo de precalentamiento o procesos de bajo hidrógeno,
 T es igual a la parte más fina a ser soldada.

(2) No debe exceder el espesor de la parte más delgada a ser soldada.

3.12.3. Dimensiones de la junta

Las dimensiones de las soldaduras con bisel especificadas en el artículo 3.12. podrán variar en el diseño o planos de detalles de acuerdo con las discrepancias mostradas en la columna "Según Detalle" de la Figura 3.3. Las discrepancias en la columna "Según Presentación", que corresponden para montaje o armado en fabricación, de la Figura 3.3., podrán ser aplicadas a las dimensiones mostradas en los planos de detalle.

3.12.4. Detalles para uniones tubulares

Los detalles para soldaduras tubulares con **JPP** que tienen carácter de precalificados, deberán cumplir las siguientes disposiciones:

- (1) Las soldaduras de filete tubulares con **JPP**, que no sean uniones **T**, **Y**, o **K**, podrán ser usadas sin realizar los ensayos de calificación de **EPS**, si se cumplen todas las limitaciones de dimensiones para la junta tal como se indica en la Figura 3.3.
- (2) Las uniones tubulares con **JPP** en uniones **T**, **Y**, o **K**, soldadas bajo los procesos **SMAW**, **GMAW**, o **FCAW**, podrán ser usadas sin realizar los ensayos de calificación de la **EPS**, si se cumplen todas las limitaciones de dimensiones para la junta tal como se indica en la Figura 3.5. Esos detalles pueden ser usados también para proceso semiautomático con modo de transferencia corto circuito (**GMAW-S**) de acuerdo con el Capítulo 4.

3.12.5. Uniones tubulares de sección rectangular alineadas

En la Figura 3.5. se encuentran los detalles de las soldaduras con **JPP** para estas uniones, las dimensiones de la esquina, y los radios del tubo principal. Se podrán usar soldaduras de filete en las zonas de la punta de la soldadura y talón (Ver la Figura 3.2.). Si las medidas de la esquina, o el radio del tubo principal, o ambos, resultan menores que lo indicado en la Figura 3.5. se deberá hacer una junta de muestra o prueba y realizar un corte de la sección para verificar el tamaño de la soldadura.

La soldadura de prueba deberá hacerse en posición horizontal. Este requerimiento puede ser descartado si el tubo ramal está biselado como se muestra para soldaduras con **JPC** en la Figura 3.6.

3.13. REQUERIMIENTOS PARA JUNTAS DE PENETRACIÓN COMPLETA (JPC) CORRESPONDIENTES A UNA EPS PRECALIFICADA

Las soldaduras con **JPC** que podrán ser usadas sin realizar los ensayos de calificación de la **EPS**, especificados en el Capítulo 4 de este Reglamento, están detalladas en la Figura 3.4. y quedarán sujetas a las limitaciones en las dimensiones de la junta como se indica en el artículo 3.13.1.

3.13.1. Dimensiones de la junta

Las dimensiones de las soldaduras con bisel especificadas en el artículo 3.13. pueden variar en el diseño o planos de detalle de acuerdo con las tolerancias indicadas en la columna "Según Detalle" de la Figura 3.4. Las tolerancias de presentación de la Figura 3.4. pueden ser aplicadas a las dimensiones mostradas en los planos de detalle.

3.13.2. Preparación de los biseles

En dobles biselados de juntas o en biselados simples con retoma de raíz del otro lado, después del repelado de la raíz, el otro lado de la junta **X** o **K** parcialmente soldada deberá asemejarse a la forma de una junta precalificada **U** o **J**, en la raíz de la misma.

3.13.3. Juntas tubulares a tope

Para utilizar uniones tubulares con **JPC** a tope precalificadas, se deberá cumplir con las siguientes condiciones:

(1) **EPS** *Precalificada*

En aquellos lugares donde sea posible soldar de ambos lados utilizando repelado (o retoma de raíz), o soldar de un solo lado con respaldo, se podrá aplicar una **EPS** con detalles de juntas precalificadas siguiendo los lineamientos del Capítulo 3, excepto que se aplique proceso **SAW**. En este caso estará precalificado para diámetros iguales o mayores que **600 mm**. Los detalles de las juntas soldadas deberán estar de acuerdo con lo indicado en el Capítulo 3.

(2) **Detalles de juntas no precalificadas**

No podrán ser consideradas como **JPC** a tope precalificadas aquellas juntas soldadas por un solo lado sin respaldo o retoma de raíz (Capítulo 4).

3.13.4. Uniones tubulares **T**, **Y** o **K**

Los detalles para soldaduras con **JPP**, soldadas de un lado sin respaldo, en uniones tubulares **T**, **Y** o **K**, para tubos de sección circular se describen en este capítulo. Las Figuras 3.6. y 3.7. muestran las dimensiones permitidas para los detalles A, B, C, y D. Los rangos de ángulos diedros locales, (ψ), son indicados en la Tabla 3.5.

Las dimensiones de la junta, incluyendo ángulos de bisel, se especifican en la Tabla 3.6. y en la Figura 3.8. Perfiles alternativos podrán ser requeridos para espesores más gruesos como se muestra en la Figura 3.9. En ausencia de requerimientos especiales de fatiga, estos perfiles son aplicables para espesores de ramales mayores que **16 mm**.

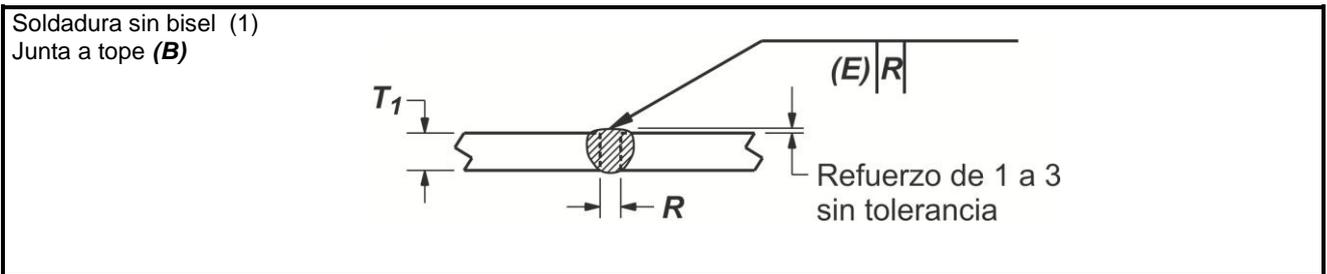
En la Figura 3.10. se muestran los perfiles de soldadura mejorados que alcanzan los requerimientos del Capítulo 2. Si no hay requerimientos de fatiga especiales, estos perfiles son aplicables a elementos ramal con espesores mayores que **38 mm**. (No requerido para carga estática de compresión).

Los detalles específicos para **JPC** precalificadas en conexiones tubulares **T**, **Y**, o **K**, que utilizan secciones rectangulares, están indicados en la Figura 3.6. Otros detalles están sujetos a lo indicado en el artículo 3.13.3.

Las dimensiones de la junta y de los ángulos de bisel, no deberán variar de los rangos detallados en la Tabla 3.6. y mostrados en las Figuras 3.6. a 3.10. Cuando no se indique una dimensión específica, el talón de la junta deberá ser **0 mm**. En tal caso o cuando se fije un tamaño específico de talón se considerará una discrepancia de **0 + 2 mm**.

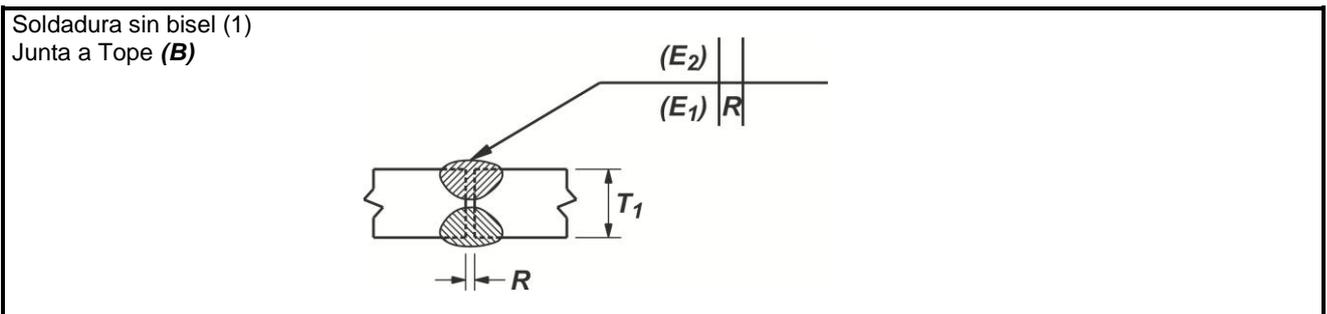
3.13.4.1. Detalles de la junta

Los detalles para soldaduras con **JPC** precalificadas en conexiones tubulares **T**, **Y**, o **K**, como se describe en el artículo 3.13.4., son aplicables a procesos **SMAW** y **FCAW**. Esos detalles pueden ser usados también para proceso **GMAW-S** (con transferencia en cortocircuito) calificado de acuerdo con el Capítulo 4.



TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de soldadura	Designación de la junta	Espesor del metal base ($l =$ ilimitado)		Preparación del bisel			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (E)	Ver Notas
		T_1	T_2	Abertura de raíz	Discrepancias				
					Según detalle (ver el artículo 3.12.3.)	Según presentación (ver el artículo 3.12.3.)			
SMAW	B-P1a	3	—	$R = 0 \text{ a } 2$	+2, -0	± 2	Todas	$T_1 - 1$	(2), (5)
	B-P1c	6 máx	—	$R = \frac{T_1}{2} \text{ mín}$	+2, -0	± 2	Todas	$\frac{T_1}{2}$	(2), (5)

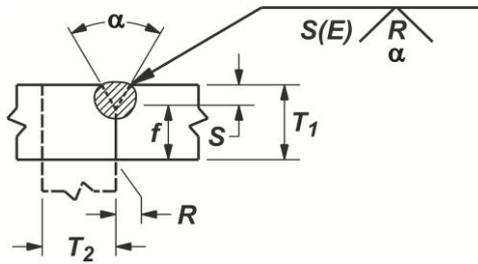


TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de soldadura	Designación de la junta	Espesor del metal base ($l =$ ilimitado)		Preparación del bisel			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura ($E_1 + E_2$)	Ver Notas
		T_1	T_2	Abertura de raíz	Discrepancias				
					Según detalle (ver artículo 3.12.3.)	Según presentación (ver el artículo 3.12.3.)			
SMAW	B-P1b	6 máx	—	$R = \frac{T_1}{2}$	+2, -0	± 2	Todas	$\frac{3T_1}{4}$	(5)

Figura 3.3. Detalles de juntas con penetración parcial (JPP) precalificadas.

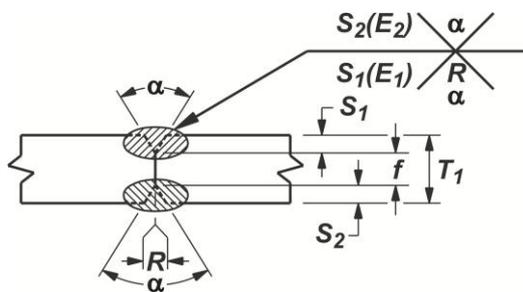
Soldadura con bisel en V (2)
 Junta a tope (B)
 Junta en L (C)



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 la soldadura (E)	Ver Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz Angulo del bisel	Discrepancias				
					Según detalle (ver el artículo 3.12.3.)	Según presentación (ver el artículo 3.12.3.)			
SMAW	BC-P2	6 mín	<i>l</i>	$R=0$ $f=1$ mín $\alpha=60^\circ$	0, +2 +1, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 +10°, -5°	Todas	S	(2), (5), (6), (10)
GMAW, FCAW	BC-P2-GF	6 mín	<i>l</i>	$R=0$ $f=3$ mín $\alpha=60^\circ$	0, +2 +1, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 +10°, -5°	Todas	S	(1), (2), (6), (10)
SAW	BC-P2-S	11 mín	<i>l</i>	$R=0$ $f=6$ mín $\alpha=60^\circ$	0, +2 +1, -0 +10°, -0°	+2, -0 ±2 +10°, -5°	F	S	(2), (6), (10)

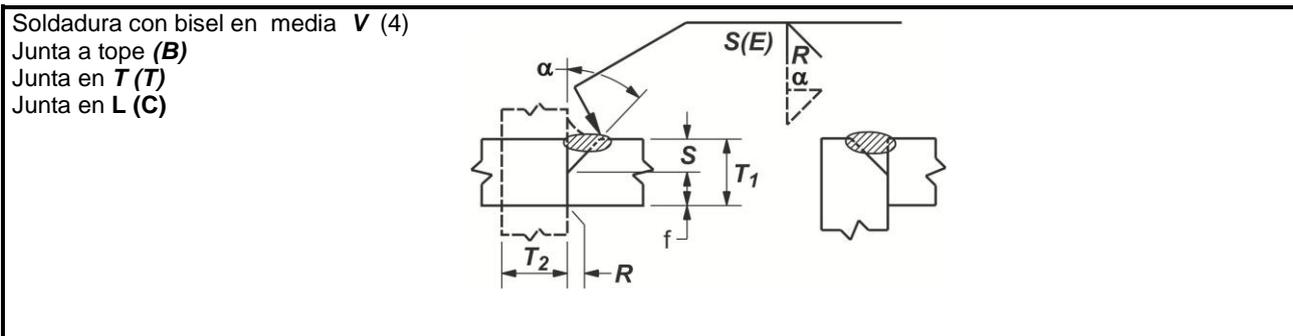
Soldadura con bisel en X (3)
 Junta a tope (B)



TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

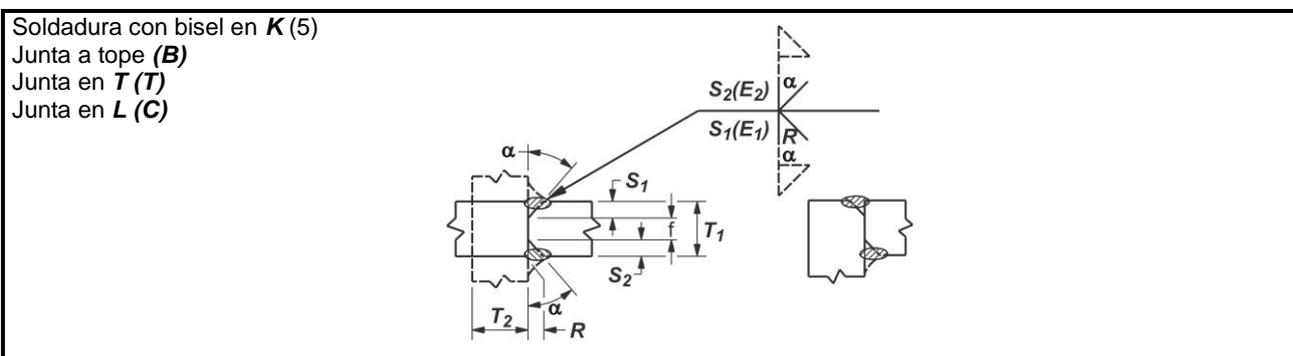
Proceso de soldadura	Designación de la junta	Espesor del metal base (I=Ilimitado)		Preparación del bisel			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (E)	Ver Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz Angulo del bisel	Discrepancias				
					Según detalle (ver el artículo 3.12.3.)	Según presentación (ver el artículo 3.12.3.)			
SMAW	BC-P3	12 mín	—	$R=0$ $f=3$ mín $\alpha=60^\circ$	+2, -0 +1, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 +10°, -5°	Todas	S ₁ + S ₂	(5), (6), (9), (10)
GMAW, FCAW	B-P3-GF	12 mín	—	$R=0$ $f=3$ mín $\alpha=60^\circ$	+2, -0 +1, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 +10°, -5°	Todas	S ₁ + S ₂	(1), (6), (9), (10)
SAW	B-P3-S	20 mín	—	$R=0$ $f=6$ mín $\alpha=60^\circ$	±0 +1, -0 +10°, -0°	+2 -0 ±2 +10°, -5°	F	S ₁ + S ₂	(6), (9), (10)

Figura 3.3. (continuación). Detalles de juntas con penetración parcial (JPP) precalificadas.



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)	Ver Notas	
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz Angulo del bisel	Discrepancias				
					Según detalle (ver el artículo 3.12.3.)				Según presentación (ver el artículo 3.12.3.)
SMAW	BTC-P4	I	I	R=0 f=3 mín α=45°	+2, -0 +1, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 +10°, -5°	Todas	S-3	(2), (5), (6), (7), (10), (11)
GMAW, FCAW	BTC-P4-GF	6 mín	I	R=0 f=3 mín α=45°	+2, -0 +1, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 +10°, -5°	F, H	S	(1), (2), (6), (7), (10), (11)
							V, OH	S-3	
SAW	TC-P4-S	11 mín	I	R=0 f=6 mín α=60°	±0 +1, -0 +10°, -0°	+2, -0 ±2 +10°, -5°	F	S	(2), (6), (7), (10), (11)

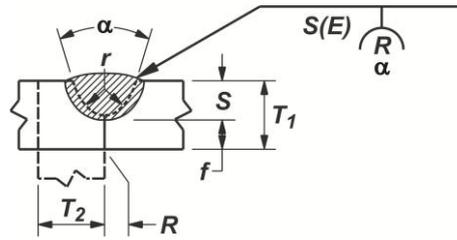


TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

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)	Ver Notas	
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz Angulo del bisel	Discrepancias				
					Según detalle (ver el artículo 3.12.3.)				Según presentación (ver el artículo 3.12.3.)
SMAW	BTC-P5	8,0 mín	I	R=0 f=3 mín α=45°	+2, -0 +1, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 +10°, -5°	Todas	S ₁ +S ₂ -6	(5), (6), (7), (9), (10), (11)
GMAW, FCAW	BTC-P5-GF	12 mín	I	R=0 f=3 mín α=45°	+2, -0 +1, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 +10°, -5°	F, H	S ₁ +S ₂	(1), (6), (7), (9), (10), (11)
							V, OH	S ₁ +S ₂ -6	
SAW	TC-P5-S	20 mín	I	R=0 f=6 mín α=60°	±0 +1, -0 +10°, -0°	+2, -0 ±2 +10°, -5°	F	S ₁ +S ₂	(6), (7), (9), (10), (11)

Figura 3.3. (continuación). Detalles de juntas con penetración parcial (JPP) precalificadas.

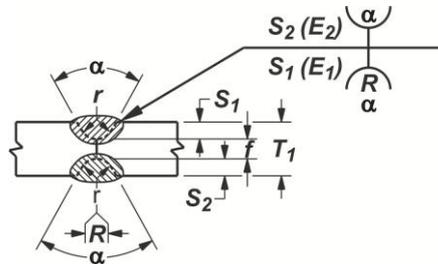
Soldadura con bisel en **U** simple (6)
 Junta a Tope (**B**)
 Junta en **L** (**C**)



TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de soldadura	Designación de la junta	Espesor del metal base (l=ilimitado)		Preparación del bisel			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de Soldadura (E)	Ver Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz Angulo del bisel	Discrepancias				
					Según detalle (ver el artículo 3.12.3.)	Según presentación (ver el artículo 3.12.3.)			
SMAW	BC-P6	6 mín	<i>l</i>	R=0 f=1 mín r= α=45°	+2, -0 +1, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5°	Todas	S	(2), (5), (6), (10)
GMAW, FCAW	BC-P6-GF	6 mín	<i>l</i>	R=0 f=3 mín r=6 α=20°	+2, -0 +1, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -1.6 ±2 ±2 +10°, -5°	Todas	S	(1), (2), (6), (10)
SAW	BC-P6-S	11 mín	<i>l</i>	R=0 f=6 mín r=6 α=20°	±0 +1, -0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 ±2 ±2 +10°, -5°	F	S	(2), (6), (10)

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 (l=ilimitado)		Preparación del bisel			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (E)	Ver Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz Angulo del bisel	Discrepancias				
					Según detalle (ver el artículo 3.12.3.)	Según presentación (ver el artículo 3.12.3.)			
SMAW	B-P7	12 mín	—	R=0 f=3 mín r=6 α=45°	+2, -0 +1, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5°	Todas	S₁ +S₂	(5), (6), (9), (10)
GMAW, FCAW	B-P7-GF	12 mín	—	R=0 f=3 mín r=6 α=20°	+2, -0 +1, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5°	Todas	S₁ +S₂	(1), (6), (9), (10)
SAW	B-P7-S	20 mín	—	R=0 f=6 mín r=6 α=20°	±0 +1, -0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 ±2 ±2 +10°, -5°	F	S₁ +S₂	(6), (9), (10)

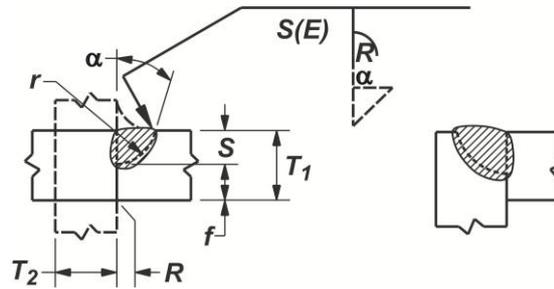
Figura 3.3. (continuación). Detalles de juntas con penetración parcial (JPP) precalificadas.

Soldadura con bisel en **J** (8)

Junta a tope (**B**)

Junta en 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 del bisel			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (E)	Ver Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz Angulo del bisel	Discrepancias				
					Según detalle (ver el artículo 3.12.3.)	Según presentación (ver el artículo 3.12.3.)			
SMAW	TC-P8	6 mín	<i>l</i>	<i>R=0</i> <i>f=3 mín</i> <i>r=10</i> <i>α=30°*</i> <i>α=45°**</i>	+2, -0 +1, -0 +6, -0 +10°, -0° +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5° +10°, -5°	Todas	S	(5), (6), (7), (10), (11)
SMAW	B-P8	6 mín	<i>l</i>	<i>R=0</i> <i>f=3 mín</i> <i>r=10</i> <i>α=30°</i>	+2, -0 +1, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5°	Todas	S	(5), (6), (7), (10), (11)
GMAW, FCAW	TC-P8-GF	6 mín	<i>l</i>	<i>R=0</i> <i>f=3 mín</i> <i>r=10</i> <i>α=30°*</i> <i>α=45°**</i>	+2, -0 +1, -0 +6, -0 +10°, -0° +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5° +10°, -5°	Todas	S	(1), (6), (7), (10), (11)
GMAW, FCAW	B-P8-GF	6 mín	<i>l</i>	<i>R=0</i> <i>f=3 mín</i> <i>r=10</i> <i>α=30°</i>	+2, -0 +1, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5°	Todas	S	(1), (6), (7), (10), (11)
SAW	TC-P8-S	11 mín	<i>l</i>	<i>R=0</i> <i>f=6 mín</i> <i>r=12</i> <i>α=20°*</i> <i>α=45°**</i>	±0 +1, -0 +6, -0 +10°, -0° +10°, -0°	+2, -0 ±2 ±2 +10°, -5° +10°, -5°	F	S	(6), (7), (10), (11)
SAW	B-P8-S	11 mín	<i>l</i>	<i>R=0</i> <i>f=6 mín</i> <i>r=12</i> <i>α=20°</i>	±0 +1, -0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 ±2 ±2 +10°, -5°	F	S	(6), (7), (10), (11)

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

Se aplica al lado externo de las juntas **L

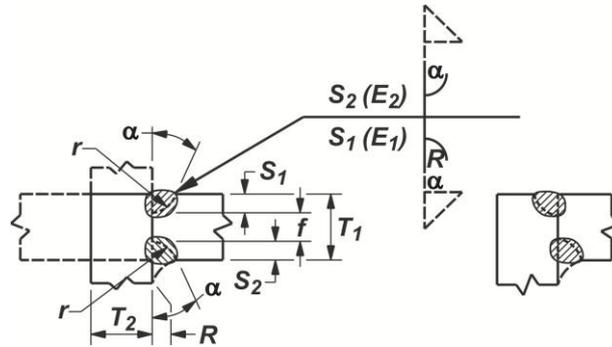
Figura 3.3. (continuación). Detalles de juntas con penetración parcial (JPP) precalificadas.

Soldadura con bisel en doble J (9)

Junta a tope (B)

Junta en T (T)

Junta en L (C)



TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

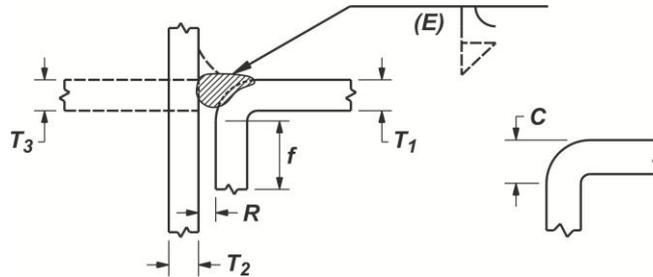
Proceso de soldadura	Designación de la junta	Espesor del metal base (I=Ilimitado)		Preparación del bisel		Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (E)	Ver Notas	
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz Angulo del bisel	Discrepancias				
					Según detalle (ver el artículo 3.12.3.)				Según presentación (ver el artículo 3.12.3.)
SMAW	B-P9	12 mín	I	R=0 f=3 mín r=10 α=30°	+2, -0 +1, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5°	Todas	S ₁ + S ₂	(5), (6), (7), (9), (10), (11)
SMAW	TC-P9	12 mín	I	R=0 f=3 mín r=10 α=30°* α=45°**	+2, -0 +1, -0 +6, -0 +10°, -0° +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5° +10°, -5°	Todas	S ₁ + S ₂	(5), (6), (7), (9), (10), (11)
GMAW, FCAW	B-P9-GF	6 mín	I	R=0 f=3 mín r=10 α=30°	+2, -0 +1, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5°	Todas	S ₁ + S ₂	(1), (6), (7), (9), (10), (11)
GMAW, FCAW	TC-P9-GF	6 mín	I	R=0 f=3 mín r=10 α=30°* α=45°**	+2, -0 +1, -0 +6, -0 +10°, -0° +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5° +10°, -5°	Todas	S ₁ + S ₂	(1), (6), (7), (9), (10), (11)
SAW	B-P9-S	20 mín	I	R=0 f=6 mín r=12 α=20°	±0 +1, -0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 ±2 ±2 +10°, -5°	F	S ₁ +S ₂	(6), (7), (9), (10), (11)
SAW	TC-P9-S	20 mín	I	R=0 f=6 mín r=12 α=20°* α=45°**	±0 +1, -0 +6, -0 +10°, -0° +10°, -0°	+2, -0 ±2 ±2 +10°, -5° +10°, -5°	F	S ₁ +S ₂	(6), (7), (9), (10), (11)

* Se aplica al lado interno de las juntas L

**Se aplica al lado externo de las juntas L

Figura 3.3. (continuación). Detalles de juntas con penetración parcial (JPP) precalificadas.

Soldadura con bisel
 acampanado simple (10)
 Junta a tope (B)
 Junta en T (T)
 Junta en L (C)



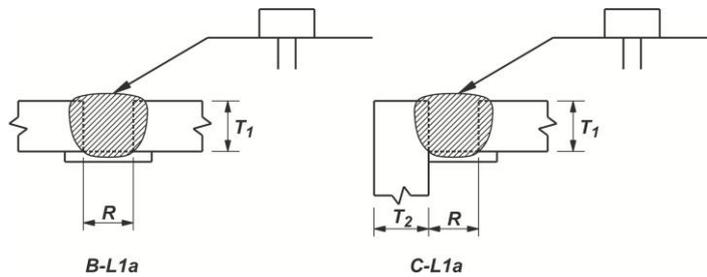
TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de soldadura	Designación de la junta	Espesor del metal base (I=Ilimitado)			Preparación del bisel			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (E)	Ver Notas
		T ₁	T ₂	T ₃	Abertura de raíz esquina (C)	Discrepancias				
						Según detalle (ver el artículo 3.12.3.)	Según presentación (ver el artículo 3.12.3.)			
SMAW	BTC-P10	5 mín	I	T ₁ mín	R=0 f=5 mín C = $\frac{3T_1}{2}$ mín	+2, -0 +1, -0 +1, -0	+3, -2 +1, -2 +1, -0	Todas	5/8 T ₁	(5), (7), (10), (12)
GMAW FCAW	BTC-P10-GF	5 mín	I	T ₁ mín	R=0 f=5 mín C = $\frac{3T_1}{2}$ mín	+2, -0 +1, -0 +1, -0	+3, -2 +1, -2 +1, -0	Todas	5/8 T ₁	(1), (7), (10), (12)
SAW	T-P10-S	12 mín	12 mín	N/A	R=0 f=12 mín C = $\frac{3T_1}{2}$ mín	±0 +1, -0 +1, -0	+2, -0 +1, -2 +1, -0	F	5/8 T ₁	(7), (10), (12)

* Para tubos rectangulares conformados en frío, la dimensión C no está limitada. Se recomienda ver 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 2f. 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 3.3. (continuación). Detalles de juntas con penetración parcial (JPP) precalificadas.

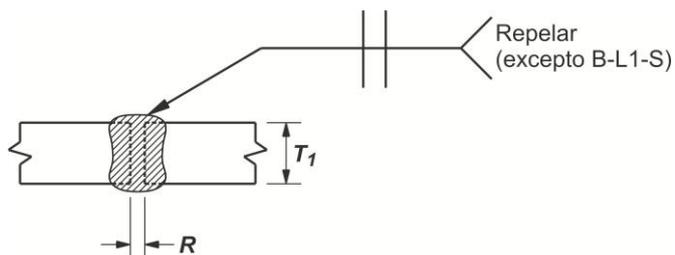
Soldadura sin bisel con respaldo (1)
 Junta a tope (B)
 Junta en L (C)



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	Gas de protección para FCAW	Ver Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz	Discrepancias				
					Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)			
SMAW	B-L1a	6 máx	—	R = T ₁	+2, -0	+6, -2	Todas	—	(5), (10)
	C-L1a	6 máx	I	R = T ₁	+2, -0	+6, -2	Todas	—	(5), (10)
GMAW, FCAW	B-L1a-GF	10 máx	—	R = T ₁	+2, -0	+6, -1	Todas	No requerido	(1), (10)

Soldadura sin bisel con acceso por ambos lados y retoma de raíz con repelado (1)
 Junta a tope (B)

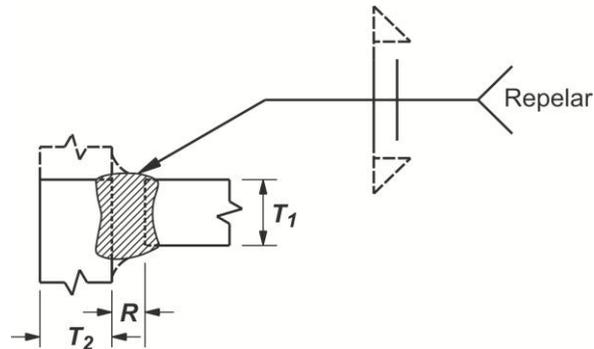


TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de soldadura	Designación de la junta	Espesor del metal base (I=Ilimitado)		Preparación del bisel			Posiciones de soldadura permitidas	Gas de protección para FCAW	Ver Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz	Discrepancias				
					Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)			
SMAW	B-L1b	6 máx	—	$R = \frac{T_1}{2}$	+2, -0	+2, -3	Todas	—	(4), (5), (10)
GMAW, FCAW	B-L1b-GF	10 máx	—	R = 0 a 3	+2, -0	+2, -3	Todas	No requerido	(1), (4), (10)
SAW	B-L1-S	10 máx	—	R = 0	± 0	+2, -0	F	—	(10)
SAW	B-L1a-S	16 máx	—	R = 0	± 0	+2, -0	F	—	(4), (10)

Figura 3.4. Detalles de juntas con penetración completa (JPC) precalificadas.

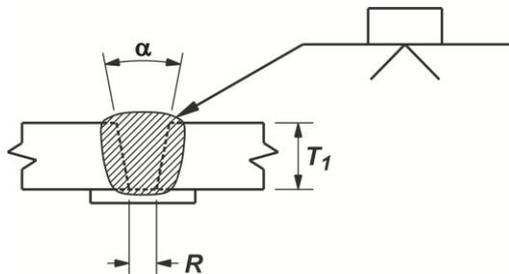
Soldadura sin bisel con acceso por ambos lados y retoma de raíz con repelado (1)
 Junta **T (T)**
 Junta en **L (C)**



TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de soldadura	Designación de la junta	Espesor del metal base (I=Ilimitado)		Preparación del bisel			Posiciones de soldadura permitidas	Gas de protección para FCAW	Ver Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz	Discrepancias				
					Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)			
SMAW	TC-L1b	6 máx	I	$R = \frac{T_1}{2}$	+2, -0	+2, -3	Todas	—	(4), (5), (7)
GMAW, FCAW	TC-L1-GF	10 máx	I	R = 0 a 3	+2, -0	+2, -3	Todas	No requerido	(1), (4), (7)
SAW	TC-L1-S	10 máx	I	R = 0	± 0	+2, -0	F	—	(4), (7)

Soldadura con bisel en V y respaldo (2)
 Junta a tope (**B**)

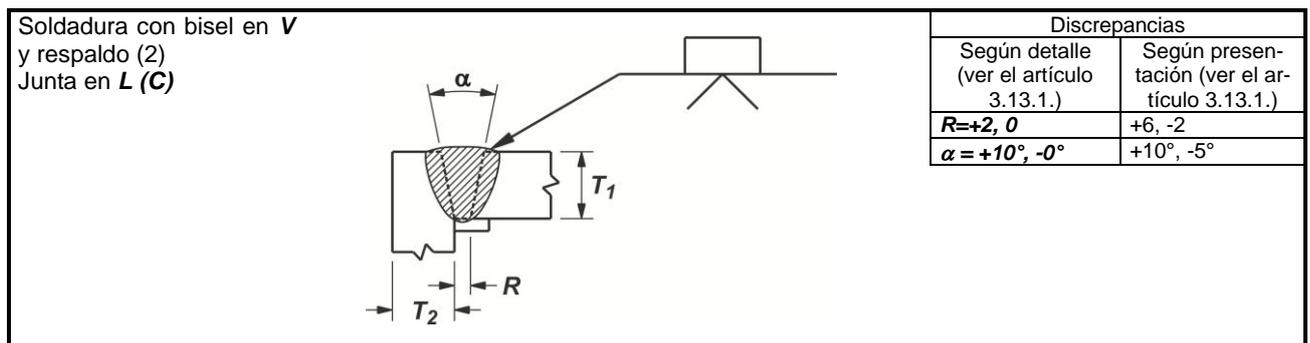


Discrepancias	
Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)
R = +2, 0	+6, -2
alpha = +10°, -0°	+10°, -5°

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	Gas de protección para FCAW	Ver Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz	Angulo de bisel			
				R = 10	alpha = 30°	F, V, OH	—	(5), (10)
				R = 13	alpha = 20°	F, V, OH	—	(5), (10)
GMAW FCAW	B-U2a-GF	I	—	R = 5	alpha = 30°	F, V, OH	requerido	(1), (10)
				R = 10	alpha = 30°	F, V, OH	No requerido	(1), (10)
				R = 6	alpha = 45°	F, V, OH	No requerido	(1), (10)
SAW	B-L2a-S	50 máx	—	R = 6	alpha = 30°	F	—	(10)
SAW	B-U2-S	I	—	R = 16	alpha = 20°	F	—	(10)

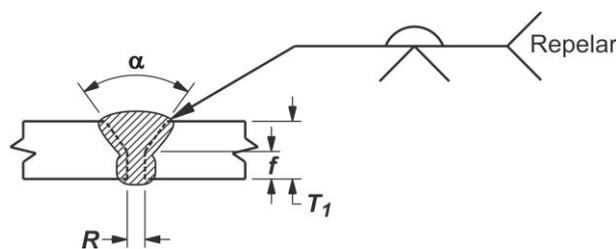
Figura 3.4. (continuación). Detalles de juntas con penetración completa (JPC) precalificadas.



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	Gas de protección para FCAW	Ver Notas
		T_1	T_2	Abertura de raíz	Angulo del bisel			
SMAW	C-U2a	I	I	$R = 6$	$\alpha = 45^\circ$	Todas	—	(5), (10)
				$R = 10$	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	—	(5), (10)
				$R = 13$	$\alpha = 20^\circ$	F, V, OH	—	(5), (10)
GMAW, FCAW	C-U2a-GF	I	I	$R = 5$	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	requerido	(1)
				$R = 10$	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	No requerido	(1), (10)
				$R = 6$	$\alpha = 45^\circ$	F, V, OH	No requerido	(1), (10)
SAW	C-L2a-S	50 máx	I	$R = 6$	$\alpha = 30^\circ$	F	—	(10)
SAW	C-U2-S	I	I	$R = 16$	$\alpha = 20^\circ$	F	—	(10)

Soldadura con bisel en V y acceso por ambos lados con retoma de raíz y repelado (2)
Junta a tope (T)

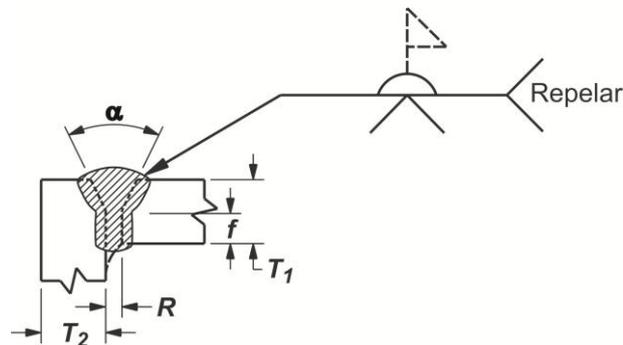


TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de soldadura	Designación de la junta	Espesor del metal base (I = ilimitado)		Preparación del bisel		Posiciones de soldadura permitidas	Gas de protección para FCAW	Ver Notas	
		T_1	T_2	Abertura de raíz Talón Angulo del bisel	Discrepancias				
					Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)				Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)
SMAW	B-U2	I	—	$R = 0$ a 3 $f = 0$ a 3 $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 ilimitado +10°, -5°	Todas	—	(4), (5), (10)
GMAW, FCAW	B-U2-GF	I	—	$R = 0$ a 3 $f = 0$ a 3 $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 ilimitado +10°, -5°	Todas	No requeridos	(1), (4), (10)
SAW	B-L2c-S	> 12 hasta 25	—	$R = 0$ $f = 6$ máx $\alpha = 60^\circ$	$R = \pm 0$ $f = +0, -f$ $\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+2, -3 ± 2 +10°, -5°	F	—	(4), (10)
		> 25 hasta 38	—	$R = 0$ $f = 6$ máx $\alpha = 60^\circ$					
		> 38 hasta 50	—	$R = 0$ $f = 6$ máx $\alpha = 60^\circ$					

Figura 3.4. (continuación). Detalles de juntas con penetración completa (JPC) precalificadas.

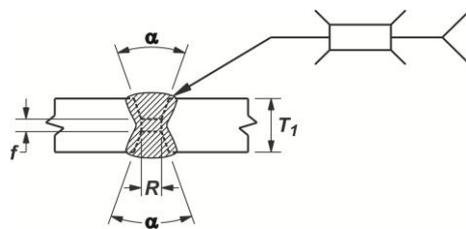
Soldadura con bisel en V y acceso por ambos lados con retoma de raíz y repelado (2)
Junta en L (C)



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	Gas de protección para FCAW	Ver Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz Talón Angulo del bisel	Discrepancias				
					Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)			
SMAW	C-U2	I	I	R = 0 a 3 f = 0 a 3 α = 60°	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 ilimitado +10°, -5°	Todas	—	(4), (5), (7), (10)
GMAW, FCAW	C-U2-GF	I	I	R = 0 a 3 f = 0 a 3 α = 60°	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 ilimitado +10°, -5°	Todas	No requerido	(1), (4), (7), (10)
SAW	C-U2c-S	I	I	R = 0 a 3 f = 6 máx α = 60°	±0 +0, -6 +10°, -0°	+2 -3 ±2 +10°, -5°	F	—	(4), (7), (10)

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



Separador	SAW	Discrepancias	
		Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)
		±0	+6, -0
±0	+2, -0		
±0	+10°, -5°		
SAW	±0	+2, -0	
SMAW	±0	+3, -0	

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	Gas de Protección para FCAW	Ver Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz	Talón	Angulo de bisel			
SAW	B-U3a-S	I	—	R = 16	f = 0 a 3	α = 20°	F	—	(4), (8), (10)

Figura 3.4. (continuación). Detalles de Juntas con penetración completa (JPC) precalificadas.

Soldadura con bisel X con retoma de raíz y repelado (3) Junta a Tope (B)				Repelar					
TODAS LAS DIMENSIONES EN mm				Sólo para B-U3c-S					
				T_1		S_1			
				> que	hasta				
				50	60	35			
				60	80	45			
				80	90	55			
				90	100	60			
				100	120	70			
				120	140	80			
				140	160	95			
TODAS LAS DIMENSIONES EN mm				Para $T_1 > 160$ o $T_1 \leq 50$ $S_1 = 2/3 (T_1 - 6)$					
				Preparación del bisel		Discrepancias	Posiciones de soldadura permitidas	Gas de Protección para FCAW	Ver Notas
Proceso de soldadura	Designación de la junta	Espesor del metal base ($I=$ ilimitado)		Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)				
		T_1	T_2			Abertura de raíz Talón Angulo del bisel			
SMAW	B-U3b	I	—	$R = 0$ a 3 $f = 0$ a 3 $\alpha = \beta = 60^\circ$	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 ilimitado +10°, -5°	Todas	—	(4), (5), (8), (10)
GMAW, FCAW	B-U3-GF	I	—	$R = 0$ $f = 6$ min $\alpha = \beta = 60^\circ$	+2, -0 +2, -0 +10°, -5°	+2, -0 +6, -0 +10°, -5°	Todas	No requerido	(1), (4), (8), (10)
SAW	B-U3c-S	I	—	Para encontrar S_1 ver Tabla de arriba -derecha $S_2 = T_1 - (S_1 + f)$	+2, -0 +2, -0 +10°, -5°	+2, -0 +6, -0 +10°, -5°	F	—	(4), (8), (10)

Soldadura con bisel en media V con respaldo (4) Junta a Tope (B)				Discrepancias				
				Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)			
				$R = +2, 0$	+6, -2			
				$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°			
TODAS LAS DIMENSIONES EN mm				Preparación del bisel		Posiciones de soldadura permitidas	Gas de Protección para FCAW	Ver Notas
				Proceso de soldadura	Designación de la junta			
T_1	T_2							
SMAW	B-U4a	I	—	$R = 6$	$\alpha = 45^\circ$	Todas	—	(3), (5), (10)
SMAW	B-U4a	I	—	$R = 10$	$\alpha = 30^\circ$	Todas	—	(3), (5), (10)
GMAW, FCAW	B-U4a-GF	I	—	$R = 5$	$\alpha = 30^\circ$	Todas	requerido	(1), (3), (10)
GMAW, FCAW	B-U4a-GF	I	—	$R = 6$	$\alpha = 45^\circ$	Todas	No req.	(1), (3), (10)
GMAW, FCAW	B-U4a-GF	I	—	$R = 10$	$\alpha = 30^\circ$	F	No req.	(1), (3), (10)
SAW	B-U4a-S	I	I	$R = 10$	$\alpha = 30^\circ$	F	—	(3), (10)
SAW	B-U4a-S	I	I	$R = 6$	$\alpha = 45^\circ$	F	—	(3), (10)

Figura 3.4. (continuación). Detalles de juntas con penetración completa (JPC) precalificadas.

Soldadura con bisel en media V con respaldo (4) Junta a Tope (B)		Discrepancias	
		Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)
		$R=+2, 0$	+6, -2
		$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°

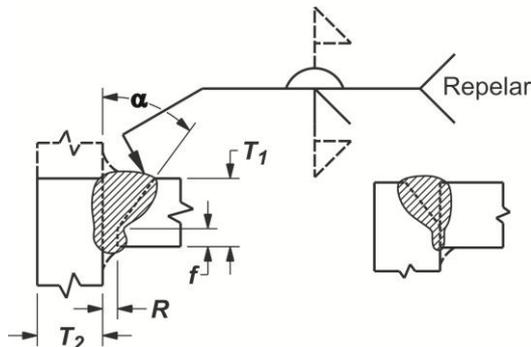
TODAS LAS DIMENSIONES EN mm								
Proceso de soldadura	Designación de la junta	Espesor del metal base ($I=$ ilimitado)		Preparación del bisel		Posiciones de soldadura permitidas	Gas de protección para FCAW	Ver Notas
		T_1	T_2	Abertura de raíz	Angulo del bisel			
SMAW	TC-U4a	I	I	$R = 6$	$\alpha = 45^\circ$	Todas	—	(5), (7), (10), (11)
				$R = 10$	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	—	(5), (7), (10), (11)
GMAW, FCAW	TC-U4a-GF	I	I	$R = 5$	$\alpha = 30^\circ$	Todas	requerido	(1), (7), (10), (11)
				$R = 10$	$\alpha = 30^\circ$	F	No requerido	(1), (7), (10), (11)
				$R = 6$	$\alpha = 45^\circ$	Todas	No requerido	(1), (7), (10), (11)
SAW	TC-L4a-S	I	I	$R = 10$	$\alpha = 30^\circ$	F	—	(7), (10), (11)
				$R = 6$	$\alpha = 45^\circ$			

Soldadura con bisel en media V y acceso por ambos lados con retoma de raíz y repelido (4) Junta a Tope (B)	

TODAS LAS DIMENSIONES EN mm										
Proceso de soldadura	Designación de la junta	Espesor del metal base ($I=$ ilimitado)		Abertura de raíz Talón	Angulo del bisel	Discrepancias		Posiciones de soldadura permitidas	Gas de protección para FCAW	Ver Notas
		T_1	T_2			Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)			
		SMAW	B-U4b			I	—			
GMAW, FCAW	B-U4b-GF	I	—				Todas	No requerido	(1), (3), (4), (10)	
SAW	B-U4b-S	I	I	$R = 0$ $f = 6$ máx $\alpha = 60^\circ$	± 0 $\pm 0, -3$ +10°, -0°	+6, -0 ± 2 +10°, -5°	F	—	(3), (4), (10)	

Figura 3.4. (continuación). Detalles de juntas con penetración completa (JPC) precalificadas.

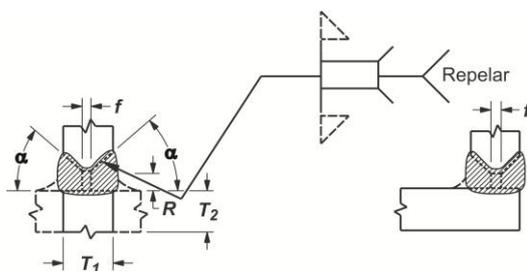
Soldadura con bisel en media V y acceso por ambos lados con retoma de raíz y repelado (4)
 Junta en T (T)
 Junta en L (C)



TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de soldadura	Designación de la junta	Espesor del metal base (I=ilimitado)		Preparación del bisel			Posiciones de soldadura permitidas	Gas de protección para FCAW	Ver Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz Talón Angulo del bisel	Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)			
SMAW	TC-U4b	I	I	R = 0 a 3 f = 0 a 3 α = 45°	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 ilimitado +10°, -5°	Todas	—	(4), (5), (7), (10), (11)
GMAW, FCAW	TC-U4b-GF	I	I				Todas	No requerido	(1), (4), (7) (10), (11)
SAW	TC-U4b -S	I	I	R = 0 f = 6 máx α = 60°	±0 +0, -3 +10°, -0°	+6, -0 ±1.6 +10°, -5°	F	—	(4), (7) (10), (11)

Soldadura con bisel en con retoma de raíz repelado (5)
 Junta a Tope (B)
 Junta en T (T)
 Junta en L (C)



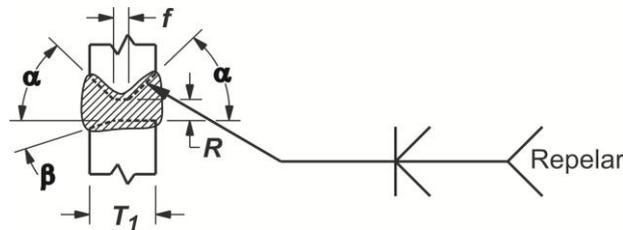
Discrepancias	Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)		Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)	
	R=±0	f=+0, -0	α=+10°, -0°	
	+6, -0	+2, -0	+10°, -5°	
Separador	+2, -0	+3, -0		

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	Gas de Protección para FCAW	Ver Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz	Talón	Angulo del bisel			
SMAW	B-U5b	I Separador = 1/8 x R	I	R = 6	f = 0 a 3	α = 45°	Todas	—	(3), (4), (5), (8), (10)
	TC-U5a	I Separador = 1/4 x R	I	R = 6	f = 0 a 3	α = 45°	Todas	—	(4), (5), (7), (8), (10), (11)
				R = 10	f = 0 a 3	α = 30°	F, OH	—	(4), (5), (7), (8), (10), (11)

Figura 3.4. (continuación). Detalles de juntas con penetración completa (JPC) precalificadas.

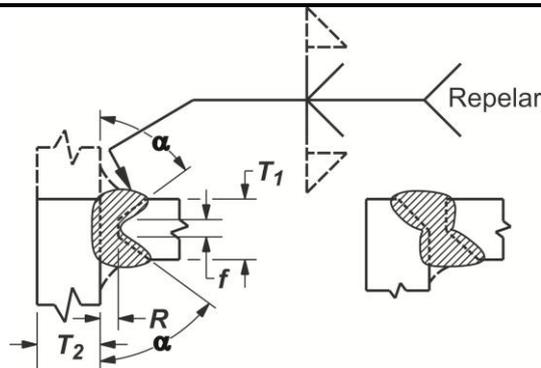
Soldadura con bisel en **K**
con retoma de raíz y
repelado (5)
Junta a tope (**B**)



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	Gas de Protección para FCAW	Ver Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz Talón Angulo del bisel	Discrepancias				
					Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)			
SMAW	B-U5b	I	—	R = 0 a 3 f = 0 a 3 α = 45° β = 0° a 15°	+2, -0 +2, -0 +10°, -0° α + β +10° α + β -0°	+2, -3 ilimitado α + β +10° α + β -0°	Todas	—	(3), (4), (5), (8), (10)
GMAW, FCAW	B-U5-GF	I	—	R = 0 a 3 f = 0 a 3 α = 45° β = 0° a 15°	+1.6, -0 +1.6, -0 α + β = +10°, -0°	+2, -3 ilimitado α + β = +10°, -5°	Todas	No requerido	(1), (3), (4), (8), (10)

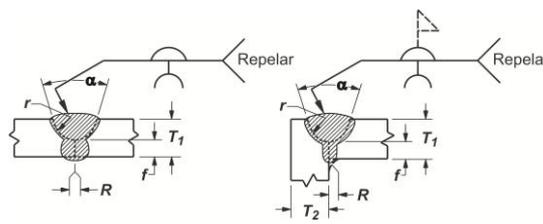
Soldadura con bisel en **K**
con retoma de raíz y
repelado (5)
Junta en **T** (**T**)
Junta en **L** (**C**)



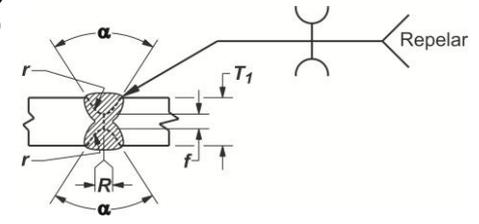
TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

Proceso de soldadura	Designación de la junta	Espesor del metal base (I=ilimitado)		Preparación del bisel			Posiciones de soldadura permitidas	Gas de Protección para FCAW	Ver Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz Talón Angulo del bisel	Discrepancias				
					Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)			
SMAW	TC-U5b	I	I	R = 0 a 3 f = 0 a 3 α = 45°	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 ilimitado +10°, -5°	Todas	—	(4), (5), (7), (8), (10), (11)
GMAW, FCAW	TC-U5-GF	I	I	R = 0 a 3 f = 0 a 3 α = 45°	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 ilimitado +10°, -5°	Todas	No requerido	(1), (4), (7), (8), (10), (11)
SAW	TC-U5-S	I	I	R = 0 f = 5 máx α = 60°	±0 +0, -5 +10°, -0°	+2, -0 ±2 +10°, -5°	F	—	(4), (7), (8), (10), (11)

Figura 3.4. (continuación). Detalles de Juntas con penetración completa (JPC) precalificadas.

<p>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)</p> 	Discrepancias	
	Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)
$R = +2, 0$	+2, -3	
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°	
$f = \pm 2$	No limitado	
$r = +3, -0$	+3, -0	

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	Gas de protección para FCAW	Ver Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz	Angulo del bisel	Talón	Radio del bisel			
SMAW	B-U6	I	I	R = 0 a 3	$\alpha = 45^\circ$	f = 3	r = 6	Todas	—	(4), (5), (10)
				R = 0 a 3	$\alpha = 20^\circ$	f = 3	r = 6	F, OH	—	(4), (5), (10)
	C-U6	I	I	R = 0 a 3	$\alpha = 45^\circ$	f = 3	r = 6	Todas	—	(4), (5), (7), (10)
				R = 0 a 3	$\alpha = 20^\circ$	f = 3	r = 6	F, OH	—	(4), (5), (7), (10)
GMAW FCAW	B-U6-GF	I	I	R = 0 a 3	$\alpha = 20^\circ$	f = 3	r = 6	Todas	No requerido	(1), (4), (10)
	C-U6-GF	I	I	R = 0 a 3	$\alpha = 20^\circ$	f = 3	r = 6	Todas	No requerido	(1), (4), (7), (10)

<p>Soldadura con bisel en doble U con retoma de raíz y repelado (7) Junta a Tope (B)</p> 	Discrepancias	
	Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)
Para B-U7 y B-U7-GF		
$R = +2, 0$	+2, -3	
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°	
$f = \pm 1.6, -0$	No limitado	
$r = +6, -0$	± 2	
Para B-U7-S		
$R = \pm 0$	+2, -0	
$f = +0, -6$	± 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	Gas de protección para FCAW	Ver Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de raíz	Angulo del bisel	Talón	Radio del bisel			
SMAW	B-U7	I	I	R = 0 a 3	$\alpha = 45^\circ$	f = 3	r = 6	Todas	—	(4), (5), (8), (10)
				R = 0 a 3	$\alpha = 20^\circ$	f = 3	r = 6	F, OH	—	(4), (5), (8), (10)
GMAW, FCAW	B-U7-GF	I	—	R = 0 a 3	$\alpha = 20^\circ$	f = 3	r = 6	Todas	No requerido	(1), (4), (8), (10)
SAW	B-U7-S	I	—	R = 0	$\alpha = 20^\circ$	f = 6 max	r = 6	F	—	(4), (8), (10)

Figura 3.4. (continuación). Detalles de juntas con penetración completa (JPC) precalificadas.

Soldadura con bisel en J y acceso por ambos lados con retoma de raíz y repelado (8) Junta a Tope (B)		Discrepancias	
		Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)
B-U8 y B-U8-GF			
$R=+2, 0$	+2, -3		
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°		
$f = +3, -0$	No limitado		
$r = +6, -0$	±2		
B-U8-S			
$R = \pm 0$	+3, -0		
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°		
$F = +0, -3$	± 2		
$r = +6, -0$	± 2		

TODAS LAS DIMENSIONES EN mm										
Proceso de soldadura	Designación de la junta	Espesor del metal base (l =ilimitado)		Preparación del bisel				Posiciones de soldadura permitidas	Gas de Protección para FCAW	Ver Notas
		T_1	T_2	Abertura de raíz	Angulo del bisel	Talón	Radio del bisel			
SMAW	B-U8	l	—	$R = 0 \text{ a } 3$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	Todas	—	(3), (4), (5), (10)
GMAW, FCAW	B-U8-GF	l	—	$R = 0 \text{ a } 3$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	Todas	No requerido	(1), (3), (4), (10)
SAW	B-U8-S	l	l	$R = 0$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 6 \text{ máx}$	$r = 10$	F	—	(3), (4), (10)

Soldadura con bisel J y acceso por ambos lados con retoma de raíz y repelado (8) Junta en T (T) Junta en L (C)		Discrepancias	
		Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)
TC-U8a y TC-U8a-GF			
$R=+2, 0$	+2, -3		
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°		
$f = +2, -0$	No limitado		
$r = +6, -0$	±2		
TC-U8a-S			
$R = \pm 0$	+6, -0		
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°		
$f = +0, -3$	±2		
$r = +6, -0$	±2		

TODAS LAS DIMENSIONES EN mm										
Proceso de soldadura	Designación de la junta	Espesor del metal base (l =ilimitado)		Preparación del bisel				Posiciones de soldadura permitidas	Gas de protección para FCAW	Ver Notas
		T_1	T_2	Abertura de raíz	Angulo del bisel	Talón	Radio del bisel			
SMAW	TC-U8a	l	l	$R = 0 \text{ a } 3$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	Todas	—	(4), (5), (7), (10), (11)
				$R = 0 \text{ a } 3$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	F, OH	—	(4), (5), (7), (10), (11)
GMAW, FCAW	TC-U8a-GF	l	l	$R = 0 \text{ a } 3$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	Todas	No requerido	(1), (4), (7), (10), (11)
SAW	TC-U8a-S	l	l	$R = 0$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 6 \text{ máx}$	$r = 10$	F	—	(4), (7), (10), (11)

Figura 3.4. (continuación). Detalles de juntas con penetración completa (JPC) precalificada.

Soldadura con bisel en K con retoma de raíz y repelado (9) Junta a tope (B)		Discrepancias	
		Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)
		$R=+2, 0$	+2, -3
		$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°
		$f = +2, -0$	No limitado
$r = +3, -0$	±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	Gas de protección para FCAW	Ver Notas
		T_1	T_2	Abertura de raíz	Angulo del bisel	Talón	Radio del bisel			
SMAW	B-U9	I	—	$R = 0 \text{ a } 3$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	Todas	—	(3), (4), (5), (8), (10)
GMAW FCAW	B-U9-GF	I	—	$R = 0 \text{ a } 3$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	Todas	No requerido	(1), (3), (4), (8), (10)

Soldadura con bisel en K (9) con retoma de raíz y repelado Junta en T (T) Junta en L (C)		Discrepancias	
		Según detalle (ver el artículo 3.13.1.)	Según presentación (ver el artículo 3.13.1.)
		$R=+2, 0$	+2, -3
		$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°
		$f = +2, -0$	No limitado
$r = +3, -0$	±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	Gas de protección para FCAW	Ver Notas
		T_1	T_2	Abertura de raíz	Angulo del bisel	Talón	Radio del bisel			
SMAW	TC-U9a	I	I	$R = 0 \text{ a } 3$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	Todas	—	(4), (5), (7), (8), (10), (11)
				$R = 0 \text{ a } 3$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	F, OH	—	(4), (5), (7), (8), (10), (11)
GMAW FCAW	TC-U9a-GF	I	I	$R = 0 \text{ a } 3$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	Todas	No requerido	(1), (4), (7), (8), (10), (11)

Figura 3.4. (continuación). Detalles de juntas con penetración completa (JPC) precalificadas.

Notas de las Figuras 3.3 y 3.4.

- (1) No precalificadas para soldadura por arco eléctrico con alambre macizo y protección gaseosa usando modo de transferencia cortocircuito (**GMAW-S**), ni **GTAW**.
- (2) La junta está soldada de un solo lado.
- (3) La aplicación de cargas cíclicas limita estas juntas a la posición horizontal de soldadura.
- (4) Repelar la raíz hasta el metal sano antes de soldar el segundo lado.
- (5) Las juntas detalladas para **SMAW** podrán ser usadas para **GMAW** precalificadas, excepto **GMAW-S** (transferencia en cortocircuito) y **FCAW**.
- (6) El tamaño mínimo de la soldadura (**E**) como se indica en la Tabla 3.4. **S** tal como se especifica en los planos.
- (7) 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 $1/4 T_1$, 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 $1/4 T_1$, pero \leq que **10 mm**.
- (8) Las soldaduras de bisel doble podrán tener biseles de distinta profundidad, pero la parte de bisel menos profunda será \geq que $1/4$ del espesor correspondiente al elemento estructural más fino.
- (9) 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.
- (10) 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**.
- (11) 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.
- (12) El tamaño de soldadura (**E**) está basado en la junta soldada a ras.

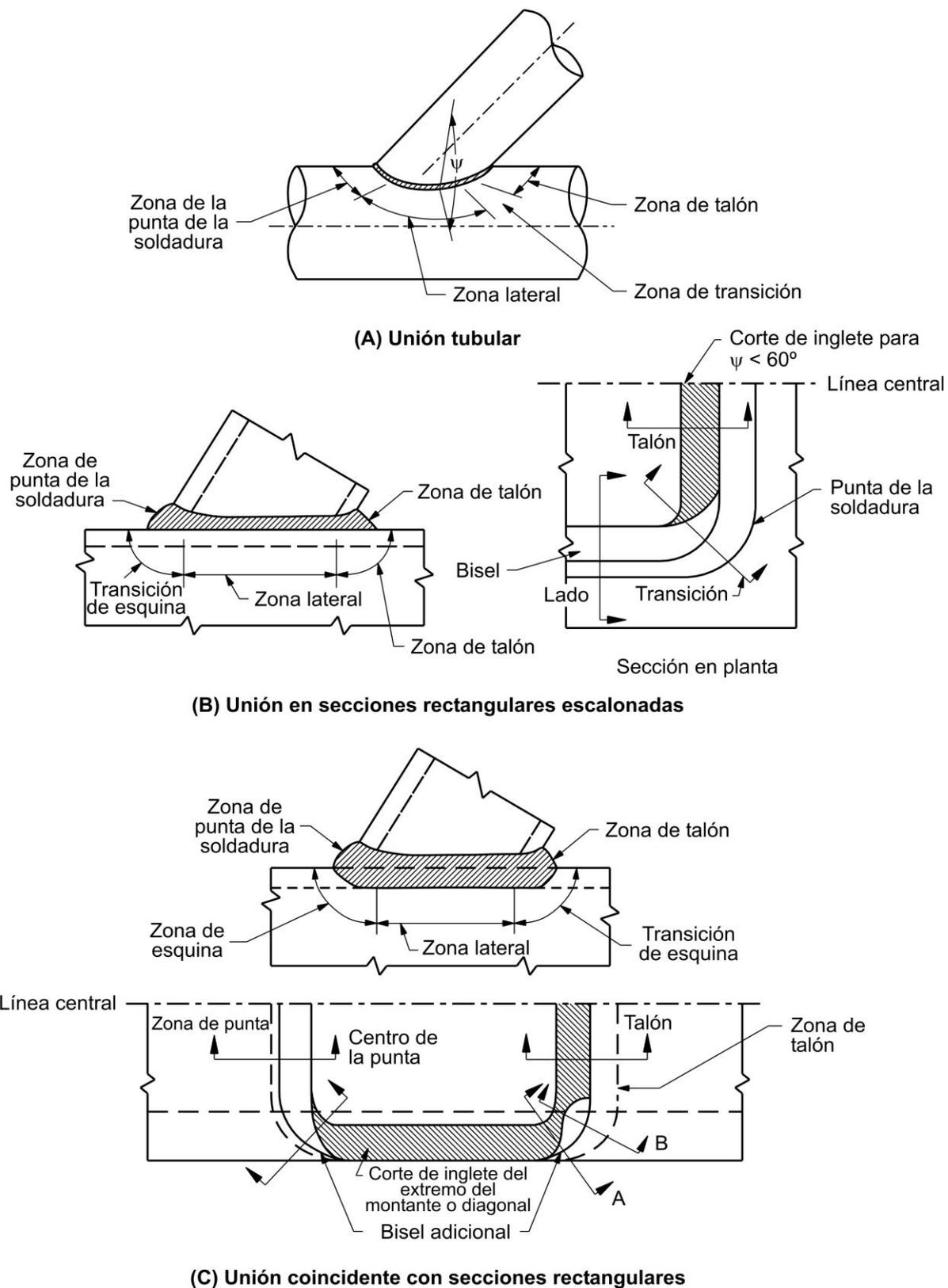
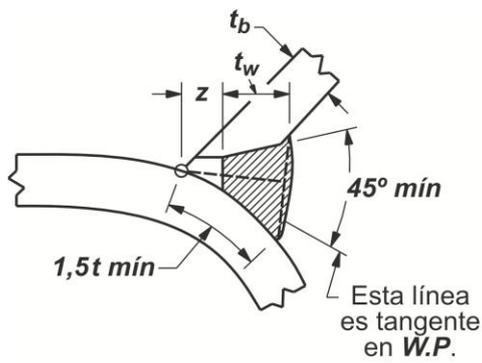
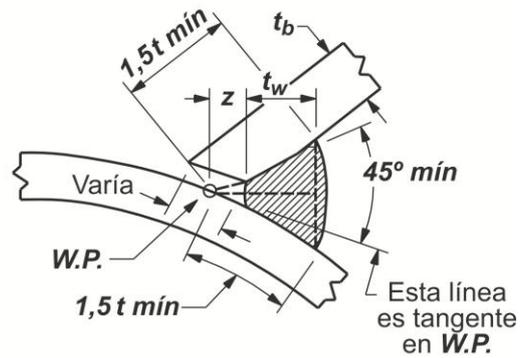


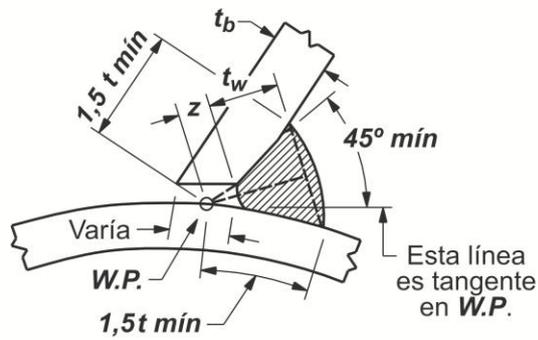
Figura 3.5. Detalles de juntas precalificadas para uniones tubulares T, K e Y con JPP.



Transición A

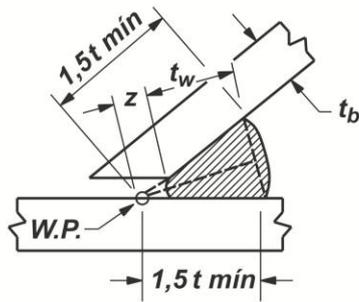


Transición B



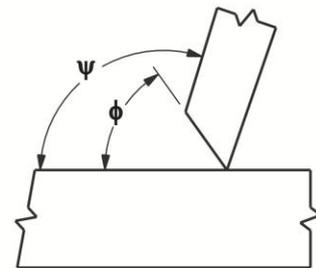
$$\psi = 75^\circ - 60^\circ$$

Transición o talón



$$\psi = 60^\circ - 30^\circ$$

Talón

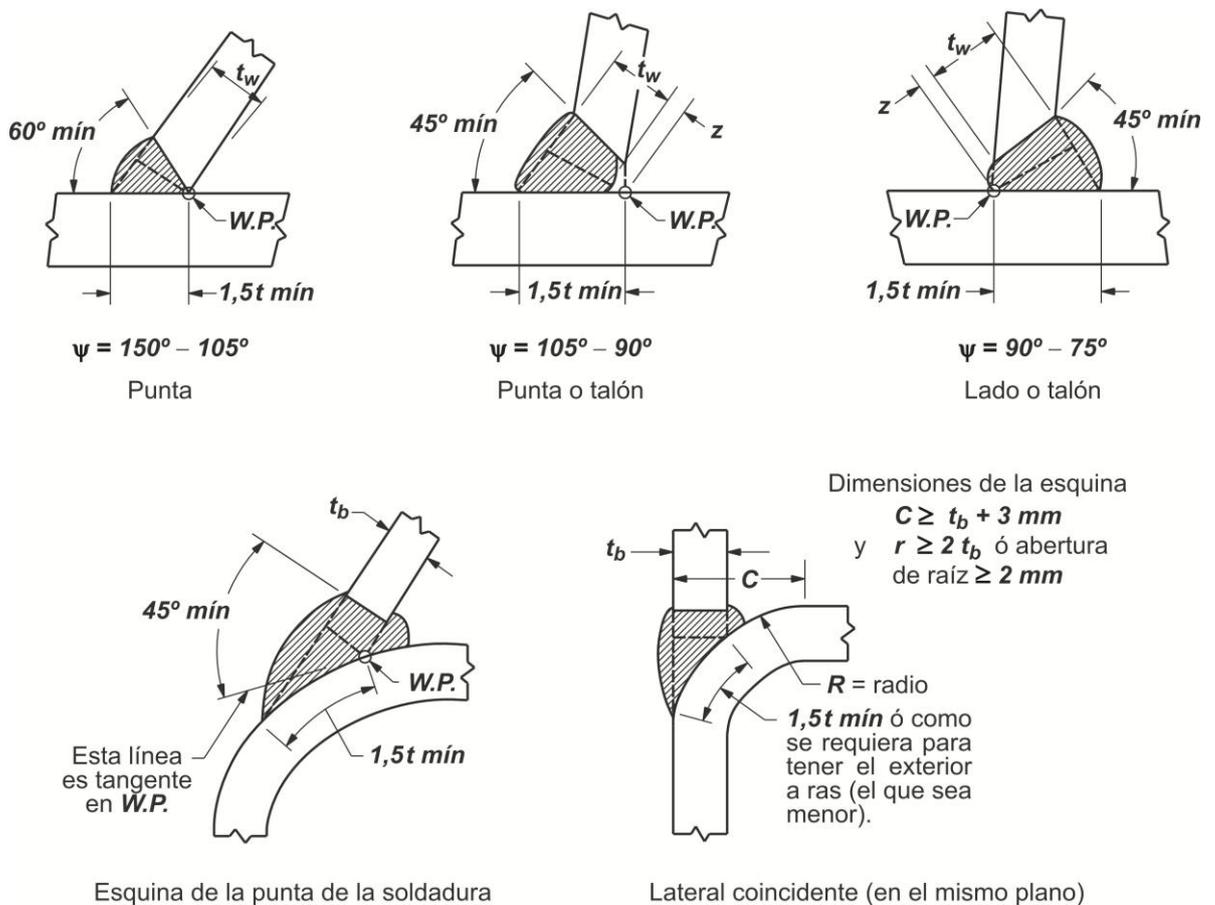


Esquema para la definición del ángulo

$$150^\circ \geq \psi \geq 30^\circ$$

$$90^\circ > \phi \geq 30^\circ$$

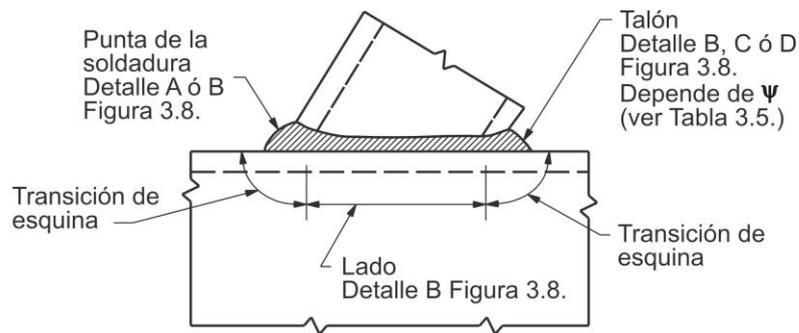
Figura 3.5. (Continuación). Detalles de juntas precalificadas para uniones tubulares T, K e Y con JPP.



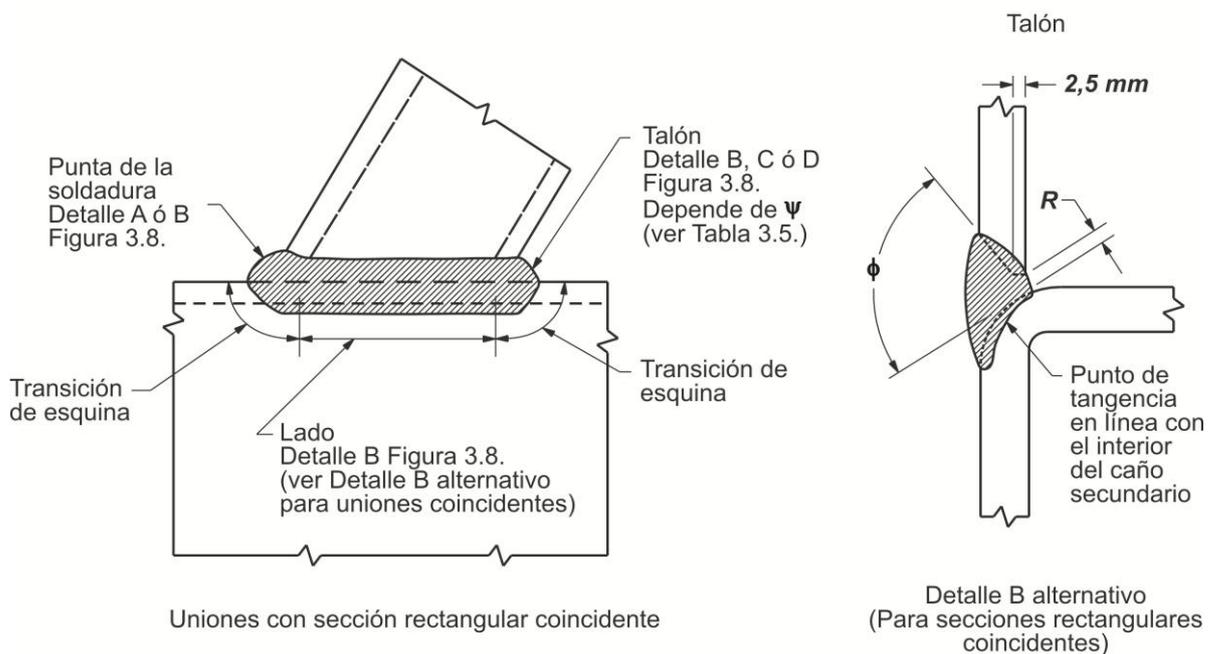
Notas

- (1) t = espesor de la parte más delgada.
- (2) Biselado excepto en las zonas de transición y talón.
- (3) Abertura de raíz de **0 a 5 mm**.
- (4) No precalificado por debajo de **30°**.
- (5) Tamaño de soldadura (garganta efectiva) $t_w \geq t$; considera reducción dimensión **Z**.
- (6) Cálculos deberán ser hechos para un largo de cateto menor que **1,5 t**.
- (7) Para secciones rectangulares, la preparación de la junta para transiciones en esquina deberá proveer una transición suave de un detalle a otro. La soldadura deberá ser llevada en forma continua alrededor de las esquinas, con las esquinas totalmente rellenas, los comienzos y finales de soldaduras entre caras planas.
- (8) Ver el Capítulo 2 para definición de ángulo diedro local, ψ .
- (9) **W.P.** = punto de trabajo (punto teórico de contacto).

Figura 3.5. (Continuación). Detalles de juntas precalificadas para uniones tubulares T, K e Y con JPP.



Uniones en secciones rectangulares escalonadas



Uniones con sección rectangular coincidente

Detalle B alternativo
(Para secciones rectangulares coincidentes)

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 3.6. Detalles de juntas precalificadas para uniones tubulares T, K e Y con JPC.

Tabla 3.6. Dimensiones de junta y ángulos de bisel precalificadas para soldaduras con JPC, en uniones tubulares T, Y, y K, realizadas con procesos SMAW, GMAW-S y FCAW

Dimensiones de junta y ángulos de bisel precalificadas para soldaduras con JPC, en uniones tubulares T, Y, y K, realizadas con procesos SAMW, GMAW-S y FCAW							
		Detalle A $\psi = 180^\circ - 135^\circ$		Detalle B $\psi = 150^\circ - 50^\circ$		Detalle C $\psi = 75^\circ - 30^\circ$ ⁽²⁾	Detalle D $\psi = 40^\circ - 15^\circ$ ⁽²⁾
Preparación del extremo (ω)	máx.	-----		90° ⁽¹⁾		(Nota 1)	
	mín.	-----		10° ó 45° para $\psi > 105^\circ$		10°	
Presentación o abertura de raíz (R)		FCAW-S SMAW ⁽⁴⁾	GMAW-S FCAW-G ⁽⁵⁾	FCAW-S SMAW ⁽⁴⁾	GMAW-S FCAW-G ⁽⁵⁾	(Nota 3)	
	máx.		5 mm	6 mm	6 mm para $\phi > 45^\circ$ 8 mm para $\phi \leq 45^\circ$	FCAW-C SMAW ⁽¹⁾ { 3 mm 5 mm	W máx. ϕ 25°-40° 15°-25°
	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-C FCAW-G ⁽²⁾ { 3 mm 6 mm 10 mm 13 mm	30°-40° 25°-30° 20°-25° 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		1/2 ψ	
Soldadura completada	t_w	$\geq t_b$		$\geq t_b$ para $\psi > 90^\circ$ $\geq t_b / \text{sen } \psi$ 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 $1,75 t_b$				La soldadura puede ser recubierta para alcanzar esto	

Notas

- (1) De otra manera como sea necesario para obtener el ϕ requerido.
- (2) No precalificado para ángulos (ϕ) menor que 30°.
- (3) Las pasadas iniciales de soldadura de respaldo discontinuadas hasta que el ancho del **bisel** (W) serán suficientes para asegurar una soldadura; el ancho necesario de la soldadura con bisel (W) es provisto por la soldadura de respaldo.
- (4) Estos detalles de raíz se aplican para **SMAW** y **FCAW-S** (tubular autoprotectido).
- (5) Estos detalles de raíz se aplican para **GMAW-S** (transferencia cortocircuito) y **FCAW-G** (tubular con protección gaseosa).

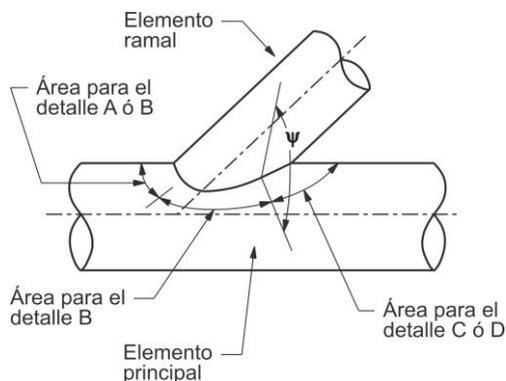
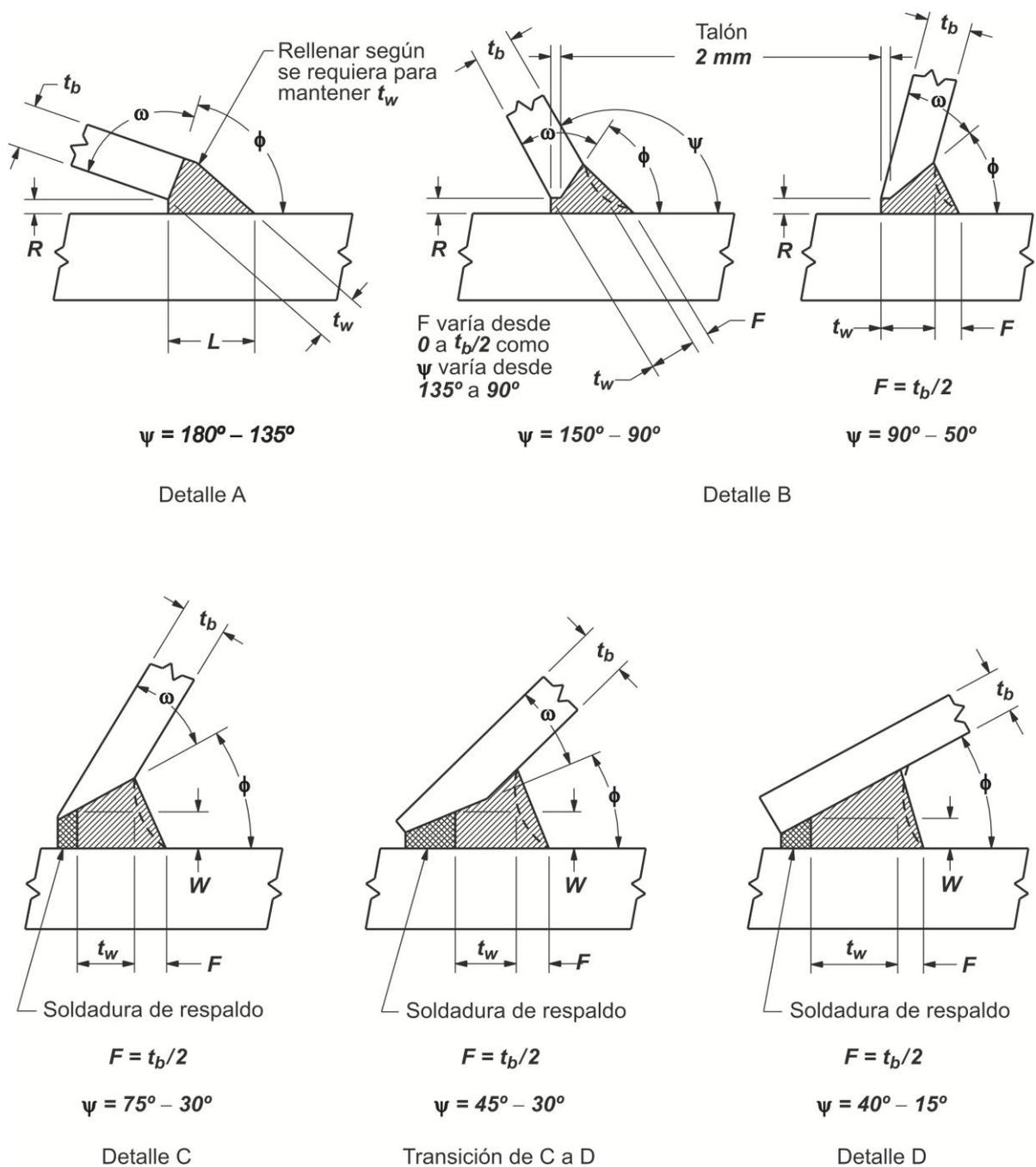


Figura 3.7. Definiciones y selecciones de detalles precalificados para uniones tubulares T, K e Y con JPC.

Tabla 3.7. Requerimientos para una EPS precalificada ⁽⁶⁾

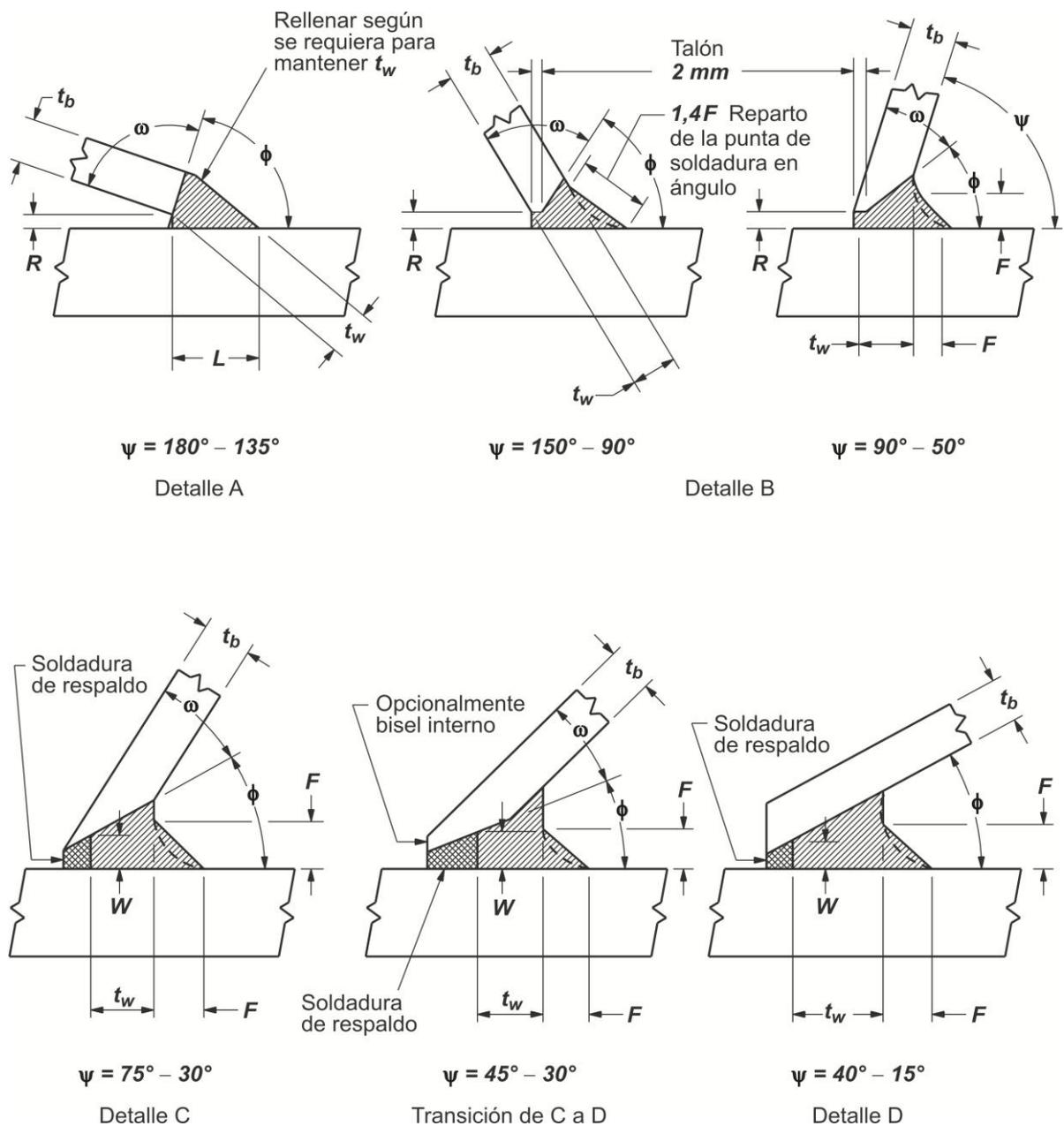
Variable	Posición	Tipo de Soldadura	SMAW	SAW ⁽⁴⁾			GMAW / FCAW ⁽⁷⁾	
				Unico Alambre	Alambres en Paralelo	Alambres Múltiples		
Máximo diámetro del electrodo [mm]	Bajo Mano {plana}	Filete (Nota 1)	8	6			3, 2	
		Bisel (Nota 1)	6					
		Pasada de raíz	5					
	Horizontal	Filete	6	6			3,2	
		Bisel	5					
Vertical	Todas	5 (Nota 2)	Requiere Ensayos de Calificación de la EPS			2,4		
Sobre cabeza	Todas	5 (Nota 2)				2		
Corriente de soldadura máxima [A]	Todas	Filete	Dentro del rango de operación recomendado por el fabricante del metal de aporte	1000	1200		Dentro del rango de operación recomendado por el fabricante del metal de aporte	
	Todas	Pasada de raíz en soldadura con bisel con apertura				700		
		Pasada de raíz en soldadura con bisel sin apertura				900		
		Pasadas de relleno soldadura con bisel				1200		Ilimitado
		Pasadas de terminación soldadura con bisel			Ilimitado			
Máximo espesor de pasada de raíz (Nota 4) [mm]	Plana	Todas	10	Ilimitado			10	
	Horizontal		8				8	
	Vertical		12				12	
	Sobre cabeza		8				8	
Máximo espesor de pasada de relleno [mm]	Todas	Todas	5	6	Ilimitado		6	
Máximo tamaño de pasada única de soldadura de filete (Nota 3) [mm]	Plana	Filete	10	Ilimitado			12	
	Horizontal		8	8	8	12	10	
	Vertical		12				12	
	Sobre cabeza		8				8	
Ancho máximo de la capa en pasada única [mm]	Todas (para GMAW y FCAW) F y H (para SAW)	Abertura de raíz > 12 o		Capas separadas	Electrodos desplazados lateralmente o capas separadas	Capas separadas	Capas separadas	
		Cualquier ancho W de la capa		Capas separadas si W > 16	Capas separadas con electrodos en paralelo si W > 16	Si W > 25 capas separadas	Nota 5	
Notas:								
(1) Excepto pasadas de raíz.								
(2) 4 mm para EXX14 y electrodos de bajo hidrógeno.								
(3) Ver el artículo 3.7.3. para requerimientos de soldaduras sin pintar y expuestas (aceros resistentes a la intemperie)								
(4) Ver el artículo 3.7.2. para limitaciones ancho/profundidad.								
(5) En las posiciones F, H, OH, para no tubulares, se usarán capas separadas cuando el ancho de la capa sea W > 16 mm. En la posición vertical para no tubulares ó 5G, 6G para tubulares, se usarán capas separadas cuando el ancho sea W > 25 mm								
(6) Las áreas sombreadas indican no-aplicabilidad.								
(7) GMAW modo de transferencia cortocircuito (GMAW-S) no está precalificado.								



Notas:

- (1) Ver la Tabla 3.6. para las dimensiones t_w , L , R , W , ω , ϕ .
- (2) Perfil de soldadura plana estándar mínima como se muestra por la línea llena.
- (3) Perfil cóncavo, es también aplicable como se muestra por líneas discontinuas.
- (4) Convexidad, solape, etc. están sujetos a las limitaciones del artículo 5.24.
- (5) Espesor del montante o diagonal, t_b , está sujeto a limitaciones del Capítulo 2.

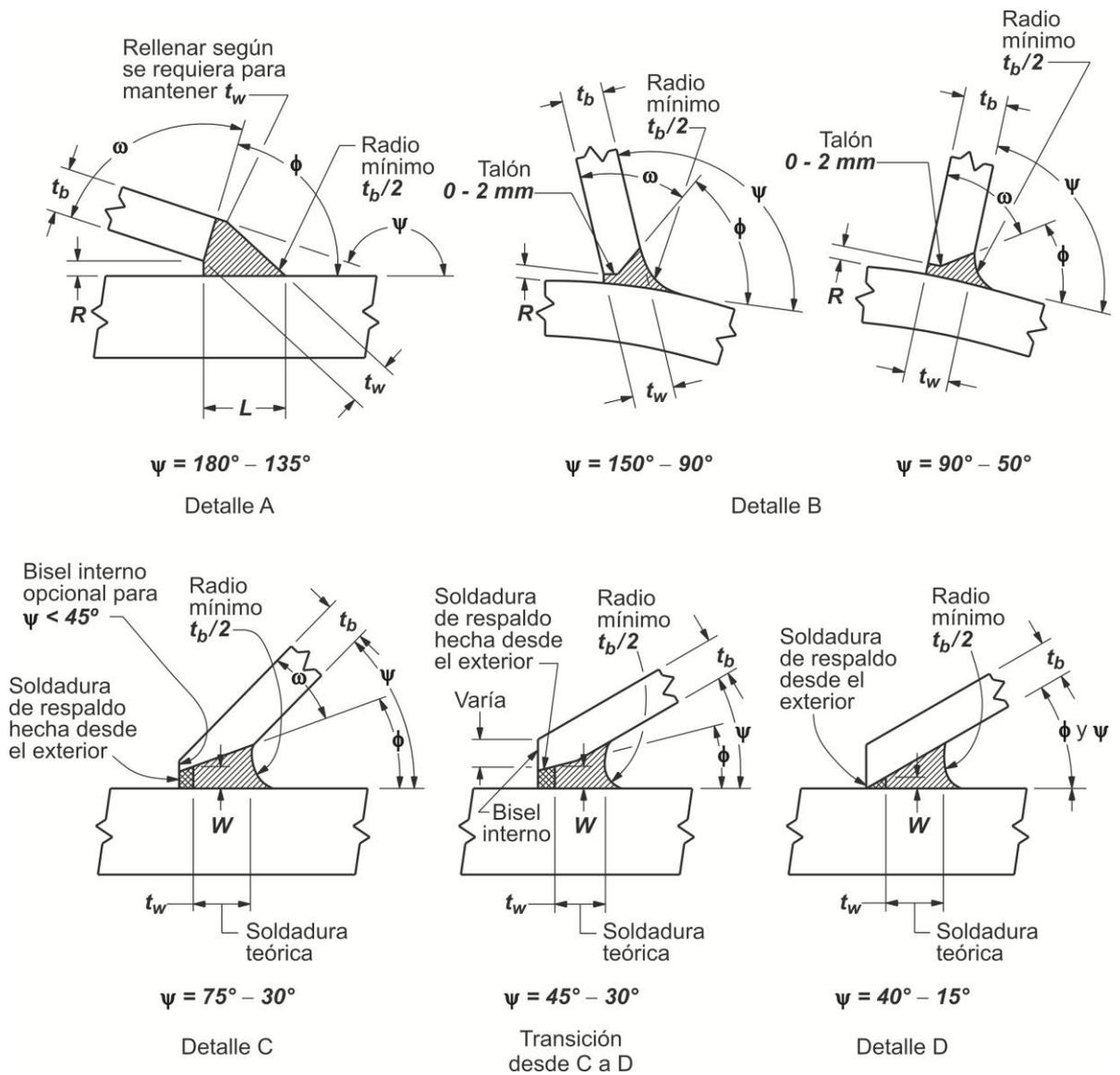
Figura 3.8. Detalles de juntas precalificadas para soldaduras con bisel y JPC en uniones tubulares T, K e Y – Perfiles de soldadura planos estándares para espesor limitado.



Notas:

- (1) Los esquemas ilustran perfiles de soldadura alternativos estándares con filete de terminación.
- (2) Ver el Capítulo 2 para rangos de espesor t_b aplicables.
- (3) Mínimo tamaño de filete de soldadura, $F = t_b/2$, también sujeto a los límites de la Tabla 2.1.
- (4) Ver la Tabla 3.6. para las dimensiones t_w , L , R , W , ω , ϕ .
- (5) Convexidad y solape, etc. están sujetos a las limitaciones del artículo 5.24.
- (6) Perfil cóncavo, es también aceptable como se muestra por líneas discontinuas.

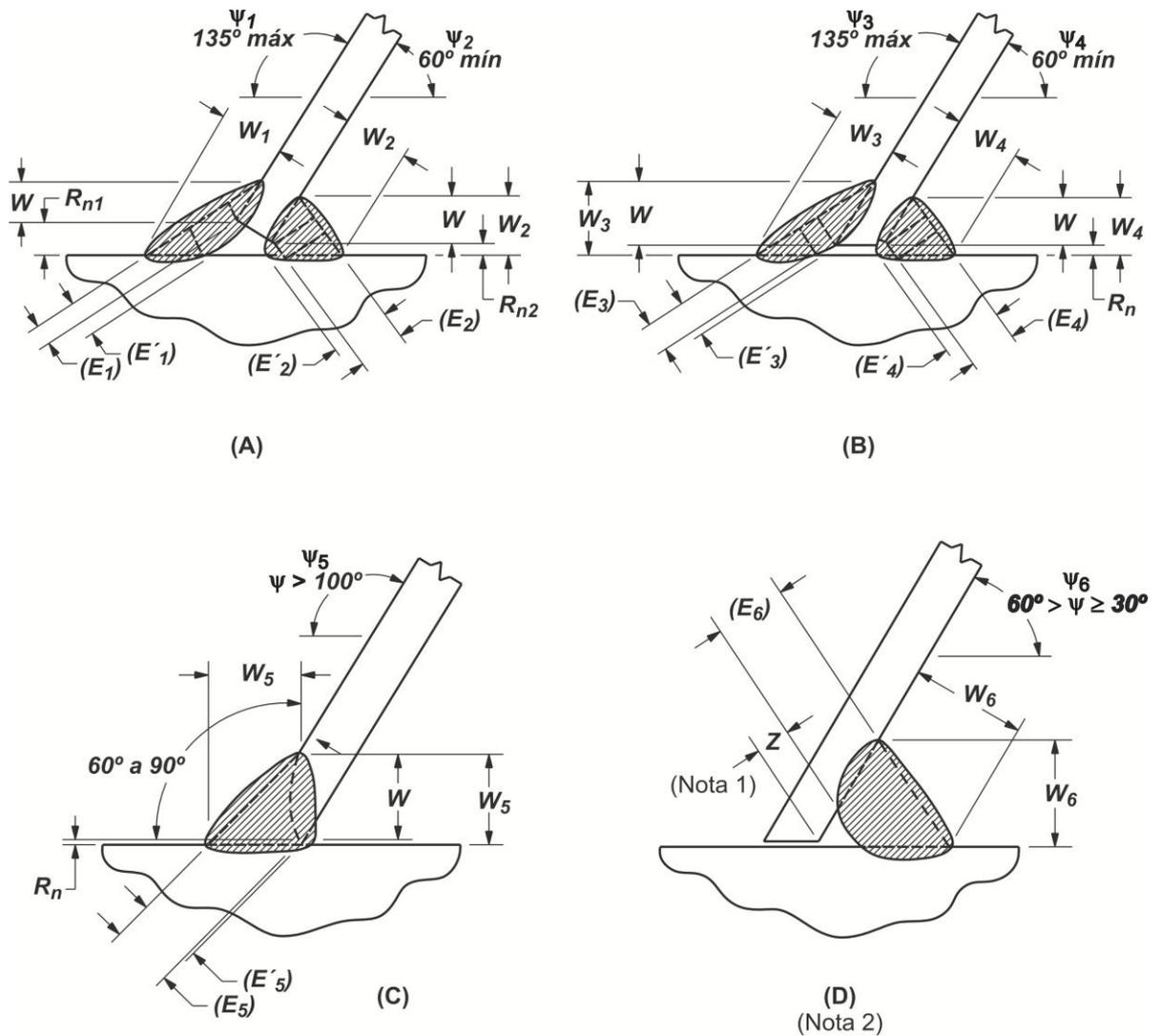
Figura 3.9. Detalles de juntas precalificadas para soldaduras con bisel y JPC en uniones tubulares T, K e Y – Perfiles de soldadura con filete de terminación para espesor intermedio.



Nota:

(1) Ver la Tabla 3.6. para las dimensiones t_w , L , R , W , ω , ϕ .

Figura 3.10. Detalles de juntas precalificadas para soldaduras con bisel y JPC en uniones tubulares T, K e Y – Perfiles de soldadura cóncavos mejorados para secciones pesadas o bajo cargas de fatiga.



Notas:

- (1) (E_n) , (E'_n) = Las gargantas efectivas dependen de la magnitud de la abertura de raíz (R) (ver el artículo 5.22.1. (n) representa de 1 hasta 5).
- (2) t = espesor del elemento estructural más fino.
- (3) No precalificado para soldadura **GMAW-S**, transferencia en cortocircuito.
- (4) Detalle D. Aplicar la medida Z de la Tabla 2.2 para determinar la garganta efectiva.
- (5) El Detalle D no está precalificado para menos de 30° . Para calificación de soldadores, ver la Tabla 4.8.

Figura 3.11. Detalles de juntas oblicuas precalificadas (no tubulares).

3.14. FORMULARIO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA EPS

La elaboración de una **EPS** se efectuará siguiendo los lineamientos ejemplificados en el modelo de formulario correspondiente que se presenta en el Anexo VI.

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

4.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Capítulo cubre los requerimientos para ensayos de calificaciones de especificaciones de procedimientos de soldadura (**EPS**) y personal de soldadura.

Específicamente comprende la calificación de la **EPS**, que no esté clasificada como precalificada de acuerdo con el Capítulo 3 de este Reglamento, y los ensayos de calificación de habilidad requeridos por el Reglamento para determinar la habilidad del soldador, operador, o soldador punteador para producir soldaduras sanas.

4.2. REQUERIMIENTOS GENERALES

En este artículo se describen los requerimientos para ensayos de calificación de especificación de procedimiento de soldadura (**EPS**) y personal de soldadura (definido como soldadores, operadores, soldador punteador).

4.2.1. Especificación del procedimiento de soldadura (EPS)

Excepto para **EPS** precalificadas en conformidad con el Capítulo 3, una **EPS** para uso en soldadura de producción deberá ser calificada de acuerdo con este Capítulo 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 U 500-138. 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).

Sólo 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 desigando como responsable (Capítulo 1, párrafo 1.3.1).

Cualquiera de las dos formas de calificación se especificará en los documentos de contrato. La utilización por parte del contratista de documentación **EPS** que ha sido calificada y que cuenta con los correspondientes **RCP** podrá ser utilizada para diferentes trabajos u obras siempre y cuando sean verificadas y aprobadas para su aplicación por el Ingeniero responsable o por un Ente habilitado.

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 del Anexo III 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 con electrodo revestido (**SMAW**), soldadura por arco sumergido (**SAW**), soldadura por arco con protección gaseosa o semiautomática con alambre macizo (**GMAW**), soldadura por arco con alambre o semiautomática con alambre tubular con o sin protección gaseosa (**FCAW-G** o **-S**), soldadura por arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa (**GTAW**), soldadura por electroescoria y soldadura por electrogas, deberán estar calificados por medio de los ensayos aplicables en el Capítulo 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

Este Reglamento permite aceptar, con la aprobación del Ingeniero responsable, y con la evidencia adecuadamente documentada, 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 se deberá verificar, 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 Capítulo 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, se deberá considerar de acuerdo con lo establecido en la norma IRAM-IAS U 500-96, 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 Capítulo 4 de este Reglamento y las correspondientes normas IRAM involucradas.

4.3.2. Envejecimiento

Cuando lo permita la especificación del metal de aporte y lo requiera el Ingeniero responsable, todas las probetas de ensayos de calificación podrán ser sometidas a un tratamiento de envejecimiento térmico en un rango de temperaturas entre **95°C** y **105°C** por **48 ± 2 horas**.

4.3.3. 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.

4.3.4. 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 las siguientes Figuras:

- (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.

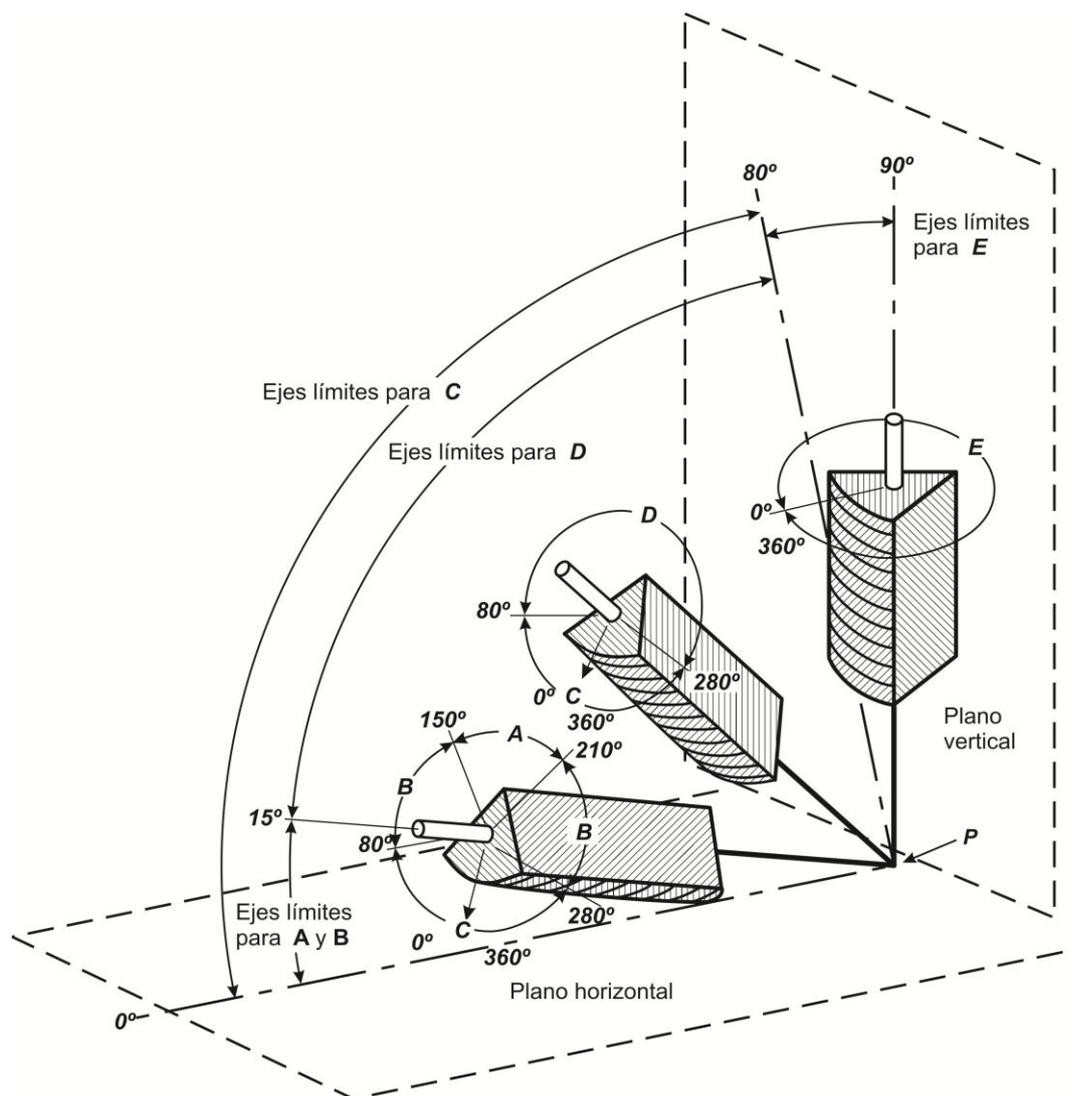
4.4.2. Tipos de ensayos para calificación

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**) ó Tabla 4.4. (filete).

Los requerimientos de inspección visual, **END** y ensayos mecánicos se encuentran en los siguientes artículos:

- Inspección visual (ver el artículo 4.4.6.1.)
- No destructivo (ver el artículo 4.4.6.2.)
- Plegado de cara, de raíz y lateral (ver el artículo 4.4.6.3.)
- Tracción en sección reducida (ver el artículo 4.4.6.3.)
- Macroataque (ver el artículo 4.4.6.4.)

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°

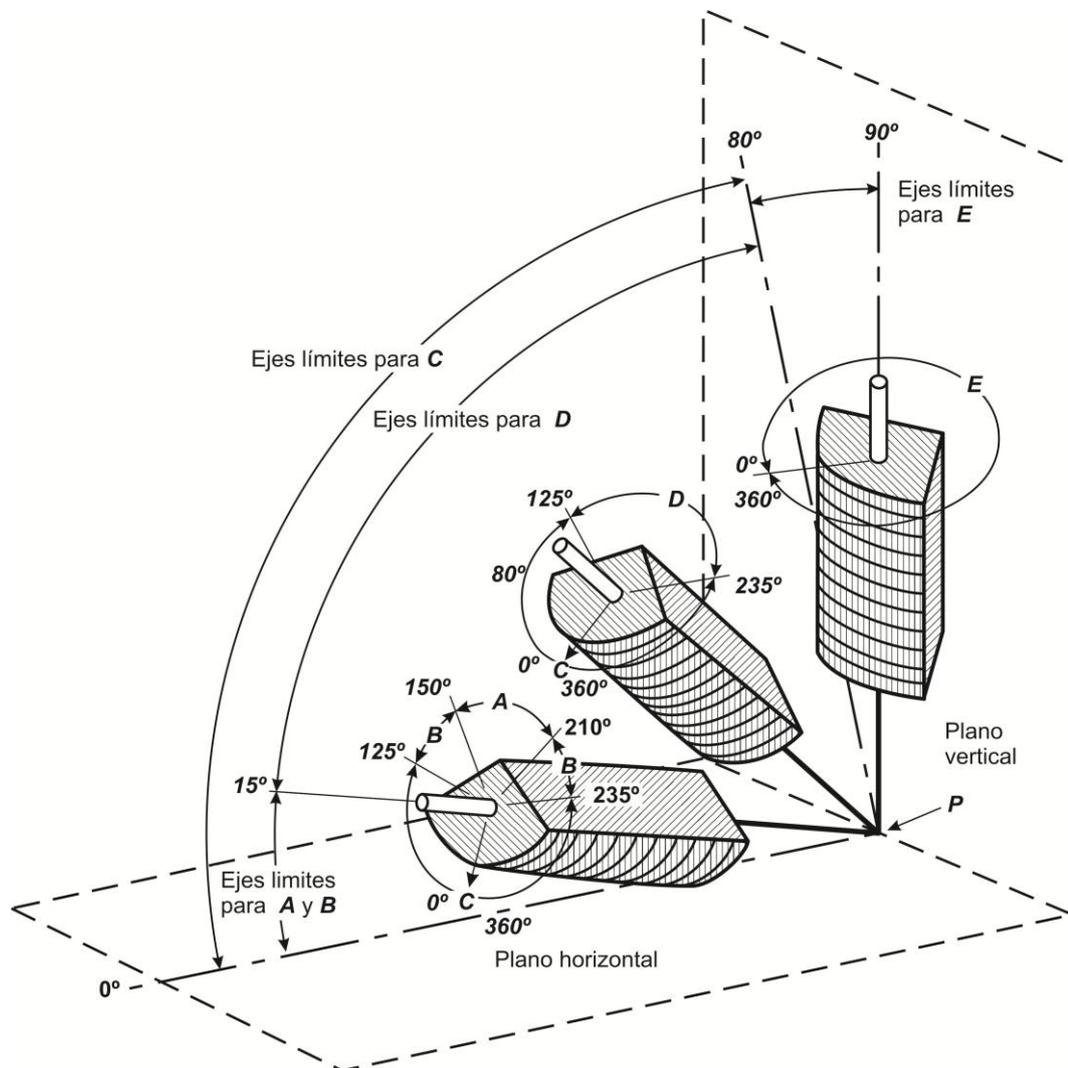


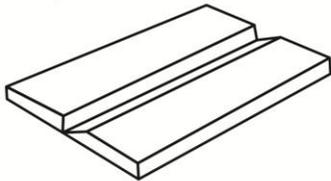
Figura 4.2. Posiciones de soldaduras de filete.

4.4.3. Tipos de soldadura para calificación de **EPS**

A los fines de la calificación de la **EPS**, los tipos de soldadura se deben clasificar como sigue:

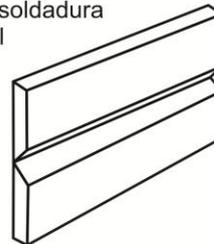
- (1) Juntas con bisel de penetración completa (**JPC**) para uniones no tubulares (ver el artículo 4.5.).
- (2) Juntas con bisel de penetración parcial (**JPP**) para uniones no tubulares (ver el artículo 4.6.).
- (3) Juntas de filete para uniones tubulares y no tubulares (ver el artículo 4.7.).
- (4) **JPC** para uniones tubulares (ver el artículo 4.8.).
- (5) **JPP** para uniones tubulares **T, Y, K** y a Tope (ver el artículo 4.9.).
- (6) Soldaduras en botón (tapón) y ranura (ojal) para uniones tubulares y no tubulares (ver el artículo 4.10.).

Chapas horizontales



(A) Posición de ensayo 1G

Chapas verticales;
eje de la soldadura
horizontal



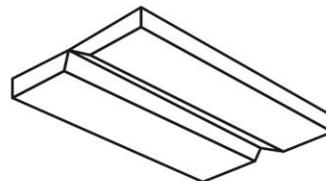
(B) Posición de ensayo 2G



Chapas verticales

(C) Posición de ensayo 3G

Chapas horizontales



(D) Posición de ensayo 4G

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

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 el artículo 4.4.5. Los valores específicos para las variables de la **EPS** deberán ser obtenidos del registro de calificación del procedimiento (**RCP**), que es el documento escrito que confirma la calificación de la **EPS** en forma satisfactoria.

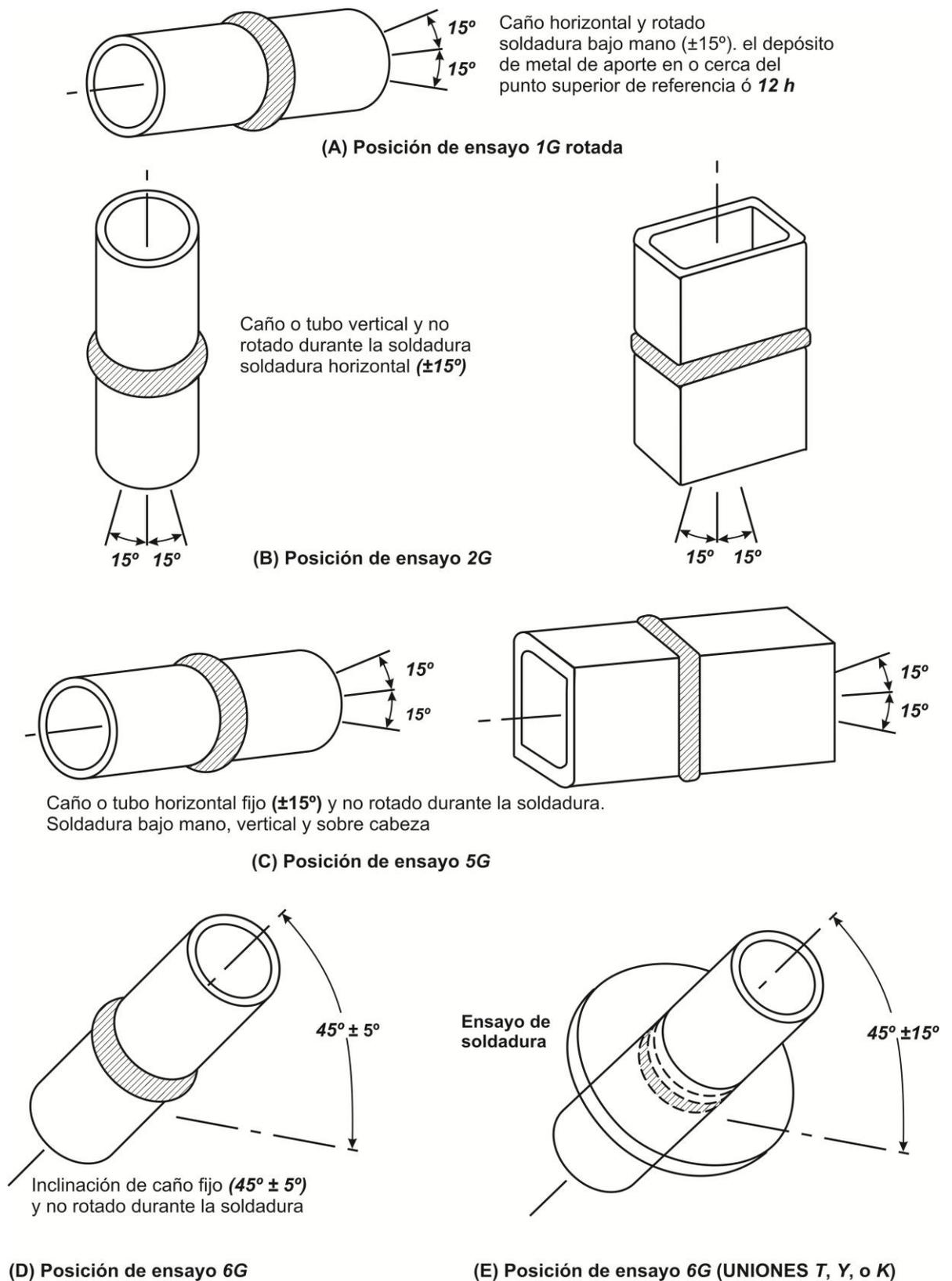


Figura 4.4. Posiciones de ensayo de caño o tubo para soldaduras con bisel.

4.4.5. Variables esenciales

4.4.5.1. SMAW, SAW, GMAW, GTAW y FCAW

Los cambios que se efectúen más allá de los límites de las variables esenciales del **RCP** para los procesos **SMAW, SAW, GMAW, GTAW** y **FCAW** mostrados en las Tablas 4.5. y 4.6., deberán requerir recalificación de la **EPS**.

4.4.5.2. Soldadura por electroescoria (**EEW**) y electrogas (**EGW**) (*)

Para cambios en variables esenciales del **RCP** que requieren recalificación de la **EPS** en los procesos de **EGW** y **EEW** ver la Tabla 4.7.

(*) **Nota:** Hasta tanto se disponga de las normas IRAM correspondientes a su definición de procesos de soldadura y sus correspondientes siglas, se utilizarán las siglas establecidas por ANSI-AWS

4.4.5.3. Calificación de metal base

Los metales base **incluidos** en la Tabla 3.1. que estén sujetos a ensayos de calificación de la **EPS** podrán calificar otros grupos de metales base de acuerdo con la Tabla 4.8. Los metales base **no incluidos** en la Tabla 3.1. deberán ser calificados en conformidad con el Capítulo 4.

4.4.6. Métodos de ensayo y criterios aceptables para calificación de la **EPS**

Los ensayos de soldadura para calificación se deberán realizar con probetas preparadas en la forma de chapa, caño o tubo de acuerdo con lo especificado en las Figuras 4.7. a 4.11., (cualquiera de las que sea aplicable). Las probetas para ensayos deberán ser preparadas de acuerdo con las Figuras 4.12., 4.13., 4.14. y 4.18., según corresponda.

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 **1 mm**. La convexidad de la cara de la soldadura deberá ser menor o igual que **3 mm**.
- (4) La raíz de la soldadura deberá ser inspeccionada y no se deberán verificar 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 el punto (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 la convexidad 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 no destructivos

Antes de preparar las probetas para ensayos mecánicos, la probeta soldada en chapa, caño o tubo correspondiente a la calificación deberá ser sometida a una **END** para determinar si verifica el siguiente criterio de aceptación de este Reglamento:

4.4.6.2.1. Ensayos radiográficos o de ultrasonido

Se deberán utilizar tanto los ensayos radiográficos (**RI**) o ultrasónicos (**US**). Todo el largo de la soldadura en probetas planas o de chapas, excepto los largos descartados en cada extremo, deberá ser examinado de acuerdo con el Capítulo 6 de este Reglamento. Para probetas tubulares, toda la circunferencia de la soldadura terminada deberá ser examinada de acuerdo con el mencionado Capítulo 6.

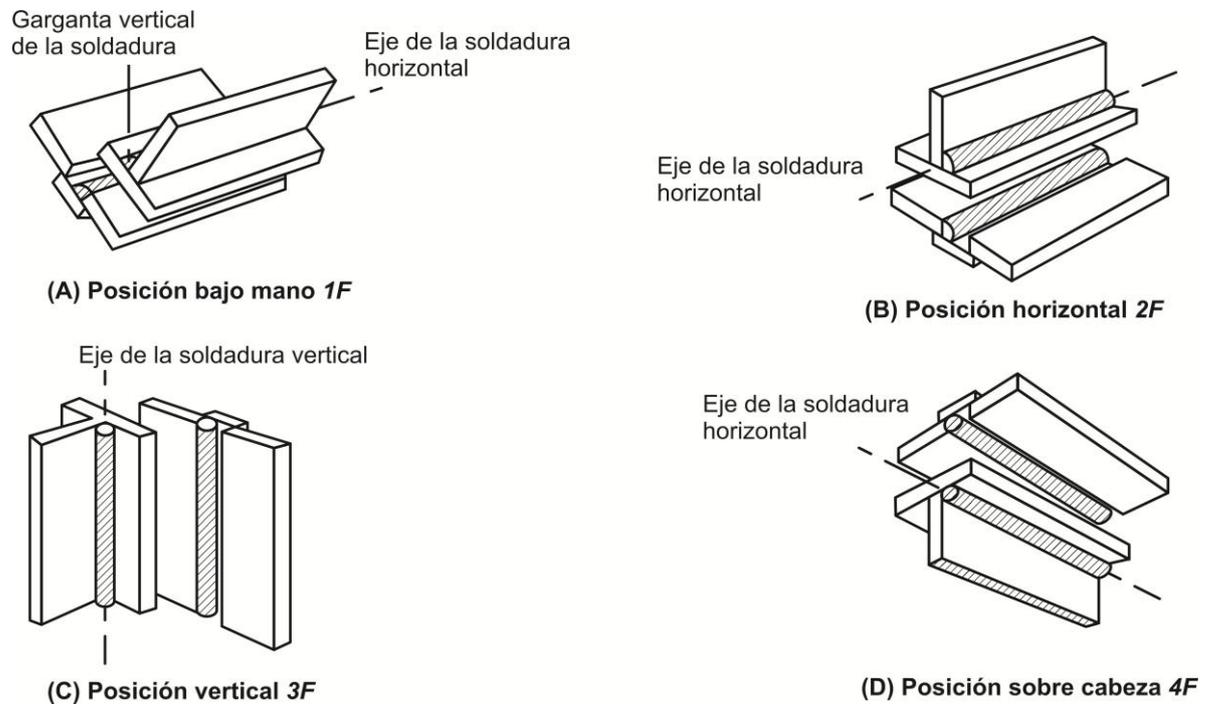


Figura 4.5. Posiciones de ensayo de chapa para soldaduras de filete.

4.4.6.2.2. Criterio de aceptación para **US** o **RI**

Para una calificación aceptable de la soldadura, aplicando los ensayos radiográficos u ultrasónicos, los resultados deberán estar conformes a los requerimientos del Capítulo 6 de este Reglamento.

4.4.6.3. Ensayos mecánicos

4.4.6.3.1. Probetas de plegado de raíz, cara y lateral (ver la Figura 4.12. para plegado de cara y raíz, y la Figura 4.13. para plegado lateral)

Cada probeta deberá ser sometida a un ensayo de plegado guiado de acuerdo con los requerimientos mostrados de las Figuras 4.15. a 4.17.

La probeta deberá ser ubicada en la matriz de guía con la soldadura centrada en la abertura. Las probetas de plegado de cara deberán ubicarse con la cara dirigida hacia la abertura. Las probetas de plegado de raíz y probetas para soldadura de filete deberán ser ubicadas con la raíz dirigida hacia la abertura. Las probetas de plegado lateral deberán 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 ubicadas completamente dentro de la porción plegada (curvada) de la probeta después del ensayo. Cuando se use plegado sobre un rodillo fijo, la probeta deberá ser fijada firmemente en uno de sus extremos de manera que no haya deslizamiento de ella durante la operación de plegado. Las probetas deben ser retiradas del rodillo fijo cuando el rodillo exterior haya sido movido **180°** desde la posición inicial.

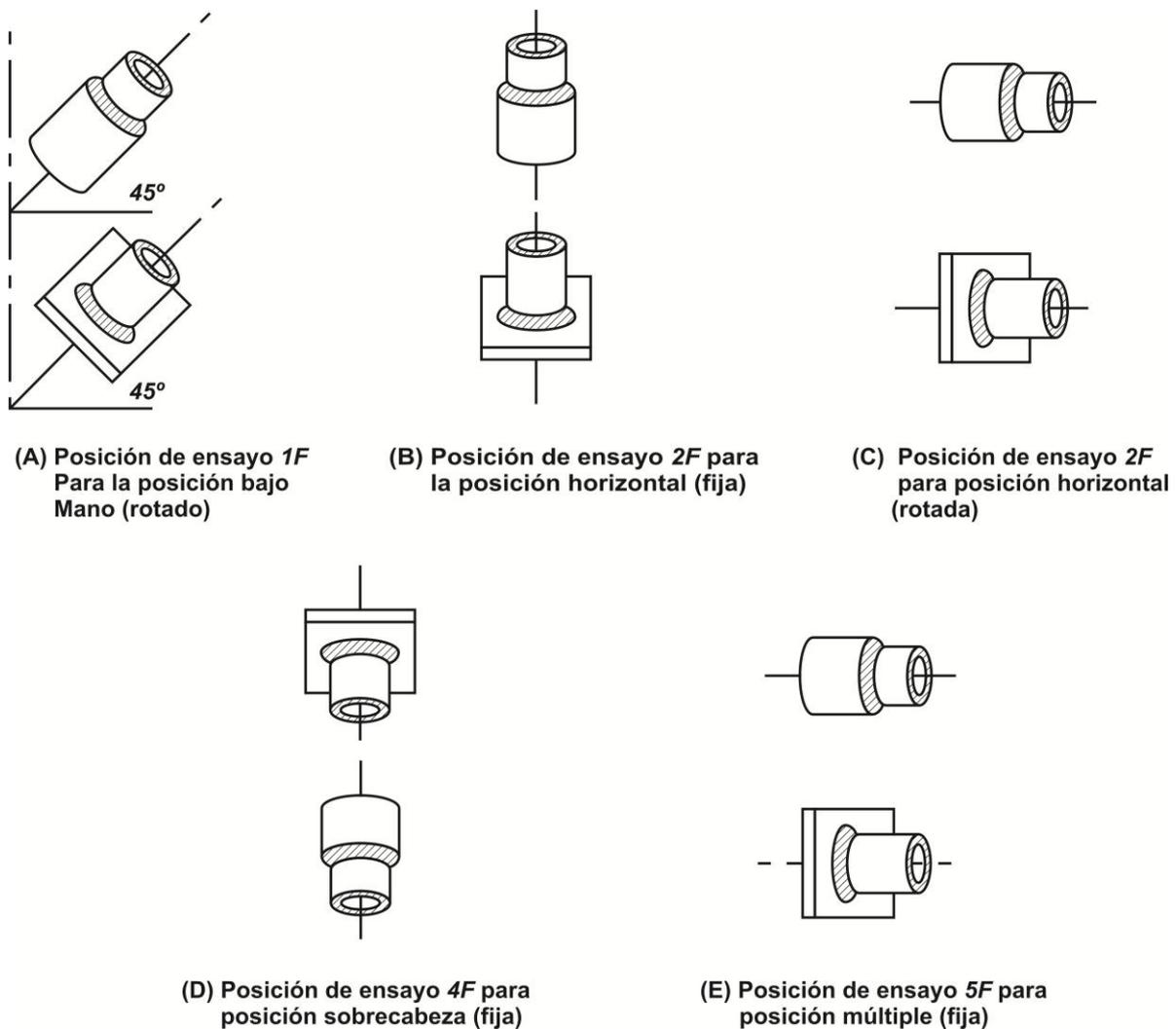


Figura 4.6. Posiciones para ensayo de tubos o caños para soldadura de filete.

Tabla 4.1. Calificación de EPS – Posiciones de soldadura para la producción calificadas con ensayos de chapa, caño o tubo de sección circular o rectangular

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 <i>JPC</i>	Bisel <i>JPP</i>	Filete ⁽⁹⁾	A Tope con Bisel		Bisel <i>T, Y, K</i>		Filete ⁽⁹⁾	A Tope con Bisel		Bisel <i>T, Y, K</i>		Filete ⁽⁹⁾
					<i>JPC</i>	<i>JPP</i>	<i>JPC</i>	<i>JPP</i>		<i>JPC</i>	<i>JPP</i>			
C H A P A	<i>JPC</i> con Bisel ¹	1G ⁽²⁾	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>F</i>		<i>F</i>	<i>F</i>	<i>F</i>		<i>F</i>	
		2G ⁽²⁾	<i>F, H</i>	<i>F, H</i>	<i>F, H</i>	<i>F, H</i>	<i>F, H</i>		<i>F, H</i>	<i>F, H</i>	<i>F, H</i>		<i>F, H</i>	
		3G ⁽²⁾	<i>V</i>	<i>V</i>	<i>V</i>	<i>V</i>	<i>V</i>		<i>V</i>	<i>V</i>	<i>V</i>		<i>V</i>	
		4G ⁽²⁾	<i>OH</i>	<i>OH</i>	<i>OH</i>	<i>OH</i>	<i>OH</i>		<i>OH</i>	<i>OH</i>	<i>OH</i>		<i>OH</i>	
F I L E T E	Filete ⁽¹⁾	1F			<i>F</i>				<i>F</i>				<i>F</i>	
		2F			<i>F, H</i>				<i>F, H</i>				<i>F, H</i>	
		3F			<i>V</i>				<i>V</i>				<i>V</i>	
		4F			<i>OH</i>				<i>OH</i>				<i>OH</i>	
Botón y Ranura	Califican para Soldadura de botón (tapón) / Ranura (ojal) solo en las Posiciones Ensayadas													
T U B U L A R	<i>CJP</i> con Bisel	1G Rotada	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>F</i> ⁽³⁾	<i>F</i>		<i>F</i>	<i>F</i>	<i>F</i> ⁽³⁾	<i>F</i>		<i>F</i>
		2G	<i>F, H</i>	<i>F, H</i>	<i>F, H</i>	<i>(F, H)</i> ⁽³⁾	<i>F, H</i>		<i>F, H</i>	<i>F, H</i>	<i>(F, H)</i> ⁽³⁾	<i>F, H</i>		<i>F, H</i>
		5G	<i>F, V, OH</i>	<i>F, V, OH</i>	<i>F, V, OH</i>	<i>(F, V, OH)</i> ⁽³⁾	<i>F, V, OH</i>		<i>F, V, OH</i>	<i>F, V, OH</i>	<i>(F, V, OH)</i> ⁽³⁾	<i>F, V, OH</i>		<i>F, V, OH</i>
		(2G+5G)	Todas	Todas	Todas	Todas ⁽³⁾	Todas	Todas ⁽⁵⁾	Todas ⁽⁷⁾	Todas	Todas ⁽³⁾	Todas	Todas ⁽⁶⁾	Todas ^(7,8)
6G	Todas	Todas	Todas	Todas ⁽³⁾	Todas		Todas ⁽⁷⁾	Todas	Todas ⁽³⁾	Todas		Todas ^(7,8)	Todas	
6GR	Todas ⁽⁴⁾	Todas	Todas	Todas ⁽³⁾	Todas	Todas ⁽⁵⁾	Todas	Todas	Todas ⁽³⁾	Todas	Todas ⁽⁶⁾	Todas	Todas	
F I L E T E	Filete	1F Rotado			<i>F</i>				<i>F</i>					<i>F</i>
		2F			<i>F, H</i>				<i>F, H</i>					<i>F, H</i>
		2F Rotada			<i>F, H</i>				<i>F, H</i>					<i>F, H</i>
		4F			<i>F, H, OH</i>				<i>F, H, OH</i>					<i>F, H, OH</i>
5F			Todas				Todas					Todas		

JPC – Junta de Penetración Completa
JPP – Junta de Penetración Parcial
Notas:
(1) Califica para un eje de soldadura con una línea esencialmente recta, incluyendo soldadura a lo largo de una línea paralela al eje de un tubo (caño) circular.
(2) Califica para soldaduras circunferenciales en tubos de un diámetro exterior nominal mayor o igual a **600 mm**.
(3) Los detalles de juntas a tope de producción, sin respaldo o repelado de raíz, requieren ensayos de calificación con un detalle de la junta según se muestra en la Figura 4.24.
(4) Limitado a detalles de juntas precalificadas.
(5) Para *JPC* de producción en uniones *T, Y* y *K*, que están de acuerdo con las Figuras 3.8., 3.9. ó 3.10. y la Tabla 3.6., usar el detalle de la Figura 4.27. para los ensayos.
(6) Para *JPC* de producción en uniones *T, Y*, y *K*, que están de acuerdo con las Figuras 3.6. y la Tabla 3.6., usar el detalle de las Figuras 4.27. y 4.28., o alternativamente ensayar la junta de la Figura 4.27. y cortar las probetas para macroataque de las esquinas mostradas en la Figura 4.28.
(7) Para *JPP* de producción en uniones *T, Y*, y *K*, que están con las Figura 3.5., usar el detalle de la Figura 4.24. o Figura 4.25.
(8) Para uniones de tubos o caños de sección rectangular alineados con radios de esquina menores que dos veces el espesor del elemento estructural principal.
(9) Las soldaduras de filete en uniones de producción *T, Y, K*, deben estar de acuerdo con la Figura 3.2. La calificación de la *EPS* debe estar de acuerdo con el artículo 4.7.

Tabla 4.2. Calificación de EPS – soldaduras con bisel JPC: Cantidad y tipo de las probetas de ensayo. Rango de espesor y diámetro calificado

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 ^(1, 2)									
	Espesor (<i>T</i>) nominal de la chapa para ensayo, mm	Cantidad de probetas				Espesor nominal ^(3, 4) calificado en chapas, tubos o caños, mm			
		Tracción con probeta de sección reducida (ver Fig. 4.14)	Plegado de raíz (ver Fig. 4.12)	Plegado de cara (ver Fig. 4.12)	Plegado lateral (ver Fig. 4.13)	Mín.	Máx.		
		$3 \leq T \leq 10$	2	2	—	3	2T		
		$10 < T < 25$	2	—	—	4	3	2T	
	≥ 25	2	—	—	4	3	Ilimitado		
2. Ensayos en tubo o caño ^(1, 7)									
	Diámetro o tamaño nominal del tubo o caño para ensayo, mm	Espesor nominal de la pared, <i>T</i> , mm	Cantidad de probetas				Diámetro ⁽⁵⁾ nominal calificado del caño o tubo, mm	Espesor Nominal ^(3, 4) Calificado en Chapas, Tubos o Caños, mm	
			Tracción con sección reducida (ver Fig. 4.14)	Plegado de raíz (ver Fig. 4.12)	Plegado de cara (ver Fig. 4.12)	Plegado lateral (ver Fig. 4.13)		Mín	Máx
Ensayos de tubos o caños del tipo fabricados según medidas o no estándares	< 600	$3 \leq T \leq 10$	2	2	2	—	\geq Diám. de ensayo	3	2T
		$10 < T < 25$	2	—	—	4	\geq Diám. de ensayo	<i>T/2</i>	2T
		$T \geq 20$	2	—	—	4	\geq Diám. de ensayo	10	Ilimitado
	≥ 600	$3 \leq T \leq 10$	2	2	2	—	\geq Diám. de ensayo	3	2T
		$10 < T < 25$	2	—	—	4	≥ 600	<i>T/2</i>	2T
		$T \geq 20$	2	—	—	4	≥ 600	10	Ilimitado
Ensayos de tubos o caños estándares	50 mm DE x 6 mm T ó 75 mm DE x 6 mm T		2	2	2	—	$19 \leq DE < 100$	3	20
	150 mm DE x 14 mm T ó 200 mm DE x 12 mm T		2	—	—	4	$DE \geq 100$	5	Ilimitado
3. Ensayos en soldadura con proceso por electroescoria y electrogas ^(1, 8)									
	Espesor nominal de la chapa para ensayo <i>T</i>	Cantidad de Probetas				Espesor nominal calificado en chapa, mm			
		Tracción con sección reducida (ver Fig. 4.14)	Tracción en metal de soldadura (ver Fig. 4.18)	Plegado lateral (ver Fig. 4.13)	Ensayos de impacto	Mín.	Máx.		
	<i>T</i>	2	1	4	Nota 6	0,5T	1,1T		
Notas:									
(1) Todas las soldaduras de ensayo de chapas, caños o tubos deben ser inspeccionadas visualmente (ver el artículo 4.4.6.1) y sujetos a END (ver el artículo 4.4.6.2.) Debe requerirse un ensayo de chapa, tubo o caño para cada posición calificada.									
(2) Ver las Figuras 4.10. y 4.11. para los requerimientos de ensayo de chapas.									
(3) Para soldaduras sin preparación de bordes (sin bisel), que están calificadas sin respaldo, el espesor máximo calificado debe estar limitado al espesor de ensayo en chapa.									
(4) La calificación de soldadura con bisel de JPC en cualquier espesor o diámetro califica a cualquier tamaño de soldadura de filete o de bisel con JPP , para cualquier espesor. No obstante para JPP observar lo indicado en el artículo 4.6.3.									
(5) Una calificación con cualquier diámetro de caño o tubo de sección circular califica a todas las dimensiones (ancho y altura) de sección rectangular.									
(6) Si están especificados, los ensayos de impacto deberán estar de acuerdo con lo indicado en el Anexo III.									
(7) Ver la Tabla 4.1. para los detalles de bisel requeridos para la calificación de juntas a tope tubulares en uniones T , Y , K .									
(8) Ver la Figura 4.9. para requerimientos de chapa.									

Tabla 4.3. Calificación de EPS – Soldaduras con bisel JPP: Cantidad y tipo de las probetas de ensayo. Rango de espesor calificado

Calificación de EPS – Soldaduras con bisel JPP: Cantidad y tipo de las probetas de ensayo. Rango de espesor calificado								
Profundidad del bisel para ensayo, T , mm	Macroataque para tamaño de soldadura (E) 4.6.2. 4.6.3. 4.6.4.	Cantidad de probetas ⁽¹⁾⁽²⁾				Rangos de calificación ^{(3), (4)}		
		Tracción con sección reducida (ver Fig. 4.14.)	Plegado de raíz (ver Fig. 4.12.)	Plegado de cara (ver Fig. 4.12.)	Plegado lateral (ver Fig. 4.13.)	Profundidad del bisel	Espesor nominal calificado en chapas, tubos o caños, mm	
							Mín	Máx
$3 < T < 10$	3	2	2	2	—	T	3	$2T$
$10 \leq T \leq 25$	3	2	—	—	4	T	3	Ilimitado

Notas:

- (1) Debe requerirse una chapa, tubo o caño para ensayo, por posición. Para ensayo de chapa, ver las Figuras 4.10. o 4.11. En la calificación se utilizarán los detalles de biseles con **JPP** para producción.
- (2) Si fuera necesario utilizar soldadura de **JPP** con bisel en **J** o $1/2 V$ 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**.
- (3) Ver los requerimientos de diámetro de tubo o caño para calificación de la Tabla 4.2.
- (4) 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

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 4.7.1 y 4.4.6.4	Tracción en el metal de soldadura (ver Fig. 4.18)	Plegado lateral (ver Fig. 4.13)	Espesor ⁽¹⁾ chapa/tubo o caño	Tamaño de filete
Ensayo T en chapa (Figura 4.19)	Pasada única, tamaño max. a ser usado en construcción	1 en cada posición a ser usada	3 caras	—	—	Ilimitado	\leq que el mayor ensayado, pasada única
	Pasada múltiple tamaño min. a ser usado en construcción	1 en cada posición a ser usada	3 caras	—	—	Ilimitado	\geq que el menor ensayado, pasada múltiple
Ensayo T para tubo o caño ⁽³⁾ (Figura 4.20)	Pasada única, tamaño max a ser usado en construcción	1 en cada posición a ser usada (ver Tabla 4.1.)	3 caras (excepto para 4F y 5F, se requieren 4 caras)	—	—	Ilimitado	\leq 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.)	3 caras (excepto para 4F y 5F, se requieren 4 caras)	—	—	Ilimitado	\geq que el menor ensayado, pasada múltiple
Ensayo de bisel (Figura 4.23.)	—	1 en posición 1G	—	1	2	Califica para los consumibles de soldadura a ser usados en el ensayo T	

Notas:

- (1) El espesor mínimo calificado es **3 mm**.
- (2) Todos los ensayos de chapas, caños o tubos deberán ser inspeccionados visualmente de acuerdo con el artículo 4.4.6.1.
- (3) Ver Tabla 4.2. (2) para calificación de diámetro de tubo.
- (4) Cuando los consumibles de soldadura usados no están conformes a las disposiciones para precalificación del Capítulo 3 de este Reglamento o la **EPS** que usa los consumibles de soldadura propuestos no fue establecida por el contratista, en concordancia con los artículos 4.5. ó 4.6., deberá soldarse una chapa de ensayo con bisel de **JPP** de acuerdo con el artículo 4.5.

Tabla 4.5. Cambios en variables esenciales del RCP que requieren recalificación de la EPS para SMAW, SAW, GMAW, FCAW, y GTAW

Cambios en variables esenciales del RCP que requieren recalificación de la EPS para SMAW, SAW, GMAW, FCAW, y GTAW					
Cambios en variables esenciales del RCP que requieren recalificación	Proceso				
	Soldadura por arco con electrodo revestido o Soldadura manual (SMAW)	Soldadura por arco sumergido (SAW)	Soldadura por arco con alambre macizo y protección gaseosa o Soldadura semiaut. con alambre macizo (GMAW)	Soldadura por arco con alambre tubular o soldadura semiaut. con alambre tubular (FCAW)	Soldadura por arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa (GTAW)
Metal de aporte					
1) Incremento en la clasificación de resistencia del metal de aporte	X		X	X	
2) Cambio de electrodo SMAW de bajo hidrógeno a electrodo que no es de bajo hidrógeno	X				
3) Cambio de una clasificación de electrodo o clasificación fundente- electrodo a cualquier otra clasificación ¹		X (Nota 2)		X	X
4) Cambio a una clasificación de electrodo o clasificación fundente-electrodo no cubierta por:	IRAM-IAS U500-601 o U500-127 (ANSI/AWS A5.1 ó A5.5)	ANSI/AWS A5.17 ó A5.23	IRAM-IAS U500-166 (ANSI/AWS A5.18 ó A5.28)	ANSI/AWS A5.20 ó A5.29	IRAM-IAS U500-166 (ANSI/AWS A5.18 ó A5.28)
5) Adición o supresión del metal de aporte					X
6) Cambio de alimentación con alambre frío a caliente o viceversa					X
7) Agragado o quita de metal de aporte suplementario en polvo o granulado o trozos de alambre		X			
8) Incremento del metal de aporte suplementario en polvo o granulado o trozos de alambre		X			
9) Si el contenido de aleantes del metal de soldadura depende en gran medida del metal de aporte suplementario en polvo, cualquier cambio en la EPS que da como resultado un metal de soldadura depositado cuyos elementos de aleación no satisfacen los requerimientos de composición química de la EPS.		X			
Electrodo					
10) Cambio en el diámetro nominal del electrodo por:	incremento >0,8 mm	Cualquier incremento ²	Cualquier incremento o disminución	Cualquier incremento	incremento o disminución >1,6 mm
11) Cambio en el número de electrodos		X	X	X	
Parámetros eléctricos					
12) Cambio en la corriente de soldadura o amperaje [A] para cada diámetro usado por:	A un valor no recomendado por el fabricante	>10% de incremento o disminución	>10% de incremento o disminución	>10% de incremento o disminución	>25% de incremento o disminución
13) Cambio en el tipo de corriente (ca a cc) o polaridad y modo de transferencia (sólo GMAW)		Sólo cuando se usa un fundente activo con aleantes o material base templado y revenido	X	X	
14) Cambio en la tensión de soldadura o voltaje[V] para cada diámetro usado por:	un valor no recomendado por el fabricante del electrodo	incremento o disminución >7%	incremento o disminución >7%	incremento o disminución >7%	incremento o disminución >7%

Tabla 4.5. (Continuación). Cambios en variables esenciales del RCP que requieren recalificación de la EPS para SMAW, SAW, GMAW, FCAW, y GTAW

Tabla 4.5. (Continuación)					
Cambios en variables esenciales del RCP que requieren recalificación	Proceso				
	SMAW	SAW	GMAW	FCAW	GTAW
Parámetros eléctricos (continuación)					
15) Incremento o disminución en la velocidad de alimentación del alambre para cada diámetro de electrodo (si no se controla el amperaje) :		>10%	>10%	>10%	
16) Cambio en la velocidad de avance ⁽³⁾ (salvo que se requiera control del calor aportado) :		>15% de incremento o disminución	>25% de incremento o disminución	>25% de incremento o disminución	>50% de incremento o disminución
17) Un incremento en el calor aportado ⁽⁴⁾ :	>10%	>10%	>10%	>10%	Cualquiera (cuando se requieren ensayos de impacto Charpy-V)
Gas de protección					
18) Cambio en el gas de protección de un único gas a cualquier otro o a una mezcla de gases, o en la composición porcentual nominal especificada de una mezcla de gas, o a ningún gas			x	x	x
19) Cambio en el caudal del gas:			>50% de incremento >20% de disminución	>50% de incremento >20% de disminución	>50% de incremento >20% de disminución
20) Cambio a un gas de protección no contemplado por:			IRAM-IAS U500-166 (ANSI/AWS A5.18 ó A5.28)	ANSI/AWS A5.20 ó A5.29	
Parámetros SAW					
21) Cambio > 10%, ó 3 mm, cualquiera sea mayor, en el espaciado longitudinal de los arcos		X			
22) Cambio > 10%, ó 3 mm, cualquiera sea mayor, en el espaciado lateral de los arcos		X			
23) Incremento o disminución mayor que 10° en la orientación angular de cualquier electrodo paralelo		X			
24) Para SAW mecanizado o automatizado, un incremento o disminución mayor que 3° en el ángulo del electrodo		X			
25) Para SAW mecanizado o automatizado, un incremento o disminución mayor que 5° normales a la dirección del avance		X			
General					
26) Cambio en la posición, no calificada por Tabla 4.1.	X	X	X	X	X
27) Cambio en diámetro, o espesor, o ambos, no calificados por la Tabla 4.2.	X	X	X	X	X
28) Cambio en el metal base o combinación de metales base, no listados en el RCP o calificados por la Tabla 4.7.	X	X	X	X	X

Tabla 4.5. (continuación).Cambios en variables esenciales del RCP que requieren recalificación de la EPS para SMAW, SAW, GMAW, FCAW, y GTAW

Tabla 4.5. (Continuación)					
Cambios en variables esenciales del RCP que requieren recalificación	Proceso				
	SMAW	SAW	GMAW	FCAW	GTAW
General					
29) Soldadura Vertical: Para cualquier cambio en la progresión de la pasada, de ascendente a descendente y viceversa	X		X	X	X
30) Cambio en el tipo de bisel (ejem., $1/2 V$ a V). Excepto la calificación de cualquier soldadura de bisel con JPC que califica para cualquier detalle de bisel que cumpla con los requerimientos de 3.12. o 3.13. así como lo dispuesto en 4.6.3. para JPP	X	X	X	X	X
31) Cambio de una junta con bisel a una sin preparación (sin bisel) y viceversa	X	X	X	X	X
32) Cambio excediendo las tolerancias de 3.12., 3.13., 3.13.4., 5.22.4.1., ó 5.22.4.2. que incluyan: a) disminución en el ángulo del bisel b) disminución en la abertura de raíz c) incremento en el talón o cara de la raíz	X	X	X	X	X
33) La omisión, pero no la inclusión, de respaldo o repelado de raíz	X	X	X	X	X
34) Disminución de la temperatura de precalentamiento ⁽⁵⁾	>15°C	>15°C	>15°C	>15°C	>55°C
35) Incremento de la temperatura entre pasadas ⁽⁵⁾					>55°C si se requiere ensayo de impacto Charpy-V
36) Disminución de la temperatura entre pasadas ⁽⁵⁾	>15°C	>15°C	>15°C	>15°C	>55°C
37) Adición o supresión de tratamiento térmico posterior a la soldadura	X	X	X	X	X
Notas:					
(1) Se permite un cambio disminuyendo la resistencia del metal de aporte sin recalificar la EPS .					
(2) Para la EPS que usa fundente activo aleado, cualquier incremento o disminución en el diámetro del electrodo debe requerir recalificación de la EPS .					
(3) Los rangos de velocidad de avance para todos los tamaños de soldaduras de filete pueden ser determinados por la mayor soldadura de filete de pasada única y la menor soldadura de filete de pasadas múltiples de los ensayos de calificación.					
(4) Estas variables esenciales se aplican sólo cuando el calor aportado es un requerimiento del documento de contrato. El calor aportado en joules/ mm debe ser calculado como $H= 60 V I / v$ siendo: V = voltaje del RCP I = amperaje del RCP v = velocidad de soldadura del RCP , en mm/ mín.					
(5) La temperatura de precalentamiento o entre pasadas puede ser menor que la temperatura de precalentamiento o entre pasadas del RCP con tal que se alcance lo dispuesto en el artículo 5.6. y en la Tabla 3.2. La temperatura del metal base no debe ser menor que la temperatura del RCP en el momento de la soldadura.					

Tabla 4.6. Cambios en variables esenciales suplementarias del RCP que requieren recalificación de la EPS para SMAW, SAW, GMAW, FCAW, y GTAW cuando se especifican requisitos de tenacidad medidos por ensayos de impacto CVN (Ensayos Charpy-V)

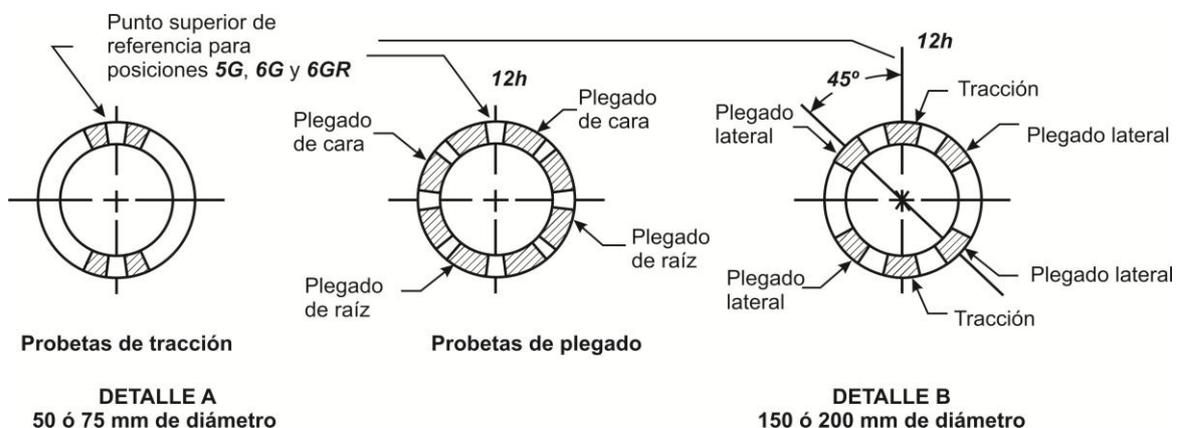
Cambios en variables esenciales suplementarias del RCP que requieren recalificación de la EPS para SMAW, SAW, GMAW, FCAW, y GTAW cuando se especifican ensayos de impacto CVN (Ensayos Charpy-V)					
Cambios en Variables Esenciales del RCP que Requieren Recalificación	Proceso				
	Soldadura por arco con electrodo revestido o Soldadura manual (SMAW)	Soldadura por arco sumergido (SAW)	Soldadura por arco con alambre macizo y protección gaseosa o Soldadura semiaut. con alambre macizo (GMAW)	Soldadura por arco con alambre tubular o Soldadura semiaut. con alambre tubular (FCAW)	Soldadura por arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa (GTAW)
Metal base					
1) Un cambio del número de grupo	X	X	X	X	X
2) El mínimo espesor calificado es T ó 16 mm, lo que resulte menor. Si T es menor que 6 mm el mínimo espesor calificado será 3 mm.	X	X	X	X	X
Metal de aporte					
4) Cambio a una clasificación de electrodo o clasificación fundente-electrodo cubierta o no cubierta por:	IRAM-IAS U500-601 o U500-127(ANSI/AWS A5.1 ó A5.5)	ANSI/AWS A5.17 ó A5.23	IRAM-IAS U500-166 (ANSI/AWS A5.18 ó A5.28)	ANSI/AWS A5.20 ó A5.29	IRAM-IAS U500-166 (ANSI/AWS A5.18 ó A5.28)
Posición					
5) Cambio a la posición 3G vertical ascendente.	X		X	X	X
Temperatura de precalentamiento y entre pasadas					
6) Un incremento mayor que 56 °C en la máxima temperatura entre pasadas calificada.	X	X	X	X	X
Tratamiento térmico posterior a la soldadura					
7) Un cambio en la temperatura y/o tiempo de permanencia del tratamiento que ha sido calificado.	X	X	X	X	X
Características eléctricas					
8) Un incremento en el calor aportado o en el volumen de metal de soldadura por unidad de longitud de la unión soldada respecto de lo que ha sido calificado.	X	X	X	X	X
Otras variables					
9) Cambio de alambre único a múltiples alambres y viceversa.		X	X	X	X
10) En la Posición 3G, cambio de pasada recta a pasada con oscilación.	X	X	X	X	X
11) Un cambio de múltiples pasadas por lado a una única pasada por lado.	X	X	X	X	X
12) Un cambio que exceda \pm 20% la oscilación en procesos mecanizados, automatizados o robotizados.		X	X	X	X

Tabla 4.7. Cambios en variables esenciales del RCP que requieren recalificación de la EPS para soldadura por electroescoria o electrogas

Cambios en variables esenciales del RCP que requieren recalificación de la EPS para soldadura por electroescoria o electrogas		
Cambios en Variables Esenciales del RCP que requieren Recalificación	Recalificación por Ensayo de la EPS	Recalificación por RI o US ⁽¹⁾
Metal de aporte		
1) Un cambio significativo en el metal de aporte o la composición del metal de guía consumible	X	
Moldes (fijos o removibles)		
2) Cambio de metálico a no metálico o viceversa		X
3) Cambio de consumible a no consumible o viceversa		X
4) Reducción en cualquier dimensión de la sección transversal o área de un molde sólido no fusionable > 25%		X
5) Cambio en el diseño de sólido no consumible a enfriado por agua o viceversa	X	
Oscilación del metal de aporte		
6) Cambio en la velocidad de oscilación transversal > 4 mm/s		X
7) Cambio en el tiempo permanencia de la oscilación transversal > 2 segundos (excepto cuando sea necesario para compensar las variaciones de apertura de la junta)		X
8) Cambio en el largo de la oscilación transversal que afecta la proximidad del metal de aporte al molde en un valor mayor que 3 mm		X
Suplementos del metal de aporte		
9) Cambio en el área de la sección transversal de la guía tubular consumible > 30%	X	
10) Cambio en el sistema de fundente	X	
11) Cambio en la composición del fundente incluyendo recubrimiento de la guía consumible	X	
12) Cambio en la carga del fundente		X
Diámetro del electrodo / Metal de aporte		
13) Incremento o disminución en el diámetro del electrodo > 0,8 mm (1/32 in.)		X
14) Cambio en el número de electrodos usados	X	
Corriente de soldadura		
15) Incremento o disminución de la corriente [A] >20%	X	
16) Cambio en el tipo de corriente (CA o CC) o de la polaridad.		X
Tensión de arco		
17) Incremento o disminución de la tensión [V] >10%		X
Características del proceso		
18) Cambio a una combinación con otro proceso de soldadura	X	
19) Cambio de pasada única a pasada múltiple y viceversa	X	
20) Cambio de corriente constante a tensión constante y viceversa.		X
Velocidad de alimentación del alambre		
21) Incremento o disminución en la velocidad de alimentación del alambre > 40%	X	
Velocidad de Soldadura		
22) Incremento o disminución en la velocidad de soldadura (si no es una función automática del largo del arco o velocidad de deposición) > 20% (excepto cuando sea necesario para compensar la variación de la abertura de junta)		X
Protección del electrodo (soldadura por electrogas)		
23) Cambio en la composición del gas de protección en uno de sus componentes > 5% del flujo total	X	
24) Incremento o disminución en la velocidad total del flujo de protección > 25%		X
Posición de Soldadura		
25) Cambio en la posición vertical > 10°		X
Tipo de Bisel		
26) Incremento en el área transversal de la sección (para biseles no rectos)	X	
27) Disminución en el área transversal de la sección (para biseles no rectos)		X
28) Cambio en el espesor de la junta respecto del RCP, límites exteriores de 0,5 T - 1,1 T	X	
29) Incremento o disminución > 6 mm en la abertura de raíz de un bisel recto		X
Tratamiento térmico posterior a la soldadura		
30) Cambio en el tratamiento térmico posterior a la soldadura	X	
Nota General: Una "X" indica recalificación; una celda sombreada indica la no recalificación. (1) Ensayos a ser realizados de acuerdo con el Capítulo 6		

Tabla 4.8. Aceros de Tabla 3.1. y aceros no incluidos en la misma, calificados con RCP

Aceros de Tabla 3.1. y aceros no incluidos en la misma, calificados con RCP	
Metal base ⁽¹⁾ del RCP	Combinaciones de grupo de metal base para EPS permitido por RCP
Cualquier acero del Grupo I con cualquier acero del Grupo I	Cualquier acero del Grupo I con cualquier acero del Grupo I
Cualquier acero del Grupo II con cualquier acero del Grupo II	Cualquier acero del Grupo I con cualquier acero del Grupo I Cualquier acero del Grupo II con cualquier acero del Grupo I Cualquier acero del Grupo II con cualquier acero del Grupo II
Cualquier acero específico del Grupo III o con cualquier acero del Grupo I	Cualquier acero específico del Grupo III del RCP ensayado con cualquier acero del Grupo I
Cualquier acero específico del Grupo III con cualquier acero del Grupo II	Cualquier acero específico del Grupo III del RCP ensayado con cualquier acero del Grupo II
Cualquier acero del Grupo III con el mismo o con cualquier otro acero del Grupo III o Cualquier acero del Grupo IV con el mismo o con cualquier otro acero del Grupo IV	Los aceros deberán ser de la misma especificación, grado/tipo y mínima tensión de fluencia tal como los aceros listados en el RCP
Cualquier combinación de aceros de los Grupos III y IV	Sólo la combinación específica de aceros aplicados al RCP
Cualquier acero no incluido en la Tabla 3.1 con cualquier acero incluido en la misma	Sólo la combinación específica de aceros aplicados al RCP
Nota: Los Grupos I a IV se encuentran en la Tabla 3.1.	



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 de ensayo soldado.

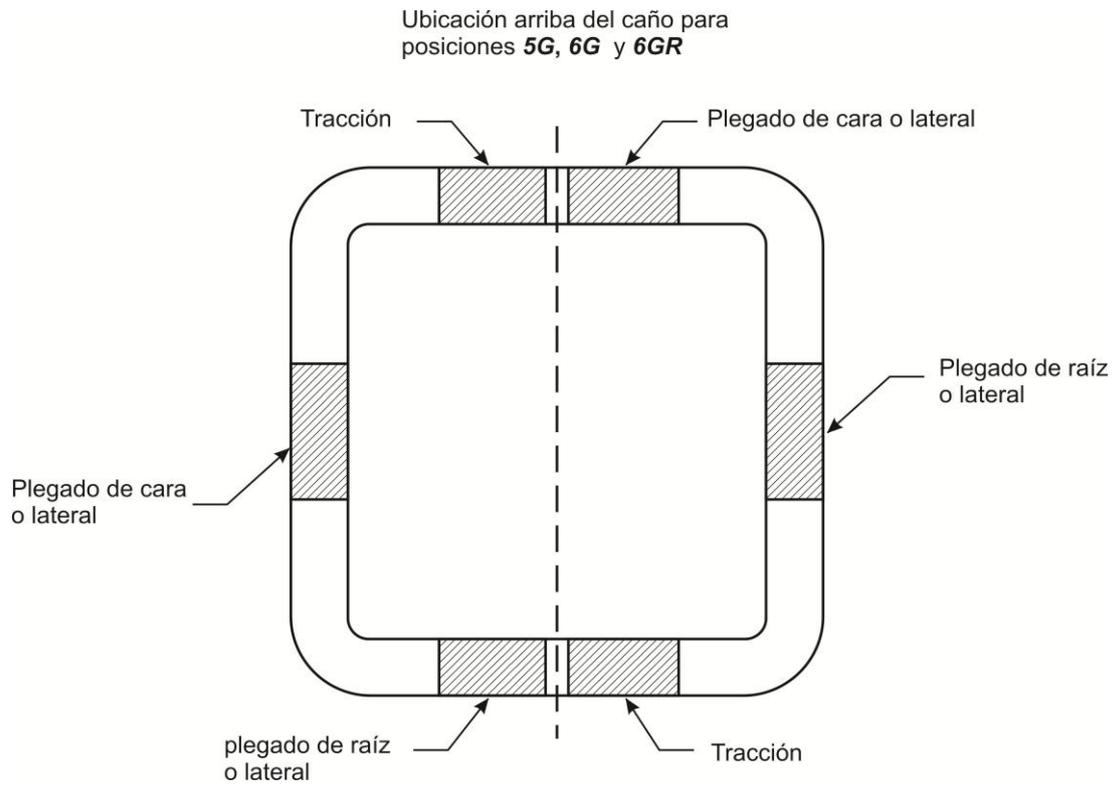
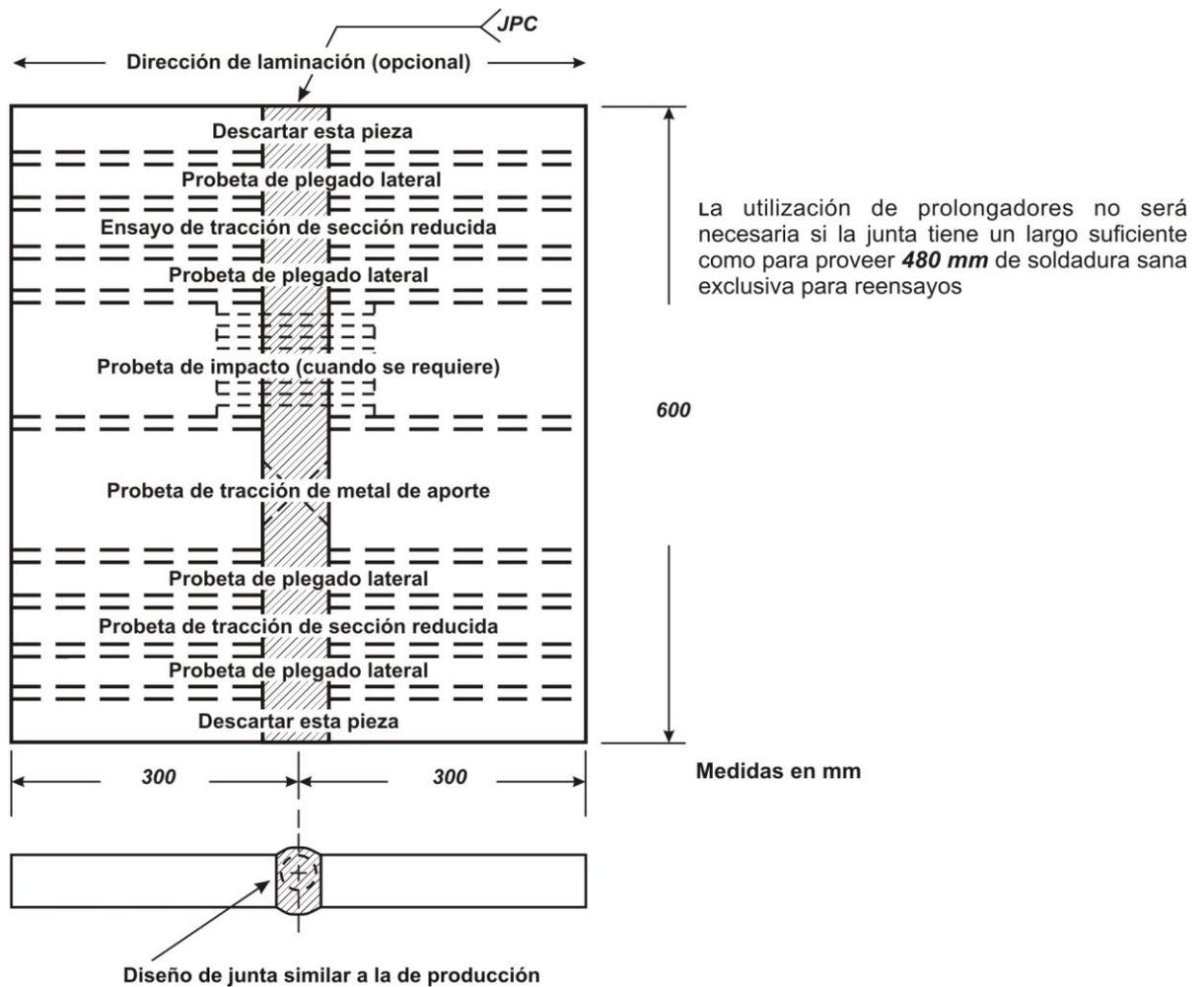


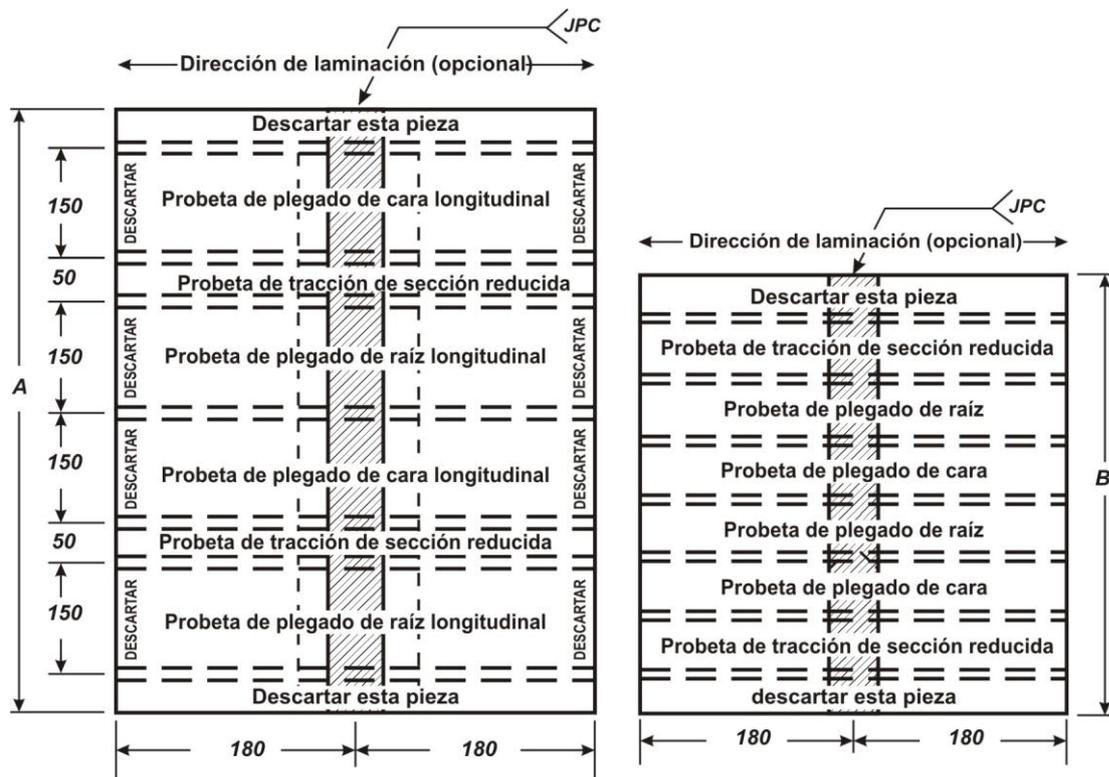
Figura 4.8. Ubicación de las probetas de ensayo para el tubo de sección rectangular.



Notas:

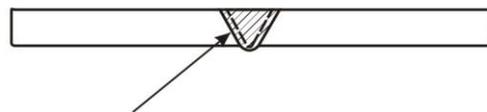
- (1) Todas las dimensiones son mínimas.
- (2) La configuración del bisel mostrada es sólo para ilustración. el perfil del bisel ensayado debe estar conforme con el perfil del bisel de producción que está siendo calificado.
- (3) Cuando se requieren probetas de impacto, ver Anexo III para los requerimientos.

Figura 4.9. Ubicación de las probetas de ensayo sobre chapas soldadas para ensayo- soldadura por electroescoria y electrogas – Calificación de EPS.



(1) Probetas de plegado longitudinal

(2) Probetas de plegado transversal



Diseño de junta similar a la de producción

Medidas en mm

A = 750 mm o 910 mm cuando se requieren ensayos de impacto Charpy-V

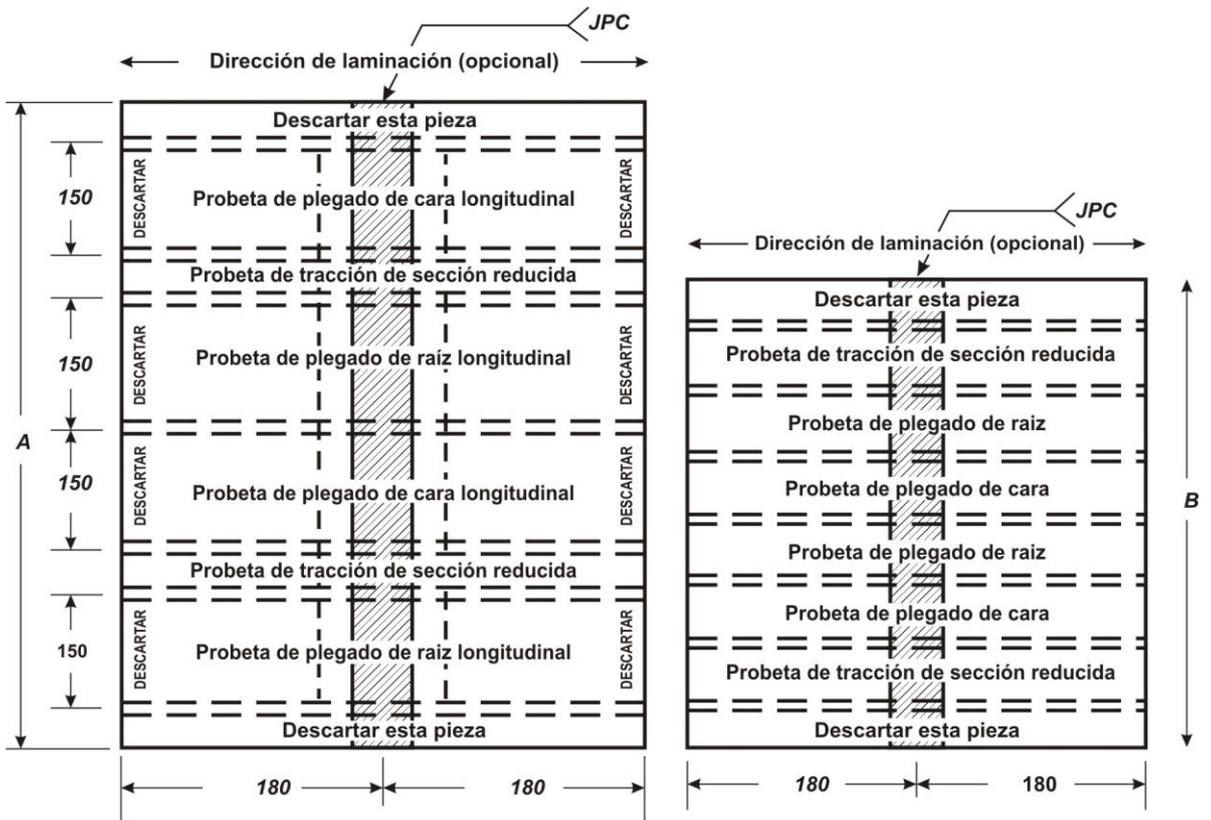
B = 380 mm o 530 mm cuando se requieren ensayos de impacto Charpy-V

Cuando se requieran ensayos de impacto las probetas deberán extraerse de las ubicaciones que se muestran en el Anexo III

Notas:

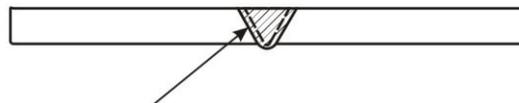
- (1) La configuración del bisel mostrada es sólo para ilustración. el perfil del bisel ensayado debe estar conforme con el perfil del bisel de producción que está siendo calificado.
- (2) Medidas en mm, **TODAS LAS DIMENSIONES SON MÍNIMAS.**

Figura 4.10. 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



Diseño de junta similar a la de producción

Medidas en mm

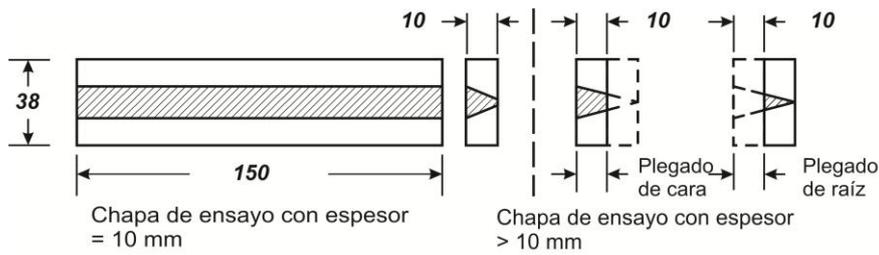
A = 750 mm o 910 mm cuando se requieren ensayos de impacto Charpy-V

B = 380 mm o 660 mm cuando se requieren ensayos de impacto Charpy-V

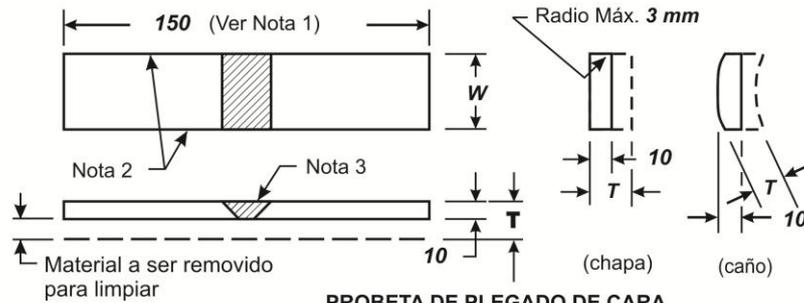
Cuando se requieran ensayos de impacto las probetas se deberán extraer de las ubicaciones que se muestran en el Anexo III

Notas: 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.

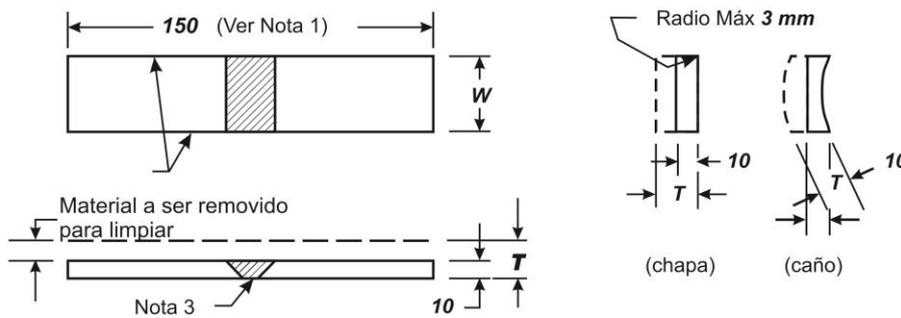
Figura 4.11. Ubicación de las probetas de ensayo sobre chapas soldadas para ensayo con espesores iguales o menores que 10 mm – Calificación de EPS.



(1) PROBETA DE PLEGADO LONGITUDINAL



PROBETA DE PLEGADO DE CARA



PROBETA DE PLEGADO DE CARA

(2) PROBETA DE PLEGADO TRANSVERSAL

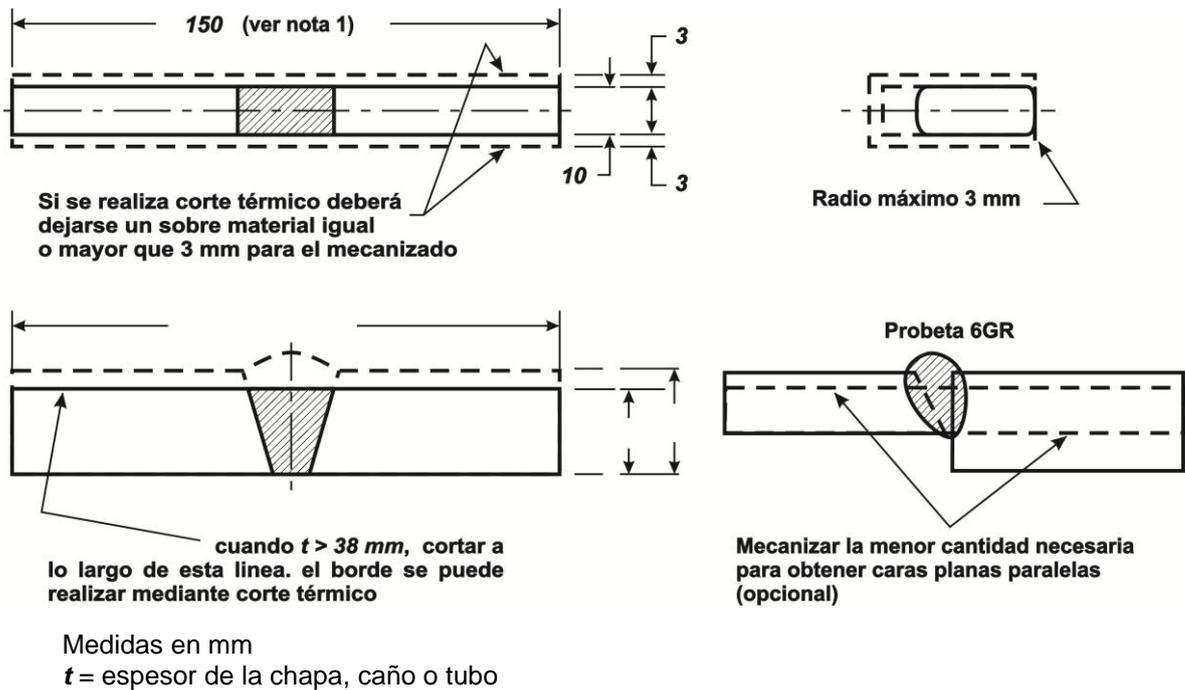
Dimensiones	
Soldadura para ensayo realizada en:	Ancho de la probeta de ensayo (W) mm
Chapa	40
tubo o caño de ensayo ≤ 100 mm en diámetro.	25
tubo o caño de ensayo > 100 mm en diámetro.	40

Medidas en mm

Notas:

- (1) Puede ser necesario una probeta de un largo mayor cuando se usa un plegado con fijación del tipo punzón o rodillo de envoltura o cuando se ensaye un acero con una resistencia a la fluencia igual o mayor que **620 MPa**.
- (2) Estos bordes pueden ser realizados con corte térmico y pueden ser o no mecanizados.
- (3) El refuerzo de la soldadura y el respaldo, si hay, deberá ser removido a ras con la superficie de la probeta (ver 5.24.4.1 y 5.24.4.2). Si se usa un respaldo ahuecado, esa superficie puede ser mecanizada a una profundidad que no exceda la correspondiente al hueco para remover el respaldo; en ese caso, el espesor de la probeta terminada deberá ser el espesor especificado arriba. Las superficies cortadas deben ser planas y paralelas.
- (4) T = espesor de la chapa, tubo o caño.
- (5) Cuando el espesor de la chapa de ensayo es menor que 10 mm, usar para el plegado de cara o raíz el espesor nominal.

Figura 4.12. Probetas de plegado de cara y raíz.



t , mm	T , mm
10 a 38	t
> 38	(ver Nota 2)

Notas:

- (1) Puede ser necesario una probeta de una largo mayor cuando se usa un plegado con fijación del tipo punzón o rodillo de envoltura o cuando se ensaye un acero con una resistencia a la fluencia igual o mayor que **620 MPa**.
- (2) Para chapas mayores que **38 mm** de espeso, cortar la probeta en tiras aproximadamente iguales con T entre **20 mm** y **38 mm**. Ensayar cada tira.

Figura 4.13. Probetas de plegado lateral.

4.4.6.3.2. Probetas de plegado longitudinal

Cuando exista una marcada diferencia en las propiedades de plegado mecánico en las combinaciones entre los dos metales base o entre el metal base y el metal de soldadura, se podrán usar 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 Capítulo 4 y deberán tener probetas de ensayo preparadas cortando la chapa de ensayo como se muestra en las Figuras 4.10. ó 4.11., cualquiera sea aplicable. Las probetas del ensayo de plegado longitudinal deberán prepararse para el ensayo como se muestra en la Figura 4.12.

4.4.6.3.3. 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.

4.4.6.3.4. Probetas de tracción de sección reducida (Figura 4.14.)

Antes del ensayo, se deberá medir el menor ancho y su espesor correspondiente de la sección reducida. La probeta deberá ser rota bajo carga de tracción 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 se deberá calcular dividiendo la carga máxima por el área de la sección transversal.

4.4.6.3.5. 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 al metal base.

4.4.6.3.6. Probetas de tracción del metal de aporte puro (Ver la Figura 4.18.)

La probeta de ensayo se deberá realizar de acuerdo con la norma IRAM-IAS U 500-102-1 y 102-2:1987 ó ASTM A370 para ensayos mecánicos de productos de acero.

4.4.6.4. Ensayos macrográficos por macroataque

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

4.4.6.5. Criterio de aceptación del ensayo de macrográfico

Para una calificación aceptable de la probeta, cuando se inspeccione visualmente, se deberán 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 indicado en el artículo 5.24.
 - (d) ninguna socavadura mayor o igual que **1 mm**.

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.

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

Los requerimientos para calificar la **EPS** de soldaduras con **JPC** en uniones no tubulares están dados en la Tabla 4.2. (1) y en las Figuras 4.9. a 4.11. para extracción de probetas de ensayo mecánico de la chapa o probeta de soldadura para calificación.

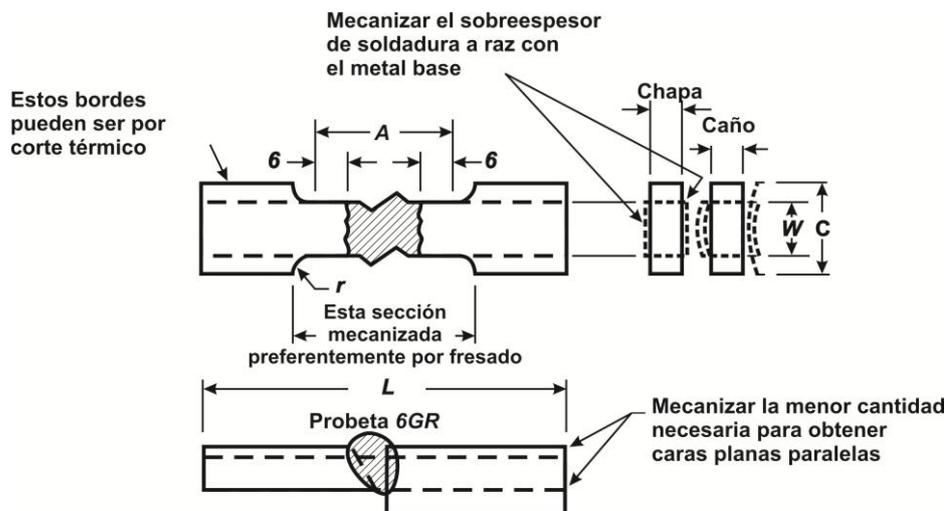
4.5.1. Juntas en esquina o juntas T

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

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. Se deberá hacer 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**. Para el ensayo de macroataque requerido más abajo, se podrá utilizar cualquier acero de los Grupos I, II y III de la Tabla 3.1. para calificar el tamaño de la soldadura en cualesquiera de los aceros o combinación de aceros de esos grupos. 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**.



Medidas en mm

	Espesor de la chapa de ensayo, T [mm]			Diámetro del tubo de ensayo [mm]	
	$T \leq 25$	$25 < T < 38$	$T \geq 38$	50 y 75	150 y 200 o el prefabricado de mayor diámetro
A – Largo de la sección reducida	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 1)	Según lo requiera el equipo de ensayo			Según lo requiera el equipo de ensayo	
W – Ancho mínimo de la sección reducida (Notas 2, 3)	20 mm	20 mm	20 mm	12 mm	20 mm
C – Ancho mínimo de la sección de sujeción (Notas 3, 4)	$W + 12 \text{ mm}$	$W + 12 \text{ mm}$	$W + 12 \text{ mm}$	$W + 12 \text{ mm}$	$W + 12 \text{ mm}$
t – Espesor de la probeta (Notas 5)	T	T	Tp/n (Nota 6)	El máximo posible con caras planas y paralelas dentro del largo A	
r – Radio mínimo	12 mm	12 mm	12 mm	25 mm	25 mm

Notas:

- (1) 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.
- (2) 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.
- (3) 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.
- (4) 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**. 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.
- (5) Para chapas mayores que **38 mm** de espesor, las probetas podrán ser cortadas en tiras o planchuelas aproximadamente iguales. Cada tira deberá tener un espesor mínimo de **20 mm**. Los resultados de los ensayos de cada tira deberán alcanzar los requerimientos mínimos.

Figura 4.14. Probetas de tracción de sección reducida.

4.6.2. Verificación del tamaño de la soldadura (E) por macrografía

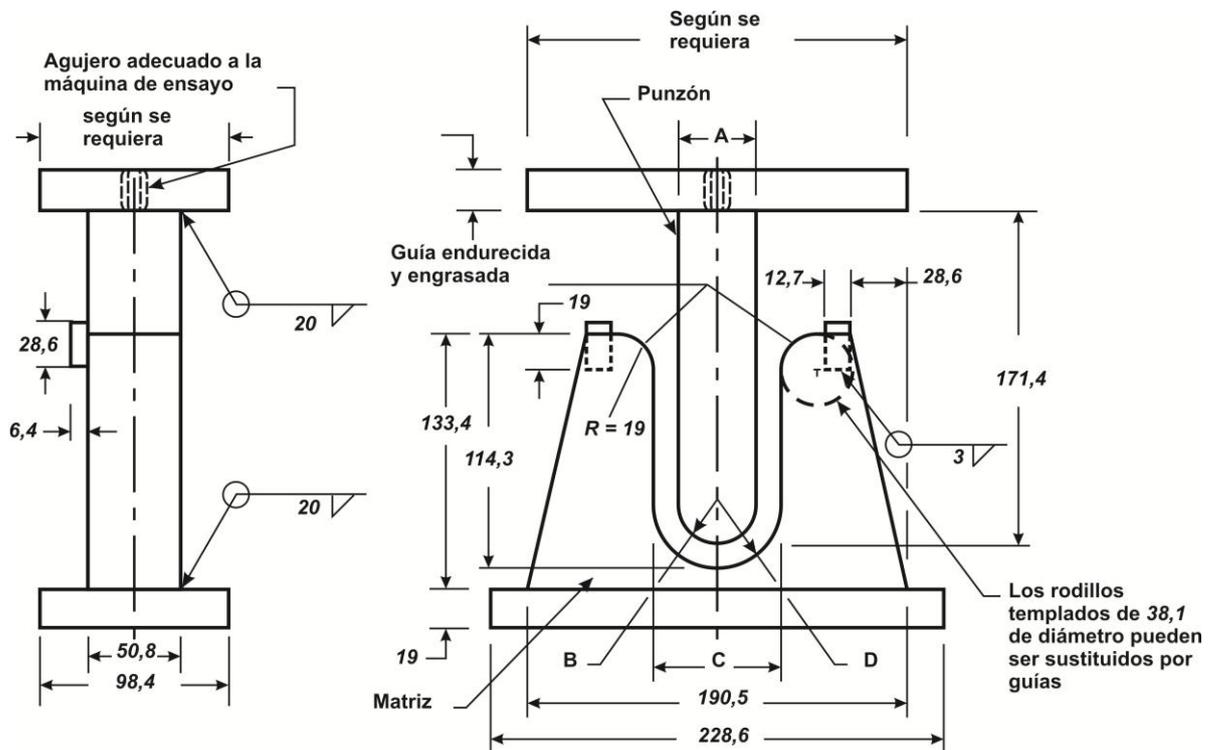
Se deberán preparar tres probetas de la sección transversal de la unión soldada para realizar macrografía por medio de macroataque con el objeto de comprobar que el tamaño de la soldadura (E) especificado en la **EPS** se ha cumplimentado.

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 cortes de la sección transversal para macrografía por medio de macroataque con el objeto de comprobar que el tamaño de la soldadura (E) especificado en la **EPS** se ha cumplimentado.

(*) Nota:

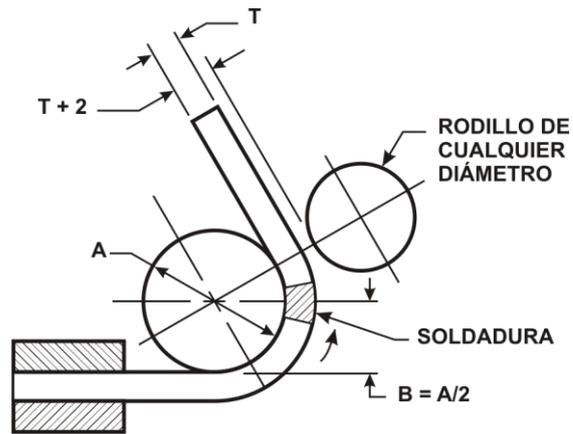
Se debe realizar una probeta soldada de acuerdo con el **RCP** correspondientes pero utilizando la **JPP** de producción.



Resistencia a la fluencia especificada o real del metal base [MPa]	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]
≤ 345	38,1	19	60,3	30,2
> 345 a < 620	50,8	25,4	73	36,6
≥ 620	63,5	31,8	85,7	42,9

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

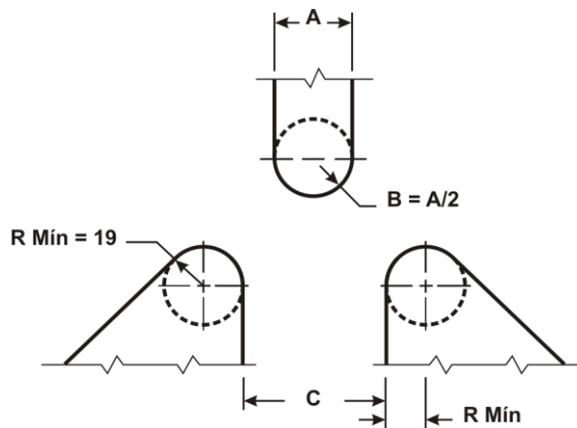
Figura 4.15. Ensayo de plegado guiado con matriz.



Medidas en mm

Resistencia a la fluencia especificada o real del metal base [MPa]	A [mm]	B [mm]
≤ 345	38,1	19,0
> 345 a < 620	50,8	25
≥ 620	63,5	31,8

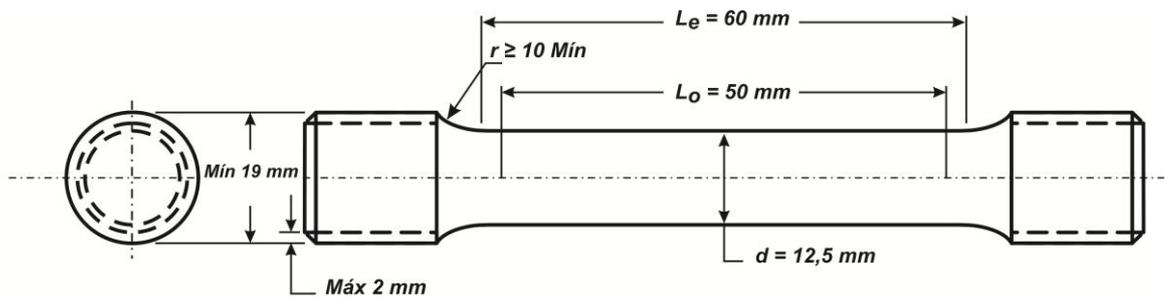
Figura 4.16. Ensayo alternativo de plegado guiado con rodillo de doblado.



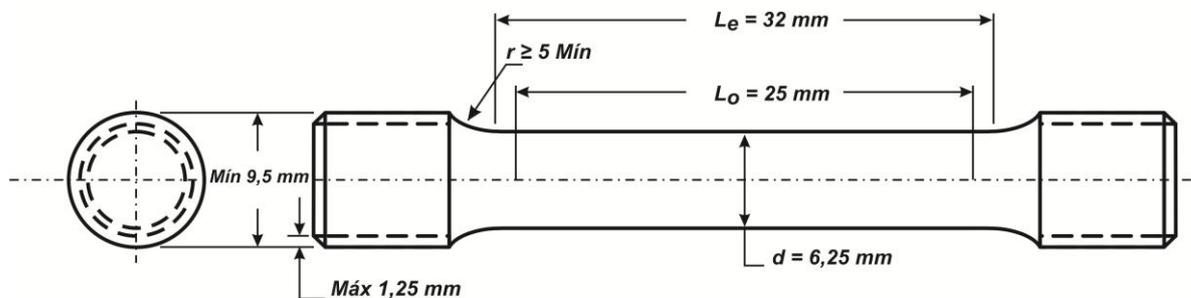
Medidas en mm

Resistencia a la fluencia especificada o real del metal base [MPa]	A mm	B mm	C mm
≤ 345	38,1	19,0	60,3
> 345 a < 620	50,8	25,4	73,0
≥ 620	63,5	31,8	85,7

Figura 4.17. Ensayo alternativo de plegado guiado con rodillos en tres puntos y descarga de la probeta por la parte inferior.



(A) Medidas de la probeta para ensayo de tracción



(B) Medidas de la probeta reducida para ensayo de tracción

Nota para (A) y (B): El diámetro de la zona calibrada (L_o) puede ser ligeramente menor en el centro que en los extremos, esta diferencia no debe ser mayor que el 1% del diámetro.

Figura 4.18. Probeta de tracción de metal de aporte según norma IRAM-IAS U 500-102-1.

4.6.4. Verificaciones de otros casos de EPS por macrografía

Si una **EPS** no es cubierta tanto por el artículo 4.6.2. como por el artículo 4.6.3.; si no se cumplen las condiciones de soldadura precalificada indicadas en el Capítulo 3 de este Reglamento o no ha sido utilizada y ensayada como unión soldada a tope con **JPC**, se deberá preparar 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**. Se deberán preparar probetas de tracción y plegado para ser ensayadas de acuerdo con los requerimientos para soldaduras con **JPC** según el artículo 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 la Tabla 2.1. del Capítulo 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 TUBULARES Y NO 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 para cada posición a ser usada en la construcción se deberá hacer una soldadura de filete de unión en **T**, como se muestra en la Figura 4.19. para chapa, o en la Figura 4.20. para tubo o caño (Detalle A o Detalle B).

Una soldadura de filete para ensayo será efectuada con el máximo tamaño a obtener en una pasada así como se realizará otra soldadura para ensayo que deberá tener el mínimo tamaño de filete de soldadura, en pasadas múltiples, a aplicar en la construcción. Esos dos ensayos de soldaduras de filete pueden estar combinados en un único conjunto o probeta soldada.

La probeta de filete soldado deberá ser cortada en forma perpendicular a la dirección de la soldadura en las ubicaciones que se muestran en la Figura 4.19. o Figura 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 el artículo 4.4.6.4.

4.7.3. Ensayos de verificación de consumibles

Si tanto el consumible de soldadura como la **EPS** propuestos para la soldadura en chapa, tubo o caño correspondientes al ensayo de filete, de acuerdo con el artículo 4.7.2., no se encuentran precalificados o calificados de acuerdo con el Capítulo 4, esto es:

- (1) Si los consumibles de soldadura usados no cumplen con lo indicado para precalificación según el Capítulo 3.
- (2) Si la **EPS** que usa los consumibles propuestos no ha sido establecida por el Contratista de acuerdo con el artículo 4.5. ó 4.6., entonces deberá soldarse una chapa para ensayo con soldadura de **JPC**, para calificar la combinación propuesta.

La chapa de ensayo deberá ser soldada como sigue:

- (1) La chapa para ensayo tendrá la configuración de bisel mostrada en la Figura 4.21. (Figura 4.22. para **SAW**), con respaldo de acero.
- (2) Deberá ser soldada en la posición 1G (plana, bajo mano).
- (3) La chapa deberá tener el largo adecuado para obtener las probetas de ensayo requeridas y orientadas como se muestra en la Figura 4.23.
- (4) Las condiciones de ensayo de la soldadura en términos de corriente, tensión, velocidad de avance o velocidad de soldadura y flujo de gas usados, deberán aproximarse tanto como sea posible a aquellos que serán aplicados para hacer las soldaduras de filete en producción.
Esas condiciones establecerán la **EPS** de manera tal que cuando se realicen las soldaduras de filete en producción, los cambios en las variables esenciales se evaluarán en conformidad con la Tabla 4.7.

La chapa de ensayo deberá ser procesada como sigue:

- (1) De la chapa de ensayo deben ser tomadas dos probetas de plegado lateral (Figura 4.13.) y una probeta para ensayo de tracción de metal de aporte (Figura 4.18.), como se muestra en la Figura 4.23.
- (2) Las probetas de ensayo de plegado deben ser ensayadas en conformidad con el artículo 4.4.6.3.1. Los resultados de los ensayos deberán cumplir los requerimientos del artículo 4.4.6.3.3.
- (3) La probeta de ensayo de tracción debe ser ensayada en conformidad con el artículo 4.4.6.3.6. El resultado del ensayo determinará el nivel de resistencia del consumible de soldadura, que deberá cumplir con los requerimientos de la Tabla 2.3. o el nivel de resistencia del metal base que se está soldando.

4.8. SOLDADURAS CON JUNTAS DE PENETARCIÓN COMPLETA (JPC) PARA UNIONES TUBULARES

Las soldaduras con bisel de **JPC** deberán ser clasificadas como sigue:

- (1) Las uniones a tope de **JPC** con respaldo o repelado de raíz (ver el artículo 4.8.1.)
- (2) Las uniones a tope de **JPC** sin respaldo soldadas de un solo lado (ver el artículo 4.8.2.)
- (3) Uniones **T, Y, K** con respaldo o repelado de raíz (ver el artículo 4.8.3.)
- (4) Uniones **T, Y, K** sin respaldo o repelado de raíz (ver el artículo 4.8.4.)

4.8.1. Uniones a tope con juntas de penetración completa (JPC) con respaldo o repelado de raíz

Una **EPS** con respaldo o repelado de raíz deberá ser calificada usando los detalles que se muestran en la Figura 4.24. (con repelado de raíz) o Figura 4.25. (con respaldo).

4.8.2. Uniones a tope con junta de penetración completa (JPC) sin respaldo soldadas de un solo lado

Una **EPS** sin respaldo soldada de un solo lado deberá ser calificada usando el detalle mostrado en la Figura 4.24.

4.8.3. Uniones T, Y o K, con respaldo o repelado de raíz

Una **EPS** para uniones tubulares **T**, **Y**, o **K** con respaldo o repelado de raíz deberá ser calificada usando:

- (1) el diámetro externo (**DE**) nominal, apropiado, del tubo o caño seleccionado de la Tabla 4.2.(2).
- (2) el detalle de junta de la Figura 4.25.
- (3) para **DE** nominal del tubo o caño igual o mayor que **600 mm**, una chapa de calificación en conformidad con el artículo 4.6., usando el detalle de junta mostrado en la Figura 4.25.

4.8.4. Uniones T, Y o K, sin respaldo soldadas de un solo lado

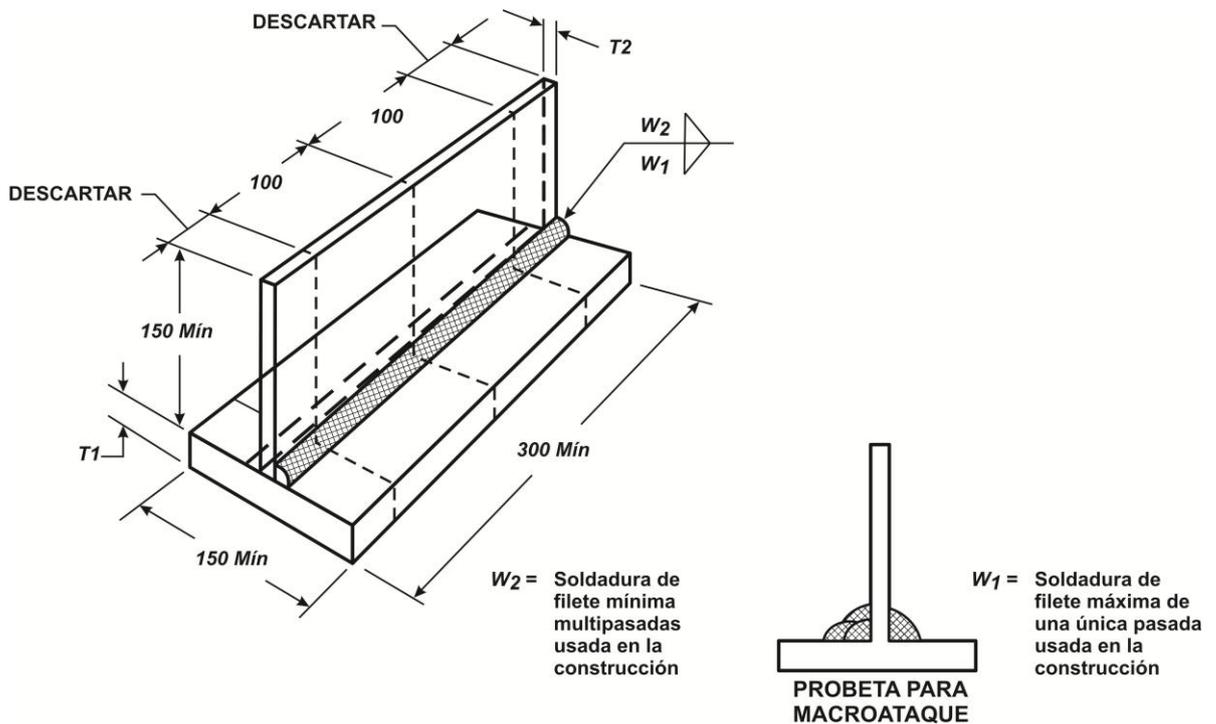
Una **EPS** para este tipo de uniones deberá ser calificada de acuerdo con los siguientes requerimientos:

4.8.4.1. Calificación de una **EPS** para uniones tubulares con **JPC**

La calificación deberá requerir lo siguiente:

- (1) La conformidad con la Figura 4.27. para tubos o caños de sección circular o con la Figura 4.27. y Figura 4.28. para tubos o caños de sección rectangular.
- (2) Una junta de unión modelo a escala real (mock-up) La junta modelo debe proveer al menos una sección de macroataque para cada una de las condiciones siguientes:
 - (a) Los biseles que combinan la mayor profundidad con el menor ángulo de bisel o combinación de biseles a ser usados. Realizar la probeta de soldadura en posición vertical.
 - (b) La menor abertura de raíz a ser usada con un ángulo del bisel de **37,5°**. Realizar una probeta de soldadura en posición plana y otra en posición sobrecabeza.
 - (c) La mayor abertura de raíz a ser usada con un ángulo del bisel de **37,5°**. Realizar una probeta en posición plana y otra en posición sobrecabeza.
 - (d) Para uniones del tipo cajón solamente, el menor ángulo del bisel, dimensión de la esquina y radio de la esquina a ser usada en combinación. Realizar una probeta de soldadura en posición horizontal.
- (3) Las probetas para ensayo de macroataque requeridas en (1) y en (2) deben ser inspeccionadas para detectar discontinuidades debiéndose verificar las siguientes condiciones:

- (a) Ausencia de fisuras
- (b) Fusión completa de las pasadas adyacentes de metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base.
- (c) Detalles de soldadura que se encuentre dentro de lo permitido por la Figura 5.24.
- (d) Ninguna socavación que exceda los valores permitidos en el Capítulo 6.
- (e) Ninguna porosidad igual o mayor que **1 mm**, la suma de las porosidades detectadas deberá ser menor o igual que **6 mm**.
- (f) Ninguna escoria acumulada, la suma de las mayores dimensiones deberá ser menor o igual que **6 mm**.

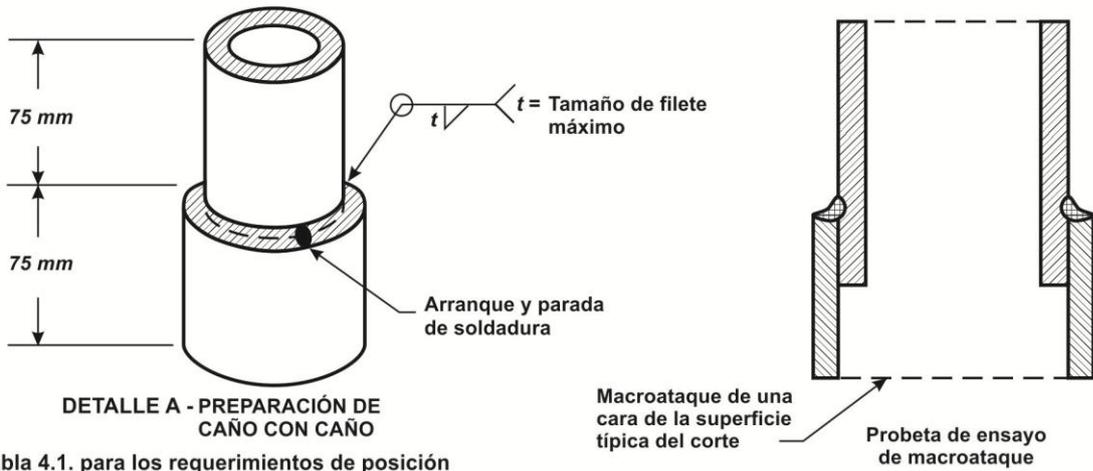


Medidas en mm

Tamaño o cateto del filete [mm]	T1 mín (*) [mm]	T2 mín (*) [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

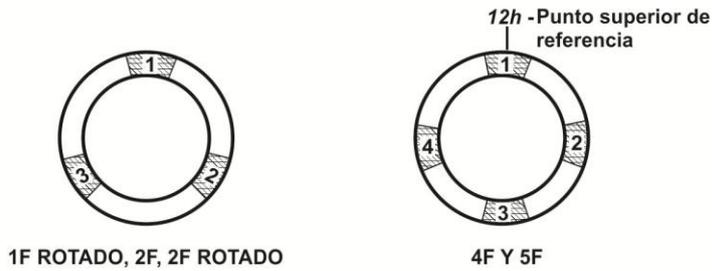
(*) Nota: Cuando el espesor mínimo de la chapa usada en la producción sea menor que el valor mostrado en la Tabla, para T1 y T2, se podrán aplicar los espesores máximos de las piezas de producción.

Figura 4.19. Ensayos para verificar la soldadura de filete aplicables en la calificación de la EPS.

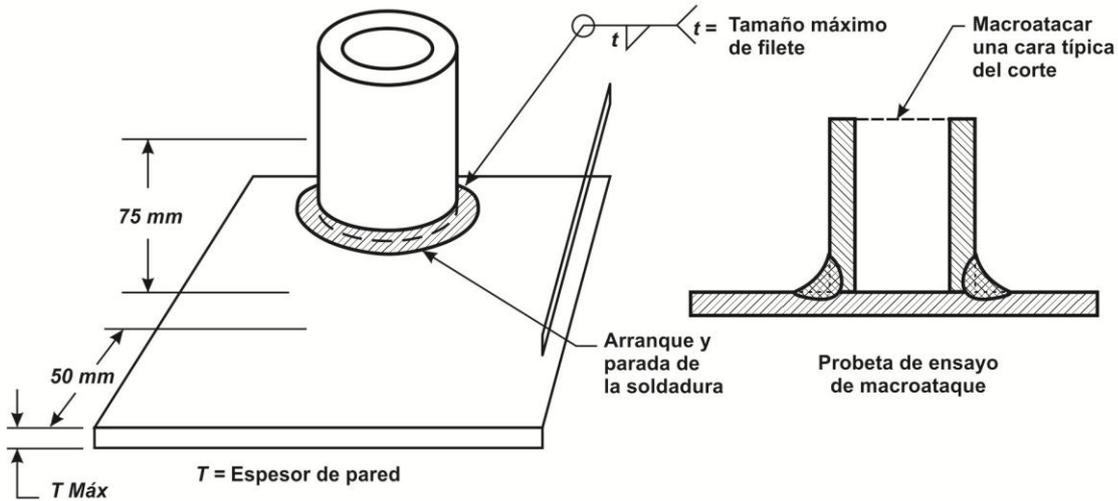


Ver Tabla 4.1. para los requerimientos de posición

NOTA:
El caño debe tener espesor suficiente para evitar la fusión a través del espesor



UBICACIÓN DE LAS PROBETAS DE ENSAYO EN CAÑOS SOLDADOS-CALIFICACIÓN DE EPS (WPS)

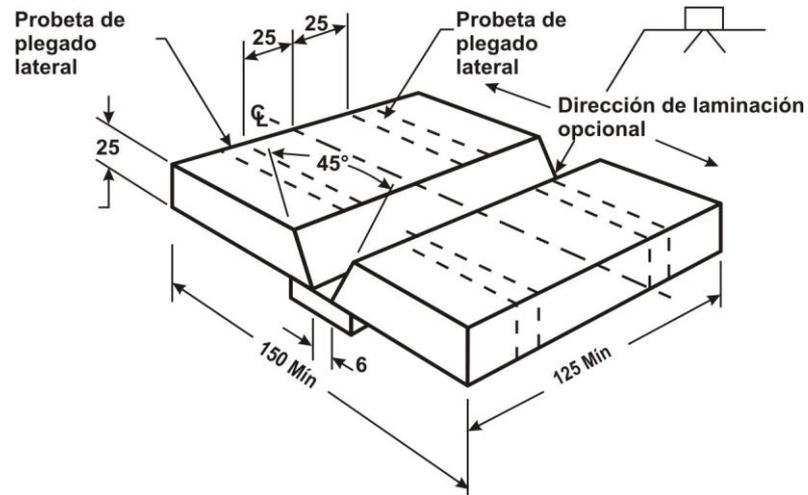


Ver Tabla 4.1. para los requerimientos de posición

NOTA:
El caño debe tener espesor suficiente para evitar la fusión a través del espesor
todas las dimensiones son mínimos

Medidas en mm

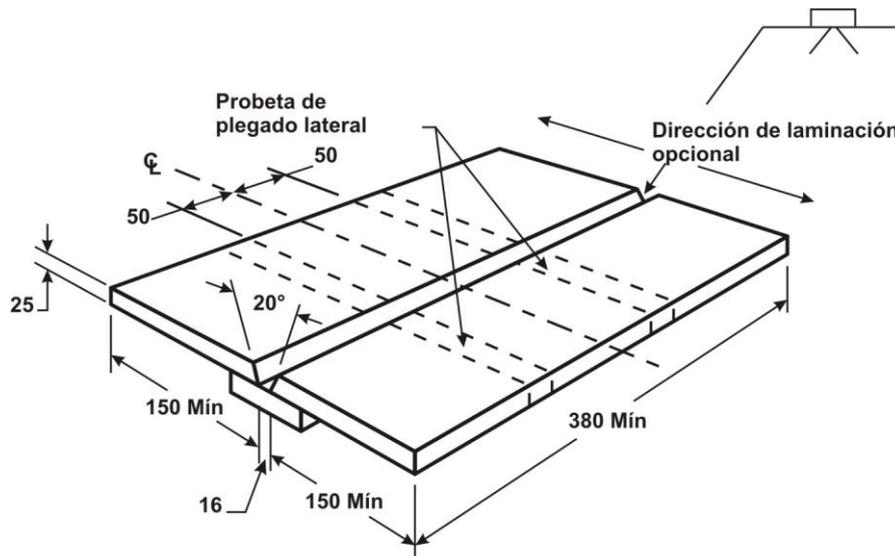
Figura 4.20. Ensayos para verificar la soldadura de filete de tubos aplicables en la calificación de la EPS.



Notas:

- (1) Cuando se usa radiografía, no deberá haber soldadura de punteado en el área de ensayo.
- (2) El espesor del respaldo deberá ser igual o mayor que **6 mm** pero igual o menor que **10 mm**; el ancho del respaldo deberá ser igual o mayor que **75 mm** cuando no se elimina para hacer radiografía, en caso contrario será igual o mayor que **25 mm**.

Figura 4.21. Chapa de ensayo para espesor ilimitado – Calificación de soldador.



Las dimensiones están expresadas en mm

Notas:

- (1) Cuando se usa radiografía, no deberá haber soldadura de punteado en el área de ensayo.
- (2) Puede usarse la configuración de junta de una **EPS** calificada en lugar de la configuración del bisel que se muestra aquí.
- (3) El espesor del respaldo deberá ser igual o mayor que **10 mm** pero igual o menor que **12 mm**; el ancho del respaldo deberá ser igual o mayor que **75 mm** cuando no se elimina para hacer radiografía, en caso contrario será igual o mayor que **40 mm**.

Figura 4.22. Chapa de ensayo para espesor ilimitado – Calificación de operador de soldadura.

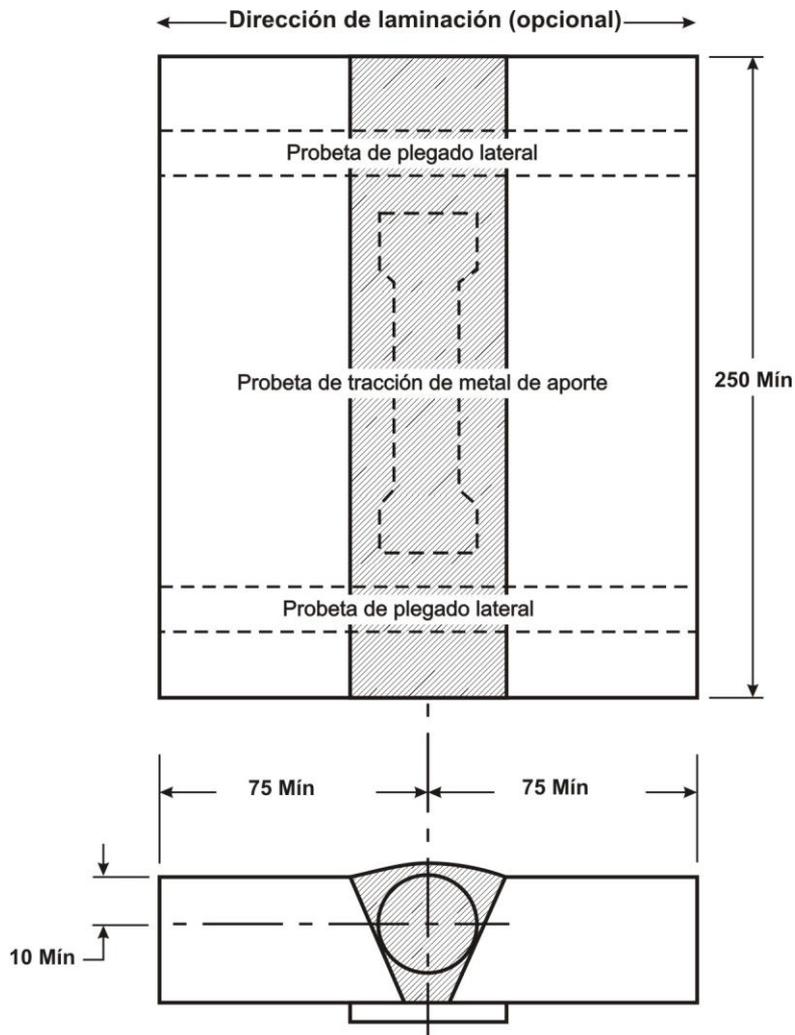
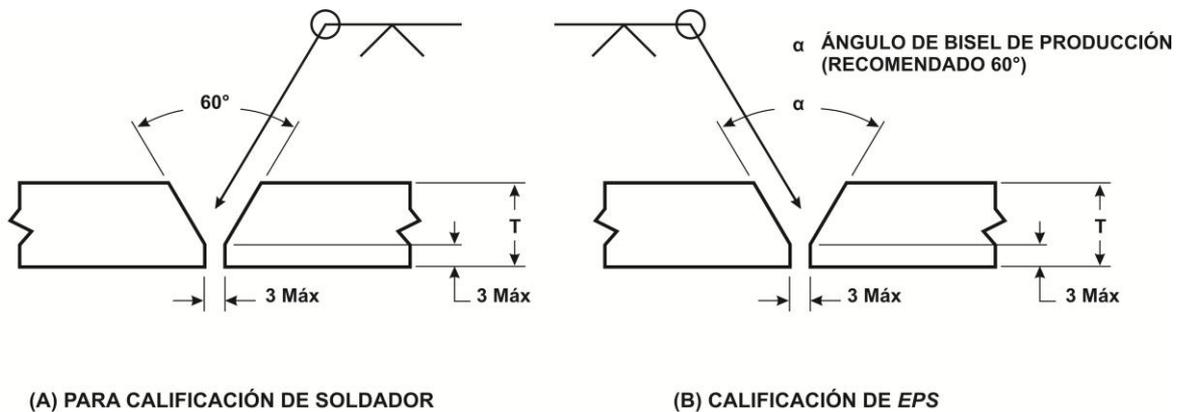


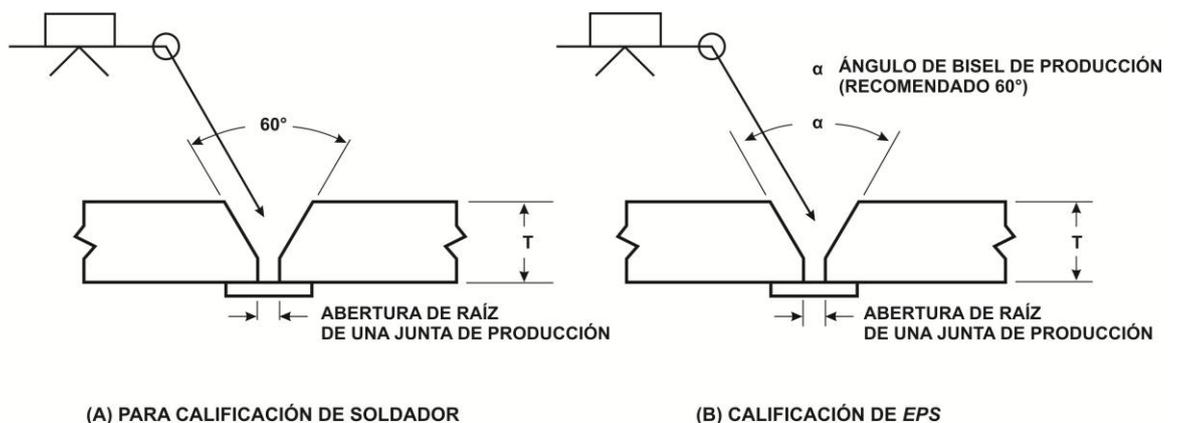
Figura 4.23. Ubicación de la probeta de tracción de metal de aporte en una chapa de ensayo soldada de 25 mm de espesor – Verificación de consumibles para calificación de la EPS en soldadura de filete. Medidas en mm.



NOTA:

T = ESPESOR DE PARED PARA CALIFICACIÓN DE TUBO SECCIÓN CIRCULAR O TUBO SECCIÓN RECTANGULAR

Figura 4.24. Junta a tope tubular, medidas en mm. Calificación de soldador o EPS – Sin respaldo.



NOTA:

T = ESPESOR DE PARED PARA CALIFICACIÓN DE TUBO SECCIÓN CIRCULAR O TUBO SECCIÓN RECTANGULAR

Figura 4.25. Junta a tope tubular – Calificación de soldador o EPS – Con respaldo.

4.8.4.2. EPS para soldaduras con JPC en uniones T, Y, o K con ángulos diedro menores que 30°

Se deberá utilizar la junta descrita en el artículo 4.8.4.1. (2) (a). Se deberán cortar tres secciones para macroataque de las probetas de ensayo que estarán de acuerdo con los requerimientos del artículo 4.8.4.1.(3), debiéndose verificar el perfil de soldadura teórica requerido (con las tolerancias admitidas tal como se indican en los Detalles C y D de las Figuras 3.8. a 3.10.). En la Figura 4.26. se describen los detalles de las juntas de ensayo.

4.8.4.3. EPS para soldaduras con JPC en uniones T, Y, o K usando proceso GMAW con transferencia en cortocircuito

En uniones T, Y, o K, donde se use soldadura por arco con alambre macizo y protección gaseosa (transferencia en cortocircuito), se deberá requerir la calificación en conformidad con el Capítulo 4 antes de soldar las configuraciones de juntas detalladas en el Capítulo 3. Se utilizará una junta para la probeta de ensayo con bisel en $1/2 V$ y un ángulo de $37,5^\circ$, desalineación de la raíz y anillo de restricción tal como se muestra en la Figura 4.27.

4.8.4.4. Soldaduras con requerimientos de ensayo de impacto

Las EPS para juntas a tope (costuras longitudinales o circunferenciales) que requieren ensayos de impacto CVN, Charpy-V, de acuerdo con lo establecido en el Capítulo 2, deberán verificar una energía absorbida para el metal de soldadura de $27 J$ a la menor temperatura de servicio prevista en el diseño ó $-18^\circ C$, de ambas la que sea menor.

4.9. UNIONES TUBULARES T, Y, K a TOPE CON JPP

Cuando se especifiquen soldaduras con bisel JPP, en uniones T, Y, K y soldaduras a tope, la calificación deberá estar en conformidad con la Tabla 4.3.

4.10. SOLDADURAS DE BOTONES (TAPONES) y RANURAS (OJALES) PARA UNIONES TUBULARES Y NO TUBULARES

Cuando se especifiquen este tipo de soldaduras la calificación de la EPS debe estar en conformidad con el artículo 4.23.

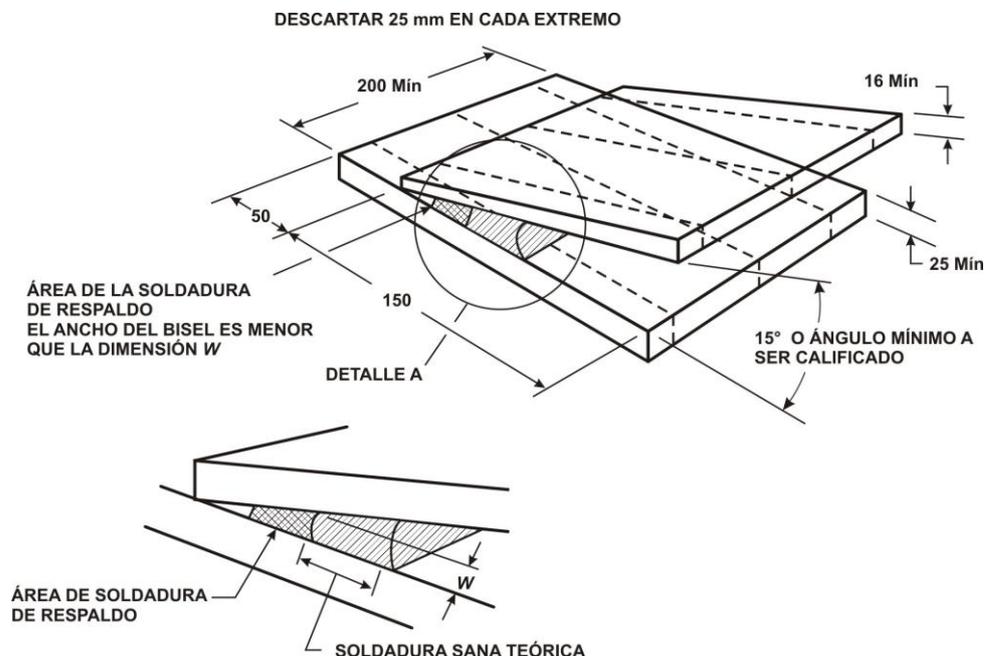


Figura 4.26. Ensayo de talón de ángulo agudo (no se muestran las restricciones).

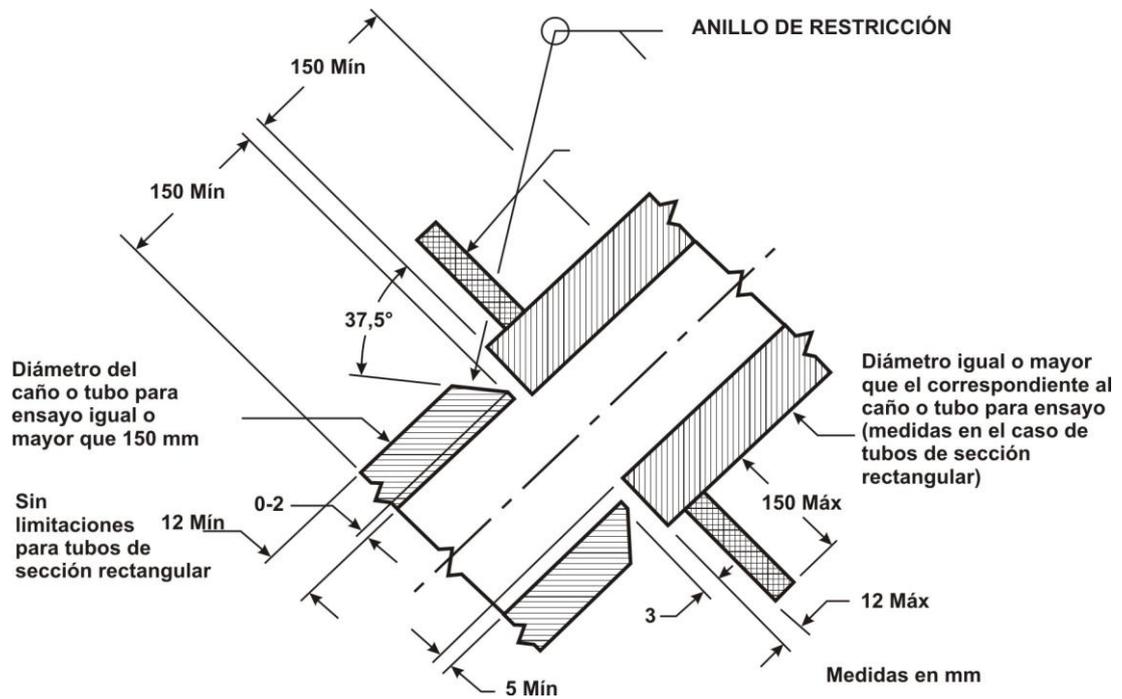


Figura 4.27. Junta de ensayo para uniones T, Y, y K sin respaldo en caño o tubo rectangular – Calificación de soldador y EPS.

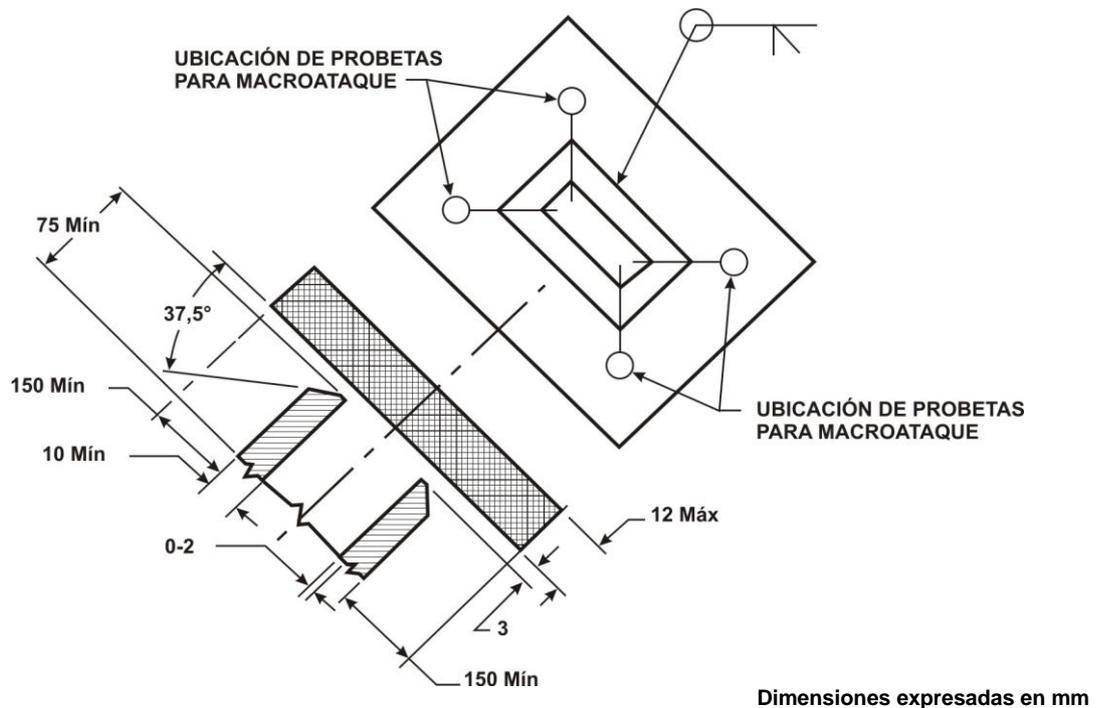


Figura 4.28. Junta de ensayo con macroataque para uniones T, Y, y K sin respaldo en tubos de sección circular para calificación de soldador y EPS con penetración total en la junta.

4.11. PROCESOS DE SOLDADURA QUE REQUIEREN OBLIGATORIAMENTE CALIFICACIÓN

4.11.1. ESW, EGW, GTAW, GMAW-S (transferencia en corto circuito)

Se podrán usar procesos de soldadura por electroescoria (**ESW**), soldadura por electrogas (**EGW**), soldadura por arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa (**GTAW**) y soldadura por arco con alambre y protección gaseosa (con transferencia en cortocircuito, **GMAW-S**), con tal que las **EPS** correspondientes estén calificadas en conformidad con los requerimientos del Capítulo 4.

4.11.2. Otros procesos de soldadura

Se pueden utilizar otros procesos de soldadura no cubiertos por los Capítulos 3 y 4, con tal que la **EPS** se encuentre calificada por los ensayos establecidos en el Capítulo 4 y aprobados por el Ingeniero responsable. La **EPS** y las limitaciones de las variables esenciales aplicables al proceso de soldadura específico deberán ser establecidas por el contratista y acordados en los documentos de contrato. El rango de las variables esenciales deberá estar basado en evidencia documentada de la experiencia con el proceso o se deberá realizar un programa de ensayos para establecer los límites de las variables esenciales. Cualquier cambio en las variables esenciales fuera del rango así establecido deberá requerir la recalificación.

4.12. 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.

4.12.1. Posiciones de soldadura de producción calificadas

4.12.1.1. Soldadores

Las posiciones de soldadura de producción para las que será calificado el soldador deberán estar en conformidad con la Tabla 4.9.

4.12.1.2. Operadores

La calificación de un operador en chapa para la posición 1G (plana o bajo mano) o 2G (horizontal) deberá calificar al operador para soldar tubo o caño de diámetro mayor que **600 mm** para la posición calificada. La calificación en la posición 1G también califica para soldadura de filete en las posiciones 1F y 2F y la calificación en la posición 2G también califica para soldadura con bisel en posición 1G y soldadura con filete en las posiciones 1F y 2F.

4.12.1.3. Soldadores punteadores

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

4.12.2. Espesores y diámetros de producción calificados

4.12.2.1. 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 4.10.

4.12.2.2. Soldadores punteadores

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

4.12.2.3. 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 del artículo 4.4.6.

4.13. ENSAYOS DE CALIFICACIÓN REQUERIDOS PARA SOLDADORES Y OPERADORES

4.13.1. 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 la ejecución de los ***END*** y de los ensayos mecánicos requeridos se encuentran en los siguientes artículos:

- (1) Inspección visual (ver el artículo 4.4.6.1.), aplicando los mismos requerimientos que para la ***EPS***
- (2) El plegado de cara, raíz, y lateral (ver el artículo 4.4.6.3.1.), aplicando los mismos requerimientos que para la ***EPS***
- (3) Macroataque
- (4) Rotura de soldadura de filete

Tabla 4.9. Calificación de soldador – Posiciones de soldaduras para la producción calificadas por ensayos en chapa, caño o tubo de sección circular y tubo de sección rectangular

Calificación de soldador – Posiciones de soldaduras para la producción calificadas por ensayos en chapa, caño o tubo de sección circular y tubo de sección rectangular															
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 ⁽²⁾	Bisel <i>JPC</i>	Bisel <i>JPP</i>	Filete	Bisel a tope		Bisel <i>T, Y, K</i>		Filete	Bisel a tope		Bisel <i>T, Y, K</i>		Filete	
					<i>JPC</i>	<i>JPP</i>	<i>JPC</i>	<i>JPP</i>		<i>JPC</i>	<i>JPP</i>	<i>JPC</i>	<i>JPP</i>		
C H A P A	Bisel ⁽³⁾	1G	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>F, H</i>	<i>F</i>	<i>F</i>		<i>F</i>	<i>F, H</i>	<i>F</i>	<i>F</i>		<i>F</i>	<i>F, H</i>
		2G	<i>F, H</i>	<i>F, H</i>	<i>F, H</i>	<i>F, H</i>	<i>F, H</i>		<i>F, H</i>	<i>F, H</i>	<i>F, H</i>	<i>F, H</i>		<i>F, H</i>	<i>F, H</i>
		3G	<i>F, H, V</i>	<i>F, H, V</i>	<i>F, H, V</i>	<i>F, H, V</i>	<i>F, H, V</i>		<i>F, H, V</i>	<i>F, H, V</i>	<i>F, H, V</i>	<i>F, H, V</i>		<i>F, H, V</i>	<i>F, H, V</i>
		4G	<i>F, OH</i>	<i>F, OH</i>	<i>F, H, OH</i>	<i>F, OH</i>	<i>F, OH</i>		<i>F, OH</i>	<i>F, H, OH</i>	<i>F, OH</i>	<i>F, OH</i>		<i>F, OH</i>	<i>F, H,</i>
		3G+4G	Todas	Todas	Todas Nota 9	Todas Nota 4	Todas Nota 4		Todas Nota 4, 6	Todas Nota 9	Todas Nota 5	Todas		Todas Nota 6	Todas Nota 9
Filete	1F			<i>F</i>					<i>F</i>					<i>F</i>	
	2F			<i>F, H</i>					<i>F, H</i>					<i>F, H</i>	
	3F			<i>F, H, V</i>					<i>F, H, V</i>					<i>F, H, V</i>	
	4F			<i>F, H, OH</i>					<i>F, H, OH</i>					<i>F, H,</i>	
	3F+4F			Todas Nota 9					Todas Nota 9					Todas Nota 9	

Notas: **JPC** – Junta de penetración completa; **JPP** – Junta de penetración parcial; **(R)** – Restricción o embridamiento

- (1) No aplicable a la calificación de operador (ver Tabla 4.10.).
- (2) Ver las Figuras 4.3., 4.4., 4.5., y 4.6.
- (3) La calificación de soldadura con bisel también califica para soldadura en botones (tapones) y ranuras (ojales) para las posiciones de ensayo indicadas.
- (4) Calificada sólo para caños o tubos mayores que 600 mm de diámetro con respaldo, repelado de raíz o ambos.
- (5) No calificado para juntas soldadas de un solo lado sin respaldo o soldado de ambos lados sin repelado de raíz.
- (6) No calificado para soldaduras con ángulos de bisel menores que 30° (ver el artículo 4.12.4.2.).
- (7) La calificación usando tubos de sección rectangular (Figura 4.27.) también califica soldadura de tubos de sección circular de diámetros mayores 600 mm.
- (8) Para la calificación **6GR** se requiere caño, tubo de sección circular o tubo de sección rectangular (Figura 4.27.) Si se usa tubo de sección rectangular de acuerdo con la Figura 4.27., el macroataque deberá realizarse en las esquinas de la probeta de ensayo (similar a la Figura 4.28.).
- (9) Ver los artículos 4.25. y 4.28. para restricciones del ángulo de diedro para juntas de chapas y uniones **T, Y, y K**.
- (10) La calificación de juntas de soldaduras de producción sin respaldo o repelado de raíz requiere el uso del detalle de junta de la Figura 4.24. Para juntas de soldaduras de producción con respaldo o repelado de raíz, tanto el detalle de junta de la Figura 4.24. o Figura 4.25. puede ser usado para calificación.

Tabla 4.9. (continuación) . Calificación de soldador – Posiciones de soldaduras para la producción calificadas por ensayos en chapa, caño o tubo de sección circular y tubo de sección rectangular

Calificación de soldador – Posiciones de soldaduras para la producción calificadas por ensayos en chapa, caño o tubo de sección circular y tubo de sección rectangular															
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						
Botón y ranura		Califican para soldadura en botón (tapón) / ranura (ojal) Sólo en las posiciones ensayadas													
TUBULAR	Bisel ⁽³⁾ (Tubo sección circular y tubo sección rectangular)	1G Rotada	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H		F, H	F, H	F, H	F, H		F, H	F, H
		2G	F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH		F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH		F, V, OH	F, V, OH
		5G	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas		Todas	Todas	Todas	Todas		Todas	Todas
		6G	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas		Todas	Todas	Todas	Todas		Todas	Todas
		2G+5G							Nota 6, 7	Nota 9				Nota 6	Nota 9
		Nota 10													
		6GR (Fig. 4.27)	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Nota 5, 7	Nota 7	Todas	Nota 6, 7	Nota 9	Todas	Nota 5
		6GR (Fig. 4.27 & 4.28)	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Nota 5, 7	Nota 7	Todas	Nota 6, 7	Nota 9	Todas	Nota 5
		Filete en caño o tubo			F, H	F, H									
		1F Rotada			F, H	F, H									F, H
		2F			F, H	F, H									F, H
		2F Rotada			F, V, OH	F, V, OH									F, V, OH
		4F			Todas	Todas									Todas
		5F			Todas	Todas									Todas
					Nota 9	Nota 9									Nota 9

Notas: *JPC* – Junta de penetración completa; *JPP* – Junta de penetración parcial; *(R)* – Restricción o embridamiento.

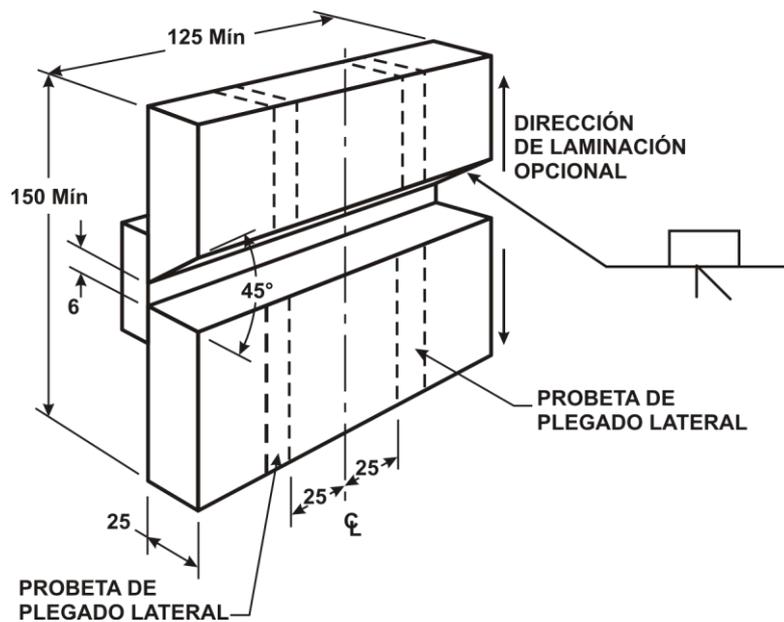
- (1) No aplicable a la calificación de operador (ver Tabla 4.10.).
- (2) Ver las Figuras 4.3., 4.4., 4.5., y 4.6.
- (3) La calificación de soldadura con bisel también califica para soldadura en botones (tapones) y ranuras (ojales) para las posiciones de ensayo indicadas.
- (4) Calificada sólo para caños o tubos mayores que 600 mm de diámetro con respaldo, repelado de raíz o ambos.
- (5) No calificado para juntas soldadas de un solo lado sin respaldo o soldado de ambos lados sin repelado de raíz.
- (6) No calificado para soldaduras con ángulos de bisel menores que 30° (ver el artículo 4.12.4.2.).
- (7) La calificación usando tubos de sección rectangular (Figura 4.27.) también califica soldadura de tubos de sección circular de diámetros mayores 600 mm.
- (8) Para la calificación 6GR se requiere caño, tubo de sección circular o tubo de sección rectangular (Figura 4.27.) Si se usa tubo de sección rectangular de acuerdo con la Figura 4.27., el macroataque deberá realizarse en las esquinas de la probeta de ensayo (similar a la Figura 4.28.).
- (9) Ver los artículos 4.25. y 4.28. para restricciones del ángulo de diedro para juntas de chapas y uniones T, Y, y K.
- (10) La calificación de juntas de soldaduras de producción sin respaldo o repelado de raíz requiere el uso del detalle de junta de la Figura 4.24. Para juntas de soldaduras de producción con respaldo o repelado de raíz, tanto el detalle de junta de la Figura 4.24. o Figura 4.25. puede ser usado para calificación.

Tabla 4.10. Calificación de Soldador y Operador – Cantidades y Tipos de Probetas - Rangos de Espesores y Diámetros Calificados [mm]

Calificación de Soldador y Operador – Cantidades y Tipos de Probetas - Rangos de Espesores y Diámetros Calificados [mm]												
(1) Ensayo en chapa			Cantidad de probetas ⁽¹⁾				Dimensiones calificadas					
Soldaduras con bisel o en botón (tapón) para la producción			Plegado de cara ⁽²⁾ (Fig. 4.12)	Plegado de raíz ⁽²⁾ (Fig. 4.12)	Plegado lateral ⁽²⁾ (Fig. 4.13)	Macrografía	Espesor nominal de chapa, caño o tubo calificado, [mm]					
Tipo de ensayo de soldadura (Figuras aplicables)	Espesor nominal de chapa de ensayo, T, [mm]	Mín.					Máx.					
Bisel (Fig. 4.30 ó 4.31)	10	1	1	(Nota 3)	—	3	20 máx. ⁽⁴⁾					
Bisel (Fig. 4.30 ó 4.31)	10 < T < 25	—	—	2	—	3	2T máx. ⁽⁴⁾					
Bisel (Fig. 4.21, 4.22, ó 4.29)	≥ 25	—	—	2	—	3	Ilimitado ⁽⁴⁾					
Botón (tapón) (Fig. 4.37)	10	—	—	—	2	3	Ilimitado					
Soldaduras con Filete (Juntas T y Oblicuas) para la Producción			Cantidad de probetas ⁽¹⁾				Dimensiones calificadas		Angulos diedro calificados ⁽⁸⁾			
Tipo de ensayo de soldadura (Figuras aplicables)	Espesor nominal de chapa de ensayo, T, mm	Rotura del filete soldado	Macrografía	Plegado lateral ⁽²⁾	Plegado de raíz ⁽²⁾	Plegado de cara ⁽²⁾	Espesor nominal de chapa, caño o tubo calificado, [mm]					
							Mín	Máx.	Mín.	Máx.		
Bisel (Fig. 4.30 ó 4.31)	10	—	—	(Nota 3)	1	1	3	Ilimitado	30°	Ilimitado		
Bisel (Fig. 4.30 ó 4.31)	10 < T < 25	—	—	2	—	—	3	Ilimitado	30°	Ilimitado		
Bisel (Fig. 4.21, 4.22, ó 4.29)	≥ 25	—	—	2	—	—	3	Ilimitado	30°	Ilimitado		
Filete Opción 1 (Fig. 4.36)	12	1	1	—	—	—	3	Ilimitado	60°	135°		
Filete Opción 2 (Fig. 4.32)	10	—	—	—	2	—	3	Ilimitado	60°	135°		
Filete Opción 3 (Fig. 4.20) [Cualquier diam. de tubo]	> 3	—	1	—	—	—	3	Ilimitado	30°	Ilimitado		
(2) Ensayos en caño o tubo ⁽⁵⁾			Cantidad de Probetas ⁽¹⁾						Tamaño nominal de chapa, caño o tubo calificado, [mm]		Espesor ⁽⁴⁾ nominal de chapa, caño o tubo calificado, [mm]	
Uniones a tope con bisel y JPC para la producción			Solo posiciones 1G y 2G			Solo posiciones 5G, 6G, y 6GR						
Tipo de ensayo de soldadura	Tamaño nominal del tubo para ensayo, mm	Espesor nominal de ensayo, mm	Plegado de cara ⁽²⁾	Plegado de raíz ⁽²⁾	Plegado Lateral ⁽²⁾	Plegado de cara ⁽²⁾	Plegado de raíz ⁽²⁾	Plegado lateral ⁽²⁾	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Bisel	≤ 100	Ilimitado	1	1	(Nota 3)	2	2	(Nota 3)	20	100	3	20
Bisel	> 100	≤ 10	1	1	(Nota 3)	2	2	(Nota 3)	Nota 5	Ilimitado	3	20
Bisel	> 100	> 10	—	—	2	—	—	4	Nota 5	Ilimitado	5	Ilimitado

Tabla 4.10. Calificación de Soldador y Operador – Cantidades y Tipos de Probetas - Rangos de Espesores y Diámetros Calificados [mm] (Continuación)

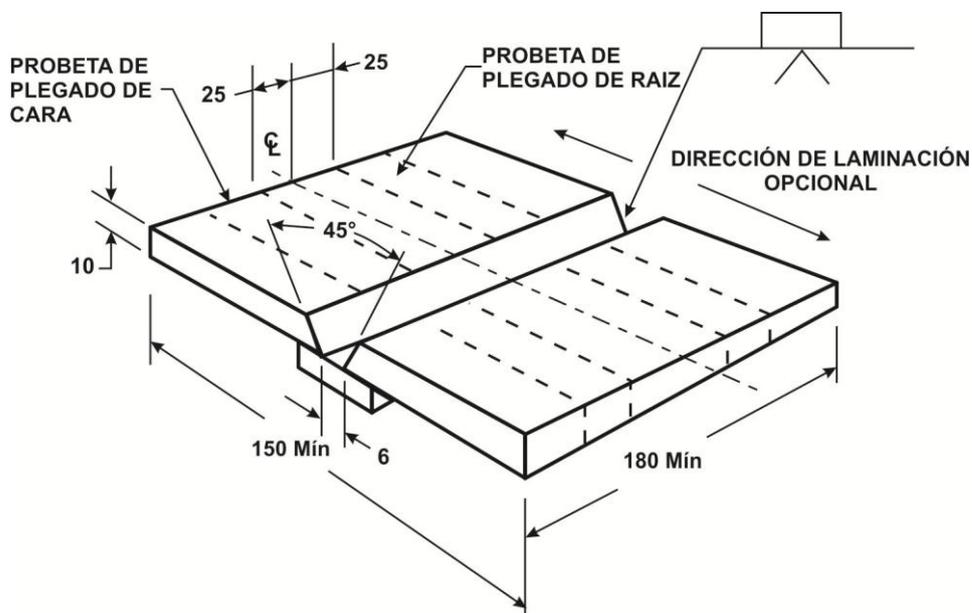
Calificación de Soldador y Operador – Cantidades y Tipos de Probetas - Rangos de Espesores y Diámetros Calificados [mm]												
(2) Ensayos en caño o tubo ⁽⁶⁾												
Uniones T, Y, o K con bisel y JPC para la producción			Cantidad de Probetas ⁽¹⁾		Dimensiones calificadas							
					Tamaño nominal de chapa, caño o tubo calificado, [mm]		Espesor ⁽⁴⁾ nominal de chapa, caño o tubo calificado, [mm].		Ángulos diedro calificados ⁽⁷⁾			
Tipo de ensayo de soldadura	Tamaño nominal del tubo para ensayo, mm	Espesor nominal de ensayo, mm	Plegado lateral ⁽²⁾	Macrografía	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.		
Bisel en caño o tubo circular	≥150 D.E	≥ 12	4	—	100	Ilimitado	5	Ilimitado	30°	Ilimitado		
Bisel en tubo rectangular	Ilimitado	≥ 12	4	4	Ilimitado (Solo Rect.)	Ilimitado (Solo Rect.)	5	Ilimitado	30°	Ilimitado		
Uniones T, Y, o K con soldaduras de filete para la producción			Cantidad de probetas ⁽¹⁾				Dimensiones calificadas					
Tipo de ensayo de soldadura	Tamaño nominal del tubo para ensayo, D	Espesor nominal de ensayo, mm	Rotura del filete soldado	Macrografía	Plegado de raíz ⁽²⁾	Plegado de cara ⁽²⁾	Tamaño Nominal de Chapa, Caño o Tubo Calificado, [mm]		Espesor Nominal de Chapa, Caño o Tubo Calificado, [mm]		Ángulos de diedro calificados ⁽⁸⁾	
							Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Posición 5G (Bisel)	Ilimitado	≥ 3	—	—	2 (Nota 3)	2 (Nota 3)	Nota 5	Ilimitado	3 (Nota 4)	Ilimitado (Nota 4)	30°	Ilimitado
Opción 1-Filete (Fig.4.36) ⁽⁶⁾	—	≥ 12	1	1	—	—	600	Ilimitado	3	Ilimitado	60°	Ilimitado
Opción 2-Filete (Fig.4.32) ⁽⁶⁾	—	10	—	—	2	—	600	Ilimitado	3	Ilimitado	60°	Ilimitado
Opción 3-Filete (Fig.4.20)	Ilimitado	≥ 3	—	1	—	—	D	Ilimitado	3	Ilimitado	30°	Ilimitado
(3) Ensayos para soldadura con electroescoria y electrogas												
Soldaduras con bisel en chapas para la producción			Número de probetas ⁽¹⁾				Espesor nominal de la chapa calificada, mm					
Tipo de soldadura ensayada	Espesor nominal de la chapa ensayada, T, [mm]		Plegado lateral ⁽²⁾ (Fig. 4.13)				Mín.		Máx.			
Bisel (Fig. 4.35)	< 38		2				3		T			
	38		2				3		Ilimitado			
Notas:												
(1) Todas las soldaduras deberán ser inspeccionadas visualmente. Se requiere para ensayo un caño o tubo (circular o rectangular) y chapa para cada posición ensayada, salvo que se diga lo contrario.												
(2) Puede realizarse un ensayo radiográfico de la chapa, caño o tubo (circular o rectangular) para ensayo, en lugar de los ensayos de plegado.												
(3) Para espesores de 10 mm , un plegado lateral puede reemplazar al plegado de cara y otro para el de raíz.												
(4) Califica también para soldar con filete o JPP de cualquier tamaño o espesor en chapa, caño o tubo.												
(5) El mínimo tamaño de caño o tubo calificado deberá ser la mitad del diámetro de ensayo o 100 mm , el que resulte mayor.												
(6) Ver Tabla 4.8. para los detalles de biselés apropiados.												
(7) Se requieren dos chapas, cada una según a los requerimientos de las probetas especificados. Una chapa deberá ser soldada en la posición 3F y la otra en la posición 4F .												
(8) Para ángulos diedros < 30° .												



Notas:

1. Cuando se usa radiografía, no debe haber soldadura de punteado en el área de ensayo.
2. El espesor del respaldo deberá ser igual o mayor que **6 mm** pero igual o menor que **10 mm**; el ancho del respaldo deberá ser igual o mayor que **75 mm** cuando no se elimina para hacer radiografía, en caso contrario será igual o mayor que **25 mm**.

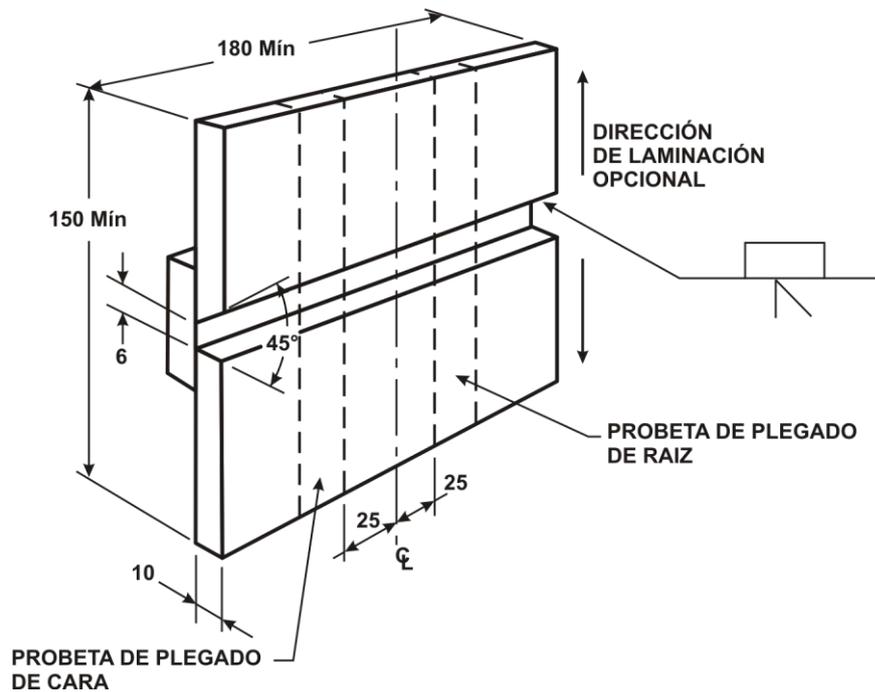
Figura 4.29. Chapa de ensayo opcional para espesor ilimitado – Posición horizontal – Calificación de soldador.



Notas:

1. Cuando se usa una radiografía para ensayo, no debe haber soldadura de punteado en el área de ensayo.
2. El espesor del respaldo deberá ser de **6 mm** (mín.) a **10 mm** (máx.); el ancho del respaldo deberá ser de **75 mm** (mín.) cuando no se elimina para hacer radiografía, en tal caso será de **25 mm** (mín.).

Figura 4.30. Chapa de ensayo para espesor limitado – Todas las posiciones – Calificación de soldador.



Notas:

1. Cuando se usa radiografía, no deberá haber soldadura de punteado en el área de ensayo.
2. El espesor del respaldo deberá ser igual o mayor que **6 mm** pero igual o menor que **10 mm**; el ancho del respaldo deberá ser igual o mayor que **75 mm** cuando no se elimina para hacer radiografía, en caso contrario deberá ser igual o mayor que **25 mm**.

Figura 4.31. Chapa de Ensayo para espesor limitado opcional – Todas las posiciones – Calificación de soldador .

4.13.1.1. 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 por proceso **GMAW** con modo de transferencia corto circuito.

En lugar de los ensayos mecánicos o **RI** para calificación, el operador puede ser calificado utilizando un largo inicial mínimo de **380 mm**, correspondientes a la soldadura de producción con bisel. El rango de espesor del material calificado deberá ser el indicado en la Tabla 4.10.

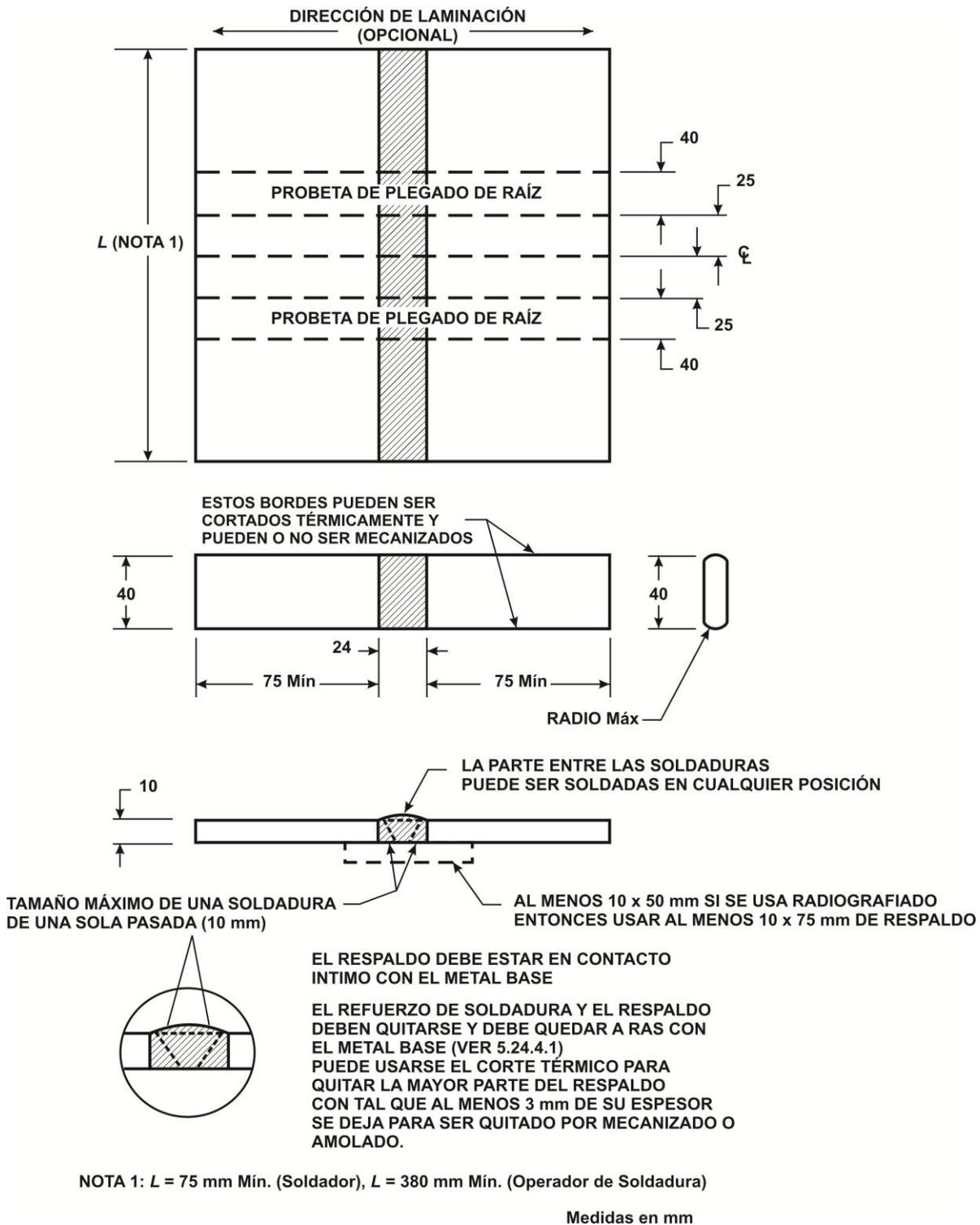


Figura 4.32. Chapa de Ensayo de plegado lateral para soldadura de filete – Calificación de soldador u operador – Opción 2.

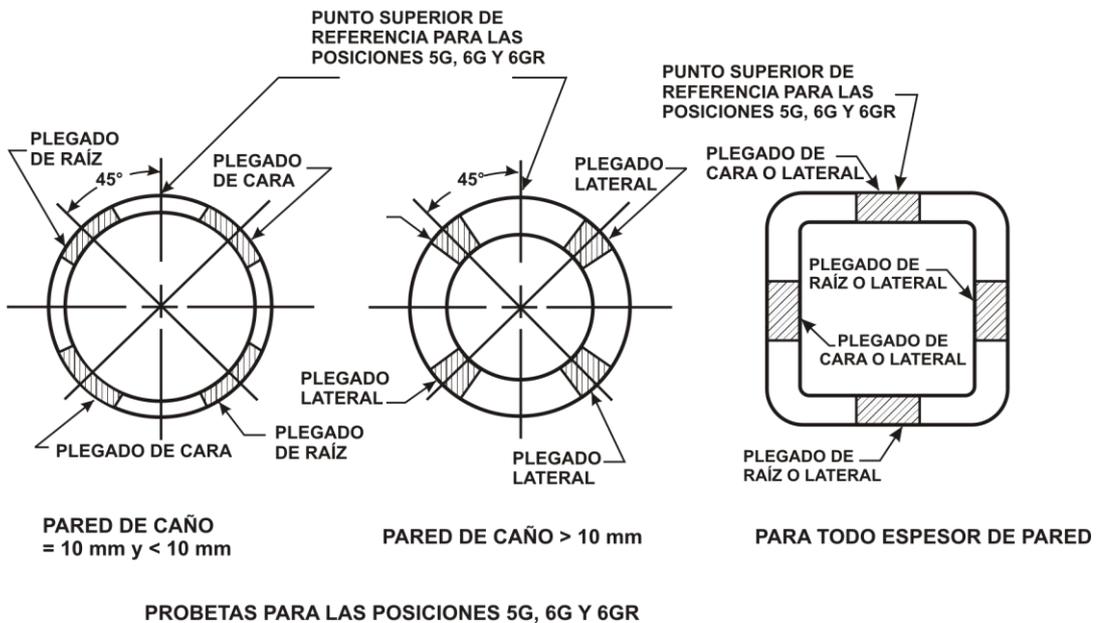
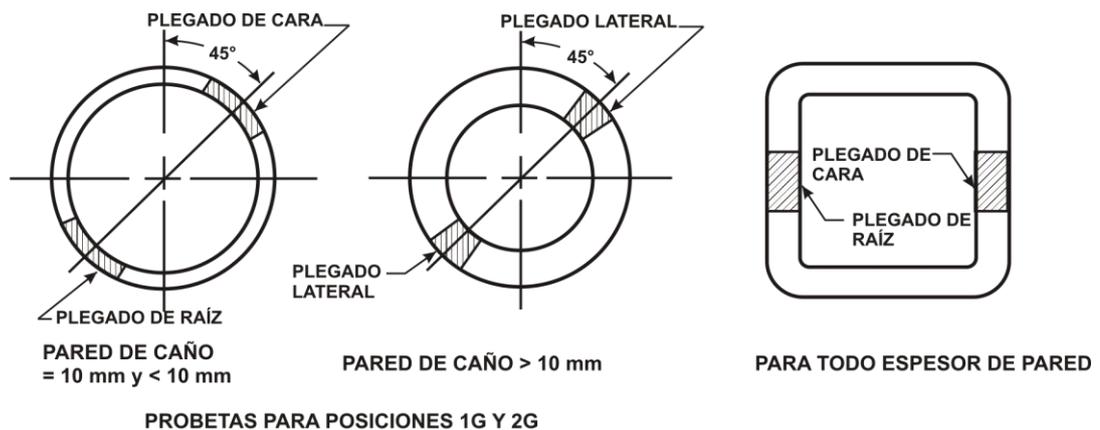


Figura 4.33. Ubicación de las probetas de ensayo en el caño o tubo de sección circular y tubo de sección rectangular – Calificación de soldador.

4.13.1.2. 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., 4.29., 4.30., 4.31., 4.32. y 4.33. para calificación del soldador o las Figuras 4.22., 4.32. ó 4.35. para calificación de un operador. Las probetas deberán ser aproximadamente rectangulares en su sección transversal, y preparadas para ensayo en conformidad con las Figuras 4.12., 4.13., 4.14., ó 4.18., la que resulte aplicable.

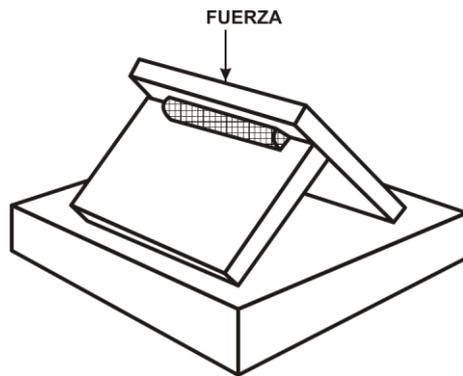
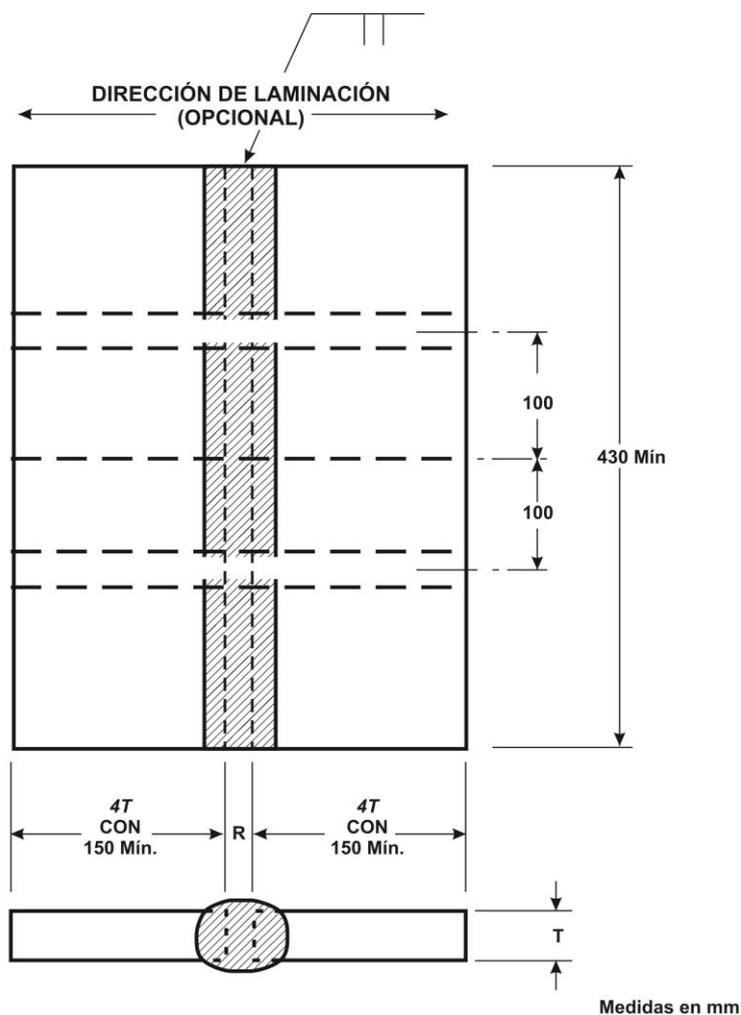
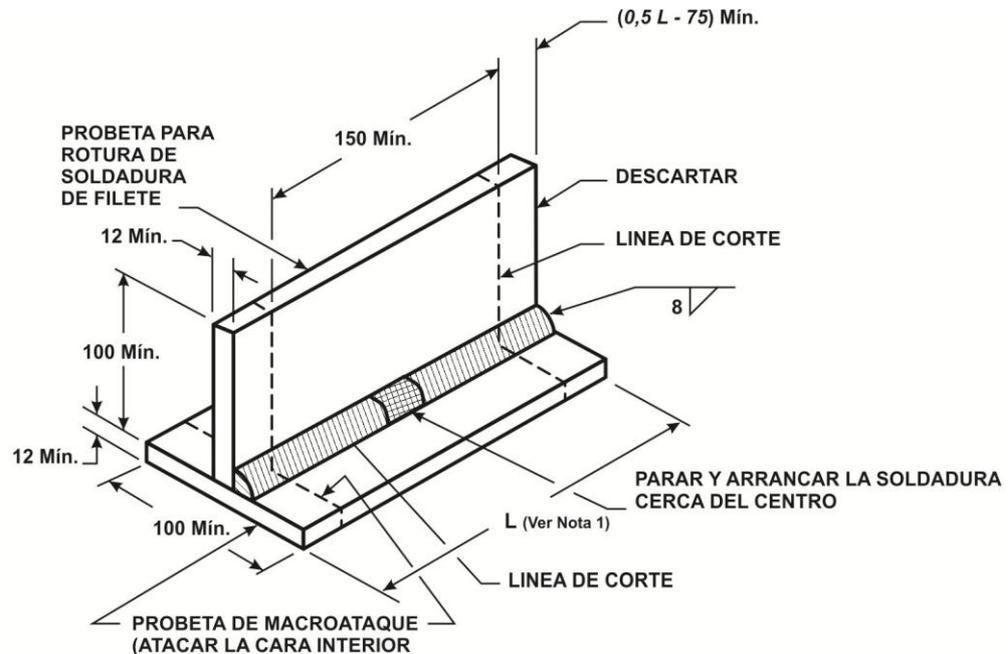


Figura 4.34. Método de rotura de la probeta – Calificación de soldador punteador.



1. Abertura de raíz R definida en la EPS
2. T + espesor máximo a ser soldado en producción pero menor o igual que 38 mm
3. La utilización de prolongadores no será necesaria si se garantiza un largo de soldadura sana de 430 mm

Figura 4.35. Junta a tope para la calificación de operador – Soldadura por electroescoria y electrogas.



Medidas en mm

NOTAS:

1. $L = 200$ mm como mínimo para calificación de soldador y 380 mm como mínimo para calificación de operador.
2. Cualquier extremo puede ser utilizado para el macroataque, el otro puede ser descartado.

Figura 4.36. Chapa de ensayo para macroataque de rotura de soldadura de filete – Calificación de soldador u operador opción 1.

4.13.2. 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 se indica en la Figura 4.38.

4.13.2.1. 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 Capítulo 4.

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

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

- (1) Soldaduras con bisel y **JPC** para uniones no tubulares (ver el artículo 4.17.).
- (2) Soldaduras con bisel y **JPP** para uniones no tubulares (ver el artículo 4.18.).
- (3) Soldaduras de filete para uniones no tubulares (ver el artículo 4.19.).
- (4) Soldaduras con bisel y **JPC** para uniones tubulares (ver el artículo 4.20.).
- (5) Soldaduras con bisel y **JPP** para uniones tubulares (ver el artículo 4.21.).
- (6) Soldaduras de filete para uniones tubulares (ver el artículo 4.22.).
- (7) Soldaduras en botones (tapones) y ranuras (ojales) para uniones tubulares y no tubulares (ver el artículo 4.23.).

4.15. 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 establecidos en el artículo 4.4.5. se deberán aplicar, 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 4.11. En el Anexo VI se encuentran los formularios sugeridos.

4.16. 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 4.11., deberán requerir la recalificación.

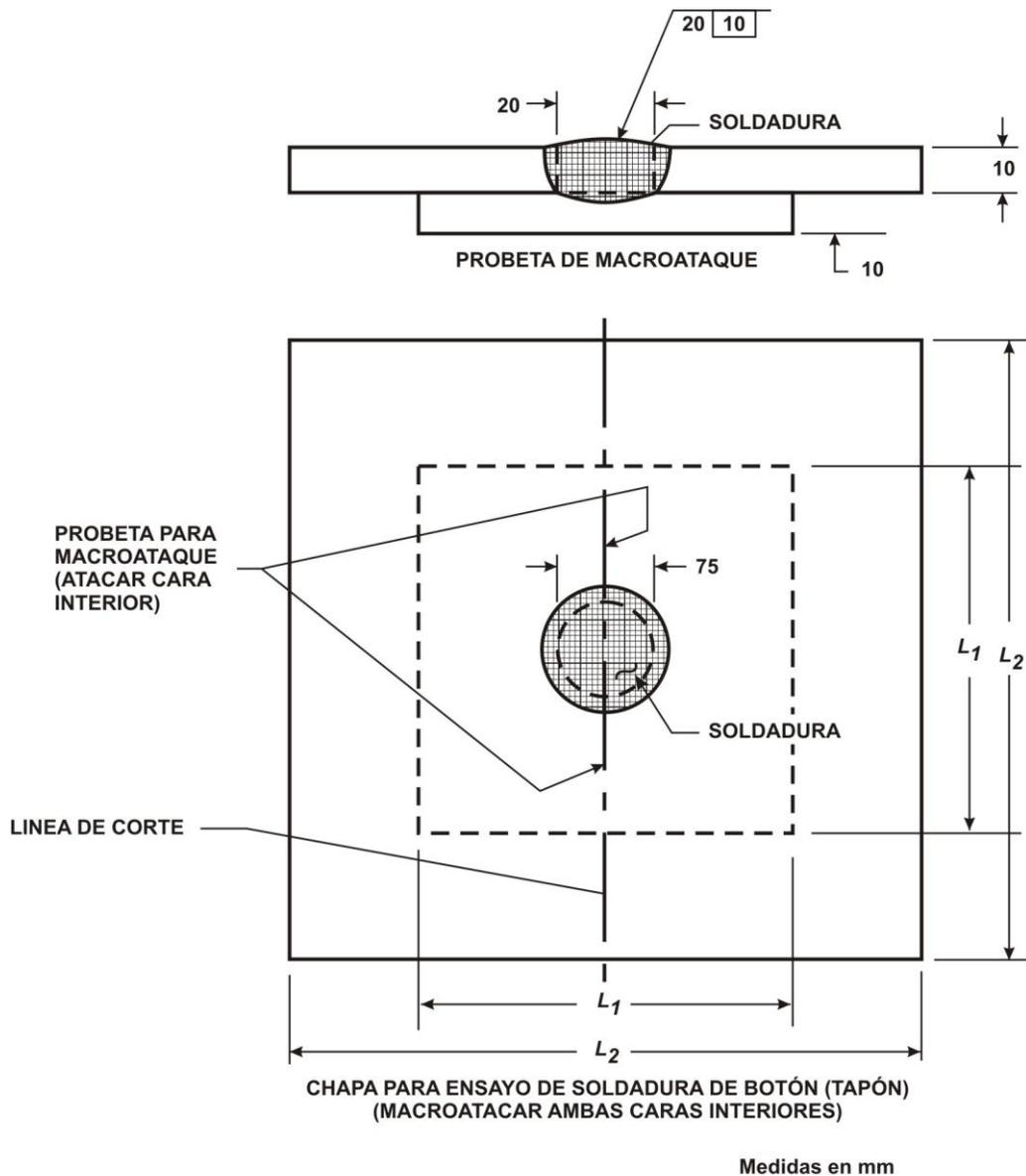
4.17. SOLDADURAS CON BISEL Y JPC PARA UNIONES NO TUBULARES PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES

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.

4.17.1. 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 ilimitado
- (2) Figura 4.29.: Posición horizontal y espesor ilimitado
- (3) Figura 4.30.: Todas las posiciones y espesor limitado
- (4) Figura 4.31.: Posición horizontal y espesor limitado



NOTAS:

1. $L_1 = 50$ mm Mín. (soldador), 75 mm Mín. (operador de soldadura)
2. $L_2 = 75$ mm Mín. (soldador), 125 mm Mín. (operador de soldadura)

Figura 4.37. Chapa de Ensayo para macroataque de soldadura en botón (tapón) – Calificación de soldador u operador opción 1.

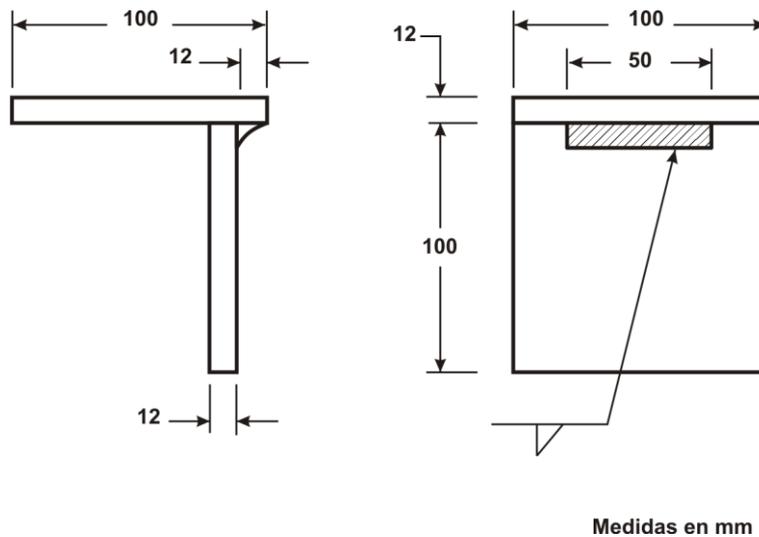


Figura 4.38. Probeta de rotura para soldadura de filete – Calificación de soldador punteador.

4.17.2. 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.

El ensayo de calificación para un operador de soldadura de **ESW** o **EGW** deberá consistir en soldar una junta del mayor espesor a ser usado en la construcción, pero no es necesario que el espesor del material del ensayo de soldadura sea mayor que **38 mm** (ver la Figura 4.35.). Si se realiza una soldadura de ensayo de **38 mm** de espesor, no es necesario hacerlo para espesores menores. El ensayo deberá calificar al operador para soldadura de filete y con bisel en material de espesor ilimitado para esos procesos y posición de ensayo.

4.18. 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**.

4.19. 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 la Tabla 4.10.

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

Los ensayos de calificación de soldador u operador deberán usar los detalles indicados en las siguientes Figuras:

- (1) Las uniones a tope con ***JPC*** y respaldo o repelado de raíz en el tubo o caño, la Figura 4.25.
- (2) Las uniones a tope con ***JPC*** sin respaldo ni repelado de raíz, la Figura 4.24.
- (3) Las Uniones a tope con ***JPC*** y uniones ***T***, ***Y*** o ***K*** con respaldo en tubo de sección rectangular, la Figura 4.25. en tubo o caño de cualquier diámetro, chapa o tubo de sección rectangular.
- (4) Las uniones a tope con ***JPC*** y uniones ***T***, ***Y*** o ***K***, soldadas de un solo lado, con respaldo en tubo o caño, la Figura 4.25. en tubo o caño de diámetro apropiado.
- (5) Las uniones a tope con ***JPC*** y uniones ***T***, ***Y*** o ***K***, soldadas de un solo lado, sin respaldo en tubo o caño, la Figura 4.27.
- (6) Las uniones a tope con ***JPC*** y uniones ***T***, ***Y*** o ***K***, soldadas de un solo lado, sin respaldo ni repelado de raíz en tubo de sección rectangular. Las opciones son las siguientes:
 - (a) Figura 4.27. para tubo o caño (cualquier diámetro) o tubo de sección rectangular y la Figura 4.28. para tubo de sección rectangular.
 - (b) Figura 4.27. para tubo de sección rectangular con probetas de macroataque tomadas de las ubicaciones mostradas en la Figura 4.28.

La Tabla 4.10. 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.

4.20.1. Otros detalles de juntas

Para otros detalles de juntas no considerados en el artículo 4.20., correspondientes a una ***EPS***, o donde la profundidad libre de defectos especificada para las soldaduras resulta más dificultosa que aquellas descritas aquí. En tales casos deberán realizarse los ensayos tal como se describe en el artículo 4.8.4.2. por cada soldador, además de los ensayos ***6GR*** (Figura 4.27. ó 4.28.). La posición del ensayo deberá ser vertical.

Tabla 4.11. Cambios en las variables esenciales de calificación de habilidad del personal de soldadura que requieren recalificación.

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 6 y 7)	Soldadores punteadores
(1) A un proceso no calificado (soldadura por arco eléctrico con protección gaseosa modo de transferencia corto circuito, GMAW-S) es considerado un proceso separado)	X	X	X
(2) A un electrodo de soldadura manual con electrodo revestido (SMAW) con número F (ver Tabla 4.12.) superior al correspondiente al RCHS	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	
(7) A electrodos múltiples (sí se usó un único electrodo en el ensayo de RCHS) pero no en el caso inverso.		X (Nota 5)	

Notas:

- (1) Una "X" indica la aplicabilidad; el área sombreada indica que no se aplica.
- (2) **RCHS** = Registro de calificación de habilidad en soldadura.
- (3) Ver Tabla 4.9. para las posiciones calificadas por el **RCHS** del soldador.
- (4) Ver Tabla 4.10. para los rangos de diámetro o espesores calificados.
- (5) No aplicable para **ESW** o **EGW**.
- (6) Los soldadores calificados para **SAW**, **GMAW**, **FCAW**, o **GTAW** se deberán considerar 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.
- (7) Una soldadura con bisel califica una soldadura de ranura (ojal) para la posición del **WPQR** y los rangos de espesores mostrados en la Tabla 4.10.

Tabla 4.12. Grupos de clasificación de electrodos (ver la Tabla 4.11.)

Designación del Grupo	Clasificación del Electrodo según normas IRAM (o ANSI/AWS) ^(*)
F4	(EXX15, EXX16, EXX18, EXX15-X, EXX16-X, EXX18-X)
F3	EXX10, EXX11, EXX10-X, EXX11-X
F2	EXX12, EXX13, EXX14, EXX13-X
F1	EXX20, EXX24, EXX27, EXX28, EXX20-X, EXX27-X

(*) Las letras "XX" usadas en la designación de clasificación en esta Tabla encuadran los distintos niveles de resistencia (ejem. 43, 51, 55, 62, etc.) de los electrodos de acuerdo con las normas IRAM.

4.21. 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**.

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

Se deberá utilizar la Tabla 4.10. para los requerimientos de calificación de la soldadura de filete.

4.23. UNIONES TUBULARES Y NO TUBULARES CON SOLDADURAS DE BOTÓN (TAPÓN) Y RANURA (OJAL) PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y OPERADORES

La calificación para soldaduras con bisel y **JPC** en uniones tubulares o no tubulares califica para todas las soldaduras en botón (tapón) y ranura (ojal).

Se deberá utilizar la Tabla 4.9. para la calificación en botón (tapón) y ranura (ojal). La junta para la probeta de calificación consistirá en un agujero de **20 mm** de diámetro en una chapa de **10 mm** de espesor con una chapa de respaldo con espesor mayor o igual que **10 mm**, tal como se puede observar en la Figura 4.37.

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

4.24.1. Inspección visual

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

4.24.2. Ensayo de macroataque

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

4.24.2.1. Ensayos de macroataque para soldaduras en botón (tapón) y filete

El ensayo de macroataque de soldadura en botón (tapón) deberá ser cortado de la junta de ensayo de acuerdo con:

- (1) Calificación de soldador, Figura 4.37.
- (2) Calificación de operador, Figura 4.37.

El ensayo de macroataque de soldadura de filete deberá ser cortado de la probeta de ensayo, tanto para calificación de soldador como de operador, tal como se muestra en la Figura 4.37.

4.24.2.2. Ensayo de macroataque para uniones **T**, **Y**, y **K**

El ensayo de macroataque para uniones **T**, **Y**, y **K** en tubo de sección rectangular, tal como se indica en la Figura 4.28., deberá tener cuatro probetas de macroataque cortadas en las esquinas de la soldadura perimetral, de acuerdo con las posiciones mostradas en la Figura 4.28. Una de las caras de cada probeta de macroataque deberá ser pulida para el ataque macrográfico. Si el soldador realiza un ensayo en una probeta **6GR** (Figura 4.27.) usando tubo de sección rectangular, las cuatro probetas de las esquinas requeridas para ensayos de macroataque podrán ser cortadas de las esquinas de la probeta **6GR** de manera similar a lo indicado en la Figura 4.28. Una cara de cada probeta de esquina deberá ser pulida para el ataque macrográfico.

4.24.2.3. Criterio de aceptación de ensayo de macrografía

Para la aceptación de la calificación, la probeta de ensayo, cuando sea inspeccionada visualmente, deberá satisfacer los siguientes requerimientos:

- (1) Las soldaduras de filete deberán tener fusión hasta la raíz pero no necesariamente más allá de ésta.
- (2) El tamaño mínimo del cateto deberá alcanzar el tamaño de soldadura de filete especificado.
- (3) Las soldaduras de filete y los ensayos de juntas por macroataque para uniones **T**, **Y**, y **K** en tubos de sección rectangular, de la Figura 4.28., deberán verificar:
 - a) ausencia de fisuras,
 - b) fusión completa entre cordones adyacentes de metal de soldadura y entre el metal de aporte y metal base,
 - c) los perfiles de soldaduras aceptables de acuerdo a lo indicado en el Capítulo 5, artículo 5.24,
 - d) socavación menor o igual que **1 mm**,
 - e) porosidad menor o igual que **1 mm**, la porosidad acumulada deberá ser menor o igual que **6 mm**,
 - f) no se admite escoria acumulada, la suma de las mayores dimensiones deberá ser menor o igual que **6 mm**.
- (4) Las soldaduras en botón (tapón) deberán verificar:
 - a) ausencia de fisuras,
 - b) fusión completa al respaldo y a los laterales del agujero,
 - c) escoria menor o igual que **6 mm** de largo total acumulado

4.24.3. 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 Capítulo 5 artículo 5.24.4.1.) con el metal base.

4.24.3.1. Procedimiento y técnica para el ensayo RI

El procedimiento y la técnica de ensayos deberán estar de acuerdo con lo indicado en el Capítulo 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.

4.24.3.2. 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 Capítulo 6.

4.24.4. Ensayo de rotura de la soldadura de filete

El largo completo del filete de soldadura deberá ser inspeccionado visualmente y luego se deberá aplicar carga a una probeta de **150 mm** de largo o un cuarto de la sección de soldadura de filete, en el caso de tubo o caño, de manera tal que la raíz de la soldadura quede sometida a tracción. Al menos un comienzo y final de soldadura deberán estar en el largo de la probeta de ensayo. La carga deberá ser aplicada en forma incremental o repetida hasta que la probeta fracture o se pliegue aplastada sobre sí misma.

4.24.4.1. Criterio de aceptación para rotura de soldadura de filete

Previo al ensayo de rotura, la inspección visual de la soldadura deberá presentar una apariencia de razonable uniformidad y deberá estar libre de solape, fisuras y socavación que exceda lo especificado en el Capítulo 6. No deberá haber ninguna porosidad visible en la superficie de soldadura.

La probeta rota deberá ser aprobada si se verifica que:

- (1)** Se pliega aplastándose sobre sí misma.
- (2)** La soldadura de filete, si fractura, deberá mostrar fusión completa hasta la raíz de la junta, aceptando inclusiones o porosidades menores o iguales que **2 mm**, en sus mayores dimensiones.
- (3)** La suma de las mayores dimensiones de todas las inclusiones y porosidades será menor o igual que **10 mm**, en una probeta de **150 mm** de largo.

4.24.5. Probetas de plegado de raíz, cara y lateral

Se deberá aplicar el criterio de aceptación indicado en el Capítulo 4, artículo 4.8.3.3.

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

Se deberá aplicar una carga a la probeta como lo muestra la Figura 4.34. 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.

4.25.1. Criterio de aceptación visual

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

4.25.2. 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.

4.26. 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.

4.26.1. Requerimientos para reensayo de soldador y operador

4.26.1.1. Reensayo inmediato

Se puede hacer 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 Capítulo 4.

4.26.1.2. Reensayo luego de un entrenamiento o práctica adicional

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

4.26.1.3. Reensayo luego del vencimiento del período de calificación o vigencia

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

4.26.1.4. 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.

4.26.2. Requerimientos de reensayo de soldador punteador

4.26.2.1. 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.

4.26.2.2. Reensayo luego de un entrenamiento o práctica adicional

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

CAPÍTULO 5. FABRICACIÓN Y MONTAJE

5.1. CAMPO DE VALIDEZ

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.

5.2.2. Metal base para prolongadores, respaldos, y separadores

5.2.2.1. Prolongadores

Los prolongadores usados en soldadura deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- (1) Cuando se usan para soldar con un acero de la Tabla 3.1., éstos pueden ser de cualquiera de los aceros correspondientes a dicha Tabla.
- (2) Cuando se usan para soldar con otros aceros, que han sido calificados en conformidad con el Capítulo 4 deberán ser:
 - (a) del acero calificado.
 - (b) cualquiera de los aceros listados en la Tabla 3.1.

5.2.2.2. Respaldo

El acero para respaldo deberá cumplir con los requerimientos del artículo 5.2.2.1. excepto para los respaldos en aceros de **690 MPa** de tensión mínima de fluencia, los cuales deberán ser del mismo tipo de acero.

5.2.2.3. Espaciadores

Los espaciadores usados deben ser del mismo material que el metal base.

5.3. REQUERIMIENTOS PARA LOS CONSUMIBLES Y ELECTRODOS DE SOLDADURA

5.3.1. Requerimientos generales

5.3.1.1. Certificación para electrodos, alambres o combinaciones de fundente – alambre

El Ingeniero responsable o los documentos contractuales podrán requerir del contratista o fabricante la certificación de los electrodos, alambres o combinación de alambre-fundente 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 del electrodo 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 del electrodo o alambre.

5.3.1.3. Gas de protección

El gas o mezcla de gases para protección, debe ser específico para soldadura y tener un punto de rocío igual o menor que **-40°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 mezclen 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**.

5.3.1.4. Almacenamiento

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

5.3.1.5. Condiciones previas al uso

Los electrodos, alambres y fundentes deben estar secos y en condiciones adecuadas para el uso.

5.3.2. Electrodo para soldadura manual (SMAW)

Los electrodos **SMAW** deben estar de acuerdo con los requerimientos de la última edición de la norma IRAM- IAS U500- 601 o IRAM-IAS U500-127(ANSI/AWS A5.1 o ANSI/AWS A5.5) .

5.3.2.1. Condiciones de provisión y almacenamiento de electrodos de bajo hidrógeno

Todos los electrodos que tienen revestimiento de bajo hidrógeno de acuerdo con las normas IRAM- IAS U500- 601 o IRAM-IAS U500-127 (ANSI/AWS A 5.1 o ANSI/AWS A5.5) deben ser comprados en envases sellados herméticamente (al vacío) o deben ser resecados, previo al uso, por el usuario de acuerdo con el artículo 5.3.2.4. Una vez abierto el envase sellado herméticamente o después del resecado, los electrodos deben ser almacenados en hornos o en termos portátiles y mantenidos a una temperatura mínima de **120°C**. Los electrodos deberán ser resecados sólo una vez. Los electrodos que estuvieran mojados no deben ser utilizados.

5.3.2.2. Períodos de tiempo permitidos a la exposición atmosférica

Luego de abrir los envases herméticamente sellados, o luego de que los electrodos resecados sean retirados del horno o del termo u horno de almacenamiento, la exposición de los electrodos a la atmósfera no deberá exceder los valores especificados en la columna A de la Tabla 5.1., para cada clasificación específica de electrodo, con o sin requerimientos suplementarios opcionales. Los electrodos expuestos a la atmósfera por períodos menores a los permitidos en la columna A de la Tabla 5.1 pueden ser devueltos a un horno o termo de mantenimiento y deben permanecer a una temperatura mínima de **120°C**. Luego de un período mínimo de mantenimiento de cuatro horas a **120°C mín.** los electrodos podrán ser reutilizados.

5.3.2.3. Períodos de tiempo de exposición atmosférica alternativos establecidos por ensayos

Se pueden utilizar los valores de tiempo de exposición alternativos que se especifican en la columna B de la Tabla 5.1. con tal que los ensayos establezcan el tiempo máximo admisible. Los ensayos se deben realizar en conformidad con la norma IRAM-IAS U500-127 (ANSI/AWS A5.5, subsección 3.10), para cada clasificación y fabricante de electrodo. Tales ensayos establecen que no se excederán los máximos valores de contenido de humedad indicados en la norma IRAM-IAS U500-127 (ANSI/AWS A5.5, Tabla 9).

Adicionalmente, los revestimientos de electrodos de bajo hidrógeno E51XX o E51XX-X según las normas IRAM-IAS U500-601 o U500-127 (ANSI/AWS A5.1 o A5.5) deberán ser limitados a un contenido de humedad máxima igual o menor que **0,4 %** en peso. Esos electrodos no deberán ser usados en una combinación de humedad relativa – temperatura que exceda tanto la humedad relativa o el contenido de hidrógeno que prevalecía durante el programa de ensayo.

Para una aplicación adecuada de este requisito se puede utilizar **la carta de temperatura – contenido de humedad estándar** para la determinación de **los límites de temperatura – humedad relativa**.

Tabla 5.1. Exposición atmosférica permitida de los electrodos de bajo hidrógeno

Electrodo	Columna A (horas)	Columna B (horas)
IRAM –IAS U 500-601(AWS A5.1)		
E51XX (E70XX)	4 máx.	Desde 4 a 10 máx.
E51XXR (E70XXR)	9 máx.	
E51XXHZR (E70XXHZR)	9 máx.	
E7018M	9 máx.	
IRAM-IAS U500-127(AWS A5.5)		
E51XX-X (E70XX-X)	4 máx.	Desde 4 a 10 máx.
E55XX-X (E80XX-X)	2 máx.	Desde 2 a 10 máx.
E62XX-X (E90XX-X)	1 máx.	Desde 1 a 5 máx.
E69XX-X (E100XX-X)	0,5 máx.	Desde 0,5 a 4 máx.
E76XX-X (E110XX-X)	0,5 máx.	Desde 0,5 a 4 máx.
Notas:		
(1) Columna A: Los electrodos expuestos a la atmósfera por períodos de tiempo mayores a aquellos especificados deben ser secados nuevamente antes de su uso.		
(2) Columna B: Los electrodos expuestos a la atmósfera por períodos de tiempo mayores a aquellos establecidos en los ensayos deben ser secados nuevamente antes de su uso.		
(3) Los electrodos deben ser distribuidos y mantenidos en bandejas u otros contenedores pequeños abiertos. Los contenedores precalentados no son mandatorios.		
(4) El indicador opcional suplementario, R , designa al electrodo que fue ensayado por contenido de humedad del recubrimiento luego de su exposición a un ambiente húmedo por 9 horas y llegando al nivel máximo de humedad permitido de acuerdo con la norma IRAM-IAS U500-601 (ANSI/AWS A5.1-91).		

5.3.2.4. Electrodos resecaados

Los electrodos expuestos a la atmósfera por períodos mayores que aquellos permitidos por la Tabla 5.1. deben ser resecaados de la siguiente forma:

- (1) Todos los electrodos que tienen revestimientos de bajo hidrógeno de acuerdo con la norma IRAM-IAS U 500- 601(ANSI/AWS A5.1) deben ser resecaados al menos por dos horas a temperaturas entre **260°C** y **430°C**. El tiempo y la temperatura exactos para el resacaado de los consumibles deberá ser suministrada por el fabricante de los mismos.
- (2) Todos los electrodos que tienen revestimientos de bajo hidrógeno de acuerdo con la norma IRAM-IAS U 500- 127(ANSI/AWS A5.5) deben ser resecaados al menos una hora a temperaturas entre **370°C** y **430°C**. El tiempo y la temperatura exactos para el resacaado de los consumibles deberá ser suministrada por el fabricante de los mismos.

Todos los electrodos deben ser ubicados en un horno adecuado a una temperatura menor o igual que la mitad de la temperatura final de resacaado por un mínimo de media hora, previo a incrementar la temperatura del horno hasta alcanzar la temperatura final especificada para el resacaado. El tiempo de mantenimiento a la temperatura de resacaado debe comenzar cuando el horno alcanza dicha temperatura.

5.3.2.5. Restricciones para los electrodos aceros de alta resistencia

En las soldaduras de aceros de alta resistencia (por ejemplo del tipo ASTM A514 o A517), los electrodos de cualquier clasificación menor que E69XX-X, excepto para E5118M y E51XXH4R, deben ser resecados al menos una hora a temperaturas entre **350** y **430°C** o de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de los consumibles, antes de ser usados, aunque hubieran sido provistos en envases herméticamente sellados.

5.3.3. Alambres y fundentes para arco sumergido (SAW)

La soldadura por arco sumergido (**SAW**) se puede realizar con uno o más alambres (paralelos o alineados). El espacio entre arcos debe ser tal que la capa de escoria sobre el metal de soldadura, producida por un arco guía, no se enfríe lo suficiente para impedir un buen depósito de soldadura del siguiente alambre. Se puede utilizar **SAW** con electrodos múltiples para cualquier pasada de soldadura con bisel o de filete.

5.3.3.1. Alambre – Fundente para soldadura por arco sumergido (SAW)

Los alambres y fundentes usados en combinación para la soldadura con proceso **SAW** de aceros, deben estar en conformidad con la última edición de la norma ANSI/AWS A5.17 o con los requerimientos de la última edición de la norma ANSI/AWS A5.23 hasta tanto se disponga de las normas IRAM correspondientes.

5.3.3.2. Condiciones de provisión y almacenamiento del fundente

Los fundentes para **SAW** deben estar secos y libres de contaminación, suciedad u otros materiales extraños. Todos los fundentes deben ser provistos en envases que puedan ser almacenados, en condiciones normales, durante seis meses como mínimo, sin que este almacenamiento afecte sus características operativas para la soldadura o las propiedades del metal de soldadura. El fundente suministrado en envases dañados deberá ser descartado. El fundente que se ha mojado no deberá ser utilizado. Los fundentes que excedan los seis meses de almacenamiento, que no se encuentren en sus envases originales o sobre los que se tengan dudas de su condición de secado, previo a su utilización, deberán ser resecados en horno a una temperatura mínima de **260 °C** durante una hora o de acuerdo con la indicación específica del fabricante del fundente.

5.3.3.3. Recuperación del fundente

El fundente que no fundió durante la operación de soldadura puede ser usado nuevamente después de su recuperación por medio de sistemas neumáticos de recuperación u otros medios adecuados. El fabricante o contratista que realizará las soldaduras debe tener un sistema para recolectar el fundente no fundido, adicionando fundente nuevo y soldando con una mezcla de ambos, de forma tal que la composición del fundente y distribución de tamaño de las partículas (granulometría del fundente) en la piletta líquida de la soldadura sean relativamente constantes.

5.3.3.4. Escoria retriturada

No se permite la utilización de escoria retriturada.

5.3.4. Alambres macizos y tubulares para procesos semiautomáticos (GMAW/FCAW)

Los alambres y gases de protección para soldadura semiautomática con alambre macizo (**GMAW**) o con alambre tubular (**FCAW**), para utilizar en aceros cuya límite de fluencia especificado sea igual o menor que **415 MPa**, deberán cumplir con los requerimientos de la última edición de la norma IRAM-IAS U500-166 (ANSI/AWS A5.18) o ANSI/AWS A5.20 (hasta tanto se disponga de la norma IRAM correspondiente), según se aplique.

5.3.4.1. Alambres de baja aleación para GMAW

Los alambres y gases de protección para **GMAW** para utilizar en aceros cuya límite de fluencia especificado sea mayor que **415 MPa**, deberán cumplir con los requerimientos de la última edición de la norma ANSI/AWS A5.28, hasta tanto se disponga de la norma IRAM correspondiente.

5.3.4.2. Alambres tubulares de baja aleación para FCAW

Los alambres y gases de protección para **GMAW** para utilizar en aceros cuya límite de fluencia especificado sea mayor que **415 MPa**, deberán cumplir con los requerimientos de la última edición de la norma ANSI/AWS A5.29, hasta tanto se disponga de la norma IRAM correspondiente.

5.3.5. Soldadura por arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa (GTAW)

5.3.5.1. Electrodo de Tungsteno

La corriente de soldadura debe ser compatible con el diámetro y tipo o clasificación del electrodo.

Los electrodos de tungsteno deben cumplir con lo especificado en la última edición de la norma ANSI/AWS A5.12, hasta tanto se disponga de la norma IRAM correspondiente.

5.3.5.2. Metal de aporte

El metal de aporte debe estar de acuerdo con los requerimientos de la última edición de las normas IRAM- IAS U500-166 (ANSI/AWS 5.18) o ANSI/AWS A5.20 (hasta tanto se disponga de la norma IRAM correspondiente), según corresponda.

5.4. PROCESOS DE SOLDADURA POR ELECTROGAS (ESW) Y ELECTROESCORIA (EGW)

5.4.1. Limitaciones del proceso

Los procesos de electrogas y electroescoria no deben ser usados para soldar aceros templados y revenidos ni para soldar componentes estructurales cargados cíclicamente sujetos a esfuerzos de tracción u oposición de esfuerzos.

5.4.2. Estado de alambres y tubos de guía

Los alambres y tubos guías consumibles deben estar secos, limpios y en condiciones adecuadas para el uso.

5.4.3. Condición de provisión y almacenamiento del fundente

Los fundentes para **ESW** deben estar secos y libres de contaminación, suciedad u otros materiales extraños. Todos los fundentes deben ser provistos en envases que puedan ser almacenados, en condiciones normales, durante seis meses como mínimo, sin que este almacenamiento afecte sus características operativas para la soldadura o las propiedades del metal de soldadura. El fundente suministrado en envases dañados deberá ser descartado. El fundente que se ha mojado no deberá ser utilizado. Los fundentes que excedan los seis meses de almacenamiento, que no se encuentren en sus envases originales o sobre los que se tengan dudas de su condición de secado, previo a su utilización, deberán ser resecados en horno a una temperatura mínima de **120 °C** durante una hora o de acuerdo con la indicación específica del fabricante del fundente.

5.4.4. Arranque y final de soldadura

Las soldaduras deben arrancar de tal manera que permitan alcanzar un aporte térmico suficiente para obtener fusión completa del metal de soldadura a las caras del bisel de la junta. Las soldaduras que se interrumpieron en cualquier punto de la junta de soldadura por un período de tiempo suficiente para que la escoria o la pileta líquida de soldadura se haya solidificado, pueden ser recomenzadas y completadas, con tal que la soldadura terminada sea inspeccionada por ensayo de ultrasonido a una distancia igual o mayor que **150 mm** hacia cada lado del nuevo arranque. Salvo que no lo permita la geometría de la junta, también puede ser inspeccionada por ensayo radiográfico. Todas las ubicaciones de los arranques deben quedar registradas.

5.4.5. Pre calentamiento

Debido a la característica de alto aporte de calor de estos procesos, normalmente no se requiere pre calentamiento. Sin embargo, ninguna soldadura se debe realizar cuando la temperatura del metal base esté por debajo de **0° C**.

5.4.6. Reparaciones

Las soldaduras que tengan discontinuidades no aceptables de acuerdo con el criterio establecido en el Capítulo 6 de este Reglamento deben ser reparadas como se indica en el artículo 5.26., utilizando procesos de soldadura calificados, o se deberá remover y reemplazar la totalidad de la soldadura.

5.4.7. Requerimientos para aceros resistentes a la intemperie o patinables

Para aplicaciones de aceros resistentes a la intemperie del tipo ASTM A588, que requieren resistencia a la corrosión y características de coloración similares a las del metal base, la combinación alambre – fundente, debe estar de acuerdo con lo indicado en el Capítulo 4 de este Reglamento. La composición química del metal de aporte debe estar de acuerdo con la Tabla 3.3. del Capítulo 3 de este Reglamento.

5.5. VARIABLES DE LA EPS

Las variables de soldadura deben estar conformes a la **EPS** escrita, (ver el Anexo VI). Cada pasada tendrá fusión completa con el metal base adyacente sin que hayan depresiones o socavación excesiva en la punta de la soldadura. Se debe evitar la excesiva concavidad de las pasadas iniciales para evitar las fisuras en las raíces de las juntas debido a efectos de restricción o embridamiento .

5.6. TEMPERATURAS DE PRECALENTAMIENTO Y ENTRE PASADAS

El metal base debe ser precalentado, si se requiere, a una temperatura igual o mayor que el valor mínimo indicado en la **EPS**, (ver el artículo 3.5. para las limitaciones de **EPS** precalificada y la Tabla 4.5. para limitación de variables esenciales en **EPS** calificadas). Para combinaciones de metales base, el precalentamiento mínimo debe estar basado en el precalentamiento mínimo más alto.

Estas temperaturas de precalentamiento y subsecuentes temperaturas mínimas entre pasadas se deberán mantener durante la operación de soldadura por una distancia igual o mayor que el espesor de la parte soldada de mayor espesor (pero no menor que **75 mm**) en todas las direcciones desde el punto de soldadura.

Los requerimientos de temperatura mínima entre pasadas deben ser considerados de la misma forma que los requerimientos de precalentamiento, salvo que se indique otra cosa en la **EPS**.

Las temperaturas de precalentamiento y entre pasadas deben ser controladas y verificadas previo al inicio del arco para cada pasada.

5.7. CONTROL DE APOORTE DE CALOR PARA ACEROS TEMPLADOS Y REVENIDOS

Cuando se sueldan aceros templados y revenidos, el aporte de calor debe ser limitado en conjunto con las temperaturas de precalentamiento y entre pasada requeridas. Tales consideraciones deben incluir el aporte de calor adicional producido en soldaduras simultáneas a ambos lados de un único elemento estructural. Las limitaciones del proceso deben estar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del acero. No está permitido el repelado con oxígeno en aceros templados y revenidos.

5.8. TRATAMIENTO TÉRMICO DE ALIVIO DE TENSIONES

Cuando así lo requieran los documentos de contrato o las especificaciones, las estructuras soldadas deberán tener tratamiento térmico de alivio de tensiones. Se debe considerar un mecanizado final luego del alivio de tensiones cuando se necesite mantener las tolerancias dimensionales.

5.8.1. Requerimientos

El tratamiento de alivio de tensiones debe estar de acuerdo con los siguientes requerimientos:

- (1) La temperatura inicial del horno deberá ser igual o menor que **300°C**.
- (2) La velocidad de calentamiento en **°C/h** deberá ser igual o menor que **5600** dividido el máximo espesor del metal base, en mm, pero menor que **220 °C/h**. Durante el período de calentamiento, las variaciones en la temperatura a través de las zonas del elemento o parte estructural que está siendo calentada deberán ser iguales o menores que **140° C** dentro de cualquier intervalo de **5000 mm** de largo. No es necesario que las velocidades de calentamiento y enfriamiento sean inferiores a **55 °C/h**. Sin embargo, en todos los casos, la consideración de cámaras cerradas y estructuras complejas, pueden indicar velocidades reducidas de calentamiento y enfriamiento para evitar daños en la estructura debido a gradientes térmicos excesivos.
- (3) Luego de alcanzar la temperatura máxima de tratamiento térmico de **600 °C** en aceros templados y revenidos, o una temperatura media en el rango entre **600** y **650° C** para otros aceros, el tiempo de permanencia de la estructura a la temperatura de tratamiento deberá ser igual o mayor que el especificado en la Tabla 5.2., basado en el espesor de la soldadura. Cuando el alivio de tensiones especificado sea para estabilidad dimensional, el tiempo de permanencia deberá ser igual o mayor que el especificado en la Tabla 5.2., basado en el espesor de la parte estructural más gruesa. Durante el tiempo de permanencia no debe haber una diferencia mayor que **85 °C** entre la mayor y menor temperatura a través de la parte de la estructura que está bajo tratamiento térmico.
- (4) Cuando la temperatura sea mayor que **300° C**, el enfriamiento se deberá realizar en un horno cerrado o en material termo aislante a una velocidad en **°C/h** igual o menor que **5600** dividido el máximo espesor del metal base en mm, pero menor que **260 °C/h**. Desde **315° C**, la estructura puede ser enfriada en aire calmo.

Tabla 5.2. Tiempo mínimo de permanencia según espesor

Tiempo mínimo de permanencia según espesor		
≤ 6 mm	> 6 mm ≤ 50mm	> 50 mm
15 min	15 min por cada 6 mm	2 h más 15 min por cada 25 mm adicional por encima de 50 mm

5.8.2. Tratamiento térmico alternativo

Alternativamente, cuando el tratamiento térmico luego de la soldadura sea impracticable según las limitaciones de temperatura dadas en el artículo 5.8.1., las estructuras soldadas podrán recibir el alivio de tensiones a temperaturas inferiores por períodos de tiempo mayores, según la Tabla 5.3.

Tabla 5.3. Tratamientos térmicos alternativos de alivio de tensiones (ver el artículo 5.8.2.)

Tratamientos térmicos alternativos de alivio de tensiones (ver el artículo 5.8.2.)	
Disminución de la temperatura por debajo de la temperatura mínima especificada	Tiempo mínimo de permanencia a la temperatura de disminución de tratamiento
$\Delta^{\circ}C$	horas / 25 mm de espesor
30	2
60	4
90	10
120	20

5.8.3. Aceros no recomendados para tratamiento térmico de alivio de tensiones

No se recomienda generalmente el alivio de tensiones de construcciones soldadas de aceros de alta resistencia tipo ASTM A514, A517, A709, Grados 100 y 100W, y A710. En caso de ser necesaria una disminución de las tensiones, para aquellas aplicaciones donde la construcción soldada debe mantener la estabilidad dimensional durante el mecanizado, o donde esté involucrada la corrosión por tensión, deberán tenerse en cuenta las posibles consecuencias del tratamiento térmico de alivio de tensiones sobre estos aceros en particular. Los ensayos de impacto han mostrado que el tratamiento térmico puede perjudicar la tenacidad del metal de soldadura y la zona afectada por el calor, y en algunos casos puede ocurrir rotura intergranular en la región de grano grueso de la zona afectada por el calor.

5.9. RESPALDO, GAS DE RESPALDO E INSERTOS

La soldadura con **JPC** se puede realizar con o sin el uso de gas de respaldo, respaldo o insertos consumibles, o pueden tener la raíz de la soldadura repelada o removida por métodos adecuados hasta una profundidad donde se considere el metal de soldadura sano, antes de comenzar la soldadura del segundo lado.

5.10. RESPALDO

Las raíces de soldaduras con bisel o de filete pueden tener como respaldos, cobre, fundente, tira de vidrio, cerámica, polvo (limaduras) de hierro, para evitar fusión a través del espesor. Se pueden sellar también mediante pasadas en la raíz depositadas con

electrodos de bajo hidrógeno, si se usa proceso **SMAW** u otro proceso de soldadura por arco. El respaldo de acero debe estar de acuerdo con los siguientes requerimientos:

5.10.1. Fusión

Las soldaduras con bisel realizadas con respaldo de acero deben tener el metal de soldadura completamente fundido con el respaldo.

5.10.2. Respaldo de largo total

El respaldo de acero debe ser realizado en forma continua para el largo total de la soldadura. Todas las juntas con respaldo de acero deben ser soldaduras con **JPC** que alcancen los requerimientos del Capítulo 5 de este Reglamento.

5.10.3. Espesor del respaldo

El espesor mínimo sugerido para chapas o planchuelas de respaldo, con tal que los respaldos tengan el espesor suficiente para prevenir la fusión a través de ellos, es el siguiente:

Proceso	Espesor mínimo en mm
GTAW	3
SMAW	5
GMAW	6
FCAW – S	6
FCAW – G	10
SAW	10

5.10.4. Uniones no tubulares cargadas cíclicamente

Para estructuras cargadas cíclicamente, los respaldos de aceros 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.

5.10.4.1. Respaldo fijado en forma externa

Cuando el respaldo de acero de soldaduras longitudinales en estructuras cargadas cíclicamente sea fijado en forma exterior al metal base mediante soldadura, dicha soldadura deberá ser continua en todo el largo del respaldo.

5.10.5. Uniones cargadas en forma estática

Los respaldos de acero para soldaduras en estructuras cargadas estáticamente (tubulares y no tubulares) no necesitarán ser soldados en el largo total ni removidos, salvo que lo especifique el Ingeniero responsable.

5.11. 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 Capítulo 5 del Reglamento.

5.12. CONDICIONES AMBIENTALES PARA LA UTILIZACIÓN DE SOLDADURA

5.12.1. Velocidad máxima del viento

Los procesos **GMAW**, **GTAW**, **EGW**, **FCAW-G** no se deben realizar en presencia de ráfagas o viento salvo que la soldadura esté protegida por un reparo. Tal reparo se debe realizar 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**.

5.12.2. Mínima temperatura ambiente

No se deberá realizar la soldadura bajo las siguientes condiciones:

- (1) cuando la temperatura ambiente sea menor que **-18 °C**.
- (2) cuando el metal base se encuentre húmedo o expuesto a lluvia o nieve.
- (3) cuando el personal de soldadura se encuentre expuesto a condiciones inclementes.

Nota: El valor **-18 °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 °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 °C**.

5.13. 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, excepto lo permitido en la Tabla 6.1. La ubicación de las soldaduras no deberá ser cambiada sin la aprobación del Ingeniero responsable.

5.14. TAMAÑO MINIMO DE LA SOLDADURA DE FILETE

El tamaño mínimo de la soldadura de filete, excepto en soldaduras de filete usadas para reforzar soldaduras con bisel, deberá ser el indicado en la Tabla 2.1. En ambos casos el tamaño mínimo se aplicará si es suficiente para satisfacer los requerimientos de diseño.

5.15. 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 laminillo, escamas, óxido

suelto o agarrado, escoria, herrumbre, humedad, aceite, grasa y otros materiales extraños que impidan una soldadura apropiada o produzcan emisiones perjudiciales para el personal y el medio ambiente. El laminillo de laminación que puede soportar un vigoroso cepillado de alambre, una cubierta delgada de inhibidor de la oxidación o un compuesto antisalpicaduras, pueden permanecer con la siguiente excepción: para vigas armadas, en estructuras cargadas cíclicamente, se deberá eliminar todo el laminillo de las superficies donde se realizarán las soldaduras entre el ala y el alma de la viga.

5.15.1. Discontinuidades originadas en el proceso de laminación

Los límites de aceptabilidad y la reparación de discontinuidades de materiales laminados, observados visualmente, deberán ser los indicados en la Tabla 5.4. 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. Se podrá hacer la remoción de la discontinuidad desde cualquiera de las superficies del metal base. El largo de la soldadura agregada por reparación deberá ser menor o igual que el **20 %** del largo de la chapa que está siendo reparada, salvo aprobación previa del Ingeniero responsable.

Tabla 5.4. Límites de aceptabilidad y reparación de discontinuidades laminares producidas por proceso de laminación (ver el artículo 5.15.1.)

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 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 el artículo 5.15.1.1.

(*) Se debe evaluar 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**, todas las discontinuidades mayores que **25 mm** en el largo remanente del material deberán ser también evaluadas por amolado 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.

5.15.1.1. Criterio de aceptación

Para discontinuidades con largos mayores que **25 mm** y profundidad detectada, se deberá cumplir con el siguiente instructivo:

- (1) Donde se observen discontinuidades tales como **W**, **X**, **Y** o **Z** 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 se deberá determinar como el área de pérdida total de la reflexión de fondo, cuando se ensaye según el procedimiento de la norma ASTM A435.

- (2) Para aceptación de discontinuidades tales como **W**, **X**, **Y** o **Z** el área de la discontinuidad (o área agregada de discontinuidades múltiples) deberá ser menor o igual que el **4 %** del área del material (largo por ancho) con la siguiente excepción: si el largo de la discontinuidad o el ancho agregado de las discontinuidades en cualquier sección transversal, medida en forma perpendicular al largo del material, resulta mayor que el **20 %** del espesor de dicho material, el **4 %** del área del material deberá ser reducida por el porcentaje de espesor que excede el **20 %**. (Por ejemplo, si una discontinuidad es del **30 %** del espesor del material, el área de la discontinuidad no podrá ser mayor o igual que el **3,6 %** del área del material). La discontinuidad en la superficie transversal del material deberá ser removida a una profundidad de **25 mm** más allá de su intersección con la superficie del mismo por repelado, amolado u otro método adecuado y terminado por soldadura mediante un proceso de bajo hidrógeno en cordones con espesores menores o iguales que **3 mm**, por lo menos para los cuatro primeros cordones.

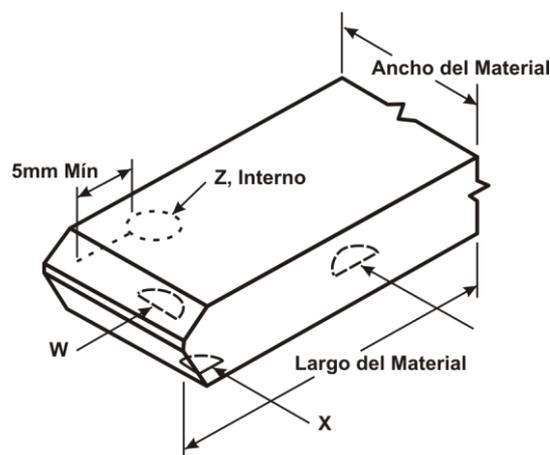


Figura 5.1. Discontinuidades en extremos o bordes de materiales cortados.

- (3) Cuando se detecte una discontinuidad **Z** que no exceda el área admisible indicada en el artículo 5.15.1.1.(2), luego de que la junta sea completada y se determine 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 requerirá 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 en el artículo 5.15.1.1.(2), el material deberá ser rechazado y reemplazado. La eventual reparación quedará a criterio del Ingeniero responsable.

5.15.1.2. Reparación

En la reparación y determinación de los límites de las discontinuidades generadas por laminación y observadas visualmente, la cantidad de metal removido deberá ser el mínimo necesario para eliminar la discontinuidad o para determinar los límites de ésta y evaluarlos

de acuerdo con la Tabla 5.4. Sin embargo, si se requiere reparación de la soldadura, se deberá eliminar suficiente metal base para dar acceso a la soldadura. Todas las reparaciones soldadas de discontinuidades deberán hacerse según el siguiente procedimiento:

- (1) Preparación adecuada del área a reparar.
- (2) Soldadura con un proceso de bajo hidrógeno siguiendo las indicaciones de este Reglamento.
- (3) Amolado de la soldadura para obtener una superficie terminada de la reparación suave y al ras (ver el artículo 5.24.4.1.) con el metal base adyacente.

Nota: Los requerimientos del artículo 5.15.1.2. pueden no ser adecuados en casos de cargas de tracción aplicadas a través del espesor del material.

5.15.2. Preparación de la junta

Para la preparación de la junta se puede utilizar mecanizado, corte térmico, repelado, amolado u otro medio adecuado para remover una soldadura rechazada o discontinuidades del metal base inaceptables. El proceso de corte con oxígeno no se deberá utilizar en aceros templados y revenidos, normalizados y de laminado termo controlado.

5.15.3. Ajuste del material

Para estructuras con cargas cíclicas, el material de mayor espesor que el especificado en la siguiente lista deberá ser ajustado, según se requiera, para producir un borde de bisel de soldadura satisfactorio que deberá soportar la tensión calculada:

- (1) Material cizallado de espesor mayor que **12 mm**.
- (2) Extremos laminados de chapas (distintos de chapas universales laminadas) de espesor mayor que **10 mm**.
- (3) Puntas de ángulos o perfiles laminados (distintos de las secciones de ala ancha) de espesor mayor que **16 mm**.
- (4) Chapas de laminador universal o extremos de las alas de perfiles de sección de ala ancha de espesor mayor que **25 mm**.
- (5) La preparación para juntas a tope deberá ser realizada de acuerdo con los requerimientos de los planos de detalles.

5.15.4. Procesos de corte térmico

El corte por arco eléctrico, procesos de repelado y procesos de oxicorte son reconocidos por este Reglamento para ser usados en preparación, corte, o ajuste de materiales. El uso de estos procesos se debe realizar de acuerdo con los requerimientos aplicables de este Capítulo 5.

5.15.4.1. Otros procesos

Se pueden usar otros procesos de corte térmico bajo este Reglamento, siempre que el Contratista demuestre al Ingeniero responsable la idoneidad para usar satisfactoriamente el proceso.

5.15.4.2. Exactitud del perfil

El metal base y el metal de soldadura puede ser cortado por corte térmico, siempre que se asegure una superficie lisa y regular, libre de fisuras y entallas. Se deberá asegurar un perfil preciso mediante el uso de una guía mecánica. Para estructuras cargadas cíclicamente el corte térmico manual sólo se podrá aplicar cuando esté aprobado por el Ingeniero responsable.

5.15.4.3. Requerimientos de rugosidad

En corte térmico, el equipo debe ser ajustado y manipulado de manera de evitar el corte más allá de las líneas prescriptas. La rugosidad de las superficies cortadas deberá ser menor o igual que **25 μm** , para materiales con espesores menores que **100 mm** y **50 μm** 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 o AWS C4.1-77.

5.15.4.4. Limitaciones de muesca o entalla

La rugosidad que exceda de los valores indicados en el artículo 5.15.4.3. y las entallas o muescas menores o iguales que **5 mm** de profundidad, deberán ser removidas por mecanizado o amolado. Las entallas o muescas mayores que **5 mm** de profundidad podrán ser reparadas por amolado si el área de la sección transversal no se reduce en más de un **2 %**. Las superficies amoladas o mecanizadas deberán tener continuidad sobre la superficie original con una inclinación cuya pendiente sea menor o igual que uno en diez. Las superficies de corte y bordes adyacentes deben quedar libres de escoria. En las superficies del corte térmico, las entallas o muescas ocasionales o acanaladuras, pueden, con la aprobación del Ingeniero responsable, ser reparadas por soldadura.

5.16. ESQUINAS ENTRANTES

Las esquinas entrantes del material de corte deben ser preformadas para proveer una transición gradual con un radio mayor que **25 mm**. Las superficies adyacentes deben alcanzar sin suplemento o recortes, el punto de tangencia. Las esquinas entrantes pueden realizarse por corte térmico, seguidas por amolado, cuando sea necesario alcanzar los requerimientos de terminación superficial especificados en el artículo 5.14.4.3.

5.17. RECORTES EN VIGAS Y ORIFICIOS PARA ACCESO DE SOLDADURA

El radio de los recortes en vigas y orificios de acceso de soldadura debe proveer una transición suave, libre de entallas y esquinas o bordes agudos, no interrumpiendo los puntos de tangencia entre superficies adyacentes y debe alcanzar los requerimientos de terminación superficial establecidos en el artículo 5.15.4.3.

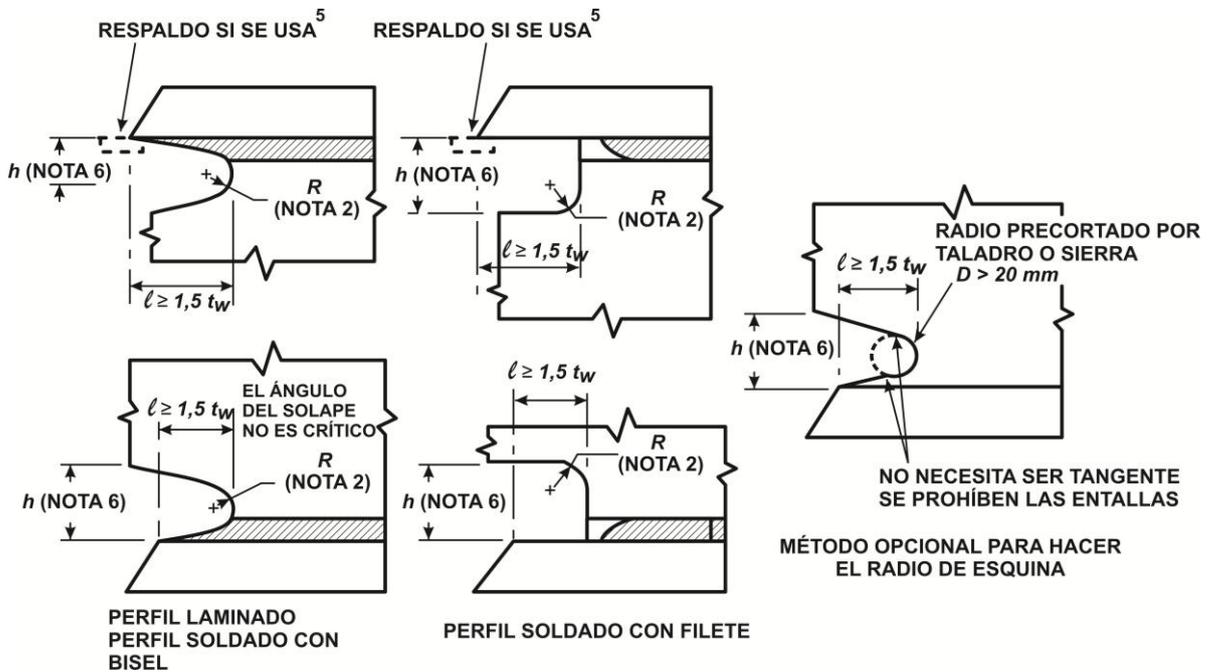
5.17.1. Dimensiones de los orificios de acceso

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 del material en el que se hace el orificio. La altura (***h***) del agujero de acceso debe ser adecuada para la deposición de material sano en las chapas adyacentes y proveer el espacio para prolongadores de soldadura en el material en el que se realiza el orificio, pero deberá ser mayor que el espesor del material.

En perfiles laminados en caliente 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 (ver la Figura 5.2.).

5.17.2. Perfiles pesados

Tanto para los perfiles pesados IRAM o tipo ASTM A6, Grupos 4 y 5 como para los perfiles compuestos, con el espesor del material del alma mayor que **40 mm**, las superficies de los recortes en vigas y orificios de acceso de soldadura cortadas térmicamente deberán ser amoladas e inspeccionados tanto por partículas magnetizables (**PM**) o métodos de tintas penetrantes (**LP**). Si la parte curva de la transición de las formas o recortes en vigas y orificios de acceso de soldadura están formados por orificios previamente taladrados o aserrados, esa porción de orificio de acceso o recorte, no necesita ser amolada. Los orificios de acceso o recortes de viga en otros perfiles no necesitarán ser amolados ni inspeccionados por **PM** o **LP**.



Notas:

- (1) Para los perfiles tipo IRAM-IAS o ASTM A6 Grupos 4 y 5 y perfiles compuestos o armados con espesores del alma mayor que **40 mm**, precalentar hasta **65° C** previo al corte térmico, amolar e inspeccionar los bordes cortados térmicamente de orificios de acceso usando **PM** o **LP** previo a realizar las soldaduras con bisel para unir el alma con el ala.
- (2) El radio debe proveer una transición suave y libre de entalla; $R \geq 9 \text{ mm}$ (típico **12 mm**).
- (3) Apertura de acceso realizada luego de la soldadura entre alma y ala.
- (4) Apertura de acceso realizada antes de la soldadura entre alma y ala. La soldadura no retornada a través de la abertura.
- (5) Estos son detalles típicos para juntas soldadas de un solo lado contra el respaldo de acero. Se deben considerar diseños de junta alternativos.
- (6) $h_{min} = 20 \text{ mm}$ o t_w (espesor del alma), la que sea mayor.

Figura 5.2. Geometría del orificio de acceso de soldadura.

5.18. SOLDADURA TEMPORARIA Y DE PUNTEO

5.18.1. Soldaduras temporarias

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

Para uniones no tubulares cargadas cíclicamente, no deberán haber soldaduras temporarias en zonas bajo tensiones de tracción para elementos estructurales de aceros templados y revenidos, excepto en ubicaciones mayores que $1/6$ de la profundidad del alma de la viga desde el ala sometida a tracción en vigas laminadas o vigas armadas. Las soldaduras temporarias en otras ubicaciones deberán estar indicadas en los planos de taller.

5.18.2. Requerimientos generales de las soldaduras de punteo

Las soldaduras de punteo deberán estar sujetas a los mismos requerimientos de las soldaduras finales, con las siguientes excepciones:

- (1) El precalentamiento no será obligatorio para soldaduras de punteo de pasada única que sean refundidas e incorporadas dentro de soldaduras continuas de arco sumergido.
- (2) Las discontinuidades tales como socavación, cráteres sin llenar y porosidad podrán no ser removidas antes de la soldadura final por arco sumergido.

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

5.18.2.2. Requerimientos adicionales para soldaduras de punteo permanentes en soldaduras de arco sumergido

Las soldaduras de punteo en la forma de soldaduras de filete con tamaños menores o iguales que **10 mm** así como en las raíces de las juntas que requieran una penetración específica en la raíz, no deberán producir cambios objetables en la apariencia de la superficie de la soldadura o tener como consecuencia una penetración menor. Las soldaduras de punteo que no estén de acuerdo con los requerimientos del proceso deberán ser quitadas o reducidas en su tamaño por algún método adecuado antes de soldar. Las soldaduras de punteo en la raíz de una junta que tenga un respaldo de acero con espesor menor que **8 mm** deberán ser eliminadas o se harán continuas en todo el largo de la junta usando **SMAW**, con electrodos de bajo hidrógeno, **GMAW** o **FCAW-G**.

5.18.2.3. Soldaduras de punteo no permanentes

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

5.19. COMBA O PREDEFORMACION EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES COMPUESTOS O ARMADOS

5.19.1. Comba

Los bordes de las vigas compuestas y vigas armadas, deberán ser cortados con una comba o predeformación especificada, con tolerancia adecuada para contrarrestar las contracciones debido al corte y a la soldadura. De todas maneras, una variación moderada de la tolerancia en la comba especificada podrá ser corregida mediante una cuidadosa aplicación de calor.

5.19.2. Corrección

La corrección de errores en la comba cuando se utilicen aceros templados y revenidos se deberá hacer con la aprobación previa del Ingeniero responsable.

5.20. EMPALMES EN ESTRUCTURAS CARGADAS CICLICAMENTE

Los empalmes entre secciones de vigas laminadas así como los correspondientes a vigas armadas o compuestas, deberán ser preferentemente en un único plano transversal. Los empalmes en taller de almas y alas de vigas armadas o construidas, realizados antes que las almas y alas sean unidas unas a otras, podrán estar ubicadas en un único plano transversal o en múltiples planos transversales, pero se deberán aplicar las previsiones relacionadas con tensión de fatiga de las especificaciones generales.

5.21. CONTROL DE DISTORSION Y CONTRACCIONES

5.21.1. Procedimiento y secuencia

En el ensamble y unión de partes de una estructura o elementos estructurales compuestos y al soldar partes de refuerzo a los componentes, el procedimiento y secuencia deberán ser tales que minimicen las distorsiones y contracciones.

5.21.2. 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.

5.21.3. Responsabilidad del contratista

El Contratista deberá preparar una secuencia de soldadura para el elemento estructural a ser unido, tal que, en conjunto con las **EPS** y con 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.

5.21.4. Progresión de la soldadura

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

5.21.5. Restricciones minimizadas

En los montajes, las juntas que se esperan tengan una contracción significativa deberán normalmente ser soldadas antes que las juntas tengan una menor contracción. Deberán ser soldadas con la menor restricción posible.

5.21.6. Empalmes

Todos los empalmes efectuados en taller y soldados en cada parte componente de una viga con chapa de cobertura o elemento compuesto se deberán realizar antes que la parte componente sea soldada a otras correspondientes a elementos estructurales. Las vigas armadas largas o secciones de vigas armadas deberán ser fabricadas en subconjuntos, cada uno realizado de acuerdo con el artículo 5.21.

Cuando se efectúen los empalmes de los subconjuntos, tanto en el taller como en obra, la secuencia de soldadura deberá ser razonablemente balanceada entre las soldaduras de alma y ala como también en relación con los ejes mayor y menor del elemento estructural.

5.21.7. Limitaciones de temperatura

Cuando sea necesario ejecutar soldaduras en condiciones de severa restricción externa por contracción, una vez que la soldadura comenzó, no se deberá permitir un enfriamiento de la junta por debajo de la temperatura mínima especificada de precalentamiento hasta que la junta haya sido completada o se haya depositado suficiente metal de soldadura para asegurar la ausencia de fisuras.

5.22. TOLERANCIAS EN LAS DIMENSIONES DE LA JUNTA

5.22.1. 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.

5.22.1.1. Superficie de contacto

La separación de las superficies de empalme en soldaduras de botón (tapón), ranura (ojal) y de juntas a tope con respaldo deberá ser menor o igual que **2 mm**. Cuando las irregularidades en los perfiles laminados, que ocurren luego del enderezado, no permitan el contacto dentro de esos límites, se deberá aplicar el procedimiento necesario para poner el material dentro de tales límites. Esta operación deberá estar sujeta a la aprobación del Ingeniero responsable. Está prohibido el uso de suplementos para relleno, excepto lo especificado en los planos o según esté especialmente aprobado por el Ingeniero responsable y de acuerdo con lo indicado en el Capítulo 2 de este Reglamento.

5.22.2. Unión soldada con JPP

Las partes unidas por soldadura con **JPP** paralelas a lo largo del elemento estructural deberán ser colocadas en un contacto tan cercano como sea posible. La abertura de raíz entre las partes 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 y la soldadura final alcance los requerimientos de tamaño especificados.

5.22.3. Alineación de la junta a tope

Las partes a ser unidas en juntas a tope deberán estar cuidadosamente alineadas. Donde las partes estén restringidas efectivamente contra la flexión debido a la excentricidad en la alineación, se permitirá una desalineación menor o igual 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 se deberán llevar a una inclinación menor o igual que **12 mm** en **300 mm**. La medición de la desalineación se deberá realizar entre las líneas de centros de las partes, salvo que se muestre otra indicación en los planos.

5.22.3.1. Alineación de la soldadura circunferencial en estructuras tubulares

Las partes colindantes a ser unidas mediante soldaduras circunferenciales deberán ser cuidadosamente alineadas. La mínima distancia entre dos soldaduras circunferenciales deberá ser mayor o igual que un diámetro de tubo o caño a unir, ó **1000 mm**; de ambos el valor que resulte menor. No se deberán ubicar más que dos soldaduras circunferenciales en intervalos de **3000 mm** de tubo o caño, excepto lo que se pueda acordar contractualmente. La desalineación radial de bordes colindantes de soldaduras circunferenciales será menor o igual que **0,2 t** (donde **t** es el espesor de la parte de menor espesor) y el máximo permisible deberá ser **6 mm**, con tal que cualquier desalineación mayor que **3 mm** se suelde de ambos lados. Sin embargo, con la aprobación del Ingeniero responsable se podrá admitir una desalineación de **0,3 t** con un máximo de **10 mm**, con tal que la zona de desalineación sea menor o igual que **0,8 t** de largo. Se deberá agregar metal de aporte a esa zona para dar una transición con pendiente de **4 a 1**. Las desalineaciones mayores se deberán corregir de acuerdo con el artículo 5.22.3. Las soldaduras longitudinales de secciones adyacentes deberán estar ubicadas en un ángulo de referencia sobre la sección transversal mayor o igual que **90°**.

5.22.4. Dimensiones del bisel

5.22.4.1. Variaciones de la sección transversal en estructuras no tubulares

Con la excepción de la soldadura por electroescoria y electrogas, o con la excepción especificada en el artículo 5.22.4.3. para las aberturas de raíz en exceso, respecto de aquellas permitidas en la Figura 5.3., las dimensiones de la sección transversal de las juntas soldadas con bisel que varían de aquellas mostradas en los esquemas de detalle por encima de las tolerancias deberán ser consultadas al Ingeniero responsable para su aprobación o corrección.

5.22.4.2. Variaciones de la sección transversal en estructuras tubulares

Las variaciones de dimensión de la sección transversal de juntas soldadas con bisel, mostradas en los esquemas de detalle, deberán estar de acuerdo con el artículo 5.22.4.1. excepto en los siguientes casos :

- (1) Las tolerancias para uniones **T**, **Y**, y **K**, están incluidas en los rangos dados en el artículo 3.13.4.
- (2) Las tolerancias especificadas en la Tabla 5.5 se aplican a soldadura tubular de bisel con **JPC**, realizada de un solo lado, sin respaldo.

5.22.4.3. Corrección

Las aberturas de raíz mayores que las permitidas en el artículo 5.22.4.3., pero menores o iguales que **dos veces** el espesor de la parte de menor espesor o **20 mm**, lo que sea menor, podrán ser corregidas mediante soldadura hasta obtener las dimensiones aceptables previo a unir las partes por soldadura.

5.22.4.4. Aprobación del Ingeniero responsable

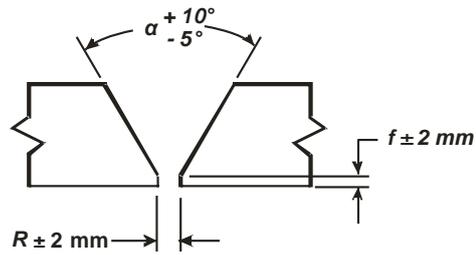
Las aberturas de raíz mayores que las permitidas en el artículo 5.22.4.3. pueden ser corregidas por soldadura sólo con la aprobación del Ingeniero responsable .

5.22.5. Biseles con métodos de repelado y corte

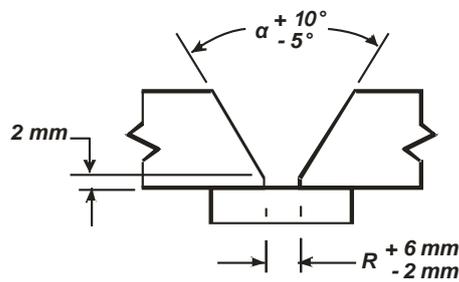
Los biseles producidos por medio de electrodos para repelado y corte deberán estar de acuerdo con las dimensiones del perfil de bisel según lo especificado en las Figuras 3.3. y 3.4. así como lo descrito en los artículos 3.12.3. y 3.13.1. En todos los casos se deberá mantener un acceso adecuado a la raíz.

5.22.6. Métodos de alineación

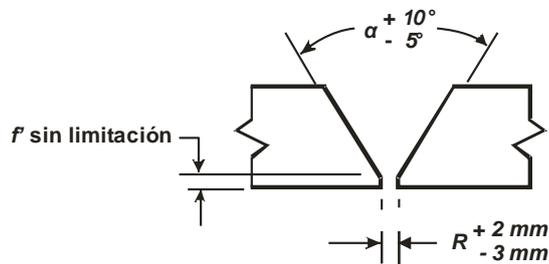
Los elementos a ser soldados deberán ser colocados en correcta alineación y ser mantenidos en posición por medio de pernos, cuñas, tensores, puntales y otros dispositivos adecuados de fijación o por soldaduras de punteo hasta que la soldadura sea terminada. Se deberán hacer las consideraciones adecuadas por alabeos, combas y contracciones.



(A) SOLDADURA CON BISEL SIN RESPALDO SIN REPELADO DE RAÍZ



(B) SOLDADURA CON BISEL CON RESPALDO - SIN REPELADO DE RAÍZ



(C) SOLDADURA CON BISEL SIN RESPALDO - CON REPELADO DE RAÍZ

	Raíz no repeleada (*)	Raíz repeleada
	mm	mm
(1) Talón de la junta	± 2	No limitado
(2) Abertura de raíz en juntas sin respaldo	± 2	+2 - 3
Abertura de raíz en juntas con respaldo	+ 6 - 2	No aplicable
(3) Angulo del bisel de la junta	+10° -5°	+10° -5°
(*) Ver el artículo 5.22.4.2. para las tolerancias de soldadura tubular con JPC de un solo lado sin respaldo.		

Figura 5.3. Tolerancias en la construcción de juntas soldadas con bisel en forma manual (ver el artículo 5.22.4.1).

5.23. TOLERANCIAS DIMENSIONALES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES SOLDADOS

5.23.1. Rectitud de columnas y vigas armadas

Para columnas soldadas y vigas armadas principales, sin tener en cuenta la sección transversal, la variación de rectitud admisible será:

- Para largo $< 10\ 000\ \text{mm}$ (10 m) = $1\ \text{mm} \times \text{largo total de viga (m)}$
- Para largo $\geq 10\ 000\ \text{mm}$ (10 m) y $\leq 15\ 000\ \text{mm}$ (15 m) = $10\ \text{mm}$
- Para largo $> 15\ 000\ \text{mm}$ (15 m) = $10\ \text{mm} + 3\ \text{mm} \frac{\text{N}^\circ \text{ de m de largo total} - 15}{3}$

5.23.2. Rectitud de vigas y vigas armadas (sin comba especificada)

La variación de rectitud admisible será:

$$1\ \text{mm} \times \text{largo total de viga (m)}$$

5.23.3. Comba de vigas y vigas armadas

Para las vigas laminadas o armadas (con la excepción de aquellas que tienen el ala superior empotrada en hormigón sin el diseño de un riñón de hormigón), sin tener en cuenta la sección transversal, la variación admisible de la comba o alabeo en armados o subconjuntos de taller (para empalmes en obra) será:

- a la mitad del tramo: $-0,00 + 40\ \text{mm}$ para tramos $\geq 30\ 000\ \text{mm}$ (30 m)
 $-0,00 + 20\ \text{mm}$ para tramos $< 30\ 000\ \text{mm}$ (30 m)
- en los soportes: 0 para el extremo de los soportes
 $\pm 3\ \text{mm}$ (para los soportes internos)
- en puntos intermedios: $-0,00 + \frac{4(a)b(1-a/S)}{S}$

siendo:

- a** la distancia, en metros, del punto de inspección al soporte más cercano.
- S** el largo del tramo, en metros.
- b** igual a 40 mm para tramos $\geq 30\ \text{m}$.
- b** igual a 20 mm para tramos $< 30\ \text{m}$.

5.23.4. Comba de vigas y vigas armadas (diseñadas sin un riñón de hormigón)

Para componentes que tienen el ala superior empotrada en hormigón, diseñadas sin un riñón de hormigón, la variación admisible de la comba o alabeo en ensambles o subconjuntos de taller (para empalmes de obra) será:

- a la mitad del tramo: $-0,00 +20 \text{ mm para tramos } \geq 30 \text{ 000 mm (30 m)}$
 $-0,00 +10 \text{ mm para tramos } < 30 \text{ 000 mm (30 m)}$
- en los soportes: $0 \text{ para el extremo de los soportes}$
 $\pm 3 \text{ mm para los soportes internos}$
- en puntos intermedios: $-0,00 + \frac{4(a)b(1-a/S)}{S}$

siendo:

b igual a 20 mm para tramos ≥ 30 m.

b igual a 10 mm para tramos < 30 m.

Ver la Tabla 5.7. para valores tabulados.

Sin tener en cuenta como se muestra la comba o alabeo en los planos de detalles, la convención de signos es más (+) arriba, y menos (-) abajo, del perfil de la comba detallado. Esta convención se aplica también a un elemento individual cuando no se requieren empalmes de campo o montajes de taller. La medición de la comba se deberá hacer en la condición sin carga aplicada.

5.23.5. Curvatura de vigas

La variación permitida de la rectitud o curvatura especificada en el punto medio será:

$$\pm 1 \text{ mm } \times \text{ largo total de la viga (m)}$$

con tal que el elemento estructural tenga suficiente flexibilidad lateral para permitir la fijación de rigidizadores, pórticos transversales, arriostramientos laterales, etc., sin dañar los componentes de la estructura o sus fijaciones.

Tabla 5.5. Tolerancias de abertura de raíz en elementos tubulares (ver el artículo 5.22.4.2.)

	Talón de la Junta	Abertura de raíz de juntas sin respaldo de acero	Ángulo del bisel de junta
	mm	mm	grados
SMAW	± 2	± 2	±5
GMAW	± 1	± 2	±5
FCAW	± 2	± 2	±5

Nota: Las aberturas de raíz mayores que las permitidas por las tolerancias indicadas en esta Tabla, pero no mayores que el espesor de la parte de menor espesor, pueden ser llevada por soldadura hasta dimensiones adecuadas previamente a unir las partes con soldadura.

Tabla 5.6. Tolerancias de comba o alabeo para vigas armadas

Tolerancias de comba o alabeo para vigas armadas					
(mm)					
a/S Tramo	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
≥ 30m	14	25	34	38	40
< 30m	7	13	17	19	20

Tabla 5.7. Tolerancias de comba o alabeo para vigas y vigas armadas sin un riñón de hormigón diseñado

Tolerancias de comba o alabeo para vigas y vigas armadas sin un riñón de hormigón diseñado					
(mm)					
a/S Tramo	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
≥ 30m	7	13	17	19	20
< 30m	4	6	8	10	10

5.23.6. Variación de planitud en el alma de vigas

5.23.6.1. Mediciones

Las variaciones de planitud de las almas de vigas serán determinadas midiendo la desalineación de la línea de centros reales de la viga a un borde recto cuyo largo sea mayor que la menor dimensión del panel y esté ubicado en un plano paralelo al plano nominal de la viga. Las mediciones se deberán realizar antes de la construcción.

5.23.6.2. Estructuras no tubulares cargadas estáticamente

Las variaciones de la planitud en almas de vigas que tienen una profundidad o altura, D , y un espesor, t , en paneles confinados por rigidizadores o alas, o ambos, cuya menor dimensión de panel sea d (ver Figura Anexo IIa), no deberán exceder los siguientes valores:

- **Rigidizadores intermedios a ambos lados de la viga:**
donde $D/t < 150$, la variación máxima = $d/100$
donde $D/t \geq 150$, la variación máxima = $d/80$
- **Rigidizadores intermedios a un solo lado de la viga:**
donde $D/t < 100$, la variación máxima = $d/100$
donde $D/t \geq 100$, la variación máxima = $d/67$
- **Ningún rigidizador intermedio:**
donde $D/t \geq 100$, la variación máxima = $d/150$
(Ver el Anexo IIa para valores tabulados)

5.23.6.3. Estructuras no tubulares cargadas cíclicamente

Las variaciones de la planitud en vigas que tienen una profundidad D , y un espesor t , en paneles confinados por rigidizadores o alas, o ambos, cuya menor dimensión de panel sea d , no deberán exceder los siguientes valores:

- **Rigidizadores intermedios a ambos lados de la viga:**
 - Interiores vigas armadas:
donde $D/t < 150$ – la variación máxima = $d/115$
donde $D/t \geq 150$ – la variación máxima = $d/92$
 - Cara o faja externa de vigas armadas:
donde $D/t < 150$ – la variación máxima = $d/130$
donde $D/t \geq 150$ – la variación máxima = $d/105$
- **Rigidizadores intermedios a un solo lado de la viga:**
 - Interiores vigas armadas:
donde $D/t < 100$ – la variación máxima = $d/100$
donde $D/t \geq 100$ – la variación máxima = $d/67$
 - Cara o faja externa de vigas armadas:
donde $D/t < 100$ – la variación máxima = $d/120$
donde $D/t \geq 100$ – la variación máxima = $d/80$
- **Ningún rigidizador intermedio – variación máxima = $d/150$**

(Ver Anexo IIb para valores tabulados)

5.23.6.4. Distorsión excesiva

Las distorsiones en vigas del doble de las tolerancias especificadas en los artículos 5.23.6.2. ó 5.23.6.3. serán satisfactorias cuando ocurran en el extremo de una viga armada que ha sido perforada o punzonada y fresada, tanto durante el armado o el calentamiento para un empalme abulonado en obra; previendo que, cuando las chapas de empalme sean abulonadas, la viga alcance las tolerancias dimensionales adecuadas.

5.23.6.5. Consideración arquitectónica

Si las consideraciones arquitectónicas requieren tolerancias más restrictivas que las descritas en los artículo 5.23.6.2. ó 5.23.6.3., las referencias específicas deberán ser incluidas en los documentos del contrato.

5.23.7. Variación entre las líneas de centros de alma y alas de vigas

Para elementos superpuestos *H* o *I*, la variación permitida entre la línea de centros del alma y la línea de centros del ala en las superficies de contacto será de **6 mm**.

5.23.8. Inclinação y alabeo del ala

Para vigas soldadas o vigas armadas, el alabeo e inclinación combinadas del ala de la viga se podrán determinar midiendo la desalineación en la punta del ala, desde una línea normal al plano del alma hasta la intersección de la línea de centros del alma con la superficie externa de la chapa del ala. Esta desalineación no deberá exceder el **1 %** del ancho total del ala o **6 mm**, la mayor de ambas, excepto que las juntas a tope soldadas de partes colindantes deberán cumplir los requerimientos del artículo 5.22.3.

5.23.9. Variación de la profundidad o altura

Para vigas soldadas o vigas armadas, la variación máxima admisible de la profundidad especificada medida en la línea de centros del alma será:

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

5.23.10. Apoyos en puntos de carga

Los extremos de apoyo de refuerzos deberán estar en escuadra con el alma y tendrán al menos **75 %** del área transversal de la sección del refuerzo en contacto con la superficie interna de las alas. La superficie exterior de las alas cuando apoyan sobre una base o asiento deberán ajustarse dentro de los **0,25 mm** para el **75 %** del área proyectada del alma y refuerzos y no más que **1 mm** para el **25 %** restante del área proyectada. Las vigas armadas sin rigidizadores deberán apoyarse en el área proyectada del alma en la superficie exterior del ala dentro de **0,25 mm** y el ángulo incluido entre el alma y el ala no debe exceder **90°** en el largo del apoyo.

5.23.11. Tolerancias en rigidizadores

5.23.11.1. Ajuste de rigidizadores intermedios

Donde se especifica un ajuste estrecho en rigidizadores intermedios, se deberán definir admitiendo una luz de hasta **2 mm** entre el rigidizador y el ala.

5.23.11.2. Rectitud de rigidizadores intermedios

La variación de rectitud de rigidizadores intermedios deberá ser menor o igual que **12 mm** para vigas armadas de alturas menores o iguales que **2000 mm** y **20 mm** para vigas armadas con alturas mayores que **2000 mm**, con la debida consideración de componentes que van dentro de ellos (cuadernas, costillas).

5.23.11.3. Rectitud y ubicación de rigidizadores de apoyo

La variación de rectitud de rigidizadores de apoyo deberá ser menor o igual que **6 mm** para una profundidad menor o igual que **2000 mm** y de **12 mm** para una profundidad mayor que **2000 mm**. La línea de centros real de un rigidizador deberá estar dentro del espesor del rigidizador medido en la ubicación teórica de la línea de centros.

5.23.11.4. Otras tolerancias dimensionales

El alabeo de elementos estructurales de sección rectangular y otras tolerancias dimensionales no cubiertas por el artículo 5.23. deberán ser determinadas individualmente y acordadas en forma conjunta por el contratista y el comitente teniendo en cuenta apropiadamente los requerimientos de construcción.

5.24. PERFILES DE SOLDADURA

Todas las soldaduras, con excepción de lo permitido en este Capítulo 5, deberán estar libres de fisuras, solapes y las discontinuidades de perfil inaceptables que se muestran en la Figura 5.4.

5.24.1. Soldadura de filete

Las caras de las soldaduras de filete podrán ser suavemente convexas, planas, o suavemente cóncavas como se muestra en la Figura 5.4. La Figura 5.4.(C) muestra perfiles de soldadura de filete típicamente inaceptables.

5.24.2. 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 5.4. no se aplicarán a los extremos de soldaduras discontinuas fuera de su largo efectivo.

5.24.3. Convexidad

Excepto en soldaduras del lado exterior en juntas en **L** o de esquina, la convexidad **C** de una soldadura en la superficie no deberá exceder los valores dados en la Figura 5.4.

5.24.4. 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 deberá 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 5.4.(D) muestra perfiles de soldadura en juntas con bisel a tope típicamente aceptables. La Figura 5.4.(E) muestra perfiles de soldadura en juntas con bisel a tope típicamente no aceptables.

5.24.4.1. 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** ó **5 %** del espesor del material, el que sea menor. Los refuerzos que permanezcan no deberán exceder **1 mm** 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 con áreas de transición libres de socavaciones.

5.24.4.2. Métodos y valores de terminación

Se podrán utilizar cincelado, ranurado y repelado con tal que sean terminados por amolado. Donde se requiera terminación superficial, los valores de rugosidad (ver ANSI/ASME B46.1) deberán ser menores o iguales que **6,3 μm** . Las superficies terminadas en valores menores o iguales que **3,2 μm** puede ser terminadas en cualquier dirección. Para superficies terminadas en valores mayores que **3,2 μm** deberán ser terminadas en la dirección paralela a las tensiones principales.

5.25. TÉCNICAS PARA SOLDADURAS EN BOTONES (TAPONES) Y RANURAS (OJALES)

5.25.1. Soldaduras en botón (tapón)

La técnica usada para hacer soldaduras en botón (tapón) con procesos **SMAW**, **GMAW**, (excepto transferencia en cortocircuito), **FCAW** deberá ser como sigue:

5.25.1.1. Posición plana (bajo mano)

En soldaduras a realizarse en posición plana, cada pasada debe depositarse alrededor de la raíz de la junta y luego depositada a lo largo de una trayectoria en espiral respecto del centro del agujero, fundiendo y depositando un cordón de metal de soldadura en la raíz de la junta. El arco entonces es llevado a la periferia del agujero y el procedimiento se repite, fundiendo y depositando capas sucesivas para llenar el agujero a la profundidad requerida. La escoria que cubre el metal de soldadura se debe mantener fundida hasta que la soldadura finalice. Si el arco se interrumpe o se permite un enfriamiento de la escoria, la escoria debe ser completamente removida antes de recomenzar la soldadura.

5.25.1.2. Posición vertical

Para soldaduras a realizarse en posición vertical, el arco se comienza en la raíz de la junta del lado de abajo del agujero y es llevado en forma ascendente, fundiendo en la cara de la chapa interior y hacia el lado del agujero. El arco es interrumpido en la parte superior del agujero, se limpia la escoria, y el proceso se repite al otro lado del agujero. Luego de limpiar la escoria de la soldadura, se deberán depositar otras capas en forma similar para llenar el agujero a la profundidad requerida.

5.25.1.3. Posición sobre cabeza

Para soldaduras a realizarse en posición sobre cabeza, el procedimiento es el mismo que para la posición plana, excepto que se debe permitir que la escoria se enfríe y debe ser removida completamente luego de depositar cada cordón sucesivo hasta que el agujero sea llenado a la profundidad requerida.

5.25.2. Soldaduras de ranura (ojal)

Las soldaduras de ranura (ojal) se deberán realizar usando técnicas similares a aquellas especificadas en el artículo 5.25.1. para soldaduras en botón (tapón), excepto que en caso que el largo de las ranuras (los ojales) exceda tres veces el ancho, o si la ranura (el ojal) se extiende hasta el extremo de la pieza, se deberán aplicar los requerimientos técnicos especificados en el artículo 5.25.1.3.

5.26. REPARACIONES

La remoción de metal de soldadura o porciones de metal base se podrá realizar por mecanizado, amolado, cincelado, ranurado o repelado. Se deberá realizar de manera tal que al metal de soldadura o metal base adyacente no se le produzcan muescas o ranuras. No se deberá usar el repelado por oxígeno en aceros templados y revenidos. Los tramos de soldadura inaceptables se deberán quitar sin una remoción sustancial del metal base. Las superficies deberán ser limpiadas cuidadosamente antes de la soldadura. Se deberá depositar metal de soldadura para compensar cualquier deficiencia en tamaño.

5.26.1. Opciones del Contratista

El Contratista tendrá la opción tanto de reparar una soldadura inaceptable o remover y reemplazar la totalidad de la soldadura, excepto lo modificado por el artículo 5.26.3. La soldadura reparada o reemplazada deberá ser reensayada 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:

5.26.1.1. Solape, convexidad excesiva, o refuerzo excesivo

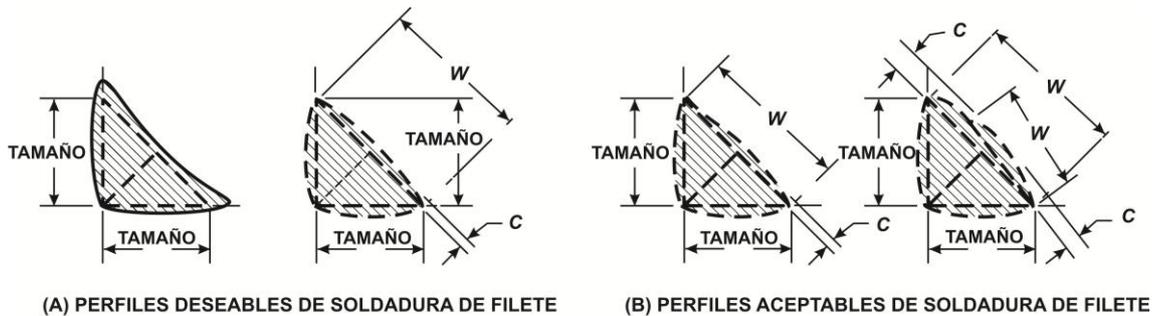
El metal de soldadura en exceso deberá ser removido.

5.26.1.2. Concavidad excesiva de la soldadura o cráter

En soldaduras que no alcanzan el tamaño especificado o presentan socavación, las superficies deberán ser preparadas (ver el artículo 5.30.) previo a depositar el metal de soldadura adicional.

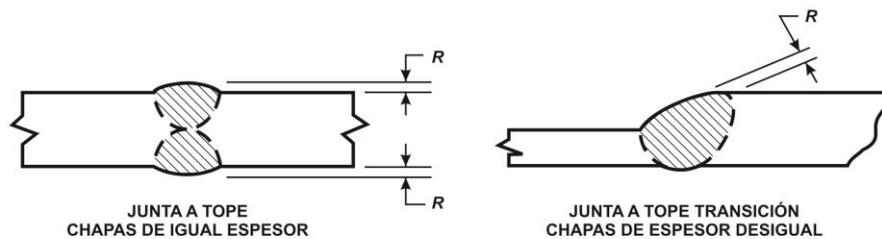
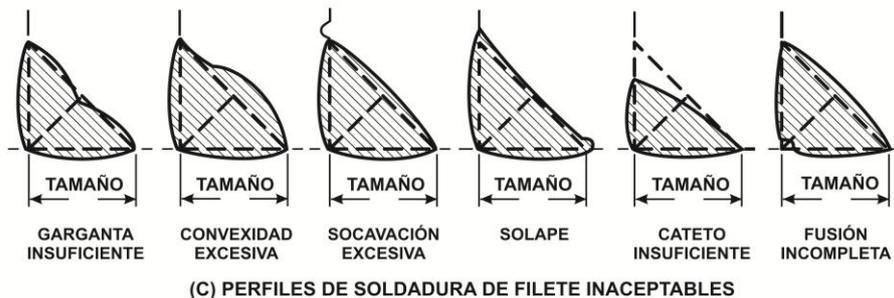
5.26.1.3. Fusión incompleta, porosidad excesiva de la soldadura, o inclusiones de escoria

Los tramos o partes inaceptables deberán ser removidos (ver el artículo 5.26.) y resoldados.



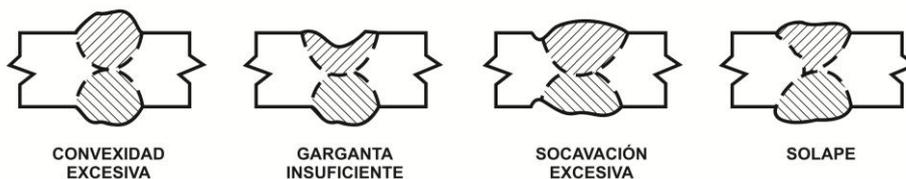
NOTA: LA CONVEXIDAD C DE UNA SOLDADURA O LA SUPERFICIE INDIVIDUAL DE UN CORDÓN CON DIMENSIÓN W NO DEBE EXCEDER EL VALOR DE LA SIGUIENTE TABLA:

ANCHO DE LA CARA SOLDADURA O SUPERFICIE INDIVIDUAL DE CORDÓN W	CONVEXIDAD MÁXIMA C
W < 8 mm	2 mm
W > 8 mm a W < 25 mm	3 mm
W > 25 mm	5 mm



NOTA: EL REFUERZO NO DEBE EXCEDER 3 mm

(D) PERFILES DE SOLDADURA CON BISEL ACEPTABLE EN JUNTA A TOPE



(E) PERFILES DE SOLDADURA CON BISEL INACEPTABLES EN JUNTAS A TOPE

Figura 5.4. Perfiles de soldadura aceptables e inaceptables.

5.26.1.4. Fisuras en soldadura o metal base

La extensión de la fisura deberá ser evaluada mediante la aplicación de macroataque, inspección por **PM**, **LP**, u otras técnicas adecuadas y reconocidas. La fisura y el metal base, **50 mm** hacia cada lado de los extremos o vértices de la fisura, deberán ser removidos y soldados

5.26.2. Limitaciones de la temperatura en la reparación por calor localizado

Los componentes distorsionados por soldadura deben ser enderezados por medios mecánicos o mediante la aplicación de una cantidad de calor limitada en forma localizada. La temperatura de las áreas calentadas, medidas con métodos aprobados, deberá ser menor o igual que **600 °C** para aceros templados y revenidos, y **650 °C** para otros aceros. La parte a ser calentada para enderezado debe estar sustancialmente libre de tensiones y de fuerzas externas, excepto aquellos esfuerzos que resultan del método de enderezado mecánico usado en conjunto con la aplicación de calor.

5.26.3. Aprobación

Se deberá obtener la aprobación previa del Ingeniero responsable para ejecutar reparaciones al metal base (distinta de aquellas requeridas por el artículo 5.15.), fisuras mayores o en frío, reparaciones a soldaduras por electro escoria y electrogas con defectos internos o por revisión del diseño para compensar deficiencias. El Ingeniero responsable deberá ser notificado antes de que los componentes o elementos estructurales soldados sean cortados aparte.

5.26.4. Inaccesibilidad de soldaduras inaceptables

Si la soldadura inaceptable no resulta accesible o presenta condiciones que hacen peligrosa o ineficaz la corrección de la misma, entonces se deberán reponer la condiciones originales removiendo soldaduras o elementos estructurales, o ambos, previo a realizar la corrección. Si esto no se realiza, la deficiencia se debe compensar mediante el agregado de trabajo adicional realizado de acuerdo a un diseño revisado y aprobado.

5.26.5. Reparación soldada de metal base por orificios mal ubicados

Excepto donde la reparación sea necesaria por razones estructurales o de otro tipo, los orificios por punzonado o taladrado mal ubicados pueden quedar abiertos o rellenados con pernos. Cuando se repara el metal base con soldadura, se aplicarán los siguientes requerimientos:

- (1) El metal base no sometido a cargas de tracción cíclicas podrá ser reparado por soldadura, con tal que el contratista prepare y siga una **EPS** de reparación. Se deberá verificar que el metal de soldadura de la reparación se encuentre sano mediante la evaluación con ensayos no destructivos apropiados, cuando tales ensayos estén especificados en los documentos del contrato para soldaduras con bisel sujetas a tensiones de compresión o de tracción.

- (2) Metal base sujeto a tensiones de tracción cíclicas podrá ser reparado por soldadura cuando:
- a) El Ingeniero responsable apruebe la reparación por soldadura y la **EPS** de reparación.
 - b) La **EPS** de reparación es seguida durante el trabajo y se verifica que el metal base reparado sea sano mediante método(s) de **END** especificados en los documentos de contrato para el ensayo de soldadura con bisel bajo tracción, o según lo aprobado por el Ingeniero responsable.
- (3) Además de los requerimientos de (1) y (2), cuando se reparan agujeros en metal base templado y revenido mediante soldadura:
- a) Se deberán usar metal de aporte, calor aportado y tratamiento térmico, posterior a la soldadura, apropiados.
 - b) Se deberán hacer soldaduras de muestra usando la **EPS** de reparación.
 - c) Los ensayos radiográficos de las soldaduras de muestra deberán verificar que las mismas se encuentren sanas según los requerimientos del Capítulo 6 de este Reglamento.
 - d) Un ensayo de tracción de sección reducida (metal de soldadura), dos ensayos de plegado lateral (metal de soldadura) y tres ensayos de impacto Charpy- V (**CVN**) de la **ZAC**, con la entalla ubicada en la región de grano grueso, tomadas de las muestras soldadas se deberán utilizar para demostrar que el área reparada alcanza los requerimientos especificados del metal base. Ver el Anexo III para los requerimientos para ensayos de impacto Charpy-V.
- (4) Las superficies de soldadura deberán estar terminadas como se especifica en el artículo 5.24.4.1.

5.27. MARTILLADO

Se podrá usar el martillado en cordones de soldadura intermedios para el control de esfuerzos de contracción en soldaduras de gran espesor para prevenir fisuras o distorsiones, o ambas. No se debe realizar martillado en la raíz o en el cordón de la superficie de la soldadura o en el metal base en los extremos de la soldadura excepto lo dispuesto en el Capítulo 2 de este Reglamento. Se deberá tener cuidado de evitar el solape o fisuras de la soldadura o metal base.

5.27.1. Herramientas

Este Reglamento **permite** el uso de martillos para escoria, cinceles o herramientas vibratorias livianas para remover escoria y salpicaduras.

5.28. RECALQUE

Este Reglamento *no permite* el recalado de las soldaduras.

5.29. 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.

5.30. LIMPIEZA DE LA SOLDADURA

5.30.1. Limpieza durante el proceso

Antes de soldar sobre metal depositado, previamente, se deberá quitar toda la escoria de la soldadura y el metal base adyacente deberá ser limpiado por cepillado. Este requerimiento se aplica no sólo a capas sucesivas sino a cordones sucesivos y al área del cráter cuando se retoma una soldadura luego de cualquier interrupción. Esto, sin embargo, no deberá restringir las soldaduras en botones (tapones) y ranuras (ojales) de acuerdo con el artículo 5.25.

5.30.2. Limpieza de soldaduras terminadas

La escoria deberá ser removida de todas las soldaduras terminadas y la soldadura y el metal base adyacente deberán ser limpiados mediante cepillado u otro medio adecuado. Las salpicaduras de fuerte adherencia que se mantienen luego de las operaciones de limpieza podrán ser aceptadas, salvo que se requiera la remoción para el propósito de ensayos no destructivos. Las juntas soldadas no deberán ser pintadas hasta que las soldaduras hayan sido terminadas y aceptadas.

5.31. PROLONGADORES

5.31.1. Uso de prolongadores

Las soldaduras deberán ser terminadas en el extremo de la junta en forma tal que asegure una soldadura sana. Siempre que sea necesario, esto se podrá satisfacer con el uso de prolongadores alineados de manera que provean una extensión a la preparación de la junta.

5.31.2. Remoción de los prolongadores para estructuras no tubulares cargadas en forma estática

Para estructuras no tubulares cargadas estáticamente, no será necesario retirar los prolongadores, salvo que lo requiera el Ingeniero responsable.

5.31.3. Remoción de los prolongadores para estructuras no tubulares cargadas en forma cíclica

Para estructuras no tubulares cargadas cíclicamente, será necesario retirar los prolongadores luego de completada y enfriada la soldadura y los extremos deberán ser suavizados y enrasados con los bordes de las partes colindantes.

5.31.4. Extremos de las juntas a tope soldadas

Los extremos de las juntas a tope soldadas que requieren estar al ras deberán ser terminadas de forma de no reducir el ancho más allá que el ancho detallado o el ancho real provisto, el que sea mayor, en más que **3 mm** o tanto como para no dejar refuerzo en cada extremo que exceda los **3 mm**. Los extremos de las juntas a tope soldadas deberán ser llevadas a una inclinación que no exceda **1:10**.

CAPÍTULO 6. INSPECCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

6.1. REQUERIMIENTOS GENERALES

6.1.1. Campo de validez

Este 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, se deberán dejar claramente establecidos en la información contractual provista a los comitentes. Esta información deberá 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

A los fines de este Reglamento, tanto la inspección y el ensayo de fabricación o montaje a realizar por el Contratista como la Inspección y el ensayo de verificación son funciones separadas.

6.1.3.1. Inspección del Contratista

Este tipo de inspección y ensayo se debe realizar, 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 el 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 utilice el término Inspector, en los términos definidos en el artículo 6.1.4., se debe interpretar que se trata de 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 la aceptación o del rechazo del material o mano de obra, deberán estar calificados. Las bases de la calificación del Inspector deberán estar documentadas fehacientemente.

Las bases aceptables de calificación son: Certificación actual o previa como Inspector de Soldadura (Nivel 2 o 3) 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 el artículo 6.5.5.1.

6.1.5.3. Inspectores asistentes

El Inspector responsable podrá contar con la colaboración de los Inspectores Nivel I de acuerdo con la norma IRAM-IAS U500-169, quienes podrán 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 del artículo 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 deberá verificar que la fabricación y montaje por soldadura se ha 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 deberá ser también provisto de la parte de los documentos de contrato que describen 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 cumplen con los requerimientos de este Reglamento, de los Reglamentos CIRSOC 301-2005, CIRSOC 302-2005 y de las normas IRAM e IRAM-IAS aplicables.

6.1.10. Inspección de la EPS y equipos

6.1.10.1. EPS

El Inspector deberá verificar que toda **EPS** a ser aplicada haya sido aprobada por el Ingeniero responsable en conformidad con los requerimientos de los Capítulos 3 y 4 de este Reglamento.

6.1.10.2. Equipo de soldadura

El Inspector deberá verificar el equipo de soldadura a ser usado para el trabajo a fin de asegurar que esté conforme a los requerimientos del artículo 5.11.

6.1.11. Calificación de soldador, operador o soldador de punteado

6.1.11.1. Determinación de calificación

El Inspector deberá verificar que las soldaduras sean realizadas sólo por soldadores, operadores y soldadores de punteado que se encuentren calificados de acuerdo con los requerimientos del Capítulo 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), podrá requerir una verificación de la habilidad del soldador 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 Capítulo 4 de este Reglamento.

6.1.12. Validez de la certificación

El Inspector deberá 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 deberá verificar que los electrodos sean 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 deberá, 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 deberá ser medido con calibres y galgas adecuados. La inspección visual de fisuras en soldaduras y metal base y otras discontinuidades deberán 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 deberán identificar con una marca distintiva u otro método de registro todas las partes o juntas que han sido inspeccionadas y aceptadas. Se podrá utilizar cualquier método de registro siempre que esté 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 deberá mantener un registro de las calificaciones de todos los soldadores, operadores, y soldadores punteadores, de 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 será 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 deberá 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 responsable

En la eventualidad de que una soldadura defectuosa, o su remoción para soldar nuevamente, dañe el metal base de tal manera que a juicio del Ingeniero responsable, dicho material resulte 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, será responsabilidad de ellos asegurar que todas las soldaduras especificadas alcancen los requerimientos del Capítulo 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 el artículo 6.4. El Comitente deberá establecer en acuerdo con el Contratista que contemple todos los costos asociados, incluyendo manipuleo, preparación de la superficie, ensayo no destructivo y reparación de las discontinuidades distintas de aquellas indicadas en el artículo 6.3.3.

6.3. CRITERIO DE ACEPTACIÓN

6.3.1. Campo de validez

El criterio de aceptación para inspección visual y **END** para uniones tubulares y uniones no tubulares cargadas estática y cíclicamente se describe en este artículo 6.3. La extensión del ensayo y el criterio de aceptabilidad deberán ser especificados 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. Se pueden usar criterios de aceptación para soldaduras de producción distintas de aquellos especificadas en este 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 deberán ser inspeccionadas visualmente y serán aceptables si los criterios expuestos en la Tabla 6.1. son satisfechos.

6.3.4. Ensayos de líquidos penetrantes (LP) y partículas magnetizables (PM)

Las soldaduras que se encuentren sujetas a ensayos de partículas magnetizables y líquidos penetrantes, sumados a la inspección visual, deberán ser evaluadas sobre la base de los requerimientos aplicables para inspección visual. El ensayo se deberá realizar en conformidad con los artículos 6.4.5. ó 6.4.6., de ambos el que sea aplicable.

6.3.5. Ensayos no destructivos (END)

Con excepción de lo dispuesto en el artículo 6.5.3., todos los métodos de **END** incluyendo requerimientos y calificaciones de equipos, calificaciones del personal y métodos de operación, deberán estar de acuerdo con el Capítulo 6 de este Reglamento. El criterio de aceptación deberá cumplir con las especificaciones de este Capítulo 6. Las soldaduras sujetas a **END** deberán ser aceptadas por inspección visual de acuerdo con el artículo 6.3.3.

Para soldaduras sujetas a **END** en concordancia con los artículos 6.3.4., 6.3.5., 6.3.7. y 6.3.8., el ensayo puede comenzar inmediatamente después que las soldaduras han sido terminadas y se han enfriado hasta temperatura ambiente. El criterio de aceptación para aceros de alta resistencia templados y revenidos (por ejemplo: ASTM A514, A517, y A709 Grado 100 y 100 W) requiere que los **END** se efectúen no antes de **48 horas** de la terminación de las soldaduras.

6.3.6. Requerimientos en unión tubular para soldadura a tope con JPC

En las uniones soldadas de un solo lado sin respaldo, se deberá examinar el largo total de todas las soldaduras de producción terminadas por ensayo radiográfico (**RI**) o de ultrasonido (**US**). El criterio de aceptación deberá estar de acuerdo con las especificaciones de los artículos 6.3.7.3. ó 6.3.8.3. según se aplique.

6.3.7. Inspección radiográfica (RI)

Las soldaduras en las que se muestra mediante ensayo radiográfico que no se alcanzan los requerimientos de aceptación indicados en el artículo 6.3., o los criterios de aceptación alternativos indicados en el artículo 6.3.2., deberán ser reparadas de acuerdo con las indicaciones del artículo 5.26. Las discontinuidades distintas a las fisuras deberán 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).

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 al artículo 5.24.	X	X	X												
(5) Tiempo de Inspección La inspección visual de soldaduras en todos los aceros puede empezar inmediatamente después que la soldadura terminada se haya enfriado hasta temperatura ambiente. El criterio de aceptación para aceros de alta resistencia (del tipo ASTM A514, A517, y A709 Grado 100 y 100W) debe estar basado en una inspección visual realizada no menos de 48 horas luego de la terminación de la soldadura.	X	X	X												
(6) 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: 40px; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">L</td> <td style="text-align: center;">U</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Tamaño de soldadura nominal</td> <td style="text-align: center;">Diferencia admisible respecto de L</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">en mm</td> <td style="text-align: center;">en mm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">2,5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">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 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	Tamaño de soldadura nominal	Diferencia admisible respecto de L	en mm	en mm	5	2	6	2,5	8	3	X	X	X
L	U														
Tamaño de soldadura nominal	Diferencia admisible respecto de L														
en mm	en mm														
5	2														
6	2,5														
8	3														
(7) Socavación (A) Para materiales de espesores menores que 25 mm, la socavación será ≤ 1 mm, excepción: se permitirá una socavación máxima de 2 mm en un largo acumulado de 50 mm en cualquier tramo de 300 mm. Para materiales de espesores ≥ 25 mm, la socavación deberá ser ≤ 2 mm para cualquier largo de soldadura.	X														
(B) En miembros principales, la socavación será ≤ 0.25 mm de profundidad cuando la soldadura es transversal a esfuerzos de tracción bajo cualquier condición de cargas de diseño. La socavación deberá ser ≤ 1 mm de profundidad para los otros casos.		X	X												
(8) Porosidad (A) Las soldaduras a tope con JPC , transversales a la dirección de los esfuerzos de tracción computados no deberán tener ninguna porosidad vermicular visible. Para todas las otras soldaduras con bisel o soldaduras de filete, la suma de la porosidad vermicular visible ≥ 1 mm en diámetro, será ≤ 10 mm en cualquier tramo lineal de 25 mm de soldadura y ≤ 20 mm en cualquier tramo de 300 mm de largo de la soldadura.	X														
(B) La frecuencia de porosidad vermicular en soldadura de filete será menor o igual que una cada 100 mm de la largo de la soldadura y el diámetro máximo será $\leq 2,5$ mm. Excepción: las soldaduras de filete que unen los rigidizadores a la viga, la suma de los diámetros de la porosidad vermicular deberá ser ≤ 10 mm en cualquier tramo lineal de 25 mm de soldadura y ≤ 20 mm en cualquier tramo de 300 mm de largo de la soldadura.															
(C) Las soldaduras a tope con JPC , transversales a la dirección de los esfuerzos de tracción calculados no deberán tener ninguna porosidad vermicular visible. Para todas las otras soldaduras con bisel, la frecuencia de porosidad vermicular en soldadura de filete será menor o igual que una cada 100 mm de la largo de la soldadura y el diámetro máximo será $\leq 2,5$ mm.															

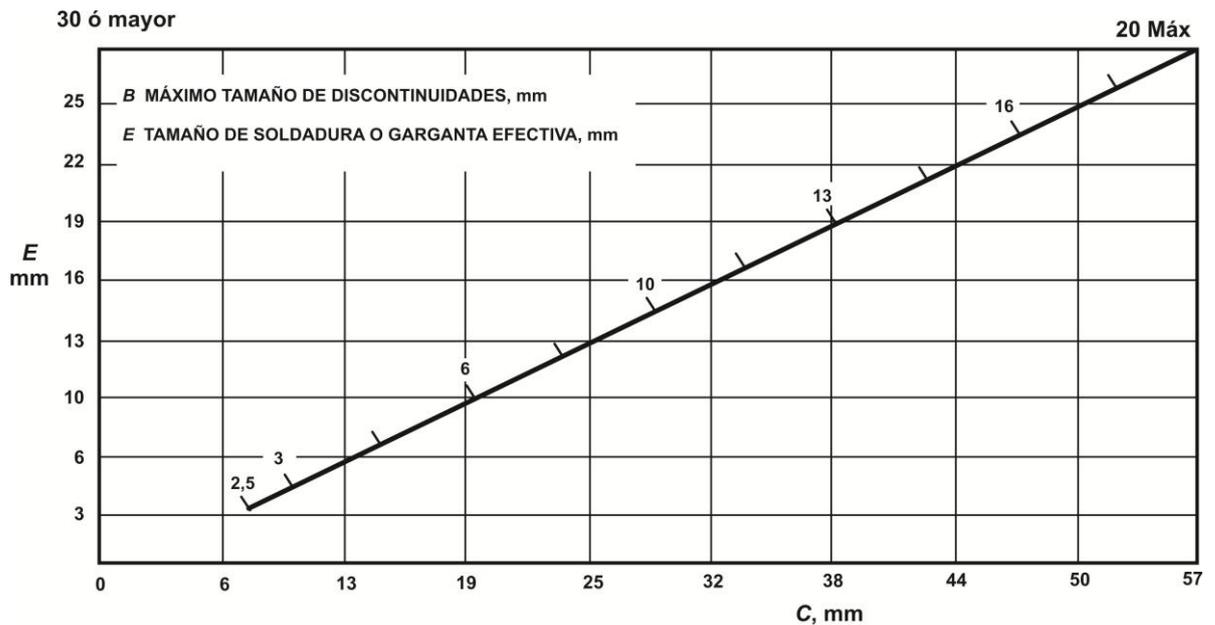
1. Una "X" indica aplicabilidad para el tipo de unión; el área sombreada indica no aplicabilidad.

6.3.7.1. Criterio de aceptación para uniones no tubulares cargadas estáticamente

6.3.7.1.1. Discontinuidades

Las soldaduras que están sujetas a ensayo radiográfico, además de la inspección visual, no deberán presentar fisuras y serán consideradas inaceptables si el ensayo radiográfico muestra cualquier discontinuidad que exceda las siguientes tolerancias (siendo E = tamaño de la soldadura).

- (1) Discontinuidades alargadas mayores que el tamaño máximo indicado en la Figura 6.1.
- (2) Distancia entre discontinuidades menores que la mínima permitida en la Figura 6.1.
- (3) Discontinuidades redondas mayores que un máximo de tamaño $E/3$, pero menor que **6 mm**. Sin embargo, cuando el espesor sea mayor que **50 mm**, la indicación máxima de discontinuidad redonda puede ser de **10 mm**. La distancia mínima de este tipo de discontinuidades mayores o iguales que **2,5 mm**, hasta una discontinuidad alargada o redonda aceptable o hasta un borde o extremo de una soldadura, debe ser **tres veces** la mayor dimensión de la discontinuidad más grande considerada.
- (4) Discontinuidades aisladas tales como nidos de poros o de indicaciones redondas, que tengan la suma de sus mayores dimensiones excediendo el tamaño máximo de una discontinuidad única permitida en la Figura 6.1. La distancia mínima, hasta otro nido de poros o discontinuidad alargada, o redonda o hasta un borde o extremo una soldadura, debe ser **tres veces** la mayor dimensión de la discontinuidad más grande considerada.
- (5) La suma de las discontinuidades individuales, teniendo cada una la dimensión mayor menor que **2 mm**, deberá ser menor que $2E/3$ o **10 mm**, la que sea menor, en cualquier tramo lineal de **25 mm** de soldadura. Este requerimiento es independiente de (1), (2) y (3).
- (6) Discontinuidades alineadas, donde la suma de las mayores dimensiones excede el valor E en cualquier largo igual a $6 E$. Cuando el largo de la soldadura que está siendo examinada sea menor que $6 E$, la suma permisible de las dimensiones mayores será proporcionalmente menor.



- (1) Para determinar el tamaño máximo de la discontinuidad permitida en cualquier junta o tamaño de soldadura, proyectar **E** horizontalmente hasta **B**.
- (2) Para determinar la distancia permitida entre bordes de discontinuidades de cualquier tamaño mayor o igual que **2,5 mm**, proyectar **B** verticalmente a **C**.

Figura 6.1. Requerimientos de calidad para soldadura con discontinuidades alargadas determinadas por RI para estructuras no tubulares cargadas estáticamente.

6.3.7.1.2. Ilustración de los requerimientos

La Figura 6.2. y la Figura 6.3. ilustran la aplicación de los requerimientos dados en el artículo 6.3.7.1.1.

6.3.7.2. Criterio de aceptabilidad para uniones no tubulares cargadas cíclicamente

Las soldaduras que están sujetas a ensayo radiográfico sumado a la inspección visual, no deberán presentar fisuras, y serán inaceptables si el ensayo radiográfico muestra cualquier tipo de discontinuidades como las enumeradas en los artículos 6.3.7.2.1., 6.3.7.2.2., 6.3.7.2.3. y 6.3.7.2.4.

6.3.7.2.1. Soldaduras sometidas a cargas de tracción

Para soldaduras sujetas a acciones de tracción bajo cualquier condición de carga, la mayor dimensión de cualquier porosidad o discontinuidad del tipo de fusión, mayor o igual que **2 mm** o mayor en su mayor dimensión, deberá ser menor que **B**, valor que se indica en la Figura 6.4., para el tamaño de soldadura involucrado.

6.3.7.2.2. Soldaduras sometidas a cargas de compresión

Para soldaduras sujetas a acciones de compresión solamente, e indicadas específicamente así en los planos de diseño, la mayor dimensión de porosidad o discontinuidad de fusión, mayor o igual que **3 mm**, deberá ser menor que el tamaño **B**. El

espacio entre discontinuidades adyacentes deberá ser menor que la distancia mínima permitida **C**, indicada por la Figura 6.5. para el tamaño de discontinuidad bajo evaluación.

6.3.7.2.3. Discontinuidades menores que 2 mm

Independientemente de los requerimientos de los artículos 6.3.7.2.1. y 6.3.7.2.2., las discontinuidades que tienen la dimensión mayor menor que **2 mm** deben ser inaceptables si la suma de sus dimensiones mayores resulta mayor que **10 mm** en cualquier tramo lineal de **25 mm** de soldadura.

6.3.7.2.4. Limitaciones

Las limitaciones dadas por las Figuras 6.4. y 6.5. para **38 mm** de tamaño de soldadura se deben aplicar a todas los tamaños de soldadura mayores que **38 mm** de espesor.

6.3.7.2.5. Ilustración del Anexo V

El Anexo V ilustra la aplicación de los requerimientos dados en el artículo 6.3.7.2.1.

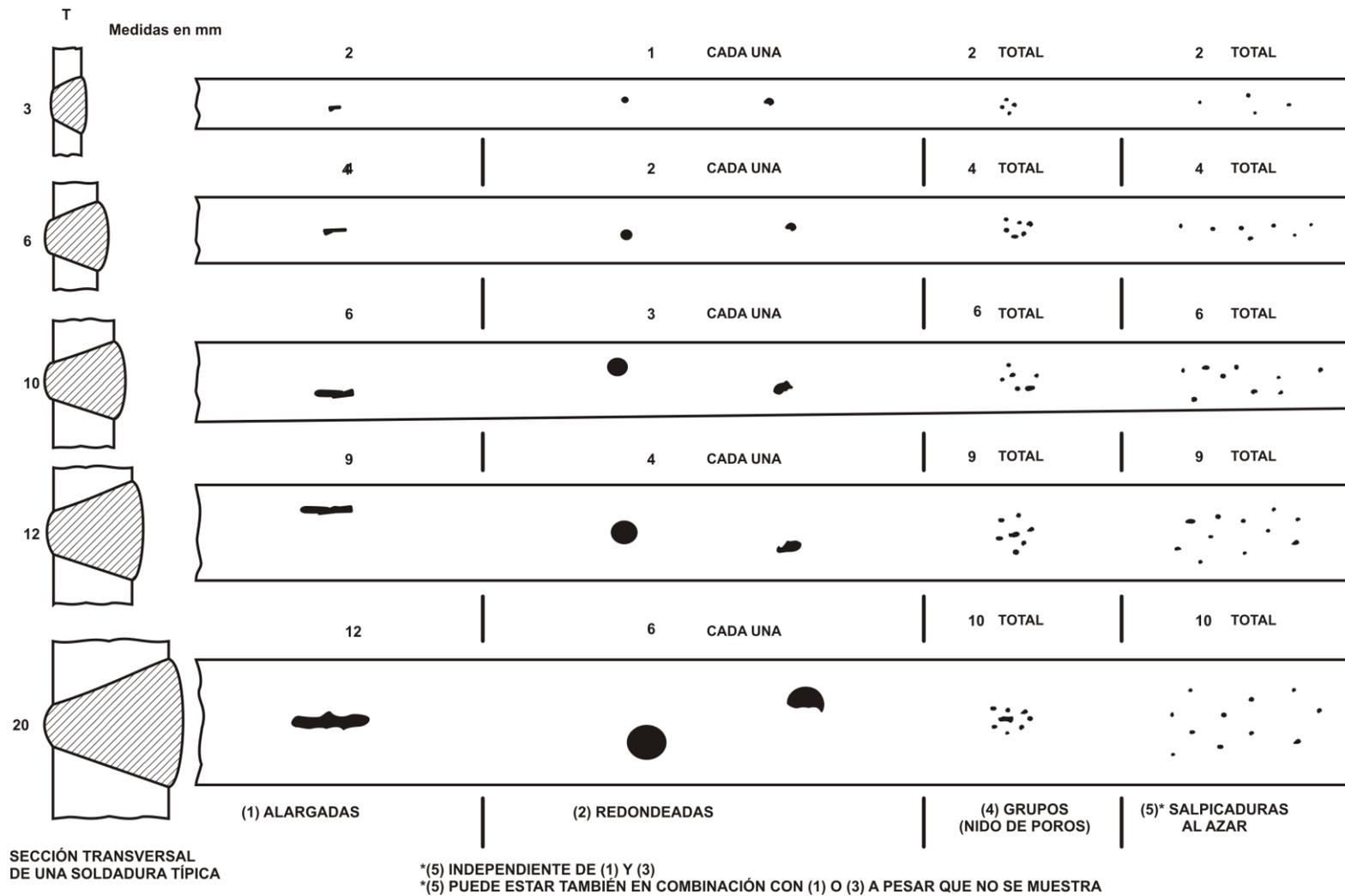
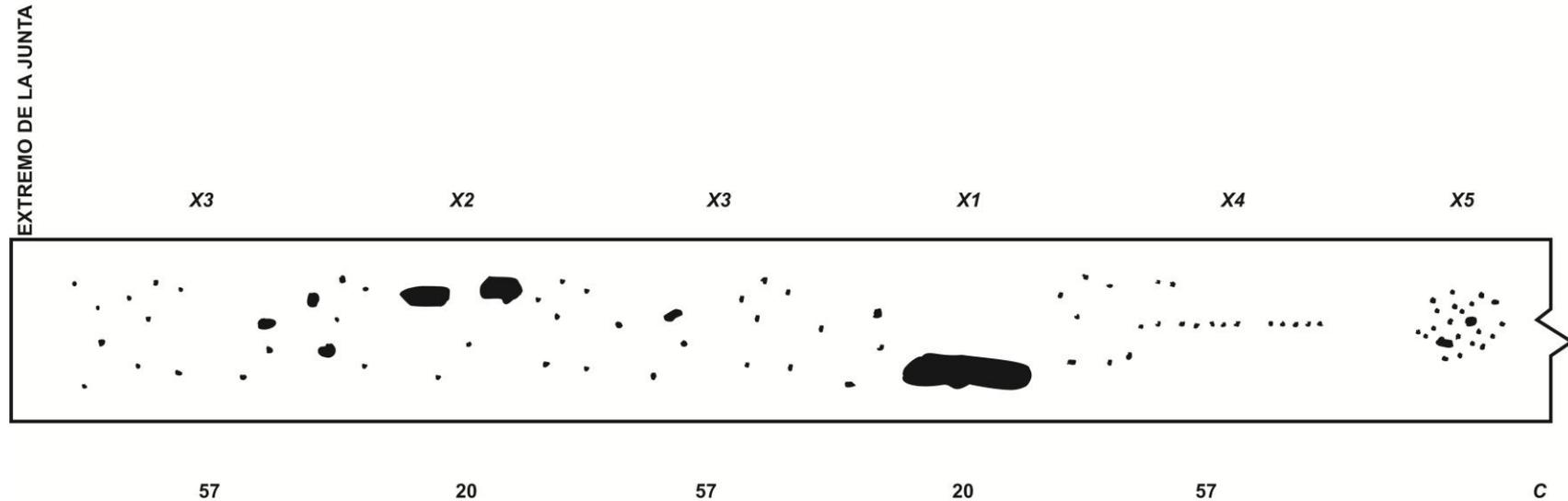


Figura 6.2. Imágenes radiográficas máximas aceptables.



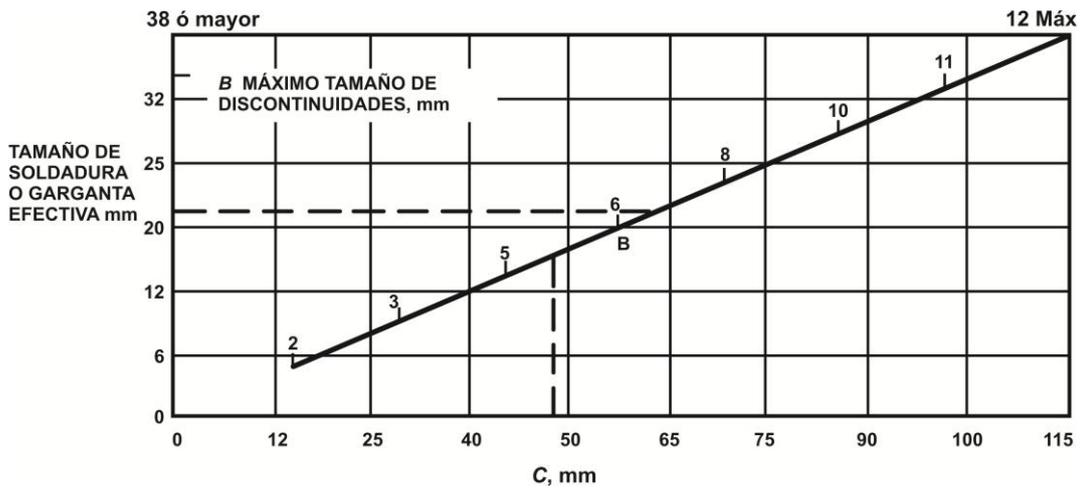
Medidas en mm

Notas:

1. **C**, Separación mínima permitida entre bordes de discontinuidades $\geq 2,5$ mm (Figura 6.6.). Manda la mayor de las discontinuidades adyacentes.
2. **X1**, La mayor discontinuidad alargada permitida para juntas de espesor de 30 mm (Figura 6.6).
3. **X2**, Las discontinuidades múltiples dentro de un largo permitido por la Figura 6.6 pueden ser manejadas como una única discontinuidad.
4. **X3-X4**, Discontinuidad del tipo redondeada $< 2,5$ mm.
5. **X5**, Discontinuidades del tipo redondeadas agrupadas. Tal grupo (nido de poros) cuando tiene un máximo de 20 mm para todos los poros en el grupo, debe ser tratado requiriendo la misma separación que una discontinuidad de 20 mm de largo de la Figura 6.6.

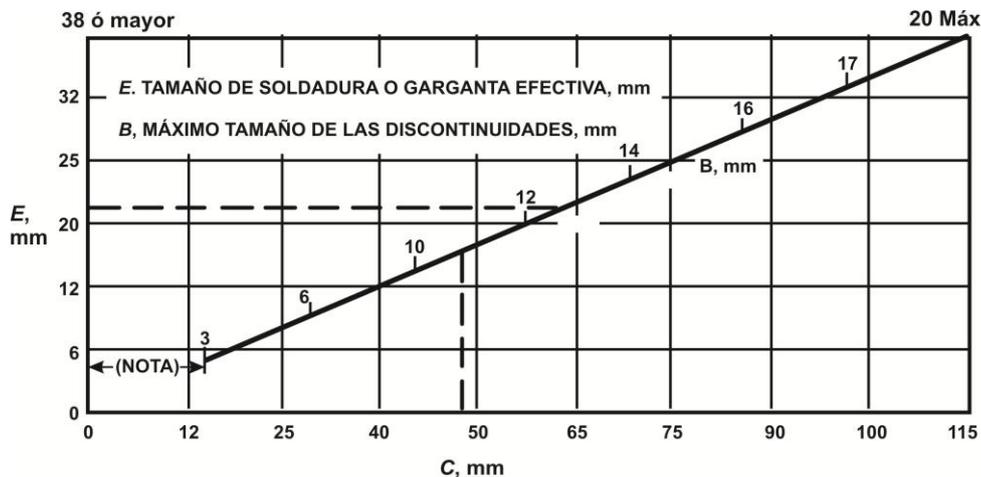
INTERPRETACIÓN: Las discontinuidades alargadas o redondas son aceptables. Todas deberán estar dentro de los límites de tamaño máximo admitido y de separación mínima permitida entre discontinuidades o con los extremos de la junta.

Figura 6.3. Para radiografías de juntas tubulares mayores o iguales que 30 mm, típicas discontinuidades aleatorias aceptables.



- (1) Para determinar el tamaño máximo de la discontinuidad permitida en cualquier junta o tamaño de soldadura, proyectar horizontalmente hasta **B**.
- (2) Para determinar la distancia permitida entre bordes de discontinuidades de cualquier tamaño, proyectar **B** verticalmente a **C**.

Figura 6.4. Requerimientos de calidad en soldadura para discontinuidades de uniones soldadas bajo carga de tracción en elementos estructurales no tubulares (limitaciones de discontinuidades por porosidad y fusión).



- (1) Para determinar el tamaño máximo de la discontinuidad permitida en cualquier junta o tamaño de soldadura, proyectar **E** horizontalmente hasta **B**.
- (2) Para determinar la distancia permitida entre bordes de discontinuidades de cualquier tamaño, proyectar **B** verticalmente a **C**.

Nota: El máximo tamaño de una discontinuidad ubicada dentro de esta distancia desde un borde de la placa debe ser **3 mm**, pero una discontinuidad de **3 mm** debe estar a más de **6 mm** del borde. La suma de discontinuidades de tamaño menor que **3 mm** y ubicadas dentro de esa distancia desde el borde no debe exceder los **5 mm**. Las discontinuidades de **2 mm**, pero menores que **3 mm**, no estarán restringidas en otras ubicaciones salvo que estén separadas por menos de **2L** (siendo **L** el largo de la mayor discontinuidad); en tal caso, las discontinuidades deben ser medidas como un largo igual a la largo total de las discontinuidades y espacio y evaluado como se muestra en la Figura 6.5.

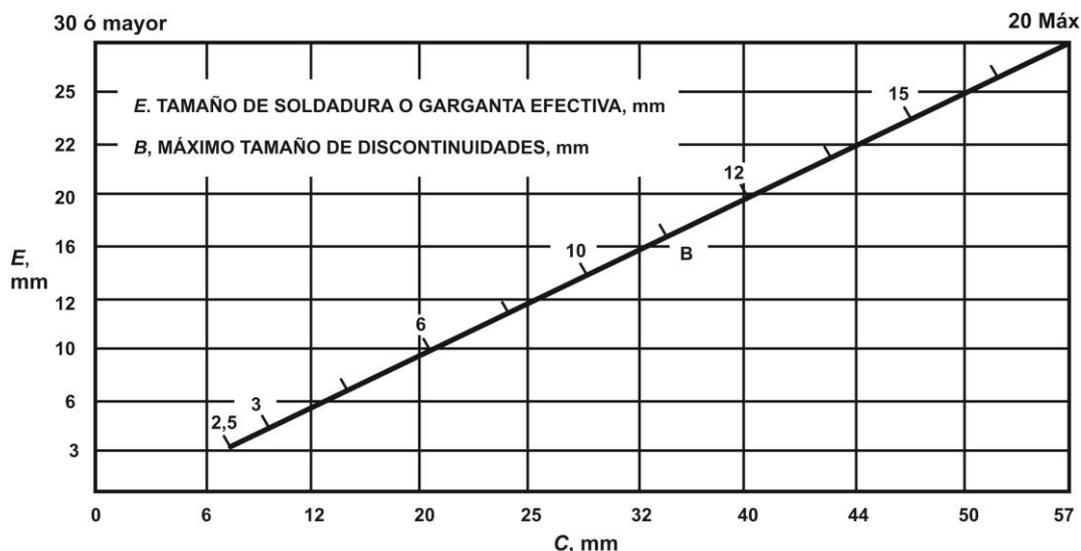
Figura 6.5. Requerimientos de calidad en soldadura para discontinuidades de uniones soldadas bajo cargas de compresión en elementos estructurales no tubulares (limitaciones de discontinuidades por porosidad y fusión).

6.3.7.3. Criterio de aceptación para uniones tubulares

6.3.7.3.1. Discontinuidades

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

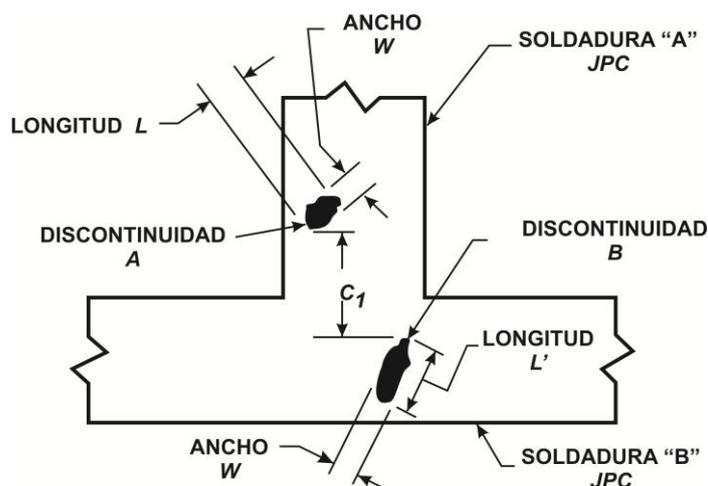
- 1) Discontinuidad alargada mayor que el tamaño máximo de la Figura 6.6.
- 2) Discontinuidades más cercanas que la distancia mínima permitida en la Figura 6.6.
- 3) En la intersección de una soldadura con otra soldadura o con un borde libre (por ejemplo un borde más allá del cuál no existe extensión de material), las discontinuidades aceptables deberán:
 - a) Estar conforme a las tolerancias dadas en la Figura 6.6. para cada soldadura individual,
 - b) Estar conforme a las tolerancias de soldaduras con intersección según se muestra en la Figura 6.6., caso I o II.



- (1) Para determinar el tamaño mínimo de la discontinuidad permitida en cualquier junta o tamaño de soldadura, proyectar E horizontalmente hasta B .
- (2) Para determinar la distancia permitida entre bordes de discontinuidades de cualquier tamaño mayor o igual que 2 mm , proyectar B Verticalmente a C .

Figura 6.6. Requerimientos de calidad en soldadura para discontinuidades alargadas determinadas por radiografía en juntas tubulares.

- 4) Discontinuidades aisladas tales como grupos de indicaciones redondas, que tengan la suma de sus mayores dimensiones excediendo el tamaño máximo de una discontinuidad única permitida en la Figura 6.6. La distancia mínima hasta otro grupo, discontinuidad alargada o redonda o hasta un borde o extremo de una soldadura que intercepta deberá ser mayor que tres veces la mayor dimensión de la más grande de las discontinuidades consideradas.



Soldadura **A** = soldadura con bisel **JPC** tubular longitudinal
Soldadura **B** = soldadura con bisel **JPC** tubular circunferencial
Discontinuidad **A** = discontinuidad redondeada o alargada ubicada en una soldadura **A**
Discontinuidad **B** = discontinuidad redondeada o alargada ubicada en una soldadura **B**

L y **W** = dimensión mayor y menor, respectivamente, de una discontinuidad **A**
L' y **W'** = dimensión mayor y menor, respectivamente, de una discontinuidad **B**

E = tamaño de soldadura

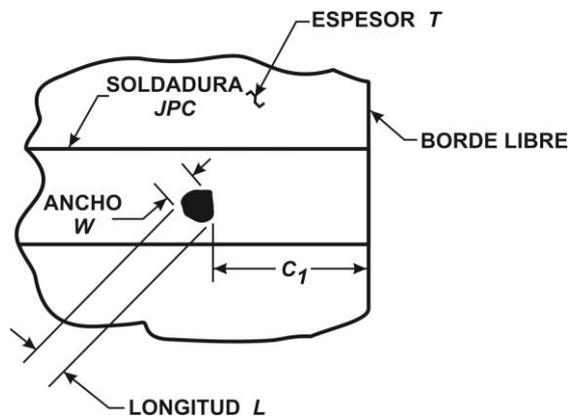
C₁ = menor distancia paralela al eje de la soldadura, entre los ejes más cercanos de las discontinuidades.

CASO I - LIMITACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES ⁽¹⁾		
Dimensión de la discontinuidad	Limitaciones	Condiciones
D	$< E/3 \leq 6 \text{ mm}$	$E \leq 50 \text{ mm}$
	$\leq 10 \text{ mm}$	$E > 50 \text{ mm}$
C₁	$\geq 3L$	(A) Una discontinuidad redondeada la otra redondeada o alargada (Nota 1) (B) $L \geq 2.5 \text{ mm}$
Nota (1): La discontinuidad alargada puede estar ubicada tanto en la soldadura longitudinal como circunferencial. Para los propósitos de la ilustración, la discontinuidad b fue ubicada en la soldadura circunferencial.		

Caso I – Discontinuidad en la intersección de soldaduras.

Figura 6.6. (Continuación) Requerimientos de calidad en soldadura para discontinuidades alargadas determinadas por radiografía en juntas tubulares.

- La suma de discontinuidades individuales cada una teniendo su dimensión mayor menor que **2,5 mm** deberá ser menor o igual que **2E/3** ó **10 mm**, la que sea menor, en cualquier tramo lineal de **25 mm** de soldadura. Este requerimiento es **independiente** de lo indicado en los puntos 1), 2) y 3).



CASO II LIMITACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES		
Dimensión de la discontinuidad	Limitaciones	Condiciones
L	$< E/3 \leq 6 \text{ mm}$	$E \leq 50 \text{ mm}$
	$\leq 10 \text{ mm}$	$E > 50 \text{ mm}$
C_1	$\geq 3L$	$L \geq 2,5 \text{ mm}$

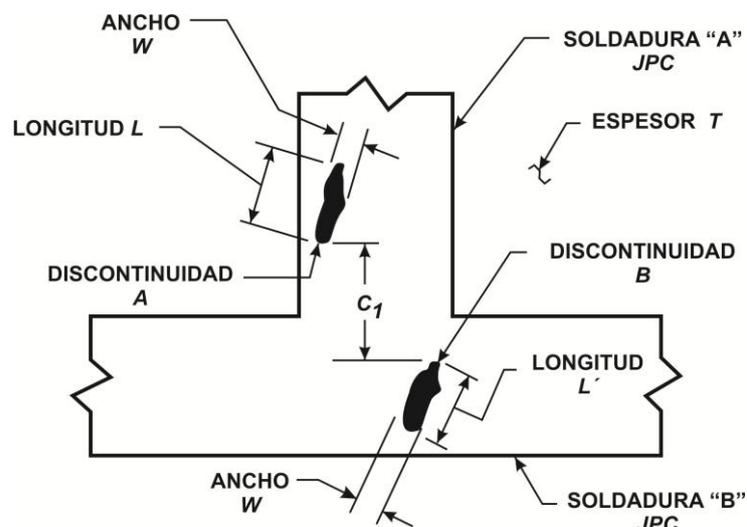
Caso II – Discontinuidad en un borde libre.

Figura 6.6. (Continuación) Requerimientos de calidad en soldadura para discontinuidades alargadas determinadas por radiografía en juntas tubulares.

- 6) Discontinuidades en línea, donde la suma de las mayores dimensiones resulte mayor que E en cualquier largo de $6 E$. Cuando el largo de la soldadura que está siendo examinada sea menor que $6 E$, la suma permisible de las dimensiones mayores deberá ser proporcionalmente menor.

6.3.7.3.2. Ilustración de los requerimientos

La Figura 6.2. y la Figura 6.3. ilustran la aplicación de los requerimientos dados en el artículo 6.3.7.3.1.



CASO III LIMITACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES		
Dimensión de la Discontinuidad	Limitaciones	Condiciones
L	$\leq 2E/3$	$L > 3W$
C_1	$\geq 3L$ o $2E$, la que resulte mayor	$L \geq 2,5 \text{ mm}$

Caso III – Discontinuidad en la intersección de soldaduras.

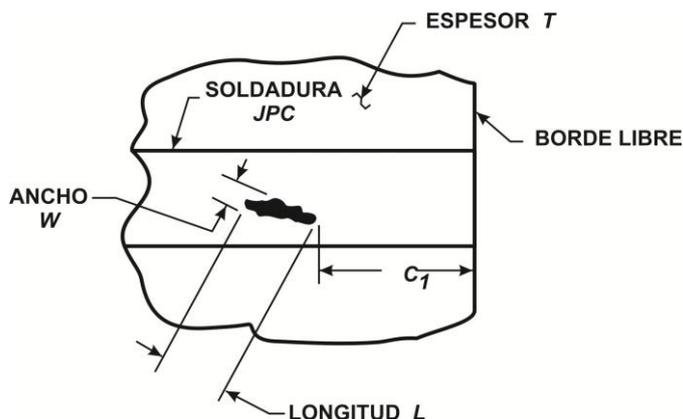
Figura 6.6. (Continuación). Requerimientos de calidad en soldadura para discontinuidades alargadas determinadas por radiografía en juntas tubulares.

6.3.8. Inspección por ultrasonido

6.3.8.1. Criterio de aceptación para uniones no tubulares cargadas estáticamente

Las soldaduras que estén sujetas a ensayo por ultrasonido, además de la inspección visual, deberán ser aceptables si se alcanzan los requerimientos de la Tabla 6.2. Para soldaduras alma con ala, la aceptabilidad de las discontinuidades detectadas por el movimiento del palpador, distinto del patrón de barrido “E” (ver el artículo 6.6.16.2.2.), se puede basar en el espesor de la soldadura igual al espesor real del alma más **25 mm**. Las discontinuidades detectadas por el patrón de barrido “E” se deben evaluar con el criterio de la Tabla 6.2. para el espesor real del alma. Cuando las soldaduras con **JPC** en uniones alma con ala, estén sujetas a tensión normal a la soldadura, deben ser indicados en los planos de diseño y de acuerdo a los requerimientos de la Tabla 6.2. Las soldaduras a las que se hace ensayo por ultrasonido serán evaluadas sobre la base de una discontinuidad que refleje el haz de ultrasonido en forma proporcional a su efecto en la integridad de la soldadura. Las indicaciones de discontinuidades que se mantienen en la pantalla cuando el palpador es movido hacia adelante y hacia fuera de la discontinuidad (movimiento de exploración “b”) puede ser indicativo de discontinuidades planas con una dimensión significativa.

Debido a que la mayor superficie reflectante de las discontinuidades más críticas está orientada a un mínimo de 20° (para un palpador de 70°) hasta 45° (para un palpador de 45°) respecto de la perpendicular al haz de ultrasonido, la amplitud de evaluación (el rango de **dB**) no permite una disposición confiable. Cuando las indicaciones que exhiben dicha característica plana estén presentes en la sensibilidad de exploración, se requerirá una evaluación más detallada de la discontinuidad por otros medios (por ejemplo, técnicas ultrasónicas alternativas, radiografía, amolado o repelado para inspección visual, etc.).



CASO IV LIMITACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES		
Dimensión de la discontinuidad	Limitaciones	Condiciones
L	$\leq 2E/3$	$L/W > 3$
C_1	$\geq 3L$ ó $2E$, la que resulte mayor	$L \geq 2,5 \text{ mm}$

Caso IV – Discontinuidad en un borde libre en una **JPC**.

Figura 6.6. (Continuación). Requerimientos de calidad en soldadura para discontinuidades alargadas determinadas por radiografía en juntas tubulares.

6.3.8.2. Criterio de aceptación para uniones no tubulares cargadas cíclicamente

Las soldaduras que están sujetas a ensayo por ultrasonido además de la inspección visual serán aceptables si se alcanzan los siguientes requerimientos:

- (1) Las soldaduras sujetas a acciones de tracción bajo cualquier condición de carga deberán estar de acuerdo con los requerimientos de la Tabla 6.3.
- (2) Las soldaduras sujetas a acciones de compresión deberán estar de acuerdo con los requerimientos de la Tabla 6.2.

Tabla 6.2. Criterio de aceptación y rechazo por ultrasonido (uniones no tubulares cargadas estáticamente)

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

Notas:

- Las discontinuidades de Clase **B** deben estar separadas al menos por **2L**, siendo **L** el largo de la mayor discontinuidad, excepto que cuando dos o más de tales discontinuidades no están separadas por al menos **2L**, pero el largo combinado de las discontinuidades y su separación es igual o menor que el largo máximo admisible bajo las disposiciones de las Clases **B** o **C**, la discontinuidad debe considerarse como una única discontinuidad aceptable.
- Las discontinuidades de Clase **B** y **C** no deben comenzar a una distancia menor que **2L** desde los finales de las soldaduras que soportan esfuerzos de tracción principales, siendo **L** el largo de la discontinuidad.
- Las discontinuidades detectadas en el área de la cara de la raíz en una soldadura con **JPC** con bisel doble, deben ser evaluadas usando una clasificación de la indicación **4 dB** más sensible, que la descrita en 6.6.11.13, cuando tales soldaduras son indicadas como "soldadura bajo tracción" en los planos (restar **4 dB** para el nivel de referencia "**b**")
- Soldaduras por electro escoria o electrogas: en las discontinuidades que exceden los **51 mm** se debe sospechar que son porosidad vermicular y deberá ser examinada adicionalmente mediante radiografía.
- Para indicaciones que se mantienen en el monitor, cuando el palpador se mueve, referirse a 6.3.8.1.

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

<p>Clase A (discontinuidades grandes) Cualquier indicación en esta categoría debe ser rechazada (sin tener en cuenta el largo)</p> <p>Clase B (discontinuidades medias) Cualquier indicación en esta categoría que tenga un largo mayor que 20 mm debe ser rechazada</p> <p>Clase C (discontinuidades pequeñas) Cualquier indicación en esta categoría que tenga un largo mayor que 50 mm debe ser rechazada</p> <p>Clase D (discontinuidades menores) Cualquier indicación en esta categoría debe ser aceptada sin tener en cuenta el largo o ubicación en la soldadura.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Niveles de barrido o exploración</th> </tr> <tr> <th>Trayectoria (***) en mm</th> <th>Referencia por encima de cero, dB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≤ 65</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>> 65 ≤ 125</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>> 125 ≤ 250</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td>> 250 ≤ 380</td> <td>39</td> </tr> </tbody> </table> <p>(***) Esta columna se refiere a la distancia recorrida por el haz, NO al espesor del material.</p>	Niveles de barrido o exploración		Trayectoria (***) en mm	Referencia por encima de cero, dB	≤ 65	14	> 65 ≤ 125	19	> 125 ≤ 250	29	> 250 ≤ 380	39
Niveles de barrido o exploración													
Trayectoria (***) en mm	Referencia por encima de cero, dB												
≤ 65	14												
> 65 ≤ 125	19												
> 125 ≤ 250	29												
> 250 ≤ 380	39												

6.3.8.2.1. Indicaciones

Las soldaduras ensayadas por ultrasonido serán evaluadas sobre la base de una discontinuidad que refleje el haz de ultrasonido en forma proporcional a su efecto en la integridad de la soldadura. Las indicaciones de discontinuidades que se mantienen en la pantalla cuando el palpador es movido hacia delante y hacia afuera de la discontinuidad (movimiento de exploración "**b**") puede ser indicativo de discontinuidades planas con una dimensión significativa. Debido a que la orientación de tales discontinuidades, relativas al haz de ultrasonido, se desvían de la perpendicular, pueden resultar rangos de **dB** que no permitan una evaluación directa y confiable. Cuando las indicaciones que exhiben esa característica plana estén presentes en la sensibilidad de exploración, se requerirá

una evaluación más detallada de la discontinuidad por otros medios (por ejemplo, técnicas ultrasónicas alternativas, radiografía, amolado o repelado para inspección visual, etc.).

Tabla 6.3. Criterio de aceptación y rechazo por ultrasonido (uniones no tubulares cargadas cíclicamente)

Clase de severidad de la discontinuidad	Espesor de la soldadura (*) en mm y ángulo del palpador												
	≥ 8		> 20		> 38			> 65			> 100		
	≤ 20	≤ 38											
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°		
Clase A	+10 y menor	+8 y menor	+4 y menor	+7 y menor	+9 y menor	+1 y menor	+4 y menor	+6 y menor	-2 y menor	+1 y menor	+3 y menor		
Clase B	+11	+9	+5	+8	+10	+2	+5	+7	-1	+2	+4		
			+6	+9	+11	+3	+6	+8	0	+3	+5		
Clase C	+12	+10	+7	+10	+12	+4	+7	+9	+1	+4	+6		
			+8	+11	+13	+5	+8	+10	+2	+5	+7		
Clase D	+13 y mayor	+11 y mayor	+9 y mayor	+12 y mayor	+14 y mayor	+6 y mayor	+9 y mayor	+11 y mayor	+3 y mayor	+6 y mayor	+8 y mayor		

Notas:

- Las discontinuidades de Clase **B** deben estar separadas al menos por **2L**, siendo **L** el largo de la mayor discontinuidad, excepto que cuando dos o más de tales discontinuidades no están separadas por al menos **2L**, pero el largo combinado de las discontinuidades y su separación es igual o menor que el largo máximo admisible bajo las disposiciones de las Clases **B** o **C**, la discontinuidad debe considerarse como una única discontinuidad aceptable.
- Las discontinuidades de Clase **B** y **C** no deben comenzar a una distancia menor que **2L** desde los finales de soldaduras que soportan esfuerzos de tracción principales, siendo **L** el largo de la discontinuidad.
- Las discontinuidades detectadas en el en el área de la cara de la raíz en una soldadura con **JPC** con bisel doble, debe ser evaluada usando una clasificación de la indicación **4 dB** más sensible, que el descrito en el artículo 6.6.11.13 cuando tales soldaduras son indicadas como "soldadura bajo tracción" en los planos (restar **4 dB** para el nivel de referencia "**b**").
- Para indicaciones que se mantienen en el monitor cuando la unidad de exploración se mueve, referirse al artículo 6.3.8.1.

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

<p>Clase A (discontinuidades grandes) Cualquier indicación en esta categoría debe ser rechazada (sin tener en cuenta el largo)</p> <p>Clase B (discontinuidades medias) Cualquier indicación en esta categoría que tenga un largo mayor que 20 mm debe ser rechazada</p> <p>Clase C (discontinuidades pequeñas) Cualquier indicación en esta categoría que tenga un largo mayor que 50 mm en la mitad central o 20 mm en el cuarto superior o inferior del espesor de la soldadura debe ser rechazada</p> <p>Clase D (discontinuidades menores) Cualquier indicación en esta categoría debe ser aceptada sin tener en cuenta el largo o ubicación en la soldadura.</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Niveles de barrido o exploración</th> </tr> <tr> <th>Trayectoria (**) en mm</th> <th>Referencia por encima de cero, dB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≤ 65</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>> 65 ≤ 125</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>> 125 ≤ 250</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>> 250 ≤ 380</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td colspan="2">(**) Esta columna se refiere a la distancia recorrida por el haz, NO al espesor del material.</td> </tr> </tbody> </table>	Niveles de barrido o exploración		Trayectoria (**) en mm	Referencia por encima de cero, dB	≤ 65	20	> 65 ≤ 125	25	> 125 ≤ 250	35	> 250 ≤ 380	45	(**) Esta columna se refiere a la distancia recorrida por el haz, NO al espesor del material.	
Niveles de barrido o exploración															
Trayectoria (**) en mm	Referencia por encima de cero, dB														
≤ 65	20														
> 65 ≤ 125	25														
> 125 ≤ 250	35														
> 250 ≤ 380	45														
(**) Esta columna se refiere a la distancia recorrida por el haz, NO al espesor del material.															

6.3.8.2.2. Exploración

Las soldaduras de alma con ala con **JPC** deberán estar de acuerdo con los requerimientos de la Tabla 6.2. La aceptación para discontinuidades detectadas por movimientos de barrido o exploración, distintos del patrón "**E**" (ver el artículo 6.6.16.2.2.), podrán basarse en el espesor de soldadura igual al espesor real de la viga más **25 mm**. Las discontinuidades detectadas, inspeccionado con el patrón de barrido "**E**", deben ser evaluadas con el criterio del artículo 6.3.8.2. para el espesor real de la viga. Cuando las soldaduras de alma con ala estén sujetas a cargas de tracción, deberán estar indicadas en los planos de diseño y conforme con los requerimientos de la Tabla 6.3.

6.3.8.3. Criterio de aceptación para uniones tubulares

El criterio de aceptación para ensayo por ultrasonido será el que se propone en los documentos de contrato. La **Clase R** o **Clase X**, o ambos, podrán ser incorporados como referencia. El criterio de aceptabilidad basado en la amplitud podrá usarse también para soldaduras con bisel en juntas a tope en tubos de diámetro igual o mayor que **600 mm**, mientras se sigan las disposiciones del Capítulo 6. Sin embargo, este criterio de amplitud no deberá usarse en uniones **T, Y** o **K**.

6.3.8.3.1. Clase R (aplicable cuando US se usa como alternativo a R)

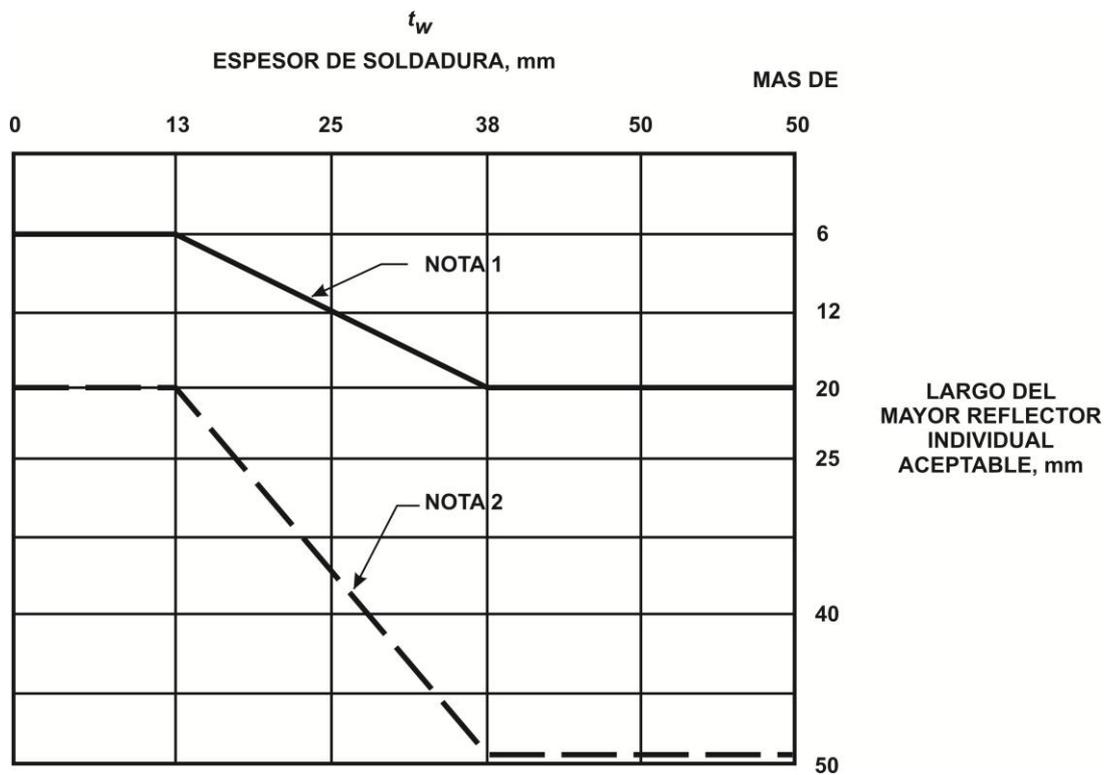
Todas las indicaciones que tienen la mitad (**6 dB**) o menor amplitud que el nivel de sensibilidad estándar no se deberán considerar. Las indicaciones que excedan este nivel se deberán evaluar como se indican a continuación:

- (1) Indicaciones esféricas aisladas y al azar, con **25 mm** de separación mínima hasta el nivel de sensibilidad estándar serán aceptadas. Indicaciones mayores deben ser evaluadas como discontinuidades lineales.
- (2) Las discontinuidades alineadas deben ser evaluadas como lineales.
- (3) Las discontinuidades agrupadas (clusters) que tengan una densidad mayor que **1** por cada **645 mm²** con indicaciones por encima de los niveles de aceptación (área proyectada normal a la dirección del esfuerzo aplicado promediada en **150 mm** de largo de soldadura) debe ser rechazada.
- (4) Las discontinuidades lineales o planas cuyo largo exceda los límites de la Figura 6.7. deberán ser rechazadas. Adicionalmente, las discontinuidades de raíz no deberán exceder los límites de la **Clase X**.

6.3.8.3.2. Clase X (basados en la experiencia y en el criterio de aptitud par el servicio aplicable a uniones **T, Y, K** en estructuras redundantes de construcciones soldadas, con requerimientos de sensibilidad a la entalla).

Todas las indicaciones que tienen la mitad (**6 dB**) o menor amplitud que el nivel de sensibilidad estándar no deben tenerse en cuenta. Las indicaciones que excedan ese nivel se deben evaluar como sigue:

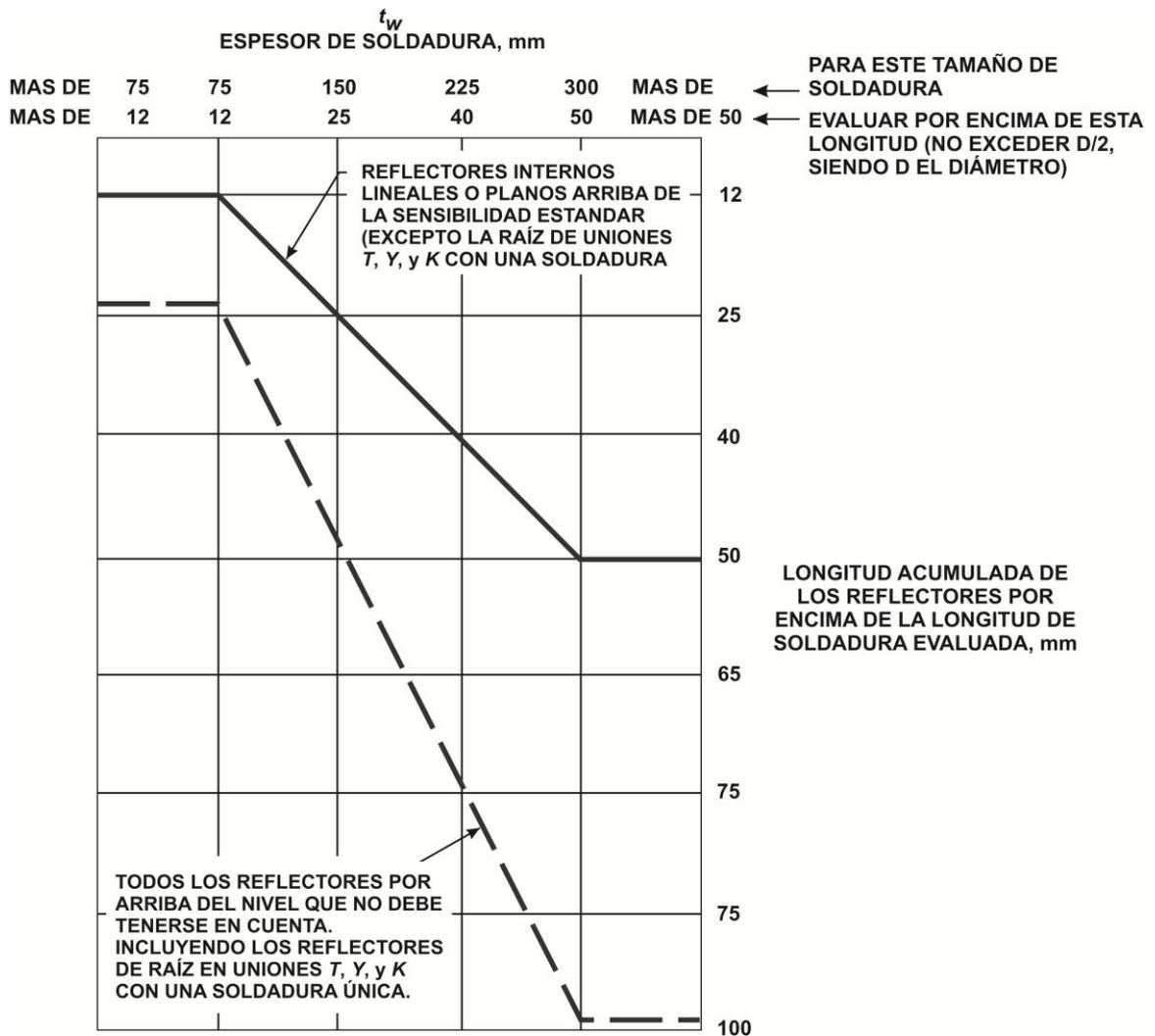
- (1) Las discontinuidades redondeadas se considerarán de acuerdo a como se describen en la **Clase R**, excepto que resulte aceptable la indicación por estar dentro de los siguientes límites para lineales o planas.
- (2) Las discontinuidades lineales o planas deben ser evaluadas por medio de técnicas de haz de borde y cuando sus dimensiones excedan los límites de la Figura 6.8. deben ser rechazadas. El área de la raíz será definida como la que se encuentra dentro de **6 mm** o $t_w/4$, la que sea mayor, de la raíz de la soldadura teórica, como se muestra en la Figura 3.8.



Notas:

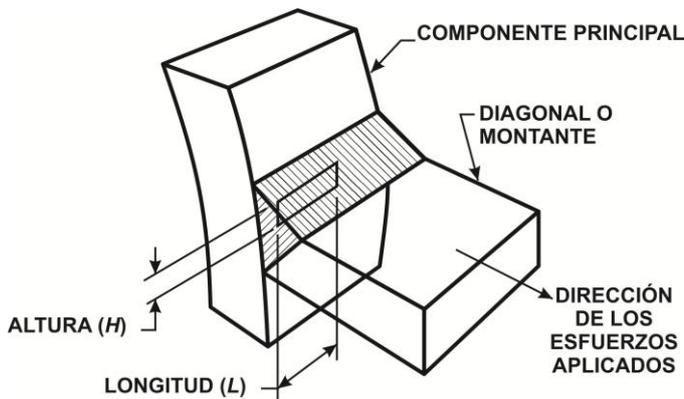
- (1) Las discontinuidades (reflectores) internos o planos con sensibilidad superior a la estándar (excepto la raíz de uniones **T**, **Y**, y **K** con una soldadura única – ver la Figura 6.8.).
- (2) Discontinuidades menores (arriba del nivel que no debe tenerse en cuenta, incluida la sensibilidad estándar, excepto la raíz de uniones **T**, **Y**, y **K** con una soldadura única – ver la Figura 6.8.).

Figura 6.7. Indicaciones Clase R.



(**) las discontinuidades (reflectores) del área de raíz que caen fuera de la soldadura teórica (Las dimensiones " t_w " o " L " en las Figuras 3.8., 3.9. y 3.10.) no deben ser tenidos en cuenta.

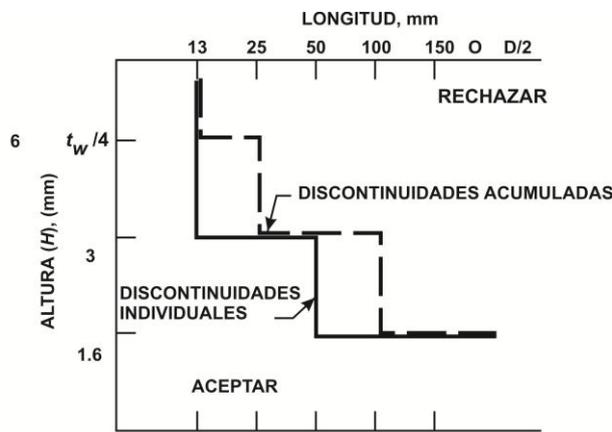
Figura 6.7. (Continuación) – Indicaciones Clase R.



Discontinuidades alineadas separadas por menos que $(L1+L2)/2$ y discontinuidades paralelas separadas por menos que $(H1+H2)/2$ deben ser evaluadas como continuas.

Las discontinuidades acumuladas son evaluadas sobre de una largo de **150 mm** o $D/2$ de la soldadura (lo que sea menor), donde el diámetro del tubo es = D

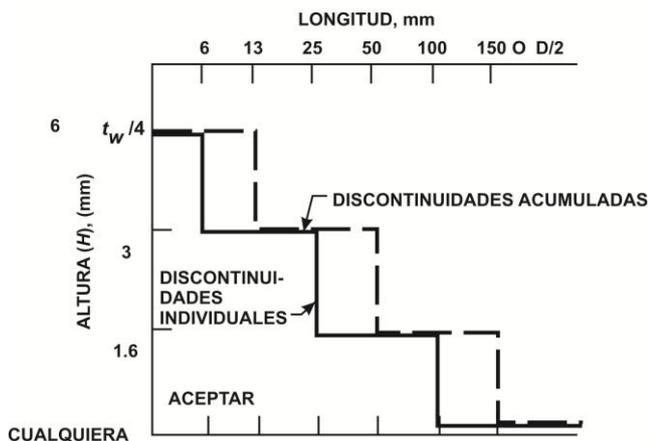
L Y H basados en un rectángulo que encierra totalmente a la discontinuidad indicada



Discontinuidades de raíz **T, Y, y K**.

Para soldadura con penetración total de la junta soldada en uniones **T, Y, y K** tubulares con una única soldadura realizadas sin respaldo.

Discontinuidades a ser tenidas en cuenta en la soldadura de respaldo en la raíz, los detalles **C** y **D** de las Figuras 3.8., 3.9., y 3.10.



Defectos internos y todas las otras soldaduras

Las discontinuidades que están entre H o t_w de la superficie exterior de la soldadura.

(*) los defectos por debajo de la sensibilidad (ver el artículo 6.13.3.2.) no serán tenidos en cuenta.

Figura 6.8. Indicaciones Clase X.

6.4. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)

6.4.1. Procedimientos

Los procedimientos de **END**, tal como se indica en este 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 utilice **RI**, el procedimiento y técnica deberá estar de acuerdo con el artículo 6.5. de este Reglamento.

6.4.3. Ensayo por ultrasonido (US)

Cuando se utilice **US**, el procedimiento y técnica deberán estar de acuerdo con el Capítulo 6 de este Reglamento.

6.4.4. Ensayo por partículas magnetizables (PM)

Cuando se utilice **PM**, el procedimiento y técnica deberán estar de acuerdo con la última edición de la norma IRAM 125 "Ensayos no destructivos, defectos superficiales y subsuperficiales. Método de determinación por partículas magnetizables." y el criterio de aceptación deberá estar de acuerdo con el artículo 6.3. de este Reglamento.

6.4.5. Ensayo de tintas penetrantes (PM)

Para detectar las discontinuidades superficiales, se podrá utilizar **PM**. Para la inspección con tintas penetrantes deberán usarse los métodos descritos en la última edición de la norma IRAM 760 "Ensayos no destructivos. Acero fundido. Examen por líquidos penetrantes" y en la norma IRAM-CNEA Y 500 1001 "Ensayos no destructivos. Inspección con líquidos penetrantes. Principios generales" Los criterios de aceptabilidad deberán estar de acuerdo con el artículo 6.3. de este Reglamento.

6.4.5.1. Calificación del personal

El personal que realiza ensayos no destructivos deberá 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".

6.4.6. Alcance de los ensayos

En la información provista a los Contratistas se deberá identificar claramente el alcance de los ensayos no destructivos (tipos, categorías, ubicación) de las soldaduras a ser ensayadas.

6.4.6.1. Ensayo completo

Las uniones soldadas, en las que se especifique 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.

6.4.6.2. Ensayo parcial

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

6.4.6.3. Ensayos localizados

Cuando se especifiquen 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 revele indicaciones de discontinuidades rechazables que requieran reparación, la extensión de dichas discontinuidades deberá ser explorada. Se deberán adoptar 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.

6.4.6.4. 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** deberá 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 descritos en este artículo 6.5. deberán ser aplicados para los ensayos radiográficos de soldaduras cuando dicha inspección sea requerida por los documentos de contrato y en un todo de acuerdo con lo indicado en el artículo 6.4. Los requerimientos de este artículo 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 deberá estar de acuerdo con las últimas ediciones de las siguientes normas IRAM:

IRAM 720-1 Práctica recomendada para el examen radiográfico de uniones soldadas por fusión. Parte 1: Uniones soldadas a tope por fusión en chapas de acero hasta 50 mm de espesor.

IRAM 720-2 Ensayos no destructivos. Práctica recomendada para el examen radiográfico de uniones soldadas por fusión. Parte 2: Uniones soldadas a tope por fusión en chapas de acero de espesores mayores que 50 mm hasta 200 mm inclusive.

IRAM 720-3 Parte 3: Uniones soldadas circunferencialmente por fusión en caños de acero hasta 50 mm de espesor de pared.

6.5.1.2. Cambios en los procedimientos

Se podrán aplicar 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 podrán 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 (**ICJ**), tipos de películas para ensayo radiográfico de espesores mayores que **150 mm**, densidades, variaciones en exposición, revelado y técnicas de observación.

6.5.2. Procedimientos radiográficos

6.5.2.1. Procedimiento

Las radiografías se deberán realizar utilizando una fuente única tanto para radiación X como gamma. La sensibilidad radiográfica se deberá juzgar en base a indicadores de calidad de imagen (**ICJ**). Las técnicas radiográficas y equipos deben proveer suficiente sensibilidad para delinear el indicador como se describe en el artículo 6.5.2.13. y en las Tablas 6.4. y 6.5. Las letras y números de identificación se deberán ver claramente en la radiografía.

6.5.2.2. Requerimientos de seguridad

Las radiografías deberán 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 artículo 5.24.4.1. 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, previo a la inspección radiográfica, salvo indicación en contrario por parte del Ingeniero responsable.

Tabla 6.4. Requerimientos del *IC* 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 6.5. Requerimientos de indicadores de calidad de imagen *IC* tipo alambre

Rangos de espesor ⁽¹⁾ nominal del material mm	Lado de la fuente máximo diámetro del alambre mm	Lado de la película ⁽²⁾ máximo diámetro del alambre mm
	≤ 6	0,25
> 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:
(1) Espesor radiográfico de pared única (para tubulares).
(2) Sólo aplicable a estructuras tubulares.

6.5.2.5. Respaldo de acero

Cuando se encuentre indicado que el respaldo de acero debe ser quitado, la superficie deberá ser terminada al ras por amolado antes de aplicar **RI**. El amolado deberá ser realizado como se describe en el artículo 5.24.4.1.

6.5.2.6. Refuerzos y respaldos no eliminados

En caso de que una ubicación alternativa de los alambres **ICI** no sea usada, se deberán ubicar planchas de acero 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 se deben hacer 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 examinada.

6.5.2.9. Falta de agudeza geométrica

Las fuentes de rayos gamma, sin tener en cuenta el tamaño, deberán 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. Esta disposición no se aplica para exposiciones panorámicas realizadas de acuerdo con el artículo 6.5.1.2.

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°** desde una línea normal a la superficie de la soldadura.

6.5.2.12. Fuentes

Las fuentes de **rayos-X** de **600 KVp** de máximo e **iridio 192** pueden ser usadas como fuentes para toda inspección radiográfica con tal que permitan una adecuada capacidad de penetración. El **cobalto 60** sólo debe ser usado como fuente radiográfica cuando el acero que está siendo radiografiado excede **65 mm** de espesor. 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".

Tabla 6.6. Selección y Ubicación de *ICI*

Tipos de <i>ICI</i>	Igual con $T \geq 250 \text{ mm}$		Igual con $T < 10 \text{ mm}$		Desigual $T \geq 250 \text{ mm}$		Desigual $T < 250 \text{ mm}$	
	Agujero	Alambre	Agujero	Alambre	Agujero	Alambre	Agujero	Alambre
No tubular	2	2	1	1	3	2	2	1
Tubular ³	3	3	3	3	3	3	3	3
Tabla	6.4.	6.5.	6.4.	6.5.	6.4.	6.5.	6.4.	6.5.
Figuras	6.11.		6.12.		6.13.		6.14.	

T = Espesor nominal del metal base ($T1$ y $T2$ de las Figuras) (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 las normas IRAM 720-1, IRAM 720-2 e IRAM 720-3.

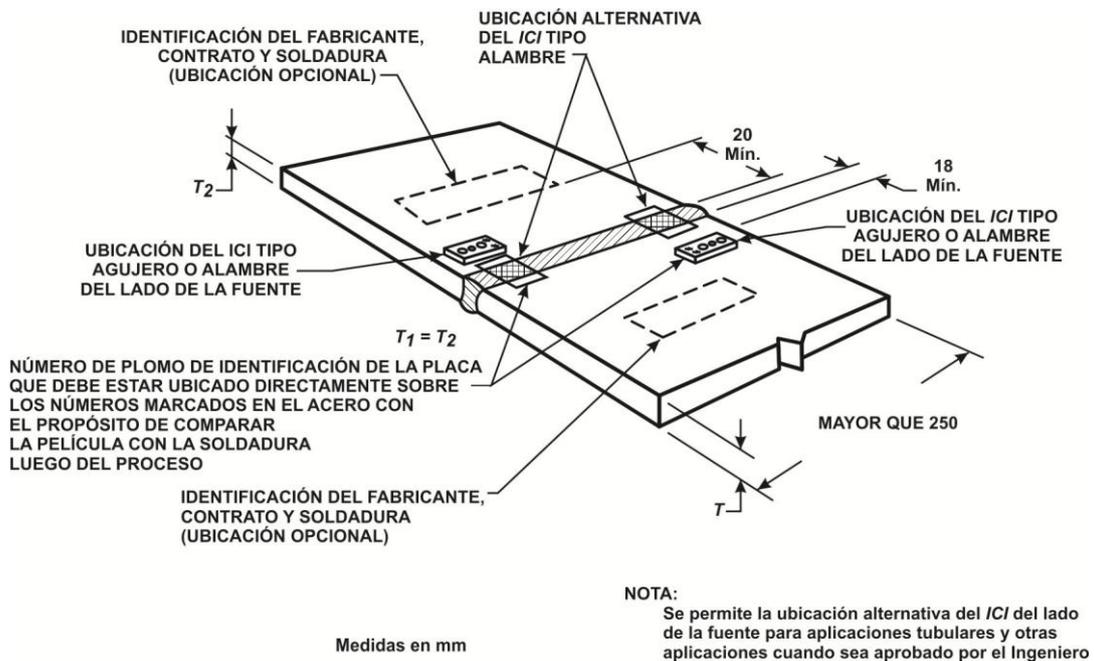


Figura 6.9. Identificación radiográfica y ubicaciones de los ICI tipo agujero o tipo alambre en juntas de espesor aproximadamente igual o mayor que 250 mm de largo.

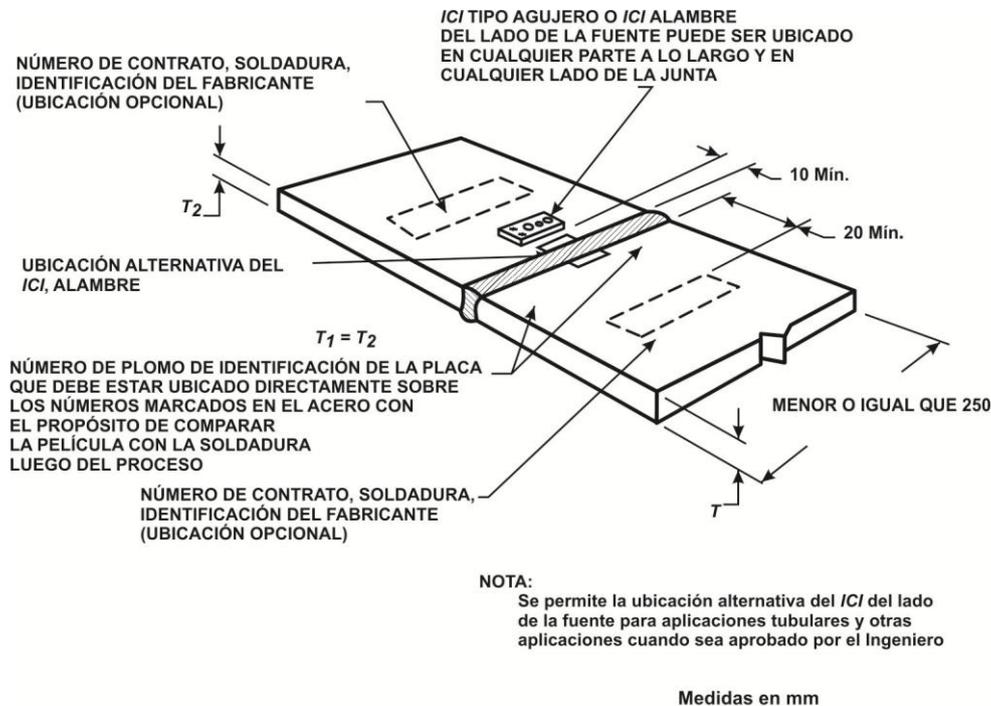


Figura 6.10. Identificación radiográfica y ubicaciones de los ICI Tipo agujero o Tipo alambre en juntas de espesor aproximadamente igual o menor que 250 mm de largo.

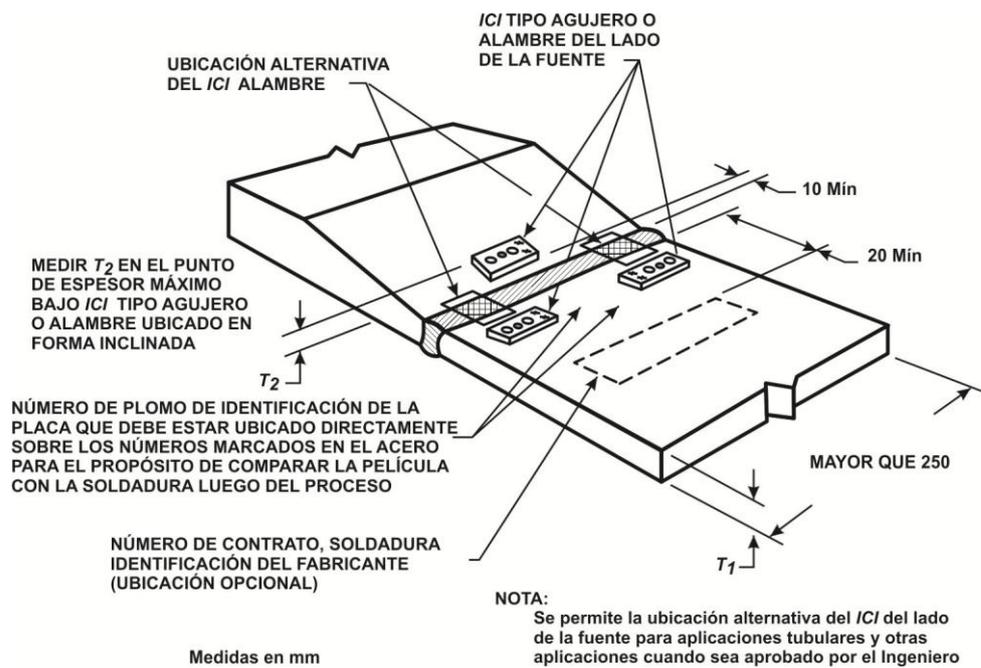


Figura 6.11 Identificación radiográfica y ubicaciones de los ICI Tipo agujero o Tipo alambre en juntas de transición mayores que 250 mm de largo.

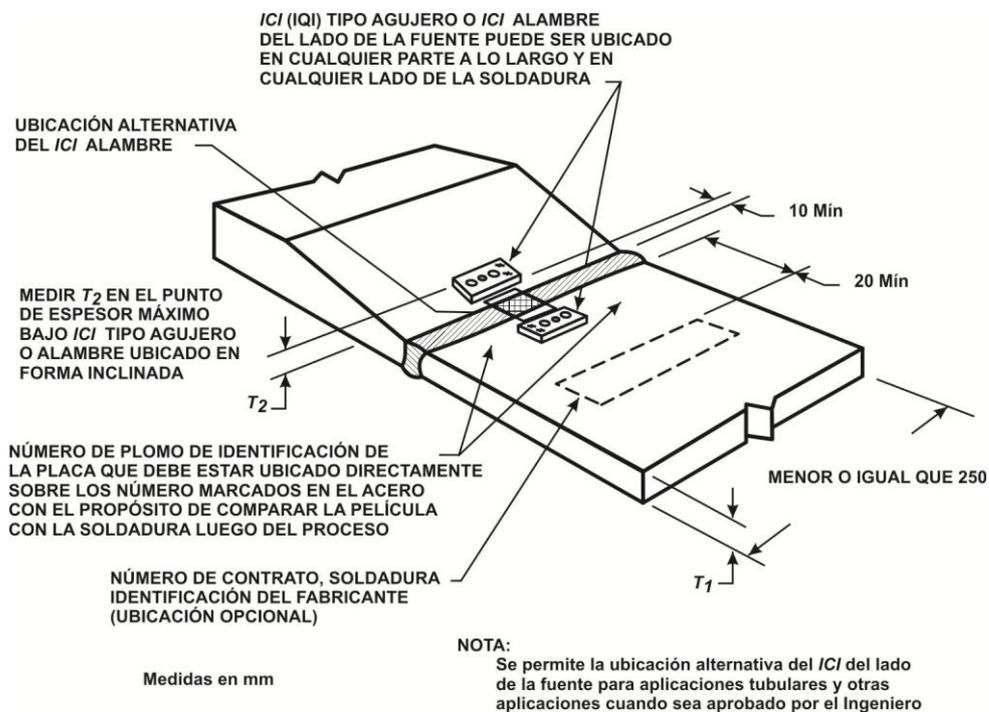


Figura 6.12. Identificación radiográfica y ubicaciones de los ICI Tipo agujero o Tipo alambre en juntas de transición menor o igual que 250 mm de largo.

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 se podrá utilizar una única película haciendo exposiciones separadas. En todos los casos se deberá aplicar lo indicado en el artículo 6.5.2.8.

6.5.2.14.3. Dispersión posterior

Para verificar la dispersión de radiación por detrás, se deberá fijar 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 se deberá considerar inaceptable.

6.5.2.14.4. Ancho de la película

El ancho de la película deberá ser suficiente para representar todas las porciones de la junta de soldadura, incluyendo la **ZAC**. Se 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 deberá tener una densidad mayor o igual que **1,3**. La densidad máxima deberá 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** la densidad radiográfica,
- I₀** la intensidad de luz en la película,
- I** la 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 sea 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 opte por esta alternativa, los requerimientos de densidad mínima establecidos en el artículo 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

Se deberá colocar sobre el acero, en cada ubicación de radiografía, una marca de identificación de la misma, y dos marcas de identificación de la posición 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. Se podrá imprimir previamente información de identificación adicional a una distancia mayor que **19 mm** desde el borde de la soldadura, o se debe producir en la radiografía ubicando figuras de plomo sobre el acero. La información que se requiera 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 la soldadura, si es aplicable.

6.5.2.18. Bloques en los extremos

Se deberán utilizar bloques en los extremos cuando se radiografíen soldaduras a tope con espesores mayores que **12 mm**. Los bloques en los extremos deberán 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 6.13.

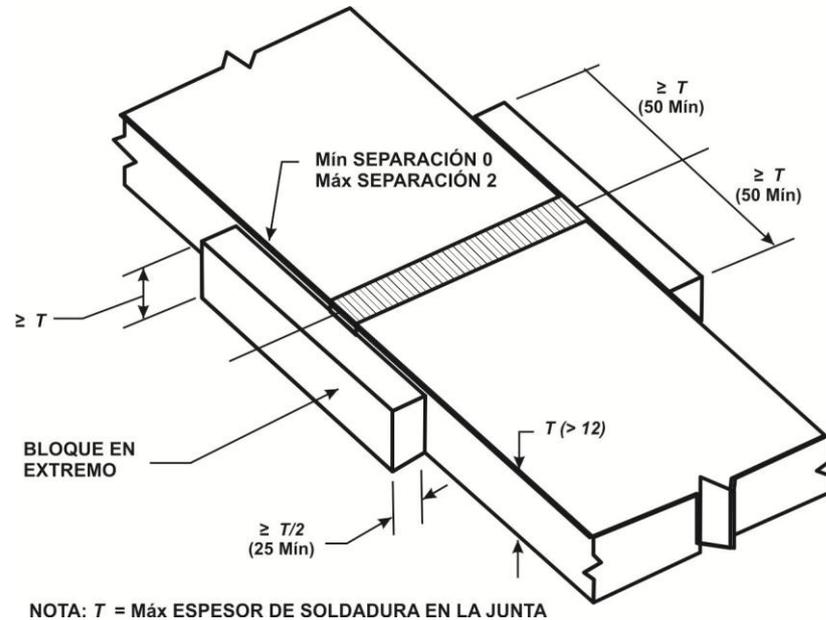


Figura 6.13. Bloques en los extremos.

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 deberá ser capaz de cubrir la totalidad de la circunferencia. Se utilizará preferentemente exposición de pared única/vista de pared única, cuando la accesibilidad o el tamaño del tubo impida esta técnica se podrá utilizar 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 la Figura 6.14). La exposición panorámica se podrá realizar si los requerimientos fuente a objeto son satisfechos. De lo contrario, se deberán realizar 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.

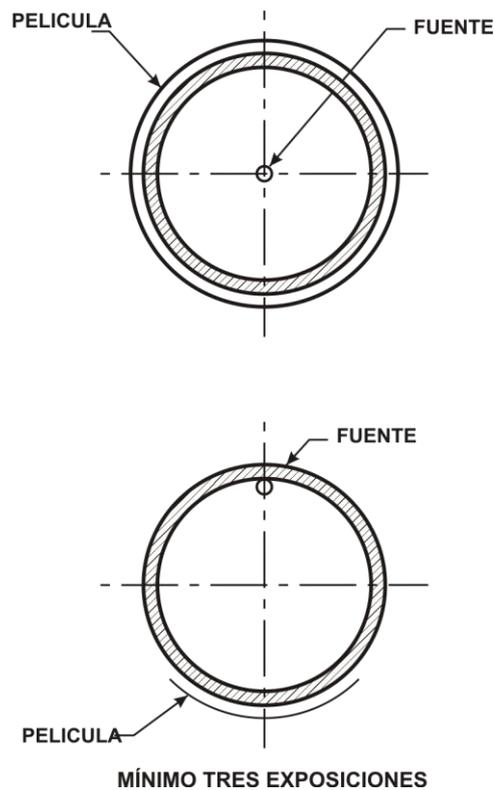


Figura 6.14. Exposición de pared única – Vista única.

6.5.3.3. Exposición de pared doble / vista de pared única

Cuando el acceso o las condiciones geométricas impidan una exposición de pared única, la fuente se podrá ubicar en el exterior del tubo y la película en la pared opuesta, exterior, del tubo (ver la Figura 6.15.). 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.



Figura 6.15. Exposición de pared doble – vista única.

6.5.3.4. Exposición de pared doble / vista de pared doble

Cuando el diámetro exterior del tubo sea menor que **90 mm**, tanto, el lado de la fuente como 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 con 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 deberá haber solape de las dos zonas interpretadas. Se requerirá un mínimo de dos exposiciones a **90°** una de otra, (ver la Figura 6.16.). 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 la Figura 6.17.). En cada una de estas técnicas, el **ICI** deberá ser colocado del lado del tubo o caño donde se encuentre la fuente.

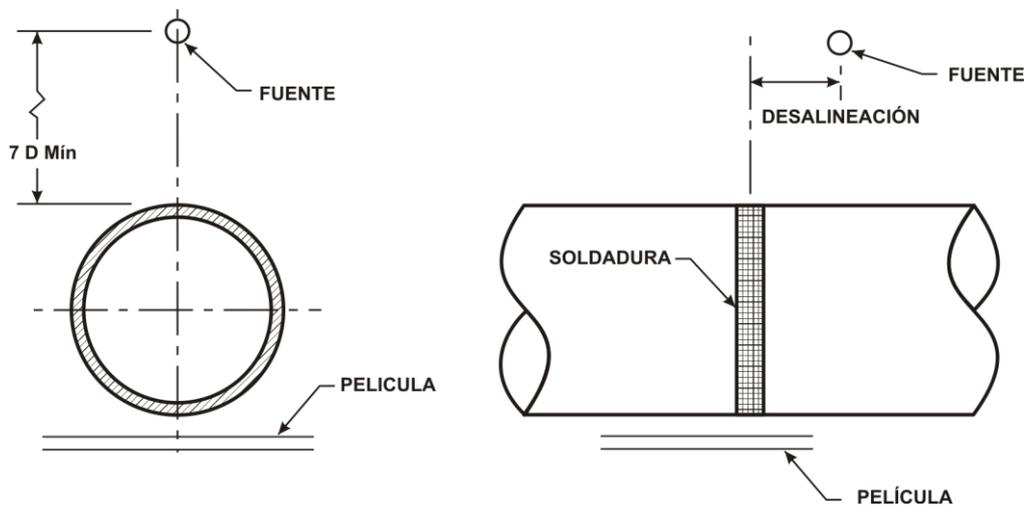


Figura 6.16. Exposición de pared doble – vista doble (elíptica), dos exposiciones mínimo.

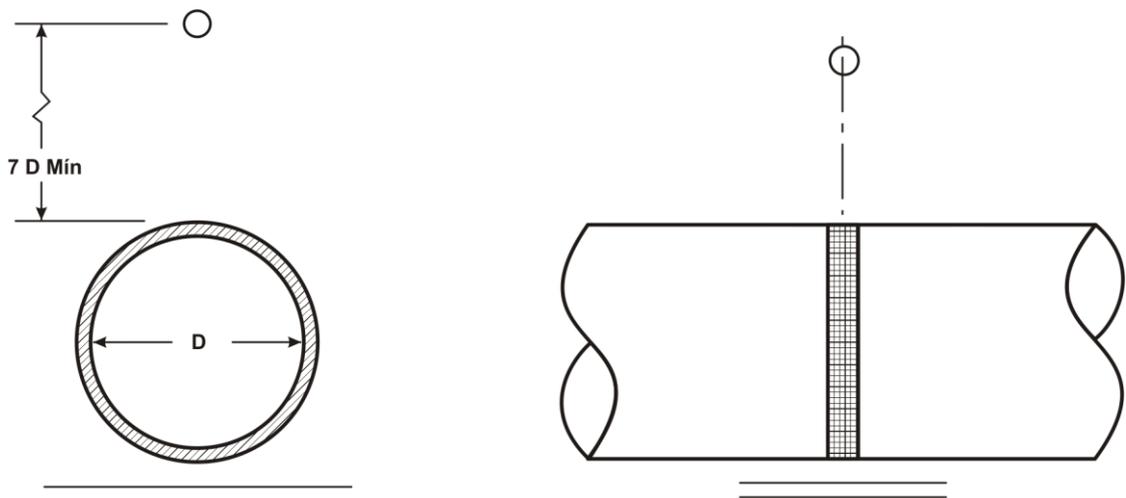


Figura 6.17. Exposición de pared doble – Vista doble, tres exposiciones mínimo.

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 deberá tener capacidad suficiente para iluminar adecuadamente radiografías con densidad **4.0**. La observación de la película se deberá realizar 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

Se deberá entregar al Comitente un juego completo de radiografías, con sus correspondientes informes con respecto a 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.

6.6. ENSAYO POR ULTRASONIDO (US) DE SOLDADURAS CON BISEL

6.6.1. Procedimientos generales

Los procedimientos descritos en esta sección deberán ser aplicados en los ensayos por ultrasonido de soldaduras con bisel, tanto en metal de soldadura como en **ZAC**, en el rango de espesores entre **8 mm** y **200 mm** inclusive. Estos procedimientos no se deberán utilizar para ensayar uniones tubulares **T**, **Y**, y **K**.

Todos los términos utilizados para **US** estarán de acuerdo con la última edición de la norma IRAM 764 "Términos utilizados en ensayos por ultrasonidos".

6.6.2. Procedimientos alternativos

Se podrán aplicar técnicas alternativas para realizar los ensayos por ultrasonido, previa autorización del Ingeniero responsable o por acuerdo fijado en los documentos contractuales, que implicaren variaciones en los procedimientos del ensayo, equipo, y criterios de aceptación de este artículo 6.6. Tales alternativas incluyen otros espesores, geometría de soldadura, tamaños de transductor, frecuencias, acoplamiento, superficies pintadas, etc. La aplicación de técnicas y directivas distintas a las indicadas en este artículo deberán ser, previamente, calificadas por medio de un procedimiento que forme parte de la documentación contractual y con aprobación del Ingeniero responsable.

6.6.3. Porosidad vermicular

Para detectar posible porosidad vermicular, se sugiere radiografía para complementar el ensayo por ultrasonido de soldaduras realizadas por electroescoria y electrogas.

6.6.4. Metal base

Estos procedimientos no contemplan su aplicación en ensayos de metales base. Sin embargo, las discontinuidades relacionadas con la soldadura, fisuración y desgarramiento laminar en el metal base adyacente, que no resulten aceptables bajo las disposiciones de este Reglamento, deberán ser informadas y registradas. El Ingeniero responsable deberá establecer el criterio de aceptación o rechazo en cada caso.

6.6.5. Requerimientos de calificación de personal

Para satisfacer los requerimientos establecidos en el artículo 6.4.7., la calificación del operador de ensayo por ultrasonido deberá incluir un examen específico y práctico el cuál deberá estar basado en los requerimientos de este Reglamento y de la Norma IRAM-ISO 9712. Este examen deberá requerir al operador de ensayo por ultrasonido que demuestre la habilidad para aplicar las reglas de este Reglamento en la detección y ubicación precisa de los defectos.

6.6.6. Equipo de ultrasonido

6.6.6.1. Requerimientos generales de los equipos

El equipo de ultrasonido deberá disponer de la técnica impulso-eco adecuada para el uso con transductores que oscilen a frecuencias entre **1 a 6 MHz**. La pantalla de visualización deberá ser con representación del tipo "A", con registro rectificado.

6.6.6.2. Linealidad horizontal

La linealidad horizontal del instrumento de ensayo deberá ser calificada sobre la distancia de la trayectoria sonora a ser usada en los ensayos.

6.6.6.3. Requerimientos para los equipos de ensayo

Los equipos de ensayo deberán tener estabilización interna de manera que luego de la entrada en calor, no ocurra una variación en respuesta mayor que $\pm 1 \text{ dB}$ con un cambio en la tensión nominal suministrada mayor que el **15 %**, en caso de suministro de energía por medio de batería, a lo largo de la duración de la carga. Debe haber una alarma o un medidor para señalar la caída en la tensión de la batería antes del apagado del instrumento debido al agotamiento de la misma.

6.6.6.4. Calibración de los equipos de ensayo

Los equipos de ensayo deberán tener un control o ajuste de ganancia calibrado, ajustable en forma discreta en saltos de **1 ó 2 dB** en un rango de al menos **60 dB**. La exactitud de la puesta a punto del atenuador deberá ser $\pm 1 \text{ dB}$.

6.6.6.5. Rango del monitor

El rango dinámico del monitor del equipo deberá ser tal que la diferencia de **1 dB** de amplitud pueda ser detectado fácilmente en el mismo.

6.6.6.6. Palpadores de haz recto (onda longitudinal).

Los palpadores de haz recto (onda longitudinal) deberán tener un área activa mayor o igual que **323 mm²** pero menor que **645 mm²**. El transductor deberá ser redondo o cuadrado.

6.6.6.7. Palpadores angulares

Los palpadores angulares deberán disponer de un transductor y una cuña en ángulo. La unidad puede estar compuesta de dos elementos separados o puede ser una unidad integral.

6.6.6.7.1. Frecuencia

La frecuencia nominal del palpador deberá tener un rango entre **2** y **2,5 MHz**.

6.6.6.7.2. Dimensiones del transductor

El cristal transductor deberá ser de forma cuadrada o rectangular, con un ancho cuyo rango será de **15 a 25 mm** y una altura con rango de **16 a 21 mm** (ver la Figura 6.18A). La relación máxima ancho altura debe ser de **1,2** a **1,0**, y la relación mínima ancho altura deberá ser de **1,0**.

6.6.6.7.3. Ángulos

El palpador deberá producir un haz ultrasónico con una discrepancia de $\pm 2^\circ$ para uno de los siguientes ángulos adoptados: **70°, 60°, ó 45°**.

6.6.6.7.4. Marcado

Cada palpador deberá ser marcado para indicar claramente la frecuencia del transductor, ángulo nominal de refracción y el punto de salida.

6.6.6.7.5. Distancia a los bordes

Las dimensiones del palpador deberán ser tales que la distancia desde el borde del palpador al punto de salida será menor o igual que **25 mm**.

6.6.7. Calibración y ajuste del equipo de US

El proceso de calibración y ajuste se efectuará usando un bloque de referencia para calibración (por ejemplo el Bloque IIV) y utilizando un procedimiento de acuerdo con la última edición de la norma IRAM-CNEA Y 500-1002 "Ultrasonido. Método para la calibración y verificación de equipos, empleando los bloques patrón IRAM 723" u otra norma aplicable reconocida por IRAM o acordada contractualmente.

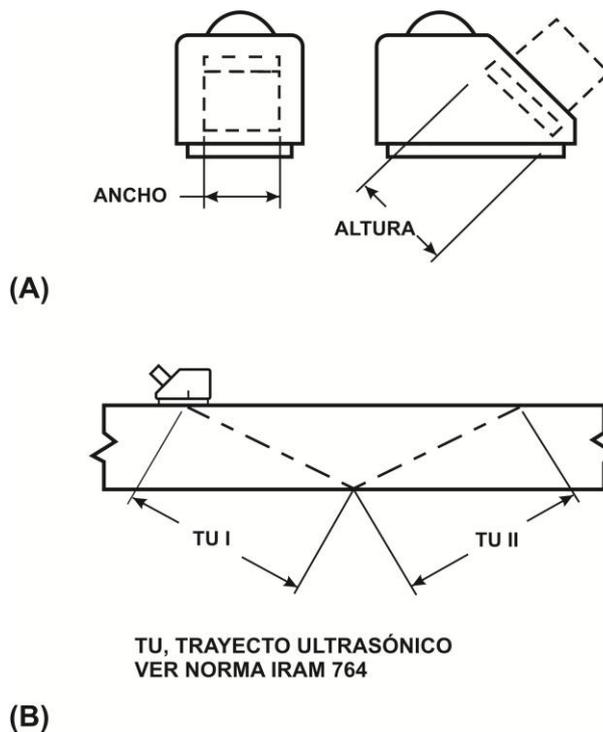


Figura 6.18. (A) Cristal del Transductor, (B) Trayectos Ultrasónicos.

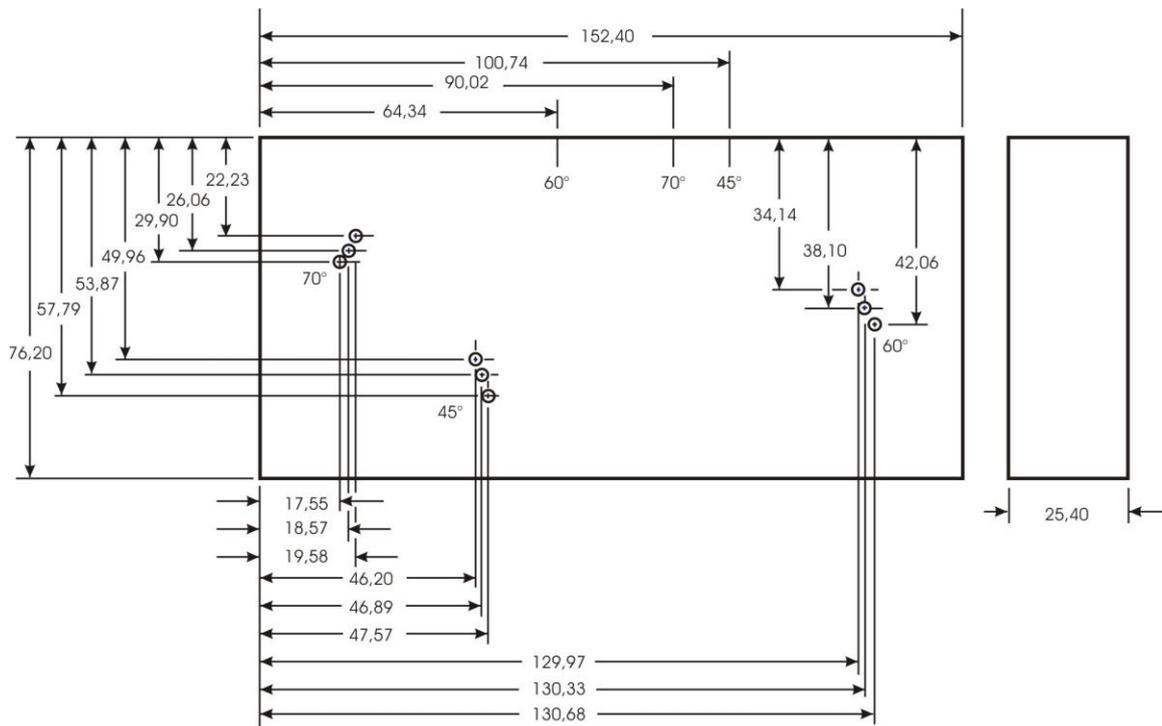
6.6.8. Reflectores prohibidos

Este Reglamento prohíbe la utilización de reflectores tipo “esquina” para propósitos de calibración.

6.6.9. Requerimientos de resolución

La combinación de palpador y equipo debe resolver tres agujeros en un bloque de referencia como el indicado en la Figura 6.19. La resolución debe ser evaluada con los controles del equipo alistados con la puesta a punto normal para ensayo y las indicaciones de los agujeros se deben producir en la altura media del monitor. La resolución debe ser suficiente para distinguir al menos los picos de las indicaciones de los tres agujeros. No está permitido el uso de bloques de referencia para resolución a los fines de la calibración. Cada combinación para ensayo (equipo y palpador) será verificada antes de su uso inicial. Esta verificación del equipamiento será realizada, para cada equipo de ensayo y combinación de elementos de **US**. No se necesita volver a realizar esta verificación mientras se mantenga la documentación correspondiente a los siguientes ítems:

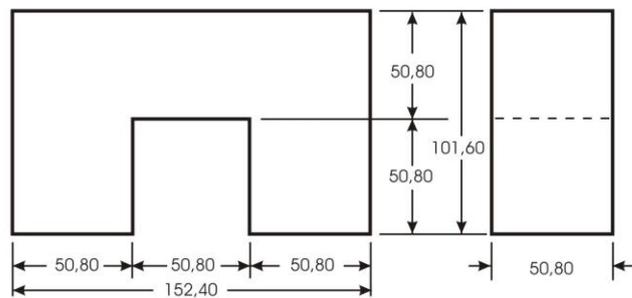
- (1) Equipo de US, fabricante, modelo y N° de serie.
- (2) Palpador, fabricante, tipo, tamaño, ángulo y N° de serie.
- (3) Fecha de verificación y datos del técnico responsable.



Nota General: Todos los agujeros son de diam. 1,59 mm

Medidas en mm

RC- BLOQUE DE REFERENCIA PARA RESOLUCIÓN



RS- BLOQUE DE REFERENCIA PARA DISTANCIA Y SENSIBILIDAD

Figura 6.19. Bloques de calificación.

6.6.10. Calibración para ensayo

6.6.10.1. Posición del control de rechazo

Todos los ensayos de calibración se deberán realizar con el control de rechazo (corte o supresión) apagado. El uso del control de rechazo (corte o supresión) puede alterar los resultados del ensayo.

6.6.10.2. Técnica

La calibración de sensibilidad y barrido horizontal deberá ser hecha por el operador de **US** en la ubicación del ensayo y antes de cada soldadura.

6.6.10.3. Recalibración

La recalibración deberá ser hecha luego de cada cambio de operador, cada **30 minutos** de intervalo máximo de uso o cuando el circuito eléctrico sea perturbado por alguna de estas variables:

- (1) Cambio de transductor
- (2) Cambio de batería
- (3) Cambio de salida eléctrica
- (4) Cambio de cable coaxial
- (5) Interrupción de energía (corte eléctrico)

6.6.10.4. Ensayo de metal base con haz recto

La calibración para el ensayo con haz recto del metal base se deberá hacer con el palpador aplicado en la cara **A** del metal base, de acuerdo con los siguientes artículos:

6.6.10.4.1. Barrido o exploración

El barrido horizontal deberá ser ajustado para una distancia de calibración que permita presentar al menos el equivalente a dos espesores de chapa en el monitor.

6.6.10.4.2. Sensibilidad

La sensibilidad deberá ser ajustada en una ubicación libre de indicaciones de manera que la primera reflexión posterior del lado más lejano de la chapa será **50 a 75 %** de la altura total del monitor.

6.6.10.5. Calibración para ensayo con palpador angular

La calibración para ensayo con palpador angular o haz oblicuo se deberá realizar de acuerdo con los siguientes artículos:

6.6.10.5.1. Barrido horizontal

El barrido horizontal deberá ser ajustado para representar la distancia real de la trayectoria mediante el uso del bloque para calibración de acuerdo con la norma IRAM o norma alternativa aprobada. La distancia de calibración deberá ser hecha usando una escala de **125 mm** ó **250 mm** en el monitor, la que resulte más apropiada. Si la configuración de la junta o el espesor impiden un ensayo total de la soldadura en cualquiera de esas condiciones, la distancia de calibración se deberá fijar usando escalas de **400** ó **500 mm**, según se requiera. La posición del palpador será indicada en el proceso de calibración de acuerdo con la norma IRAM o norma alternativa aprobada en los documentos de contrato.

6.6.10.5.2. Nivel de referencia cero

La referencia cero del nivel de sensibilidad usada para la evaluación de la discontinuidad ("**b**" en el modelo de registro para **US**, Anexo VI de este Reglamento) será obtenida ajustando el control de ganancia calibrado (atenuador) del detector de falla, alcanzando los requerimientos del artículo 6.6.6., de manera que en el monitor resulte una deflexión de traza maximizada horizontalmente, ajustada a la altura de la línea horizontal de referencia con el control de ganancia horizontal.

6.6.11. Procedimientos de ensayo

6.6.11.1. Línea de eje "X"

Se deberá marcar una línea "X" para la ubicación de la discontinuidad en la cara de la soldadura en dirección paralela al eje de la misma.

6.6.11.2. La Línea de eje "Y"

Se deberá marcar una línea "Y", acompañada con el número de identificación de soldadura, en el metal base adyacente a la soldadura que es inspeccionada por **US**. Esta marcación se usa con los siguientes propósitos:

- (1) Identificación de la soldadura.
- (2) Identificación de la cara **A**.
- (3) Medición de distancia y dirección (+ o -) desde la línea del eje "X".
- (4) Medición de la ubicación desde los extremos o bordes.

6.6.11.3. Limpieza

Todas las superficies en las que se aplique el palpador deberán estar libres de salpicaduras de soldadura, suciedad, grasa, aceite (distinto del usado para hacer de acoplamiento), pintura y capas de óxido sueltas. En todos los casos se deberá asegurar un contorno que permita un íntimo acoplamiento.

6.6.11.4. Acoplamiento

Un material de acoplamiento deberá ser usado entre el palpador y el material a ser ensayado. El acoplamiento deberá ser glicerina o goma de celulosa y mezcla de agua, debiéndose obtener una consistencia adecuada. Se podrá agregar un agente humectante si es necesario y aceite ligero para máquinas como acoplamiento en bloques de calibración.

6.6.11.5. Alcance del ensayo

La totalidad del metal base deberá ser ensayado buscando reflexiones laminares o planas usando un palpador de haz recto conforme a los requerimientos del artículo 6.6.6.6. y calibrado de acuerdo con el artículo 6.6.10.4.

Si cualquier área del metal base exhibe pérdida total del eco de fondo o una indicación igual o mayor que la altura del eco de fondo original está ubicada en posición que vaya a interferir con el proceso de exploración normal de una soldadura, su tamaño, ubicación y profundidad desde la cara **A**, deberá ser determinada e informada en el registro de **US**. Se deberá usar un procedimiento de exploración alternativo.

6.6.11.6. Tamaño del reflector

El procedimiento de evaluación del tamaño del reflector deberá estar de acuerdo con el artículo 6.6.15.1.

6.6.11.7. Inaccesibilidad

Si parte de una soldadura es inaccesible al ensayo, de acuerdo con los requerimientos de la Tabla 6.6., el ensayo se deberá conducir usando uno o más de los siguientes procedimientos alternativos a fin de obtener una total cobertura de la soldadura:

- (1) La superficie(s) de la soldadura deberá estar configurada al ras de acuerdo con el artículo 5.24.4.1.
- (2) Se deben realizar ensayos de las caras **A** y **B**.
- (3) Se deberán utilizar otros ángulos de palpador.

6.6.11.8. Ensayos de las soldaduras

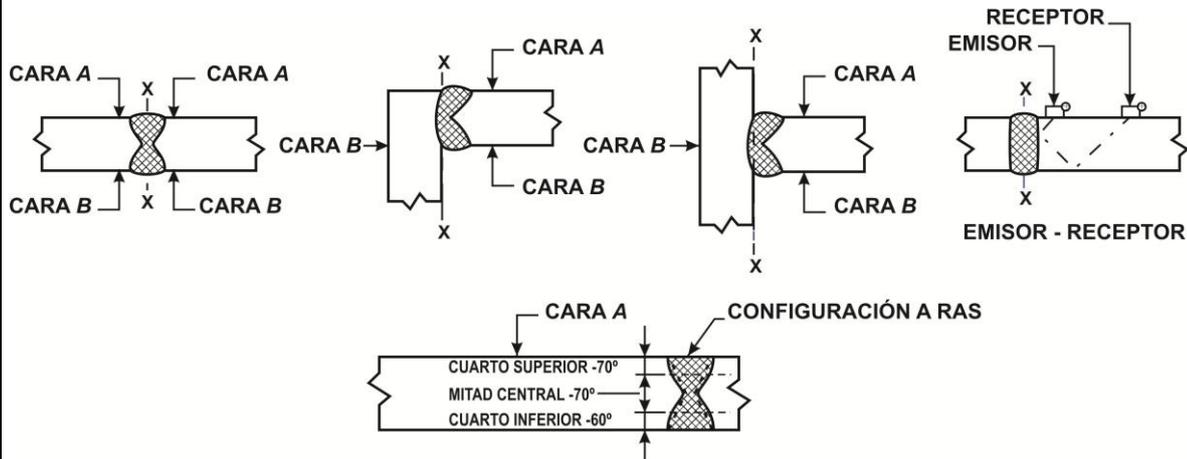
Las soldaduras se deberán ensayar usando un palpador con haz en ángulo conforme a los requerimientos del artículo 6.6.6.7.3. con los instrumentos calibrados de acuerdo con el artículo 6.6.10.5. usando el ángulo como se muestra en la Tabla 6.6. Seguido a la calibración y durante el ensayo, el único ajuste de equipo permitido es el ajuste del nivel de sensibilidad con el control de ganancia calibrado (atenuador). El control de rechazo (corte o supresión) deberá estar apagado. La sensibilidad se deberá incrementar desde el nivel de referencia para exploración de soldadura de acuerdo con la Tabla 6.2. ó 6.3., según se aplique.

6.6.11.9. Barrido o exploración

El ángulo de barrido o exploración para ensayo deberá estar de acuerdo con los mostrados en la Tabla 6.7.

Tabla 6.7. Ángulo de ensayo

Carta de procedimientos									
Espesor del material (mm)									
Tipo de soldadura	≥ 8,0	> 38	> 45	> 60	> 90	> 110	> 130	> 160	> 180
	≤ 38	≤ 45	≤ 60	≤ 90	≤ 110	≤ 130	≤ 160	≤ 180	≤ 200
	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
A Tope	1 O	1 F	1G ó 4 F	1G ó 5 F	6 ó 7 F	8 ó 10 F	9 u 11 F	12 ó 13 F	12 F
T	1 O	1 F ó XF	4 F ó XF	5 F ó XF	7 F ó XF	10 F ó XF	11 F ó XF	13 F ó XF	- -
L (Esquina)	1 O	1 F ó XF	1G F ó 4 XF	1G F ó 5 XF	6 F ó 7 XF	8 F ó 10 XF	9 F u 11 XF	13 F ó 14 XF	- -
Electrogas y Electro Escoria	1 O	1 O	1G ó 4 1(**)	1G ó 3 P1 P3	6 ó 7 P3	11 ó 15 P3	11 ó 15 P3	11 ó 15 P3	11 ó 15(**) P3



Notas:

- (1) Donde sea posible, todos los ensayos se deben realizar desde la Cara A y en el Trayecto Ultrasónico TU I, salvo que se especifique otra cosa en esta Tabla.
- (2) Las áreas de raíz de las soldaduras en juntas con un solo bisel que tienen respaldo que no requiere ser quitado por contrato, deben ser ensayados en el TU I, donde sea posible, con la Cara A siendo la opuesta al respaldo. (puede ser necesario amolar la cara de la soldadura o ensayar desde caras de soldadura adicionales para permitir una inspección completa de la raíz de la soldadura)
- (3) El ensayo en el TU II o TU III debe hacerse sólo para satisfacer las disposiciones de esta Tabla o cuando sea necesario para ensayar áreas de soldaduras hechas inaccesibles por una superficie de soldadura no configurada, o interferencias con otras partes de la construcción soldada, o alcanzar los requerimientos del artículo 6.6.11.10.
- (4) Debe usarse TU III sólo donde el espesor o geometría no permita la inspección del área completa de las soldaduras, y zonas afectadas por el calor (ZAC) en TU I o TU II.
- (5) En las soldaduras a la tracción en estructuras cargadas cíclicamente, el espesor del cuarto superior debe ser ensayado con el palpador avanzando desde la Cara B hacia la Cara A, el espesor del cuarto de abajo debe ser ensayado con el palpador avanzando desde la Cara A hacia la Cara B; por ejemplo: el espesor del cuarto superior debe ser ensayado tanto de la Cara A en el TU II o desde la Cara B en el TU I según la opinión del contratista, salvo que se especifique o contrario en los documentos del contrato.
- (6) La cara de soldadura indicada debe estar configurada a ras antes de usar el procedimiento 1G, 6, 8, 9, 12, 14 o 15. La Cara A de ambos componentes unidos deben estar en el mismo plano.
- (7) La definición de Trayecto Ultrasónico (TU) corresponde a las definiciones de la norma IRAM 764 y también se esquematiza en la Figura 6.18.B de este Capítulo 6.

Tabla 6.7. (Continuación). Ángulo de ensayo

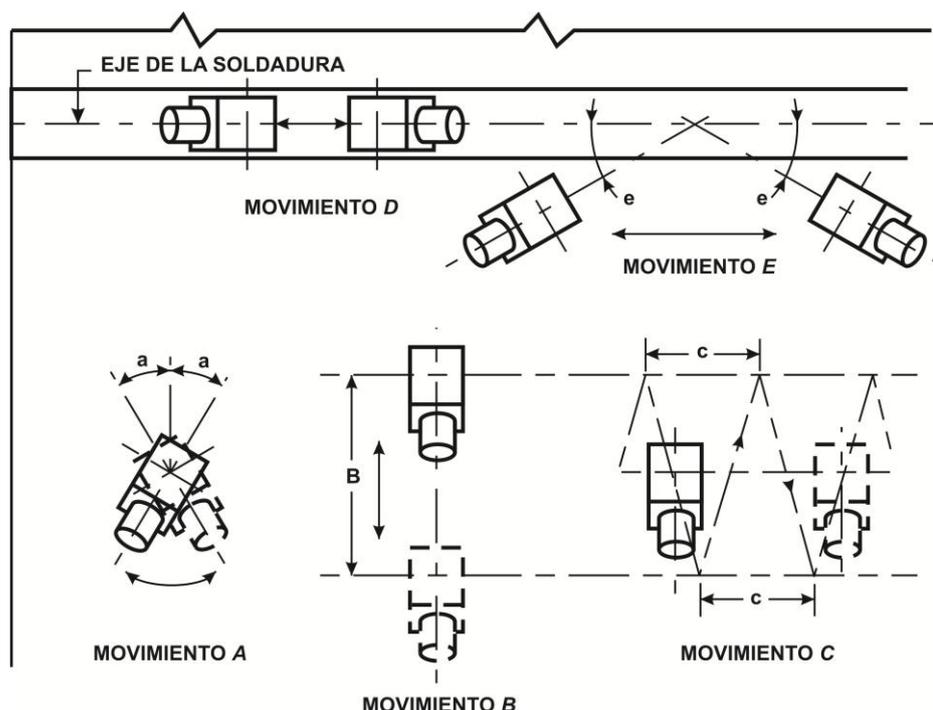
Leyenda de procedimientos			
Area del espesor de la soldadura			
N°	Cuarto superior	Mitad Central	Cuarto inferior
1	70°	70°	70°
2	60°	60°	60°
3	45°	45°	45°
4	60°	70°	70°
5	45°	70°	70°
6	70° G A	70°	60°
7	60° B	70°	60°
8	70° G A	60°	60°
9	70° G A	60°	45°
10	60° B	60°	60°
11	45° B	70° ^{***}	45°
12	70° G A	45°	70° G B
13	45° B	45°	45°
14	70° G A	45°	45°
15	70° G A	70° A B	70° G B

Leyendas:

- X** – Ensayar desde la Cara “C”.
- G** – Cara de soldadura amolada a ras.
- O** – No requerida.
- Cara A** – La cara del material desde el cual se realiza el barrido inicial (en las juntas **T** o Esquina, **L**), seguir los esquemas de arriba.
- Cara B** – opuesta a la cara “A” (la misma chapa)
- Cara C** – la cara opuesta de la soldadura en el miembro que conecta o una junta **T** o **L**.
- (*)** – Se requiere sólo donde se nota la altura de la indicación de referencia de discontinuidad en el monitor en la interfase metal de soldadura - metal base mientras se busca en el nivel de inspección con los procedimientos principales, seleccionados de la primer columna.
- (**)** – Usar distancia de calibración de monitor de **400 mm** y **500 mm**.
- P** – Se utilizará la técnica con dos palpadores, emisor y receptor, para una evaluación adicional de discontinuidades únicamente en la mitad central del espesor del material sólo con palpadores de **45 grados** ó **70 grados** de igual especificación, ambos de cara a la soldadura. (Los palpadores deben ser mantenidos en un elemento de fijación para control de posición – ver esquema.). La amplitud de calibración para emisión y recepción se hace normalmente en un único equipo. Cuando se cambia a palpadores duales para la inspección de emisión y recepción, se debe asegurar que esa calibración no cambie como resultado de las variables del instrumento.
- F** – Las indicaciones de la interfase metal de soldadura – metal base deberán ser evaluadas ulteriormente tanto con transductores de **70, 60** ó **45 grados** – aquel don de la trayectoria de haz esté más cerca o sea perpendicular a la sección de fusión sospechada.

6.6.11.10. Juntas a tope

Todas las soldaduras de juntas a tope deberán ser ensayadas de cada lado del eje de la soldadura. Las soldaduras de juntas en **T** y en esquina deberán ser ensayadas de un solo lado del eje de la soldadura. Todas las soldaduras deberán ser ensayadas usando las técnicas de barrido aplicables o las mostradas en la Figura 6.20. para detectar discontinuidades tanto transversales como longitudinales. El propósito es que, como mínimo, todas las soldaduras sean ensayadas de manera tal que el haz pase a través de la totalidad del volumen del metal de soldadura y la **ZAC** en dos direcciones cruzadas, cuando sea practicable.



Notas:

- (1) Los movimientos de ensayo son simétricos alrededor del eje de soldadura con excepción del movimiento **D** el cuál es conducida directamente sobre el eje de soldadura.
- (2) El ensayo de ambos lados del eje de soldadura será hecho donde sea mecánicamente posible.

Figura 6.20. Vista en planta de los movimientos del palpador de US.

6.6.11.11. Indicación máxima

Cuando aparezca una indicación de discontinuidad en el monitor, la máxima indicación alcanzable de la discontinuidad deberá ser ajustada para producir un nivel o eco de referencia horizontal en el registro del monitor. El ajuste se deberá hacer con el control de ganancia calibrado y el instrumento que lee en decibeles deberá ser usado como el "Nivel de Indicación o registro, a" para el cálculo de la "Indicación, d".

6.6.11.12. Factor de atenuación

El factor de atenuación, **c**, en el informe de ensayo será obtenido restando **25 mm** de la distancia de la trayectoria del sonido y multiplicando el resultado por **2**. Este factor deberá ser redondeado al valor de **dB** más cercano. Los valores fraccionarios menores que **0,5 dB** deberán ser reducidos al menor valor de **dB** y aquellos mayores o iguales que **0,5 dB** se deberán incrementar al nivel superior.

6.6.11.13. Clasificación de Indicación

La ponderación o “Clasificación de la Indicación, d” en el Informe **US**, Anexo VI de este Reglamento, representa la diferencia algebraica en decibeles entre el nivel de indicación o registro (a) y el nivel de referencia (b), con la corrección de atenuación como se indica en las siguientes expresiones:

- Instrumento con ganancia en **dB**:

$$a - b - c = d$$

- Instrumento con atenuación en **dB**:

$$b - a - c = d$$

6.6.11.14. Largo de las discontinuidades

El largo de las discontinuidades deberá ser determinado de acuerdo con el procedimiento indicado en el artículo 6.6.15.2.

6.6.11.15. Bases para la aceptación y rechazo

Cada discontinuidad de soldadura deberá ser aceptada o rechazada en base al tamaño de la indicación y su largo, de acuerdo con la Tabla 6.2. para estructuras cargadas estáticamente, o con la Tabla 6.3. para estructuras cargadas cíclicamente. Sólo será necesario registrar en los informes de ensayos aquellas discontinuidades que son rechazables, excepto para las soldaduras designadas en los documentos de contrato como “críticas para un proceso de fractura”. Las indicaciones calificadas como aceptables que estén dentro de **6 dB** inclusive del mínimo nivel de aceptación, deberán ser registradas en el informe de ensayo.

6.6.11.16. Identificación del area rechazada

Cada discontinuidad rechazada deberá ser indicada en la soldadura por una marca directamente sobre la discontinuidad en la totalidad de su largo. La profundidad desde la superficie y el nivel de indicación deberán ser anotados sobre el metal base cercano.

6.6.11.17. Reparación

Las soldaduras rechazadas por ensayo de ultrasonido deberán ser reparadas de acuerdo con el artículo 5.26. de este Reglamento. Las áreas reparadas deberán ser reensayadas por ultrasonido con los resultados tabulados en el informe original (si están disponibles) o en informe adicional.

6.6.11.18. Informes de reensayo

La evaluación de las soldaduras de reparación reensayadas deberán estar tabuladas en una nueva línea en el informe. Si se utiliza el formulario original, se deberá anteceder el número de identificación con **R1, R2,Rn**. Si se usan informes adicionales se deberá anteceder el número de informe con una **R**.

6.6.11.19. Respaldo

El ensayo por **US** en una soldadura de **JPC** con respaldo, será realizado con un procedimiento de **US** que reconozca las potenciales indicaciones creadas por la interfase metal/respaldo.

6.6.12. Ultrasonido en conexiones tubulares T, K e Y

6.6.12.1. Procedimiento

Todos los ensayos **US** deberán estar de acuerdo con los procedimientos escritos que hayan sido preparados y aprobados por personal calificado nivel III de acuerdo con la última edición de la norma IRAM-ISO 9712 y con experiencia demostrable en **US** de estructuras tubulares. El procedimiento deberá estar basado en los requerimientos de este Capítulo 6. Previo al uso en soldaduras de producción, el procedimiento y el criterio de aceptación deberán acordarse en los documentos de contrato y ser aprobados por el Ingeniero responsable. Los procedimientos deberán contener, como mínimo, la información que se detalla a continuación, teniendo en cuenta el método y técnicas de ultrasonido:

- (1) La configuración del tipo de junta soldada a ser examinada (el rango aplicable de diámetro, espesor, ángulo de diedro local, etc.). Las técnicas convencionales están limitadas generalmente a diámetros iguales o mayores que **325 mm**, espesores mayores o iguales que **12 mm**, y ángulos de diedro locales mayores o iguales que **30°**. Se pueden usar técnicas especiales para lados menores, con tal que estén calificados como se describe en esta sección, usando el tamaño menor de la aplicación.
- (2) Criterio de aceptación para cada tipo y tamaño de soldadura.
- (3) Tipo de equipo (fabricación y modelo).
- (4) Frecuencia del transductor (palpador), tamaño y perfil del área activa, ángulo del haz, y tipo de cuña en palpadores con haz en ángulo. Los procedimientos que usan transductores con frecuencias mayores que **6 MHz**, con tamaño menor que **6 mm** y de perfil diferente que el especificado en otra parte, puede ser usado, con tal que estén calificados como se describe en el presente Reglamento.
- (5) Preparación de la superficie y acoplamiento.
- (6) Tipo de bloque referencia para ensayo de calibración y reflector de referencia.
- (7) Método de calibración y precisión requerida para la distancia, barrido, linealidad vertical, dispersión del haz, ángulo, sensibilidad, y resolución.

- (8) Intervalo de recalibración para cada elemento del punto (7).
- (9) Método para determinar la continuidad acústica del metal base, (ver el artículo 6.6.12.4.), y para establecer la geometría como una función del ángulo del diedro local y el espesor.
- (10) Patrón de inspección, (ver el artículo 6.6.12.5.).
- (11) La corrección de transferencia para la curvatura y rugosidad de la superficie. (donde se usan métodos de amplitud, (ver el artículo 6.6.12.5.).
- (12) Métodos para determinar el ángulo efectivo del haz (en material curvado), área de raíz, y ubicación de las discontinuidades.
- (13) Método de determinación del largo y altura de la discontinuidad.
- (14) Método de verificación del defecto durante la remoción y reparación.

6.6.12.2. Personal

En adición a los requerimientos dados en el artículo 6.4. de este Reglamento, cuando se realicen exámenes en uniones **T**, **Y**, y **K**, se le deberá exigir al operador que demuestre habilidad para aplicar las técnicas especiales requeridas para tales exámenes. Se deberán realizar ensayos prácticos para este propósito sobre las soldaduras de prototipos o modelos a escala real que representen el tipo de soldaduras a ser inspeccionadas, incluyendo un rango representativo de ángulo de diedro y espesor que se encontrarán en la producción, usando los procedimientos aplicables calificados y aprobados. Cada prototipo deberá contener discontinuidades naturales o artificiales que produzcan indicaciones de ultrasonido sobre y debajo del criterio de aceptación o rechazo especificado en el procedimiento aprobado.

La aprobación del operador deberá ser evaluada sobre la base de la habilidad para determinar el tamaño y clasificación de cada discontinuidad con una precisión requerida para aceptar o rechazar cada construcción soldada y ubicar con precisión las discontinuidades rechazables a lo largo de la soldadura y dentro de la sección transversal de la misma. Por lo menos un **70 %** de las discontinuidades rechazables deberán ser identificadas genuinamente como rechazables, y la habilidad deberá por otra parte satisfacer al Ingeniero responsable.

6.6.12.3. Calibración

Los equipos de calificación de ultrasonido y métodos de calibración deberán alcanzar los requerimientos de los procedimientos aprobados en este Capítulo 6, con la excepción de:

6.6.12.3.1. Rango

El rango de calibración deberá incluir, como mínimo, la distancia total de la trayectoria del haz a ser usada durante el ensayo específico. Este puede ser ajustado tanto para representar el movimiento de la trayectoria del haz, la distancia a la superficie, o el largo

equivalente debajo de la superficie de contacto, presentada a lo largo de la escala horizontal del instrumento, como se describe en el procedimiento aprobado.

6.6.12.3.2. Calibración de sensibilidad

La sensibilidad estándar para el ensayo de soldaduras de producción usando técnicas de amplitud deberá ser:

sensibilidad básica + corrección de amplitud por distancia + corrección por transferencia.

Esta calibración deberá ser realizada al menos una vez para cada junta a ser ensayada; excepto que, para ensayos repetitivos del mismo tamaño y configuración, se podrá usar la frecuencia de calibración establecida en el artículo 6.6.10.3.

- (1) **Sensibilidad básica.** El nivel de referencia de altura de monitor obtenido usando la máxima reflexión de un agujero de **1,5 mm** de diámetro en un bloque del tipo IIW (u otro bloque que tenga la misma sensibilidad básica de calibración) como se describe en el artículo 6.6.10.
- (2) **Corrección de amplitud por distancia.** El nivel de sensibilidad deberá ser ajustado con el objeto de prepararse para una pérdida por atenuación a través de la trayectoria del haz a ser usado tanto por curvas de corrección de amplitud por distancia, medios electrónicos, o como se describe en el artículo 6.6.11.14. Cuando se utilicen transductores de alta frecuencia, se deberá considerar la mayor atenuación. Se podrá usar la corrección de transferencia para adaptar el ensayo por ultrasonido a través de delgadas capas de pintura menores o iguales que **0,25 mm** de espesor.

6.6.12.4. Examen del metal base

La totalidad del área sujeta a inspección por ultrasonido deberá ser examinada por la técnica de onda longitudinal para detectar reflexiones laminares que pueden interferir con la propagación de la onda. Todas las áreas que contengan reflexiones laminares deberán ser marcadas para la identificación antes del ensayo de la soldadura y deberán ser consideradas las consecuencias en la selección del ángulo de la unidad de inspección y técnicas de inspección para el ensayo de las soldaduras en dicha área. Las discontinuidades en material base que excedan los límites dados en el artículo 5.15.1.1. deberán ser puestos en consideración del Ingeniero responsable o del Inspector de soldadura responsable.

6.6.12.5. Barrido o exploración de la soldadura

La exploración de soldaduras en uniones **T**, **Y**, o **K**, se deberá realizar desde la superficie del elemento estudiado (ver la Figura 6.21). Para la inspección inicial, la sensibilidad debe ser incrementada en **12 dB** por encima del valor establecido en el artículo 6.6.12.3. para la máxima trayectoria del haz. La evaluación de la indicación se deberá realizar con referencia a la sensibilidad estándar.

6.6.12.6. Ángulo óptimo

Las indicaciones en el área de la raíz de las soldaduras con bisel en juntas a tope y a lo largo de la cara de fusión de todas las soldaduras, deberán ser adicionalmente evaluadas

con ángulos de inspección de 70°, 60° ó 45°, el que esté más cercano a ser perpendicular a la cara de fusión esperada.

6.6.12.7. Evaluación de discontinuidades

Los tamaños deberán ser dados como largo y altura (dimensión de profundidad) o amplitud, como sea aplicable. La amplitud deberá ser relacionada con “el bloque de calibración”. Las discontinuidades deberán ser clasificadas como lineales o planas versus esféricas, notando cambios en la amplitud cuando el transductor se hace oscilar en un arco centrado en el reflector. Se deberá determinar la ubicación (posición) de las discontinuidades dentro de la sección transversal de soldadura, así como desde un punto de referencia establecido a lo largo del eje de la soldadura.

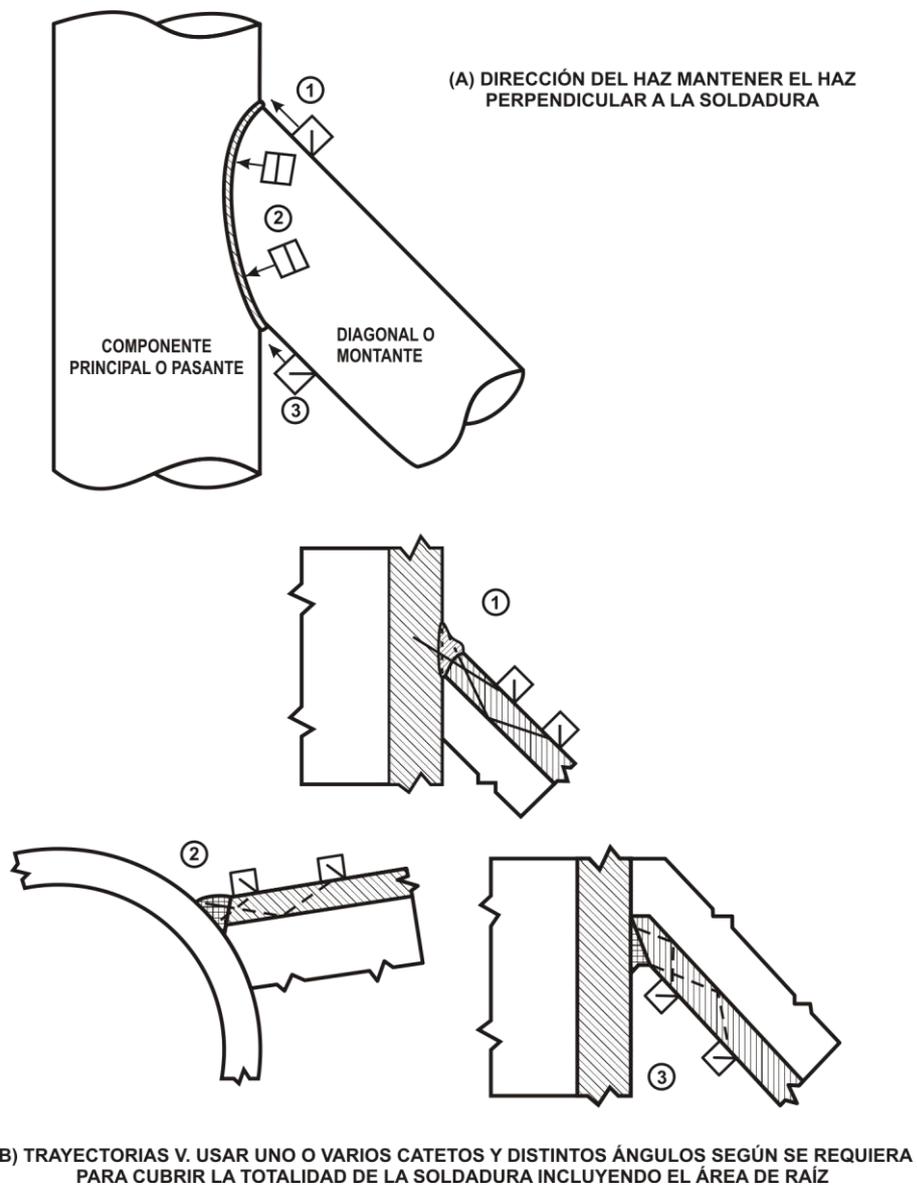


Figura 6.21. Técnicas de Inspección.

6.6.13. Informes

6.6.13.1. Formularios

El operador de ultrasonido deberá completar un formulario de informe que identifique claramente el trabajo y el área de inspección una vez completada la misma. Para cada soldadura donde se encuentren indicaciones significativas se deberá completar un informe detallado y esquemas mostrando la ubicación a lo largo del eje de la soldadura, ubicación dentro de la sección transversal de la soldadura, tamaño, extensión, orientación, y clasificación de cada discontinuidad.

6.6.13.2. Discontinuidades dudosas

Cuando se especifique, las discontinuidades que se acercan al tamaño rechazable, particularmente aquellas sobre las que hay alguna duda en cuanto a su evaluación, deberán ser también informadas.

6.6.13.3. Inspección incompleta

Las áreas en las que no fue posible una inspección completa, también deberán ser registradas, en conjunto con la explicación por la cual la inspección no fue completada.

6.6.13.4. Marcas de referencia

Salvo que se especifique otra cosa, la posición de referencia, la ubicación y extensión de las discontinuidades rechazables (fallas o defectos) se deberán también marcar sobre el elemento estructural de bajo espesor.

6.6.14. Preparación y disposición de los informes

6.6.14.1. Contenido de los informes

El operador de ultrasonido deberá completar un formulario de informe que identifique claramente el trabajo y el área de inspección completada. El formulario para soldaduras que son aceptables, necesita contener sólo información suficiente para identificar la soldadura, la firma del operador y la aceptabilidad de la soldadura. El Anexo VI muestra un formulario tipo.

6.6.14.2. Informes preliminares de la inspección

Antes de la aceptación de una soldadura sujeta a **US**, todos los formularios de informe pertenecientes a la soldadura, incluyendo aquellos que muestren calidad inaceptable previo a la reparación, deberán ser presentados al Inspector de Soldadura.

6.6.14.3. Informes finales

Se deberán entregar al Comitente, sobre la finalización de los trabajos, un juego completo de los informes realizados de las soldaduras sujetas a **US**, realizados por el contratista, incluyendo aquellos que muestren calidad inaceptable previo a la reparación.

6.6.15. Procedimientos de evaluación del tamaño de las discontinuidades

6.6.15.1. Ensayo con palpadores de haz recto (longitudinal)

El tamaño de las discontinuidades laminares o planas no siempre es fácil de determinar, especialmente aquellas que son más pequeñas que el tamaño del transductor. Cuando la discontinuidad sea mayor que el transductor, ocurrirá una pérdida total de reflexión y una pérdida de **6 dB** de amplitud.

La medición de la línea de centros del transductor normalmente es confiable para determinar los bordes de la discontinuidad. Sin embargo, la evaluación del tamaño aproximado de dichas reflexiones, las cuales son menores que el transductor, podrá ser hecha comenzando afuera de la discontinuidad con el equipo calibrado de acuerdo con el artículo 6.6.10.4. y moviendo el palpador hacia el área de la discontinuidad hasta que la indicación en la pantalla comience a formarse. El borde de adelante del palpador, en ese punto, es indicativo del borde de la discontinuidad.

6.6.15.2. Ensayo con palpadores angulares (transversal)

El siguiente procedimiento deberá ser usado para determinar los largos de las indicaciones que tienen clasificación de indicación más seria que **Clase D**. El largo de tal indicación deberá ser determinado por la medición de la distancia entre las ubicaciones de la línea de centros del transductor donde la amplitud de la clasificación de indicación cae un **50% (6 dB)** debajo del rango para la clasificación de falla aceptable. Esta medida se deberá registrar como largo de la discontinuidad en el informe de ensayo. Este procedimiento se deberá repetir para determinar el largo de las fallas de **Clase A, B y C**.

6.6.16. Barrido o exploración

En la Figura 6.20. se indica un patrón de inspección **US**.

6.6.16.1. Discontinuidades longitudinales

6.6.16.1.1. Barrido con movimiento **A**

Ángulo de rotación $a = 10^\circ$.

6.6.16.1.2. Barrido con movimiento **B**

La distancia de barrido **b** deberá ser tal que cubra toda la sección de soldadura que será ensayada.

6.6.16.1.3. Barrido con movimiento **C**

La progresión de la distancia **c** deberá ser aproximadamente la mitad del ancho del transductor.

Los movimientos **A**, **B**, y **C** están combinados dentro de un patrón de barrido o exploración.

6.6.16.2. Discontinuidades transversales

6.6.16.2.1. Soldaduras amoladas

El patrón de barrido **D** será usado cuando las soldaduras estén amoladas al ras (cara plana).

6.6.16.2.2. Soldaduras no amoladas

El patrón de barrido **E** será usado cuando el refuerzo o sobremonta de la cara de la soldadura no esté amolado al ras. Ángulo de Inspección $e = 15^\circ$ máximo.

El patrón deberá ser tal que se cubra la totalidad de la sección de soldadura.

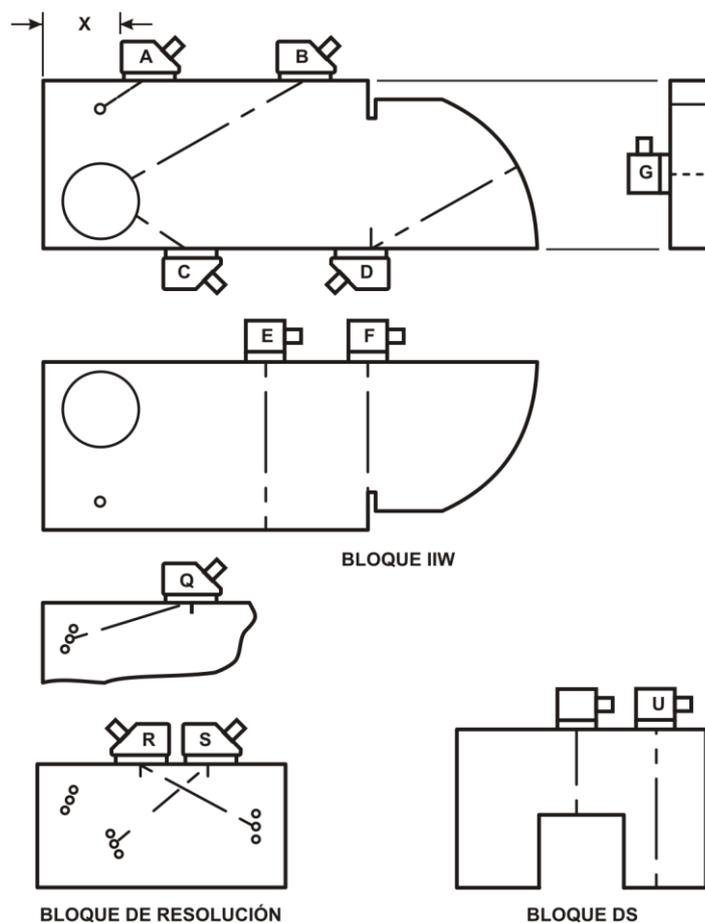


Figura 6.22. Posiciones del transductor (típicas).

CAPÍTULO 7. REFUERZO, RESTAURACIÓN Y REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

7.1. CAMPO DE VALIDEZ

El campo de validez de este Capítulo comprende el refuerzo, restauración o reparación de una estructura existente, consistente en todas aquellas modificaciones que permitan alcanzar los requerimientos de diseño, fabricación, montaje e inspección especificadas por este Reglamento. El Ingeniero responsable deberá preparar un plan completo del trabajo que deberá incluir especificaciones de diseño, mano de obra, fabricación, inspección y documentación correspondiente.

7.2. METAL BASE

7.2.1. Investigación

Antes de preparar los planos y especificaciones para el refuerzo, restauración o reparación de estructuras existentes, se deberán determinar los tipos de metales base usados en la estructura original ya sea a través de planos y especificaciones existentes, o por ensayos representativos del metal base. En los casos que sea requerido se deberá efectuar un análisis de integridad estructural o aptitud para el servicio previo a la definición de las especificaciones y documentación necesarias para el trabajo.

7.2.2. Soldabilidad

Se deberá establecer la adecuación del metal base para la soldadura. De ser necesario se deberá efectuar un completo análisis de soldabilidad en relación directa con lo especificado en el artículo 7.6.1.

7.2.3. Otros metales base

Cuando las uniones sean de metales base distintos a los listados en la Tabla 3.1, el Ingeniero responsable deberá preparar una recomendación especial para la selección del metal de aporte y de las **EPS**.

7.3. DISEÑO PARA REFUERZO, RESTAURACIÓN O REPARACIÓN DE UNA ESTRUCTURA EXISTENTE

7.3.1. Proceso de diseño

El proceso de diseño deberá considerar las disposiciones aplicables de este Reglamento que tengan carácter mandatorio y de los Reglamentos CIRSOC 301-2005 y CIRSOC 302-2005. El Ingeniero responsable deberá especificar el tipo y extensión del estudio necesario

para determinar las condiciones existentes para el refuerzo, restauración y reparación, en orden a satisfacer el criterio de aceptabilidad.

7.3.2. Análisis de esfuerzos

Se deberá realizar un análisis de las acciones en el área afectada por refuerzo, restauración o reparación. Se deberán establecer los niveles de los esfuerzos para todos casos de carga, en el lugar de origen, estáticas y variables. Se deberá considerar el daño acumulativo que los componentes puedan haber soportado durante su vida en servicio.

7.3.3. Historia de fatiga

Los componentes sujetos a cargas cíclicas deberán ser diseñados de acuerdo con los requerimientos de esfuerzos de fatiga. Se deberá considerar la historia previa de cargas en el diseño. Cuando la historia de cargas no esté disponible, se deberá estimar.

7.3.4. Restauración o reemplazo

Se deberá determinar si la reparación debe consistir en restaurar las partes corroídas o dañadas de alguna otra forma o reemplazar los componentes en su totalidad.

7.3.5. Cargas durante las operaciones

El Ingeniero responsable debe determinar que cargas podrá soportar un elemento estructural cuando se realiza el calentamiento, soldadura o corte térmico. Cuando sea necesario, se deben reducir las cargas. Se deberá evaluar la estabilidad local y general del elemento estructural, considerando el efecto de la elevada temperatura que se extiende a las partes del área transversal de la sección.

7.3.6. Uniones existentes

Las uniones existentes que requieren refuerzo, restauración o reparación se deberán evaluar para determinar la aptitud del diseño y reforzar el mismo si es necesario.

7.3.7. Aplicación de fijadores

Cuando los cálculos de diseño muestren que los roblones o bulones pueden estar sobrecargados por la nueva carga total, sólo se les debe asignar la carga estática existente.

Si los roblones o bulones se presentan sobrecargados con la carga estática sola, o están sujetos a cargas cíclicas, entonces se debe agregar suficiente metal base y soldadura para soportar la carga total.

7.4. MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA

7.4.1. Métodos

Los siguientes métodos permiten reformar o modificar los detalles de soldadura críticos para mejorar la resistencia a la fatiga de la estructura:

- (1) **Mejora del perfil:** consiste en reformar la cara de la soldadura por amolado con el fin de obtener un perfil cóncavo con una transición suave entre el metal base y la soldadura.
- (2) **Amolado de la punta de la soldadura:** consiste en modificar la punta de la soldadura por amolado.
- (3) **Tratamiento de impacto de la superficie de soldadura:** se podrá utilizar un granallado de impacto o un martillado de las puntas de soldadura.
- (4) **Utilización de proceso GTAW:** consiste en modificar la punta de la soldadura volviendo a fundir el metal de soldadura con aporte térmico utilizando proceso **GTAW** (no se usa metal de aporte) para obtener una forma mas adecuada.
- (5) **Amolado de la punta de la soldadura más martillado:** cuando se usan juntos, los beneficios son acumulativos.

7.4.2. Incremento del rango de esfuerzos

En la documentación contractual correspondiente a la modificación del diseño se deberá establecer el incremento apropiado del rango de esfuerzos admisibles.

7.5. MANO DE OBRA Y TÉCNICA

7.5.1. Condición del metal base

El metal base a ser reparado y las superficies existentes de este, en contacto con el nuevo metal base, deberán estar libres de suciedad, óxido y otros materiales extraños, excepto películas de pintura aprobadas para preparación y conservación de superficies metálicas de aceros. Las zonas de las superficies que serán soldadas deberán estar completamente limpias de todo material extraño incluyendo pintura. Como mínimo, se deberán considerar **50 mm** hacia cada lado respecto a la línea de la raíz de la soldadura.

7.5.2. Discontinuidades en los elementos estructurales

Las discontinuidades inaceptables en el elemento estructural que está siendo reparado, reforzado o restaurado deberán ser corregidas previo al proceso de enderezado en caliente, curvado en caliente o soldadura.

7.5.3. Reparaciones de las soldaduras

Si se requieren reparaciones de soldaduras, se deberán hacer de acuerdo con el artículo 5.26. correspondiente al Capítulo 5 de este Reglamento.

7.5.4. Metal base con espesor insuficiente

El tamaño de soldadura requerido o la capacidad estructural requerida deberá ser determinada por el Ingeniero responsable o por las especificaciones de diseño: (1) refuerzo con metal de soldadura hasta el espesor requerido, (2) reducción por corte o

amolado hasta obtener el espesor adecuado, (3) reforzar con metal base adicional, o (4) quitar o reemplazar con metal base de espesor o resistencia adecuada.

7.5.5. Enderezado en caliente

Cuando se utilicen los métodos de enderezado o curvado en caliente, la temperatura máxima de las áreas calentadas, medida con métodos aprobados, deberá ser menor que **590 °C** para aceros templados y menor que **650 °C** para otros aceros. En todos los casos se deberá asegurar un enfriamiento lento del acero cuando se encuentre a temperaturas iguales o mayores que **315 °C**.

7.5.6. Secuencia de soldadura

El refuerzo, restauración o reparación de una estructura existente por el agregado de metal base o metal de soldadura, o ambos, deberá asegurar una secuencia de soldadura que permita un aporte de calor balanceado alrededor del eje neutro o del eje de simetría del elemento estructural para minimizar la distorsión y las tensiones residuales.

7.6. CALIDAD

7.6.1. Inspección visual

Todos los elementos estructurales y soldaduras afectadas por el trabajo de refuerzo, restauración o reparación de una estructura existente deberán ser inspeccionados visualmente de acuerdo con un plan de inspección especificado en la documentación contractual o elaborado por el Ingeniero responsable.

7.6.2. Ensayos no destructivos

Tanto el método, como la extensión, y el criterio de aceptabilidad para ensayos no destructivos deberán estar especificados en los documentos del contrato siguiendo las directivas establecidas en el Capítulo 6 de este Reglamento.

ANEXOS

ÍNDICE

- ANEXO I. GARGANTAS EFECTIVAS DE SOLDADURAS DE FILETE EN JUNTAS T OBLICUAS**
- ANEXO II- a. PLANITUD DE LAS VIGAS ARMADAS – ESTRUCTURAS CARGADAS ESTÁTICAMENTE**
- ANEXO II- b. PLANITUD DE LAS VIGAS ARMADAS – ESTRUCTURAS BAJO CARGAS CÍCLICAS**
- ANEXO III. REQUERIMIENTOS PARA LOS ENSAYOS DE IMPACTO**
- ANEXO IV. GUÍA DE MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA DETERMINAR EL PRECALENTAMIENTO EN LA SOLDADURA DE ACEROS ESTRUCTURALES**
- ANEXO V. REQUERIMIENTOS DE CALIDAD EN SOLDADURA PARA JUNTAS A LA TRACCIÓN EN ESTRUCTURAS CARGADAS CÍCLICAMENTE**
- ANEXO VI. FORMULARIOS PARA EPS, RCP E INFORMES DE ENSAYOS**

- ANEXO A. SOLDADURA DE ESPEORES DELGADOS EN CHAPA DE ACERO**
- ANEXO B. SOLDADURA DE BARRAS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS LIVIANAS**

ANEXO I. GARGANTAS EFECTIVAS DE SOLDADURAS DE FILETE EN JUNTAS T OBLICUAS

La Tabla A.I. es una tabulación que muestra los factores de equivalencia del tamaño de cateto para el rango de ángulos de diedro entre 60° y 135° , asumiendo que no hay abertura de raíz. La abertura de raíz igual o mayor que 2 mm , pero menor o igual que 5 mm , debe ser agregada al tamaño de la soldadura. El tamaño de los catetos de soldaduras de filete en juntas oblicuas se debe calcular usando el factor de equivalencia de cateto para corregir el ángulo de diedro, como se muestra en el ejemplo que se desarrolla a continuación.

EJEMPLO:

Dado: Junta T Oblicua, ángulo: 75° ; abertura de raíz: 2 mm .

Requerido: Resistencia equivalente a una soldadura de filete en ángulo recto (90°) de tamaño 8 mm .

Procedimiento:

- (1) Factor para 75° de Tabla -1: $0,86$
- (2) Tamaño de cateto equivalente, w , de la junta oblicua, sin abertura de raíz:
 $w = 0,86 \times 8 \text{ mm} = 6,9 \text{ mm}$.
- (3) Con abertura de raíz de 2 mm .
- (4) Tamaño final de Cateto, (2) + (3) = $8,5 \text{ mm}$.
- (5) Redondeando hacia arriba a una dimensión práctica: $w = 9 \text{ mm}$.

Para soldaduras de filete que tienen catetos medidos iguales (w_n), la distancia desde la raíz de la junta a la cara de la soldadura (t_n) puede calcularse de la siguiente forma:

para aberturas de raíz $> 2 \text{ mm}$ y $\leq 5 \text{ mm}$

$$t_n = \frac{w_n - R_n}{2 \operatorname{sen} \frac{\psi}{2}}$$

para aberturas de raíz $< 2 \text{ mm}$

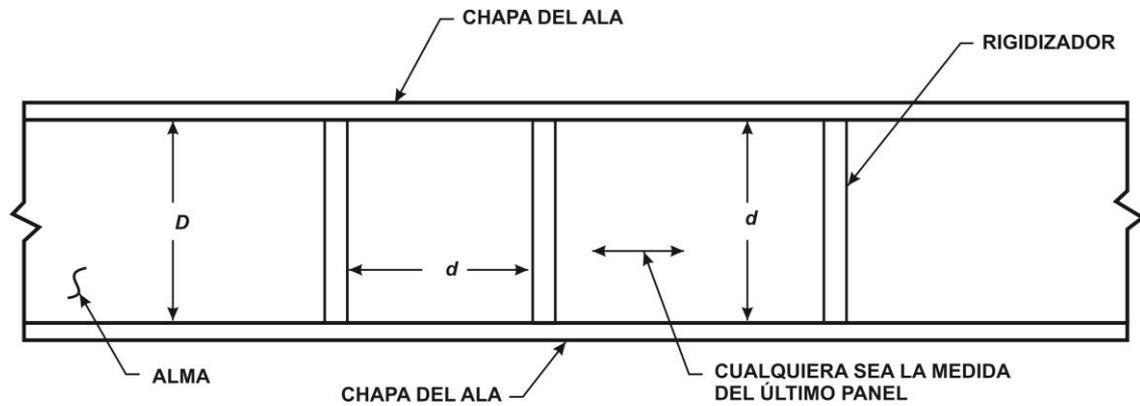
$$R_n = 0 \text{ y } t'_n = t_n$$

Siendo el cateto medido de tal soldadura de filete (w_n) la distancia perpendicular desde la superficie de la junta al pie opuesto, y (R) es la abertura de raíz, si la hay, entre las partes (ver la Figura 3.11.) Las aberturas de raíz aceptables se definen en el artículo 5.22.1. de este Reglamento CIRSOC 304.

Tabla A.I. Factores de equivalencia de tamaño de soldadura de filete para juntas T oblicuas

Ángulo diedro, Ψ	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°	95°
Tamaño de la soldadura de filete comparable para la misma resistencia	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91	0,96	1,00	1,03
Ángulo diedro, Ψ	100°	105°	110°	115°	120°	125°	130°	135°
Tamaño de la soldadura de filete comparable para la misma resistencia	1,08	1,12	1,16	1,19	1,23	1,25	1,28	1,31

ANEXO II- a. PLANITUD DE LAS VIGAS ARMADAS – ESTRUCTURAS CARGADAS ESTÁTICAMENTE



Notas:

D es la profundidad del alma.

d es la menor dimensión del panel.

Figura A.II.a-1.

Tabla A.II.a-1. Rigidizadores intermedios a ambos lados del alma

Espesor del Alma de la Viga [mm]	Profundidad del Alma [mm]	Menor dimensión del panel [mm x 1000]														
		8,0	< 1,19	0,63	0,79	0,97	1,12	1,27	1,14	1,27	1,40	1,52	1,65	1,78	1,90	2,03
	≥ 1,19	0,51	0,63	0,76	0,89	1,02	1,14	1,27	1,40	1,52	1,65	1,78	1,90	2,03	2,16	
9,5	< 1,42	0,63	0,79	0,97	1,12	1,27	1,42	1,60	1,40	1,52	1,65	1,78	1,90	2,03	2,16	
	≥ 1,42	0,51	0,63	0,76	0,89	1,02	1,14	1,27	1,40	1,52	1,65	1,78	1,90	2,03	2,16	
11,1	< 1,68	0,63	0,79	0,97	1,12	1,27	1,42	1,60	1,75	1,52	1,65	1,78	1,90	2,03	2,16	
	≥ 1,68	0,51	0,63	0,76	0,89	1,02	1,14	1,27	1,40	1,52	1,65	1,78	1,90	2,03	2,16	
12,7	< 1,90	0,63	0,79	0,97	1,12	1,27	1,42	1,60	1,75	1,90	2,06	1,78	1,90	2,03	2,16	
	≥ 1,90	0,51	0,63	0,76	0,89	1,02	1,14	1,27	1,40	1,52	1,65	1,78	1,90	2,03	2,16	
14,3	< 2,13	0,63	0,79	0,97	1,12	1,27	1,42	1,60	1,75	1,90	2,06	2,24	1,90	2,03	2,16	
	≥ 2,13	0,51	0,63	0,76	0,89	1,02	1,14	1,27	1,40	1,52	1,65	1,78	1,90	2,03	2,16	
15,9	< 2,39	0,63	0,79	0,97	1,12	1,27	1,42	1,60	1,75	1,90	2,06	2,24	2,39	1,90	2,03	2,16
	≥ 2,39	0,51	0,63	0,76	0,89	1,02	1,14	1,27	1,40	1,52	1,65	1,78	1,90	2,03	2,16	
		Variación máxima permitida, mm														
		6	8	10	11	12	14	16	18	20	21	22	24	25	27	

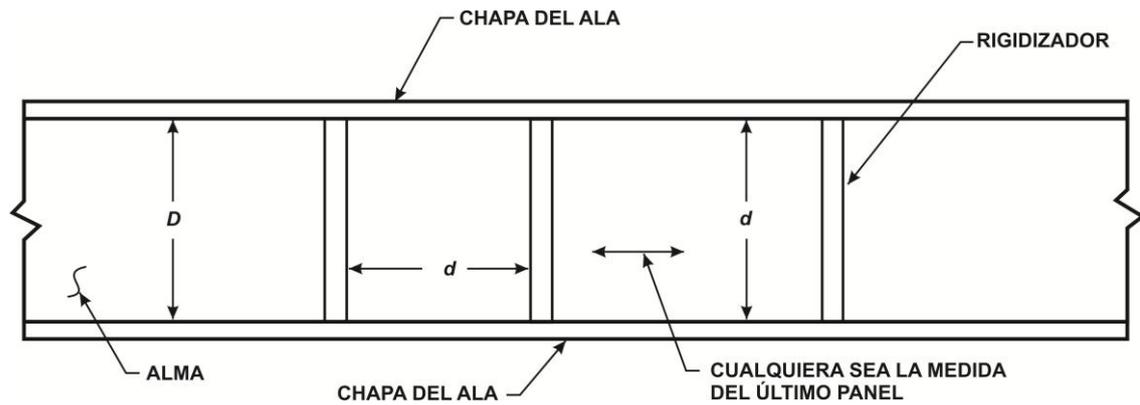
Tabla A.II.a-2. Sin rigidizadores intermedios

Espesor del alma de la viga [mm]	Profundidad del alma [mm x 1000]																
	Cualquiera	0,97	1,19	1,42	1,68	1,90	2,13	2,39	2,62	2,87	3,10	3,33	3,58	3,81	4,04	4,29	4,52
Variación máxima permitida, mm																	
6		8	10	11	12	14	16	18	20	21	22	24	25	27	29	30	32

Tabla A.II.a-3. Rigidizadores intermedios de un solo lado del alma

Espesor del alma de la viga [mm]	Profundidad del alma [mm]	Menor dimensión del panel [mm x 1000]													
		8	< 0,78	0,63	0,79	0,63	0,74	0,86	0,97	1,07	1,17	1,27	1,37	1,50	1,60
	≥ 0,78	0,43	0,53	0,63	0,74	0,86	0,97	1,07	1,17	1,27	1,37	1,50	1,60	1,70	1,80
9,5	< 0,97	0,63	0,79	0,97	0,74	0,86	0,97	1,07	1,17	1,27	1,37	1,50	1,60	1,70	1,80
	≥ 0,97	0,43	0,53	0,63	0,74	0,86	0,97	1,07	1,17	1,27	1,37	1,50	1,60	1,70	1,80
11,1	< 1,12	0,63	0,79	0,97	1,12	0,86	0,97	1,07	1,17	1,27	1,37	1,50	1,60	1,70	1,80
	≥ 1,12	0,43	0,53	0,63	0,74	0,86	0,97	1,07	1,17	1,27	1,37	1,50	1,60	1,70	1,80
12,7	< 1,12	0,63	0,79	0,97	1,12	1,27	0,97	1,07	1,17	1,27	1,37	1,50	1,60	1,70	1,80
	≥ 1,27	0,43	0,53	0,63	0,74	0,86	0,97	1,07	1,17	1,27	1,37	1,50	1,60	1,70	1,80
14,3	< 1,42	0,63	0,79	0,97	1,12	1,27	1,42	1,07	1,17	1,27	1,37	1,50	1,60	1,70	1,80
	≥ 1,42	0,43	0,53	0,63	0,74	0,86	0,97	1,07	1,17	1,27	1,37	1,50	1,60	1,70	1,80
15,9	< 1,60	0,63	0,79	0,97	1,12	1,27	1,42	1,60	1,17	1,27	1,37	1,50	1,60	1,70	1,80
	≥ 1,60	0,43	0,53	0,63	0,74	0,86	0,97	1,07	1,17	1,27	1,37	1,50	1,60	1,70	1,80
		Variación máxima permitida, mm													
		6	8	10	11	12	14	16	18	20	21	22	24	25	27

ANEXO II- b. PLANITUD DE LAS VIGAS ARMADAS – ESTRUCTURAS BAJO CARGAS CÍCLICAS



Notas:

D es la profundidad del alma.

d es la menor dimensión del panel.

Figura A.II.b-1.

Tabla A.II.b - 1. Rigidizadores intermedios a ambos lados del alma, vigas armadas interiores

Espesor del alma de la viga [mm]	Profundidad del alma [mm]	Menor dimensión del panel [mm x 1000]													
		8,0	< 1,19 ≥ 1,19	0,74 0,58	0,91 0,74	1,09 0,89	1,27 1,07	1,17	1,32	1,47	1,60	1,75	1,90	2,06	2,18
9,5	< 1,42 ≥ 1,42	0,74 0,58	0,91 0,74	1,09 0,89	1,27 1,07	1,47 1,17	1,32	1,47	1,60	1,75	1,90	2,06	2,18	2,34	2,49
11,1	< 1,68 ≥ 1,68	0,74 0,58	0,91 0,74	1,09 0,89	1,27 1,07	1,47 1,17	1,65 1,32	1,47	1,60	1,75	1,90	2,06	2,18	2,34	2,49
12,7	< 1,90 ≥ 1,90	0,74 0,58	0,91 0,74	1,09 0,89	1,27 1,07	1,47 1,17	1,65 1,32	1,83 1,47	2,00 1,60	1,75	1,90	2,06	2,18	2,34	2,49
14,3	< 2,13 ≥ 2,13	0,74 0,58	0,91 0,74	1,09 0,89	1,27 1,07	1,47 1,17	1,65 1,32	1,83 1,47	2,00 1,60	2,18 1,75	1,90	2,06	2,18	2,34	2,49
15,9	< 2,39 ≥ 2,39	0,74 0,58	0,91 0,74	1,09 0,89	1,27 1,07	1,47 1,17	1,65 1,32	1,83 1,47	2,00 1,60	2,18 1,75	2,36 1,90	2,06	2,18	2,34	2,49
		Variación máxima permitida, mm													
		6	8	10	11	12	14	16	18	20	21	22	24	25	27

Tabla A.II.b - 2. Rigidizadores intermedios de un solo lado de la viga

Espesor del Alma de la Viga [mm]	Profundidad del Alma [mm]	Menor dimensión del panel [mm x 1000]													
		8,0	< 0,78 ≥ 0,78	0,76 0,51	0,97 0,63	0,76	0,89	1,02	1,14	1,27	1,40	1,52	1,65	1,78	1,90
9,5	< 0,97 ≥ 0,97	0,76 0,51	0,97 0,63	0,76	0,89	1,02	1,14	1,27	1,40	1,52	1,65	1,78	1,90	2,03	2,16
11,1	< 1,12 ≥ 1,12	0,76 0,51	0,97 0,63	1,14 0,76	0,89	1,02	1,14	1,27	1,40	1,52	1,65	1,78	1,90	2,03	2,16
12,7	< 1,12 ≥ 1,27	0,76 0,51	0,97 0,63	1,14 0,76	1,35 0,89	1,02	1,14	1,27	1,40	1,52	1,65	1,78	1,90	2,03	2,16
14,3	< 1,42 ≥ 1,42	0,76 0,51	0,97 0,63	1,14 0,76	1,35 0,89	1,52 1,02	1,14	1,27	1,40	1,52	1,65	1,78	1,90	2,03	2,16
15,9	< 1,60 ≥ 1,60	0,76 0,51	0,97 0,63	1,14 0,76	1,35 0,89	1,52 1,02	1,73 1,14	1,27	1,40	1,52	1,65	1,78	1,90	2,03	2,16
		Variación máxima permitida, mm													
		6	8	10	11	12	14	16	18	20	21	22	24	25	27

Tabla A.II.b - 3. Rigidizadores intermedio de un solo lado del alma, vigas armadas interiores

Espesor del alma de la viga [mm]	Profundidad del alma [mm]	Menor dimensión del panel [mm x 1000]														
		8,0	< 0,78 ≥ 0,78	0,63 0,43	0,79 0,53	0,63	0,74	0,86	0,97	1,07	1,17	1,27	1,37	1,50	1,60	1,70
9,5	< 0,97 ≥ 0,97	0,63 0,43	0,79 0,53	0,97 0,63	0,74	0,86	0,97	1,07	1,17	1,27	1,37	1,50	1,60	1,70	1,80	
11,1	< 1,12 ≥ 1,12	0,63 0,43	0,79 0,53	0,97 0,63	1,12 0,74	0,86	0,97	1,07	1,17	1,27	1,37	1,50	1,60	1,70	1,80	
12,7	< 1,12 ≥ 1,27	0,63 0,43	0,79 0,53	0,97 0,63	1,12 0,74	1,27 0,86	0,97	1,07	1,17	1,27	1,37	1,50	1,60	1,70	1,80	
14,3	< 1,42 ≥ 1,42	0,63 0,43	0,79 0,53	0,97 0,63	1,12 0,74	1,27 0,86	1,42 0,97	1,07	1,17	1,27	1,37	1,50	1,60	1,70	1,80	
15,9	< 1,60 ≥ 1,60	0,63 0,43	0,79 0,53	0,97 0,63	1,12 0,74	1,27 0,86	1,42 0,97	1,60	1,07	1,17	1,27	1,37	1,50	1,60	1,70	1,80
		Variación máxima permitida, mm														
		6	8	10	11	12	14	16	18	20	21	22	24	25	27	

Tabla A.II.b - 4. Rigidizadores intermedios a ambos lados del alma

Espesor del alma de la viga [mm]	Profundidad del alma [mm]	Menor dimensión del panel [mm x 1000]													
		8.0	< 1,19 ≥ 1,19	0,84 0,66	1,04 0,84	1,24 0,99	1,19	1,35	1,50	1,68	1,83	2,01	2,16	2,34	2,49
9.5	< 1,42 ≥ 1,42	0,84 0,66	1,04 0,84	1,24 0,99	1,45 1,19	1,35	1,50	1,68	1,83	2,01	2,16	2,34	2,49	2,67	2,84
11.1	< 1,68 ≥ 1,68	0,84 0,66	1,04 0,84	1,24 0,99	1,45 1,19	1,65 1,35	1,85 1,50	1,68	1,83	2,01	2,16	2,34	2,49	2,67	2,84
12.7	< 1,90 ≥ 1,90	0,84 0,66	1,04 0,84	1,24 0,99	1,45 1,19	1,65 1,35	1,85 1,50	2,06 1,68	1,83	2,01	2,16	2,34	2,49	2,67	2,84
14.3	< 2,13 ≥ 2,13	0,84 0,66	1,04 0,84	1,24 0,99	1,45 1,19	1,65 1,35	1,85 1,50	2,06 1,68	2,26 1,83	2,01	2,16	2,34	2,49	2,67	2,84
15.9	< 2,39 ≥ 2,39	0,84 0,66	1,04 0,84	1,24 0,99	1,45 1,19	1,65 1,35	1,85 1,50	2,06 1,68	2,26 1,83	2,49 2,01	2,16	2,34	2,49	2,67	2,84
		Variación máxima permitida, mm													
		6	8	10	11	12	14	16	18	20	21	22	24	25	27

Tabla A.II.b - 5. Rigidizadores no intermedios, vigas armadas interiores o no

Espesor del alma de la viga [mm]	Menor dimensión del panel [mm x 1000]																	
	Cualquiera	0,97	1,19	1,42	1,68	1,90	2,13	2,39	2,62	2,87	3,10	3,33	3,58	3,81	4,04	4,29	4,52	4,77
		Variación máxima permitida, mm																
		6	8	10	11	12	14	16	18	20	21	22	24	25	27	29	30	32

ANEXO III. REQUERIMIENTOS PARA LOS ENSAYOS DE IMPACTO

A.III.1. GENERAL

A.III.1.1. Los requerimientos del ensayo de impacto y procedimientos de ensayo de este Anexo se deben aplicar sólo cuando se especifiquen en los planos o documentación de contrato de acuerdo con los Capítulos 2, 3, 4 y 5 de este Reglamento CIRSOC 304-2007.

A.III.1.2. El ensayo de impacto con probetas Charpy-V (**CVN**) es un ensayo dinámico en el cual la probeta seleccionada, mecanizada y entallada, es sometida a la acción de una carga de impacto y rota en un único golpe. La máquina, diseñada específicamente para el ensayo, mide la energía absorbida en la rotura de la probeta. Los valores de energía determinada sirven en general para comparaciones cualitativas, frecuentemente especificados como un criterio de aceptabilidad. En consecuencia no deberían ser usados, directamente, como valor de energía para cálculos de ingeniería relacionados con análisis de integridad estructural o análisis de significación de defectos. Para la aplicación de dichos análisis se deberán utilizar técnicas de mecánica de la fractura en los cuales la propiedad de tenacidad se determinará, preferentemente, por métodos directos con ensayos de tenacidad a la fractura (**CTOD**, **K_{IC}** o **J**) o como alternativa la utilización de métodos indirectos a partir de resultados de ensayos **CVN**.

A.III.1.3. Cuando se requiere ensayo de impacto **CVN**, el diseñador o ingeniero debe considerar diversos aspectos relacionados con este ensayo en cuanto al riesgo de rotura frágil o un plan de control de fractura en conjunto. El diseñador o ingeniero debe seleccionar una temperatura de ensayo y una energía promedio mínima para un ensayo **CVN** apropiada al elemento estructural bajo diseño y la mínima temperatura establecida de servicio para dicho elemento. Se deberán, además, considerar los efectos de incrementar el espesor del material y/o aumentar el nivel de resistencia en relación con los valores de energía para ensayos **CVN**. Adicionalmente se deberán considerar los efectos de la posición de soldadura por su relación con el Calor aportado en los resultados del ensayo en metal de soldadura (**MS**) y en la zona afectada por el calor (**ZAC**) y también la orientación de las chapas de ensayo en cuanto se relaciona con las propiedades longitudinales o transversales de la **ZAC**.

El método normalizado para el ensayo de impacto utilizando probeta Charpy con entalla en V (Charpy-V) o **CVN** se ajustará a la norma IRAM IAS U 500-16 o a las normas ASTM E 23 y A 370.

A.III.2. UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS

A.III.2.1. La ubicación de las probetas individuales de ensayo **CVN**, salvo que se especifique otra cosa, debe ser como se muestra en la Figura A.III-1.

A.III.2.2. La posición de la entalla para todas las probetas Charpy-V se deberá realizar primero mecanizando a éstas en la soldadura de ensayo a una profundidad adecuada como se muestra en la Figura A.III-1. Dichas probetas deberán hacerse sobre dimensionadas en el largo para permitir una ubicación exacta de la entalla. Luego, las probetas deberán ser ligeramente atacadas (nital al **5 %**) para revelar la ubicación de la zona de fusión de la soldadura y **ZAC**. Finalmente, la línea de centros de la entalla deberá estar ubicada en las probetas como se muestra en la Figura A.III-1.

A.III.3. ENSAYOS CVN

A.III.3.1. Se podrán utilizar dos opciones para establecer la cantidad de probetas de ensayo **CVN** para una ubicación determinada:

Opción A de 3 probetas

Opción B de 5 probetas

A.III.3.2. Las probetas **CVN** deberán ser mecanizadas de la misma probeta de soldadura utilizada para otros ensayos tal como se indica en las Figuras 4.7., 4.8., 4.9. y 4.10. del Capítulo 4 de este Reglamento CIRSOC 304-2007.

Cuando el tamaño de la probeta de soldadura no resulte suficiente para todos los ensayos una probeta adicional deberá ser realizada. Las probetas **CVN** deberán ser extraídas de la misma probeta de soldadura de la cual se obtendrán las probetas para ensayo de tracción.

A.III.3.3. Cuando se especifican requerimientos de impacto **CVN** y ya exista una **EPS** calificada que satisfaga todos los requerimientos mecánicos, excepto los de impacto **CVN**, se podrá preparar una probeta adicional de soldadura para cumplimentar los requisitos de ensayo **CVN**. La nueva probeta de soldadura deberá ser realizada de acuerdo con la **EPS** y los límites establecidos en las Tablas 4.1., 4.2. y 4.5. más las variables esenciales suplementarias, aplicables a requerimientos de ensayos **CVN**, de la Tabla 4.6. correspondientes al Capítulo 4 de este Reglamento CIRSOC 304-2007. En consecuencia un nuevo o una revisión del **RCP** deberá ser preparado y una nueva o una revisión de la **EPS** deberá ser escrita para incluir las variables de calificación con requisitos de ensayos **CVN**.

A.III.3.4. El eje de simetría longitudinal de la probeta deberá ser transversal al eje de la soldadura y la base o fondo de la entalla deberá ser perpendicular o normal a la superficie salvo que se especifique algo distinto en los planos o la documentación técnica contractual.

A.III.3.5. La probeta **CVN** normalizada con una sección de **10 x 10 mm** deberá ser aplicada cuando el espesor del material sea mayor o igual que **11 mm**. Probetas **CVN** de secciones reducidas o secciones inferiores a las de la normalizada deberán ser utilizadas si el material para ensayo es de un espesor menor que **11 mm** o donde la extracción de probetas de sección normalizada no resulta posible debido a la forma de la soldadura.

Cuando se utilicen probetas **CVN** de sección reducida se aplicará alguna de las dimensiones indicadas en la Tabla A.III-1. En todos los casos deberá procurarse el mecanizado de probetas del mayor tamaño posible correspondiente a la soldadura para ensayos.

A.III.3.6. Cuando se utilizan probetas **CVN** de sección reducida y el espesor de la probeta es menor que el **80%** del espesor del material base la temperatura de ensayo deberá ser reducida de acuerdo con lo indicado en la Tabla A.III-1. También se admiten otros métodos de corrección por efecto de tamaño en probetas de sección reducida para ensayos **CVN**, los cuales deberán ser especificados en la documentación contractual.

A.III.4. REQUERIMIENTOS DE ENSAYO

A.III.4.1. Los requerimientos de ensayo para soldaduras entre metales base con una tensión de fluencia menor o igual que **345 MPa**, deberá cumplir con los mínimos indicados en la Tabla A.III.2, salvo que se especifique algo distinto en la documentación contractual.

Los requerimientos de ensayo para soldaduras entre metales base con una tensión de fluencia mayor que **345 MPa** deberán estar especificados en los planos o en la documentación técnica contractual. Estos requerimientos pueden incluir valores de: energía absorbida, apariencia porcentual de fractura dúctil y expansión lateral.

A.III.4.2. El criterio de aceptación para cada ensayo **CVN** deberá ser especificado en la documentación técnica contractual y deberá contener:

- (1) Valor mínimo individual, el valor de energía absorbida o expansión lateral para el cual cada una de las probetas utilizadas en el ensayo no deberá ser menor.
- (2) Valor mínimo promedio, el valor de energía absorbida o expansión lateral para el cual la media aritmética o promedio de tres probetas ensayadas será igual o mayor que éste.

A.III.4.3. Si se selecciona la Opción B las probetas que registran los mas altos y los más bajos valores (valores extremos de la dispersión) deberán ser descartadas, dejando tres probetas para la evaluación. Para ambas opciones (A y B) dos de los tres valores resultantes de las probetas deberán ser iguales o mayores que el valor mínimo promedio especificado de energía absorbida o de expansión lateral. Uno de los tres valores puede ser menor que el valor mínimo promedio, pero será mayor o igual que el valor mínimo individual especificado y el promedio de los tres valores resultantes del ensayo deberá ser igual o mayor que el valor promedio especificado.

A.III.5. REENSAYO

A.III.5.1. Cuando no se cumplan los requerimientos de los artículos A.III.4.2. y A.III.4.3., se deberá realizar un reensayo. Cada valor individual de energía de impacto o expansión lateral de las tres probetas remanentes deberán ser iguales o mayores que el valor mínimo promedio especificado. Las probetas de reensayo deberán ser extraídas de la soldadura de prueba original. Si las probetas **CVN** no pueden ser provistas de dicha soldadura, una nueva soldadura de prueba deberá ser ejecutada y todos los ensayos requeridos por el Capítulo 4 de este Reglamento CIRSOC 304-2007 deberán ser realizados.

A.III.6. INFORME

A.III.6.1. Todos valores medidos de ensayos **CVN** requeridos en los documentos de contrato o especificado deberán ser registrados en el **RCP**.

Tabla A.III.1. Reducción de la temperatura de ensayos CVN

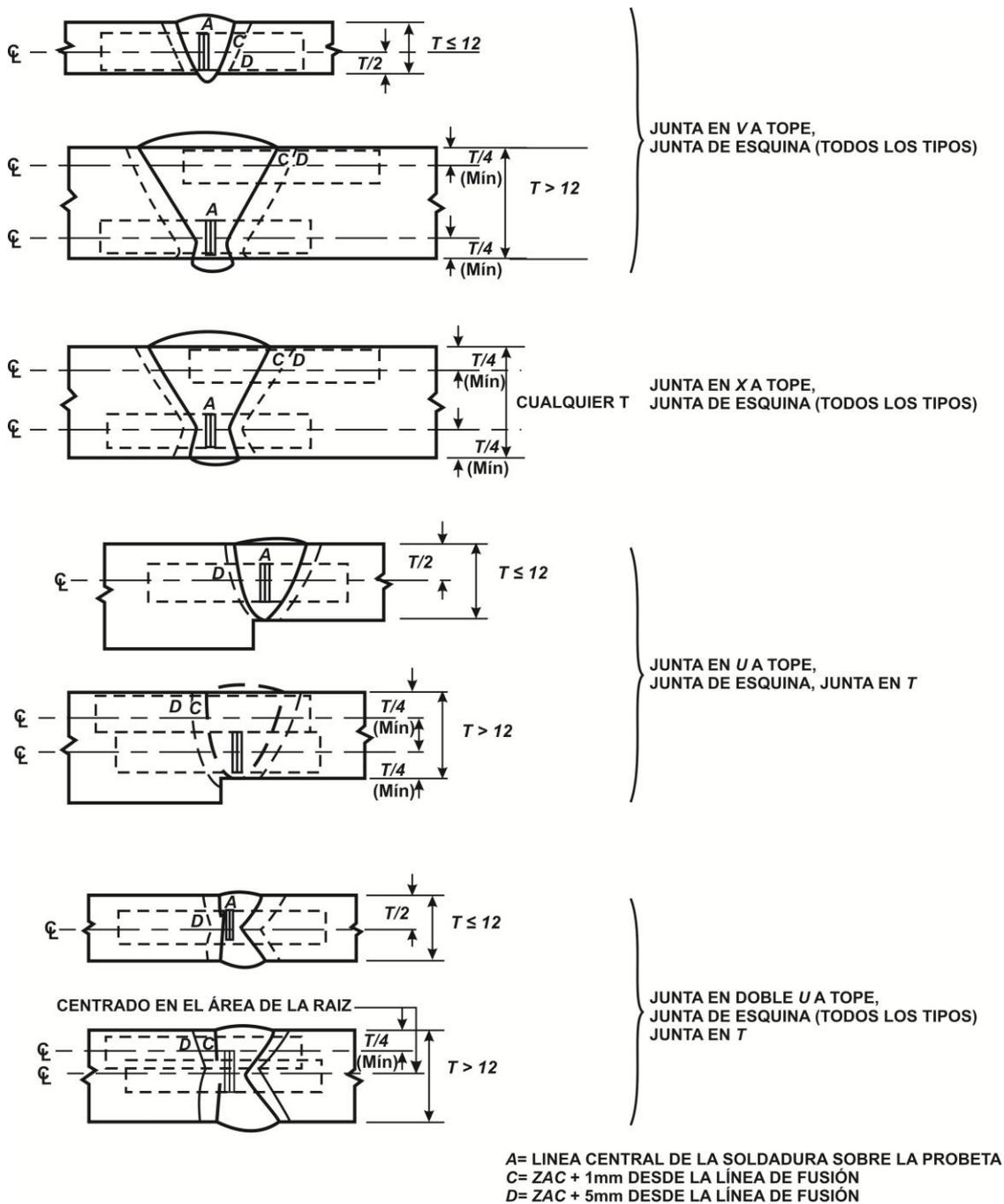
Tamaño de probeta	Reducción de la temperatura de ensayo por debajo de la temperatura especificada para probetas normalizadas
mm	°C
10 x 10	0
10 x 9	0
10 x 8	0
10 x 7,5	2,8
10 x 7	4,5
10 x 6,7	5,6
10 x 6	8,4
10 x 5	11,1
10 x 4	16,8
10 x 3,3	19,4
10 x 3	22,4
10 x 2,5	27,8

Tabla A.III-2. Requerimientos de ensayos CVN

Proceso de soldadura ⁽¹⁾	Ubicación del ensayo	Temperatura de ensayo	Cantidad de Probetas ⁽²⁾	Tamaño de la probeta (sección) ⁽⁴⁾	Valor mínimo promedio de energía absorbida ⁽⁵⁾	Valor mínimo individual de energía absorbida ⁽⁵⁾	Apariencia Porcentual Mínima de Fractura Dúctil	Valor Mínimo Promedio de Expansión Lateral
		°C		mm	J	J		%
SMAW SAW GMAW FCAW ESW EGW	Metal de Soldadura	Nota 3	3	10x10	27	20	Nota 6	Nota 6
	Línea de fusión + 1 mm del lado de ZAC	Nota 3	3	10 x 10	27	20	Nota 6	Nota 6
	Línea de fusión + 5 mm del lado de ZAC	Nota 3	3	10 x 10	27	20	Nota 6	Nota 6

Notas:

- (1) Una **EPS** que combina **FCAW-S** (alambre tubular auto protegido) con otro proceso deberá ser específicamente ensayado para asegurar que el criterio de ensayo **CVN** especificado se verifica en la interfase entre los dos metales de aporte.
- (2) El número alternativo de probetas permitidas por posición de ensayo es **cinco (5)**. El valor más alto o extremo superior y el valor más bajo o extremo inferior se descartan para minimizar parte de la dispersión asociada normalmente el ensayo **CVN** en metal de soldadura y **ZAC**.
- (3) La temperatura de ensayo deberá ser especificada en los documentos de contrato. Cuando se utilizan probetas de sección reducida y el espesor de la probeta es menor que el **80%** del espesor del material base, la temperatura de ensayo será reducida de acuerdo con la Tabla A.III-1.
- (4) Cuando el espesor del material base es igual o mayor que **11 mm** las probetas **CVN** serán de sección normalizada. Se aplicaran probetas de sección reducida cuando el espesor del material base sea menor que **11 mm** o cuando por razones de geometría de la unión no es posible la extracción de una probeta normalizada.
- (5) Aplicable a la soldadura de metales base con una tensión de fluencia igual o menor que **345 MPa**. El criterio de aceptación para materiales base con una tensión de fluencia mayor que **345 MPa** será especificado en la documentación de contrato.
- (6) Los valores de apariencia porcentual de fractura dúctil o de expansión lateral deberán ser especificados en la documentación contractual.



Medidas en mm

Figura A. III.1. Ubicación de las probetas para ensayo CVN (Charpy-V).

ANEXO IV. GUÍA DE MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA DETERMINAR EL PRECALENTAMIENTO EN LA SOLDADURA DE ACEROS ESTRUCTURALES

A.IV. INTRODUCCIÓN

Un factor que controla la microestructura de la zona afectada por calor, (**ZAC**), es su velocidad de enfriamiento. Esta velocidad depende de los espesores del material base, la geometría de la unión, el calor aportado y la temperatura de precalentamiento.

La velocidad de enfriamiento puede entonces ser usada, dentro de cierto rango, para prevenir la formación de microestructuras peligrosas en la **ZAC**.

Por efecto de la velocidad de enfriamiento se pueden originar en el acero, estructuras metalúrgicas de elevada dureza y, en casos extremos, provocar una transformación directa de austenita a martensita.

Si calentamos el material, previamente a la soldadura, disminuiríamos el desnivel térmico desde la temperatura de fusión del acero, desplazando la curva de enfriamiento hacia la derecha del diagrama Temperatura – Tiempo – Transformación (**TTT**) o, para el análisis de aceros bajo procesos de soldadura, la curva de enfriamiento continuo (**CCT**). De este modo se favorecen las transformaciones metalúrgicas a estructuras más blandas que resultan menos frágiles y propensas a fisuración.

La temperatura de precalentamiento tiene como principal función disminuir la velocidad de enfriamiento de la soldadura. Es la mínima temperatura que debe ser alcanzada en todo el espesor y en una zona suficientemente ancha a ambos lados de la junta del material base antes de que comience el proceso de soldadura y que normalmente se debe mantener entre las diversas pasadas en caso de soldadura de pasadas múltiples. Se aplica localmente por resistencia eléctrica (mantas térmicas) o llama de gas y su medición se realiza, siempre que sea posible, en la cara opuesta a la que se está aplicando la fuente de calor por medio de termocuplas, lápices termoindicadores, termómetros de contacto, etc. La temperatura de precalentamiento debe ser balanceada con el calor aportado durante la operación de soldadura de acuerdo al tipo de acero y en función de las propiedades requeridas para la junta.

La temperatura de precalentamiento produce también un efecto importante en la velocidad de difusión del hidrógeno y previene la formación de martensita en aceros de alto carbono. Además tiene un efecto secundario de reducir las tensiones residuales disminuyendo los gradientes térmicos asociados a la soldadura.

El precalentamiento incluye la temperatura entre pasadas cuando se trata de soldadura en multipasadas cuando el calor generado durante la soldadura no es suficiente para mantener la temperatura de precalentamiento entre pasadas sucesivas.

En general la temperatura de precalentamiento requerida en soldadura multipasadas es menor que para soldadura de simple pasada. En soldadura de multipasadas el calor de la segunda pasada disminuye la dureza de la **ZAC** que generó la primera pasada y acelera la migración de hidrógeno. Esto reduce notablemente la posibilidad de fisuración en frío en aceros soldados.

La pasada en caliente realizada inmediatamente después de la pasada de raíz es muy efectiva para prevenir la fisuración en frío, dado que puede reducir la concentración de hidrógeno en aproximadamente un **30 a 40%** comparados con los casos de pasada de raíz solamente. Esta hace que la temperatura de precalentamiento necesaria se pueda disminuir entre **30 y 50 °C** aproximadamente. La pasada en caliente además, puede disminuir la dureza en la **ZAC**.

Generalmente, en la práctica, las temperaturas de precalentamiento pueden variar desde temperatura ambiente hasta los **450 °C**; en casos específicos puede ser aún mayor.

El propósito de esta guía es proveer de algunos métodos alternativos opcionales para determinar las condiciones de soldadura (principalmente precalentamiento), para evitar la fisura en frío. Los métodos están principalmente basados en la investigación de ensayos en pequeña escala realizados a lo largo de muchos años en diferentes laboratorios de investigación alrededor de todo el mundo. No hay un método para predecir las condiciones óptimas en todos los casos, pero la guía considera varios factores importantes tales como nivel de hidrógeno y composición del acero no incluido en forma explícita en la Tabla 3.2. La guía puede entonces ser de valor para indicar tanto si los requerimientos de la Tabla 3.2. son excesivamente conservadores o si en algunos casos no son suficientes.

Al usar esta guía como una alternativa a la Tabla 3.2 se deberá tener una consideración cuidadosa de las hipótesis asumidas, los valores elegidos, y la experiencia previa.

IV.2. MÉTODOS

Existen numerosos métodos propuestos para determinar o estimar la necesidad de precalentar en la soldadura de aceros. Estos métodos consideran algunos o todos los factores que influyen en la fisuración en frío: composición química del acero, difusión de hidrógeno, calor aportado, espesor del metal base, tensiones residuales en la soldadura y restricción de la junta. Sin embargo, hay una considerable diferencia en la valoración de la importancia de estos factores entre los distintos métodos. Por ejemplo el efecto de la composición química difiere de un método a otro en la evaluación de la importancia de cada elemento de aleación y por lo tanto se obtienen distintos carbonos equivalentes (**CE**), relación que permite analizar la soldabilidad del acero en función de su composición química. Alguno de los métodos más conocidos y aplicados para el cálculo de la temperatura de precalentamiento son los siguientes:

- Norma British Standard BS 5135
- Nomograma de Coe
- Criterio de Duren
- Criterio de Ito y Bessyo
- Criterio de Suzuki y Yurioka
- Método de Seferian
- Método del Instituto Internacional de Soldadura
- ANSI/AWS D1.1, Código de Estructuras Soldadas en Acero
- Método de la Carta

En este Reglamento se adopta como método alternativo la utilización del criterio aplicado por el Código ANSI/AWS D1.1. Este criterio utiliza dos métodos básicos para estimar las condiciones de soldadura para evitar la fisura en frío:

- Control de Dureza en la **ZAC**
- Control del Hidrógeno

IV.3. CONTROL DE DUREZA EN LA ZAC

Las disposiciones incluidas en esta guía para el uso de este método están restringidas a las soldaduras de filete.

Este método está basado en la suposición de que la fisura no ocurrirá si la dureza de la **ZAC** se mantiene debajo de algún valor crítico. Esto se logra controlando la velocidad de enfriamiento debajo de un valor crítico dependiendo de la templabilidad del acero. La templabilidad del acero en soldadura se relaciona con su propensión a la formación de una **ZAC** de alta dureza y puede caracterizarse por la velocidad de enfriamiento necesaria para producir un nivel de dureza dado. Los aceros con una gran templabilidad pueden, por lo tanto, producir una **ZAC** de alta dureza a velocidades de enfriamiento inferiores a las correspondientes a aceros con menor templabilidad.

Las expresiones y gráficos están disponibles en la literatura técnica que relaciona las velocidades de enfriamiento con los espesores de los componentes de acero, tipo de junta, condiciones de soldadura y otras variables.

La selección de la dureza crítica dependerá de un número de factores tales como tipo de acero, nivel de hidrógeno, restricción, y condiciones de servicio. Los ensayos de laboratorio con soldadura de filete muestran que la fisuras en la **ZAC** no ocurren si el valor de Dureza Vickers (**HV**) es menor que **350 HV**, incluso con electrodos de alto hidrógeno. Con electrodos de bajo hidrógeno, se puede admitir una dureza menor o igual que **400 HV** sin evidencia de fisuras. Tal dureza, sin embargo, puede no ser tolerable en servicio donde hay un alto riesgo de fisuración debido a corrosión bajo tensiones, fractura frágil u otro tipo de riesgos relacionados con la integridad estructural.

La velocidad de enfriamiento crítica para una dureza dada, puede ser relacionada aproximadamente con el carbono equivalente del acero (ver la Figura A.IV-2.). Debido a que la relación es sólo aproximada, la curva que se muestra en la Figura A.IV-2. puede ser conservadora para aceros al carbono o carbono-manganeso y por esto permiten el uso de curvas de elevada dureza con mínimo riesgo.

Alguno aceros de baja aleación o microaleados de laminado termo controlado, particularmente, aquellos que contienen niobio (**Nb**), pueden ser más templables que lo indicado por la Figura A.IV-2. y se recomienda el uso de una curva de dureza más baja.

A pesar que el método puede ser usado para determinar el nivel de precalentamiento, su finalidad más importante es la de determinar el mínimo calor aportado (y por ende el mínimo tamaño de soldadura) que impide un endurecimiento excesivo. Es particularmente útil para determinar el tamaño mínimo de soldaduras de una sola pasada en filete que podrán ser depositadas sin precalentamiento.

La aproximación por dureza no considera la posibilidad de fisura del metal de soldadura. Sin embargo, de la experiencia se encuentra que el calor aportado determinado por este método es adecuado normalmente para impedir las fisuras en el metal de soldadura. Esto ocurre, en la mayoría de los casos, en soldaduras de filete si el material de aporte no es de alta resistencia y es en general de bajo hidrógeno.

Debido a que este método depende solamente del control de dureza de la **ZAC**, el nivel de hidrógeno y restricción no se consideran en forma explícita.

Este método no es aplicable a aceros templados y revenidos.

IV.4. CONTROL DEL HIDRÓGENO

El método de control del hidrógeno se basa en la hipótesis de que la fisura no ocurrirá si la cantidad promedio de hidrógeno que permanece en la junta luego de que fue enfriada hasta los **50°C** no excede un valor crítico que depende de la composición del acero y del grado de restricción. Usando este método se puede estimar la temperatura de precalentamiento necesaria para permitir la difusión de suficiente hidrógeno fuera de la junta.

Este método está basado principalmente en los resultados de ensayos de soldadura utilizando junta con bisel de penetración parcial (**JPP**) soldada con restricción. El metal de soldadura usado en los ensayos iguala las propiedades del metal base. No se han realizado ensayos extensivos de este método en soldadura de filete; sin embargo, teniendo en cuenta la restricción, ha sido adaptado adecuadamente para dichas soldaduras.

Para el método de control del hidrógeno, se requiere una determinación del nivel de restricción y del nivel de hidrógeno original en la pileta líquida del metal de soldadura.

En esta guía, la restricción es clasificada como alta, media o baja, donde la categoría de restricción se deberá establecer por la experiencia.

El método de control del hidrógeno está basado en un único cordón de soldadura de bajo calor aportado que representan una pasada de raíz y asume que la **ZAC** se endurece. Este método es particularmente útil para aceros de baja aleación y alta resistencia que tengan muy alta templabilidad, donde el control de dureza no es siempre factible. En consecuencia, debido a la consideración que la **ZAC** se endurece totalmente, el calentamiento predicho puede ser muy conservador para aceros al carbono.

IV.5. SELECCIÓN DEL MÉTODO

Se sugiere el siguiente procedimiento como guía para la selección tanto del método de control de dureza como el de control del hidrógeno.

Determinar el carbono y el carbono equivalente de acuerdo con la expresión del Instituto Internacional de Soldadura (IIW):

$$CE = C + \frac{(Mn + Si)}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15}$$

para ubicar la posición de la zona del acero en la Figura A.IV-1.

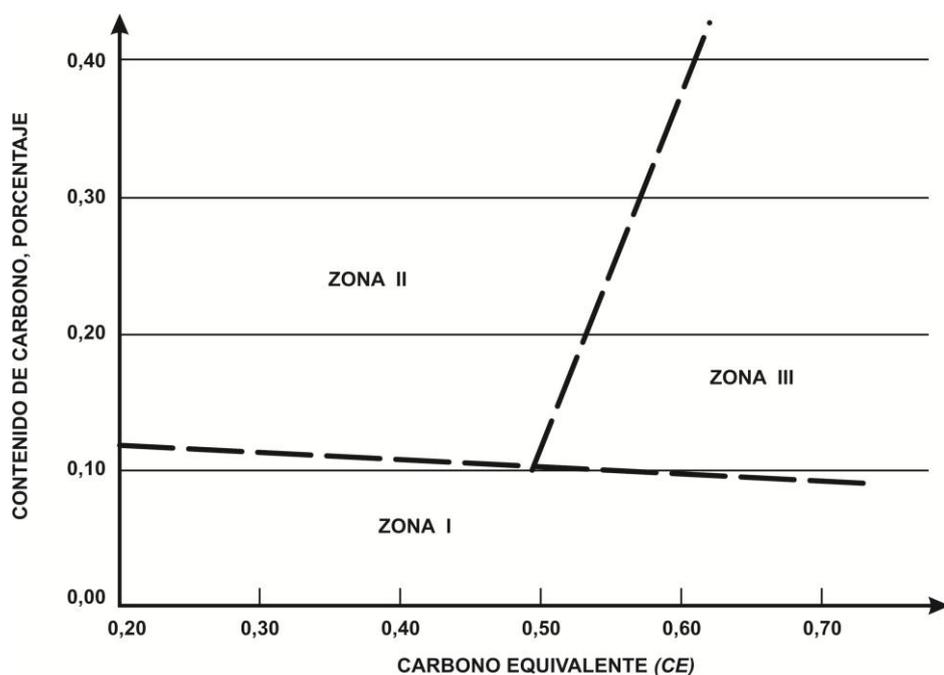


Figura A. IV-1. Clasificación en zonas del acero.

Las características de comportamiento de cada zona y la interpretación de las mismas es la siguiente:

- **Zona I.** La fisuración es improbable, pero puede ocurrir con alto hidrógeno o alto nivel de restricción. Usar el método de control del hidrógeno para determinar el precalentamiento de los aceros de esa zona.
- **Zona II.** El método de control de dureza y la dureza seleccionada deberán ser utilizadas para determinar el mínimo calor aportado para soldaduras de filete de pasada única sin precalentamiento. Si el nivel de calor aportado no resulta práctico, se debe utilizar el método de control de hidrógeno para determinar el precalentamiento. Para aceros con alto carbono, puede requerirse un mínimo calor aportado para el control de dureza y un precalentamiento para el control del hidrógeno tanto para soldaduras de filete como de bisel.
- **Zona III.** Se deberá usar el método de control del hidrógeno, donde el calor aportado deberá ser restringido para preservar las propiedades mecánicas de la **ZAC** (por ejemplo en algunos aceros templados y revenidos) y se deberá usar el método de control del hidrógeno para determinación del precalentamiento.

IV.6. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE CONTROL DE DUREZA

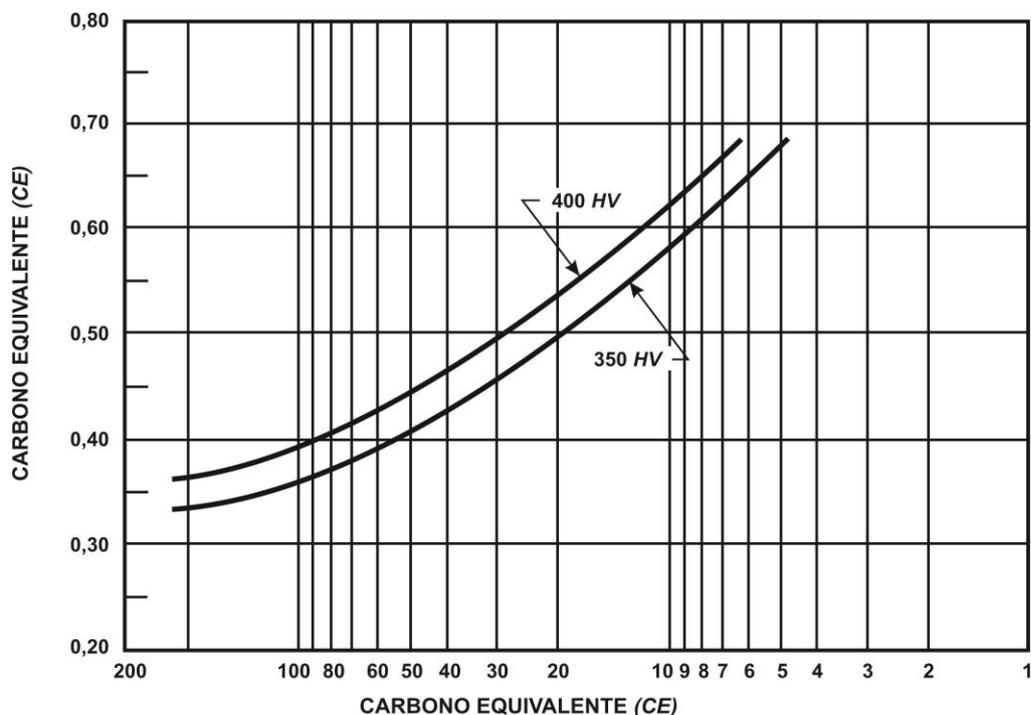
IV.6.1. El carbono equivalente deberá ser calculado como **CE** según la expresión detallada del IIW.

El análisis químico puede ser obtenido de:

- Certificados de ensayos de la acería

- Composición química típica de producción (acería)
- Composición química de la especificación (usando los valores máximos)
- Ensayos de los usuarios (análisis químicos)

IV.6.2. La velocidad de enfriamiento crítica se deberá determinar para una dureza máxima en la **ZAC** seleccionada de **350 HV** o **400 HV** de acuerdo con la Figura A.IV-2.



$$CE = C + \frac{(Mn + Si)}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15}$$

Ver el artículo 5.2.(1), (2) ó (3) para características aplicables de la zona.

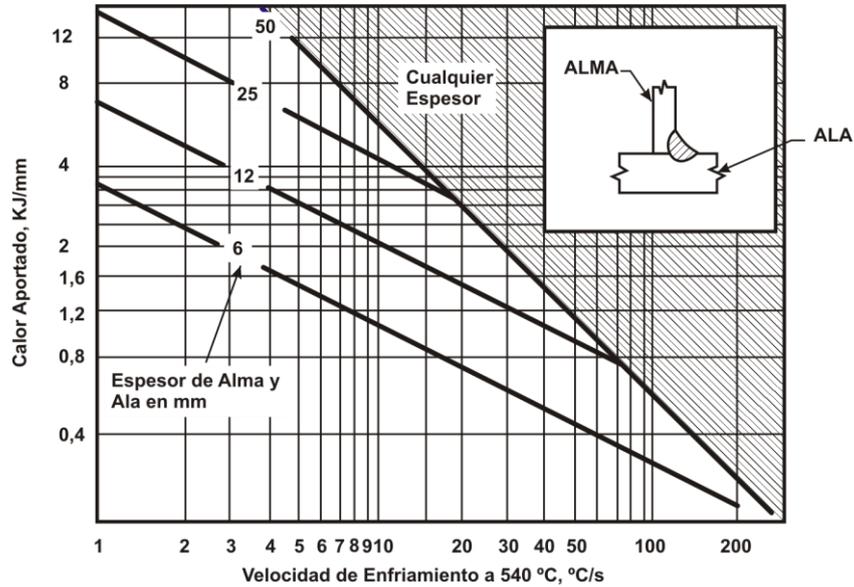
Figura A.IV-2. Velocidad de enfriamiento crítica para 350 HV y 400 HV.

IV.6.3. Usando los espesores de chapas para ala y alma, deberá seleccionarse el diagrama apropiado de la Figura A.IV-3. y se deberá determinar el mínimo calor aportado para una pasada única de soldadura de filete. Este calor aportado corresponde al proceso de soldadura por arco sumergido.

IV.6.4. Para otros procesos, el mínimo calor aportado para soldaduras de pasada única puede ser estimado aplicando los siguientes factores de multiplicación en relación con el aporte térmico del proceso de soldadura por arco sumergido.

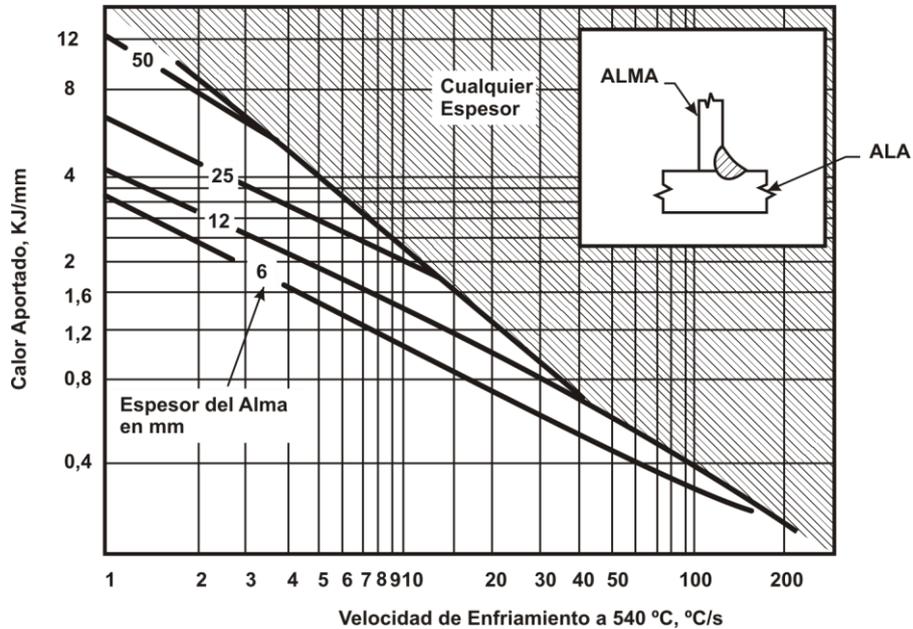
Proceso de Soldadura	Factor de Multiplicación
SAW	1
SMAW	1,50
GMAW, FCAW	1,25

IV.6.5. La Figura A.IV-4. se podrá utilizar para determinar los tamaños de filete como una función del calor aportado.



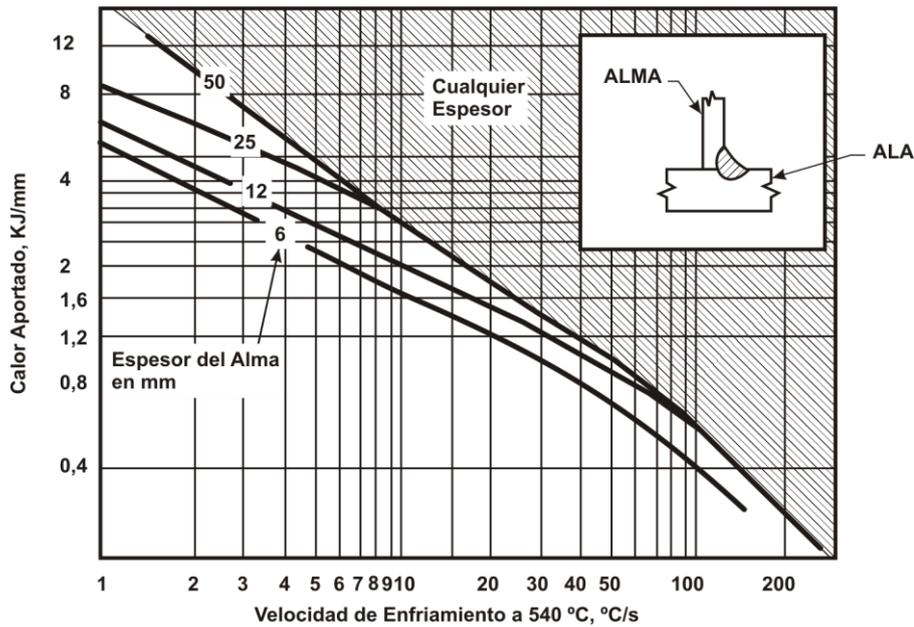
Nota: El calor aportado determinado por el gráfico no implica adecuación a aplicaciones prácticas. Para algunas combinaciones de espesores la fusión puede tener lugar a través del espesor (puede atravesar el espesor).

(A) PASADA ÚNICA EN SOLDADURAS DE FILETE SAW CON ALMA Y ALA DEL MISMO ESPESOR

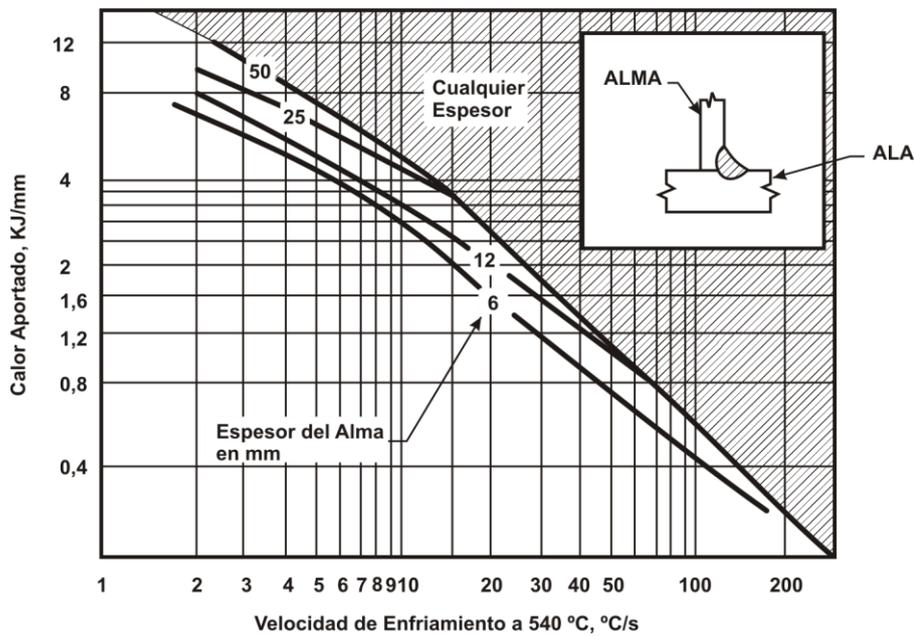


(B) PASADA ÚNICA EN SOLDADURAS DE FILETE SAW CON ALA DE 6 mm. ALMA DE DISTINTOS ESPESORES

Figura A.IV-3. Gráficos para determinar las velocidades de enfriamiento para soldaduras de filete con arco sumergido.



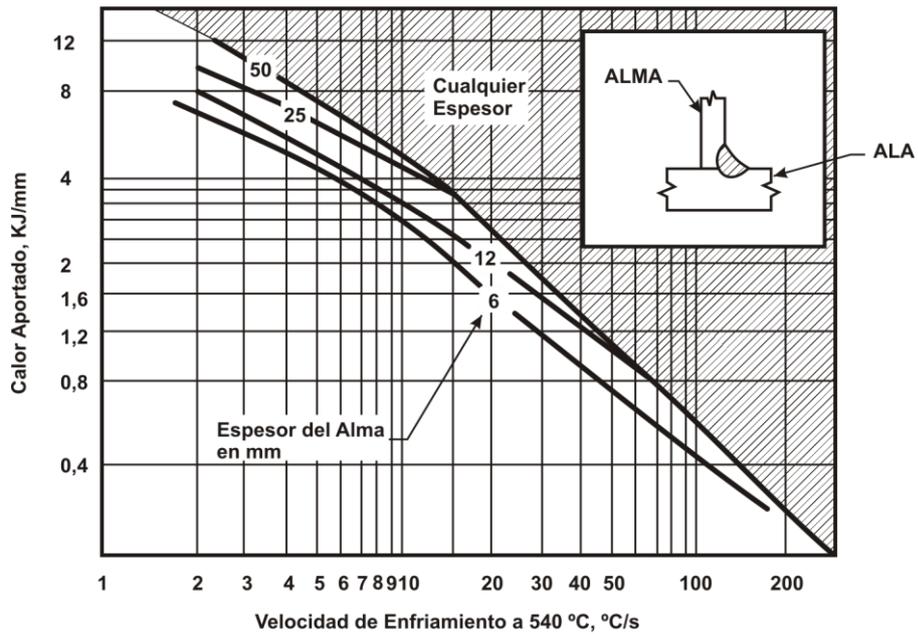
(C) PASADA ÚNICA EN SOLDADURAS DE FILETE SAW CON ALA DE 12 mm. ALMA DE DISTINTOS ESPESORES



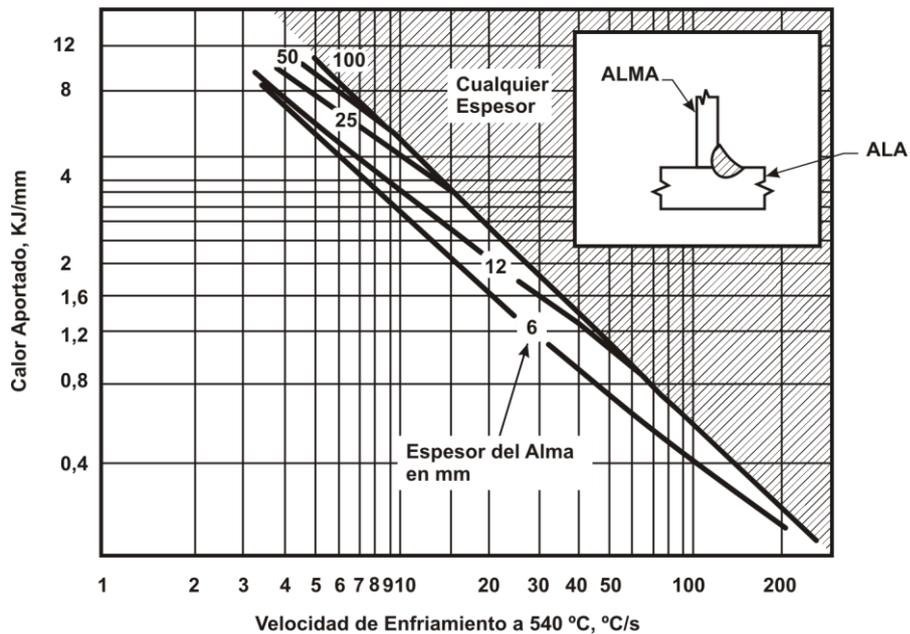
(D) PASADA ÚNICA EN SOLDADURAS DE FILETE SAW CON ALA DE 25 mm. ALMA DE DISTINTOS ESPESORES

Nota: El calor aportado determinado por el gráfico no implica adecuación a aplicaciones prácticas. Para algunas combinaciones de espesores la fusión puede tener lugar a través del espesor.

Figura A.IV-3. (Continuación). Gráficos para determinar las velocidades de enfriamiento para soldaduras de filete con arco sumergido.



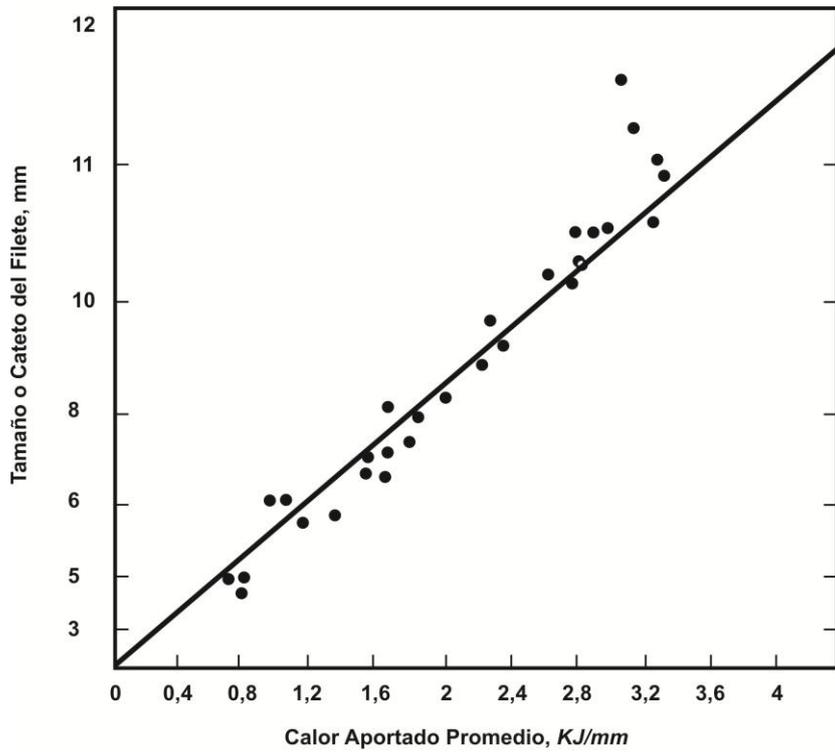
(E) PASADA ÚNICA EN SOLDADURAS DE FILETE SAW CON ALA DE 50 mm. ALMA DE DISTINTOS ESPESORES



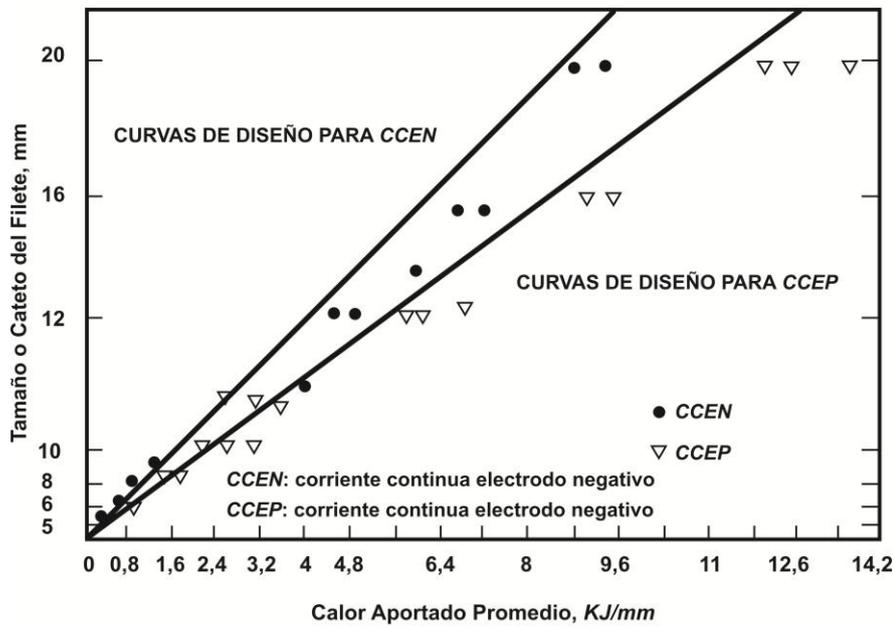
(F) PASADA ÚNICA EN SOLDADURAS DE FILETE SAW CON ALA DE 100 mm. ALMA DE DISTINTOS ESPESORES

Nota: El calor aportado determinado por el gráfico no implica adecuación a aplicaciones prácticas. Para algunas combinaciones de espesores la fusión puede tener lugar a través del espesor.

Figura A.IV-3. (Continuación). Gráficos para determinar las velocidades de enfriamiento para soldaduras de filete con arco sumergido.



(A) SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO REVISTIDO (SMAW)



(B) SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO (SAW)

Figura A.IV-4. Relación entre tamaño de soldadura y entrega de energía.

IV.7. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE CONTROL DEL HIDRÓGENO

IV.7.1. El valor del parámetro de composición, P_{cm} , deberá ser calculado de acuerdo con la siguiente expresión:

$$P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} 5V$$

El nivel de hidrógeno deberá ser determinado y definirse como sigue:

(1) H1 - Hidrógeno Extra – Bajo. Estos consumibles deben tener un contenido de hidrógeno difusible menor que **5ml/100g** de metal depositado cuando medido de acuerdo con la norma ISO 3690-1976, o un contenido de humedad del recubrimiento del electrodo menor o igual que **0,2%** de acuerdo con las normas IRAM-IAS U500-601 y U500-127 (ANSI/AWS A5.1 o A5.5). Esto puede ser establecido ensayando cada tipo y marca de consumible o combinación alambre/fundente aplicada.

Los siguientes consumibles podrán ser considerados como que alcanzan estos requerimientos:

(a) Electrodo de bajo hidrógeno tomados de envases herméticamente sellados, secados entre **340 °C** y **430 °C** por una hora (teniendo en cuenta la indicación específica del fabricante del consumible) y usados dentro de las dos horas de ser retirados.

(b) **GMAW** con alambres sólidos limpios.

(2) H2 - Bajo Hidrógeno. Estos consumibles deben tener un contenido de hidrógeno difusible menor que **10ml/100g** de metal depositado medido de acuerdo con la norma ISO 3690-1976, o un contenido de humedad del recubrimiento del electrodo menor o igual que **0,4%** de acuerdo con las normas IRAM-IAS U500-601 y U500-127 (ANSI/AWS A5.1 o A5.5). Esto puede ser establecido ensayando cada tipo y marca o combinación alambre/fundente aplicada. Los siguientes consumibles podrán ser considerados como que alcanzan estos requerimientos:

(a) Electrodo de bajo hidrógeno tomados de contenedores herméticamente sellados, almacenados y acondicionados de acuerdo con el artículo 5.3.2.1. de este Reglamento y usados dentro de las cuatro horas luego de ser retirados.

(b) **SAW** con fundente seco.

(3) H3 - Hidrógeno no controlado. El resto de los consumibles que no alcanzan los requerimientos de **H1** o **H2**.

Se debe determinar el grupo correspondiente al índice de susceptibilidad de la Tabla A.IV-1.

Tabla A.IV-1. Agrupamiento del Índice de Susceptibilidad como Función del Nivel de Hidrógeno “H” y Parámetro de Composición (Carbono Equivalente) P_{cm}

Agrupamiento por índice ⁽²⁾ de susceptibilidad					
Carbono equivalente = P _{cm} ⁽¹⁾					
Nivel de Hidrógeno, H	< 0,18	< 0,23	< 0,28	< 0,33	< 0,38
H1	A	B	C	D	E
H2	B	C	D	E	F
H3	C	D	E	F	G

Notas

- $$P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{62} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B$$
- Índice de susceptibilidad = $12 P_{cm} + \log_{10} H$.
- Las Agrupaciones de Índice de Susceptibilidad, desde A hasta G, abarcan el efecto combinado del parámetro de composición, P_{cm}, y nivel de hidrógeno, H, de acuerdo con las fórmulas mostradas en Nota 2.

Las cantidades numéricas exactas se obtienen de la Nota 2 usando los valores de P_{cm} establecidos y los siguientes valores de H, dado en ml/100g de metal de soldadura:

H1 – 5; H2 – 10; H3 – 30.

Por una conveniencia mayor, Los Agrupamientos de Índice de Susceptibilidad fueron expresados en la Tabla por medio de letras, desde la A hasta G, para cubrir los siguientes rangos estrechos:

A = 3.0; B = 3.1-3.5; C = 3.6-4.0; D = 4.1-4.5; E = 4.6-5.0; F = 5.1-5.5; G = 5.6-7.0

Estos agrupamientos son usados en la Tabla -2 en conjunto con la restricción y el espesor para determinar la temperatura de precalentamiento y entre pasadas.

IV.7.2. Niveles mínimos de temperatura de precalentamiento y entre pasadas

La Tabla A.IV-2 permite la obtención de las temperaturas mínimas de precalentamiento y entre pasadas que deberán aplicarse. La Tabla A.IV-2 establece tres niveles de restricción, los mismos deberán determinarse según el criterio indicado en el artículo IV.7.3.

IV.7.3. Restricciones

La clasificación de los tipos de soldadura con distintos niveles de restricción se efectuará por la experiencia, análisis de ingeniería, investigación o cálculo.

Se han establecido tres niveles de restricción:

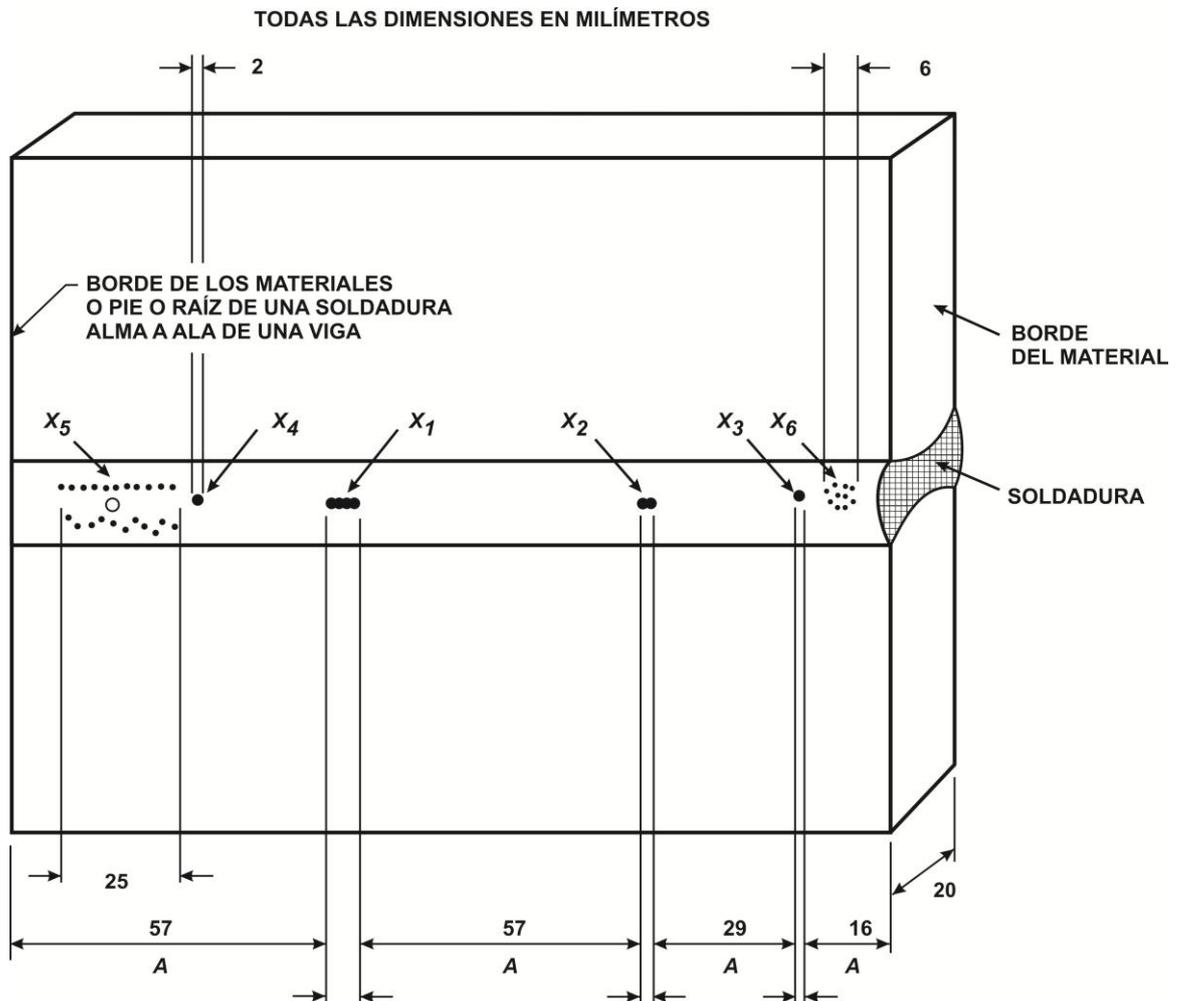
- (1) Bajo. Este nivel describe juntas soldadas de filete y con biseles simples, en los cuales existe una libertad razonable de movimiento de los elementos estructurales.
- (2) Medio. Este nivel describe juntas soldadas de filete y con bisel en las cuales debido a que los elementos estructurales se encuentran fijos o parcialmente fijos existe una libertad de movimiento reducida.
- (3) Alto. Este nivel describe soldaduras en los cuales no existe casi libertad de movimiento para los elementos estructurales unidos (tales como soldaduras de reparación, especialmente con materiales de gran espesor).

Tabla A.IV-2. Temperaturas mínimas de precalentamiento y entre pasadas para tres niveles de restricción

Nivel de Restricción	Espesor(*) mm	Temperatura mínima de precalentamiento y entre pasada (°C)						
		Agrupamiento del índice de susceptibilidad						
		A	B	C	D	E	F	G
Bajo	< 10	< 20	< 20	< 20	< 20	60	140	159
	10 - 20	< 20	< 20	20	60	100	140	150
	20 - 38	< 20	< 20	20	80	110	140	150
	38 - 75	20	20	40	95	120	140	150
	> 75	20	20	40	95	120	140	150
Medio	< 10	< 20	< 20	< 20	< 20	70	140	160
	10 - 20	< 20	< 20	20	80	115	140	160
	20 - 38	20	20	75	110	140	150	160
	38 - 75	20	80	110	130	150	150	160
	> 75	95	120	140	150	160	160	160
Alto	< 10	< 20	< 20	20	40	110	159	160
	10 - 20	< 20	20	65	105	140	160	160
	20 - 38	20	85	115	140	150	160	160
	38 - 75	115	130	150	150	160	160	160
	> 75	115	130	150	150	160	160	160

(*) El espesor es aquel de la parte más gruesa a ser soldada

ANEXO V. REQUERIMIENTOS DE CALIDAD EN SOLDADURA PARA JUNTAS A LA TRACCIÓN EN ESTRUCTURAS CARGADAS CÍCLICAMENTE



Notas:

- (1) A –separación mínima permitida entre los bordes de porosidades o discontinuidades del tipo fusión iguales o mayores que 2 mm. La mayor de las discontinuidades adyacentes es la que gobierna.
- (2) X_1 –porosidad mayor permitida o discontinuidad tipo fusión para juntas de 20 mm de espesor (Ver la Figura 6.4)
- (3) X_2, X_3, X_4 –porosidad o discontinuidad permitida tipo fusión igual o mayor que 2 mm, pero menos que el máximo permitido para juntas de 20 mm de espesor.
- (4) X_5, X_6 –porosidad o discontinuidad permitida tipo fusión menor que 2 mm.
- (5) La porosidad o discontinuidad tipo fusión X_4 no es aceptable porque está dentro de la separación mínima permitida entre los bordes de tales discontinuidades (Figura 6.4.) La soldadura residual es aceptable.
- (6) El tamaño de la discontinuidad indicada se asume que es su mayor dimensión.

ANEXO VI. FORMULARIOS PARA *EPS*, *RCP* E INFORMES DE ENSAYOS

En este Anexo se especifican, a modo de guía, los formularios para registrar o documentar la 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.
- (5) Informe de Ensayo de Soldadura por Partículas Magnéticas.
- (6) Informe de Ensayo de Ultrasonido para Soldadura.

ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA (EPS) Si
PRECALIFICADO _____ CALIFICADO POR ENSAYO _____
o REGISTRO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO (RCP) Si

Nombre de la Empresa _____
Proceso (s) de Soldadura _____
RCP [PQR] de Apoyo N°(s) _____

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

DISEÑO DE JUNTA *

Tipo: _____
Soldadura de un solo lado Soldadura en ambos lados
Respaldo: Si No
Material de Respaldo: _____

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

METALES BASE

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

METALES DE APORTE

Especificaciones IRAM (o AWS) _____
Clasificación IRAM (o AWS) _____

PROTECCIÓN

Fundente: _____ Clasificación: _____

Gas: _____ Composición: _____

Velocidad de Flujo: _____

Diámetro de la Tobera: _____

PRECALIENTAMIENTO

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

POSICIÓN

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

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Modo de Transferencia (GMAW)

Corto circuito
Globular Spray
Corriente: CA CCEP CCEN Pulsante
Otro _____

Electrodo de Tungstone (GTAW)

Tamaño: _____

Tipo: _____

TÉCNICA

Cordón rectilíneo u oscilante: _____
Pasada múltiple o Pasada única (por lado) _____
Número de Electrodo(s) _____
Espaciado de Electrodo(s) _____
Longitudinal _____
Lateral _____
Angulo _____

Distancia del tubo de contacto a la pieza _____
Limpieza entre pasadas _____

TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA

Temp. _____
Tiempo _____

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Nota:

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 de Soldadores u Operadores de Soldadura (norma IRAM IAS U 500-138) contratado a tal efecto.

**REGISTRO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO (RCP) N° _____
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS**

ENSAYO DE TRACCIÓN

Probeta N°	Ancho	Espesor	Área	Carga Máxima N	Resistencia a la Tracción MPa	Tipo de Falla y ubicación

ENSAYO DE PLEGADO GUIADO

Probeta N°	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 para la Soldadura de Estructuras en Acero, CIRSOC 304-2007.

Firmado _____ Fabricante o Contratista
 Por _____
 Título _____
 Fecha _____

Nota: 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 de Soldadores u Operadores de Soldadura (norma IRAM- IAS U 500-138) contratado a tal efecto.

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

Tipo de Soldador _____
 Nombre _____ N° de Identificación _____
 Especificación de Procedimiento de Soldadura N° _____ Rev. _____ Fecha _____

Variables	Valores Reales de los Registros Usados en la Calificación	Rango de Calificación
Procesos/ Tipo [Tabla 4.10. Item(2)]	_____	_____
Electrodo (único o Múltiple) [Tabla 4.10. Item (9)]	_____	_____
Corriente/Polaridad	_____	_____
Posición [Tabla 4.10. Item(5)]	_____	_____
Progresión de la Soldadura [Tabla 4.10. Item (7)]	_____	_____
Respaldo (SI o NO) [Tabla 4. 10. Item (8)]	_____	_____
Material / Especificación [Tabla 4. 10. Item (1)]	_____ hasta _____	_____
Metal Base	_____	_____
Espesor: (Chapa)	_____	_____
Bisel	_____	_____
Filete	_____	_____
Espesor: (Tubo o Caño)	_____	_____
Bisel	_____	_____
Filete	_____	_____
Diámetro: (Tubo o Caño)	_____	_____
Bisel	_____	_____
Filete	_____	_____
Metal de Aporte [Tabla 4. 10. Item (3)]	_____	_____
Espec. N°	_____	_____
Clase	_____	_____
F-N°	_____	_____
Gas/Tipo de fundente [Tabla 4. 10. Item(4)]	_____	_____
Otros	_____	_____

INSPECCIÓN VISUAL (4.8.1)

Aceptable SI o NO _____

Resultados de los Ensayos de Plegado Guiado (4.30.5)

Tipo	Resultado	Tipo	Resultado

Resultados de Ensayos de Filete (4.30.2.3 y 4.30.4.1)

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 _____ Interpretado por _____
 Organización _____ Organización _____

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 para la Soldadura de Estructuras en Acero, CIRSOC 304-2007.

Fabricante o Contratista _____ Autorizado por _____
 Formulario E-4 _____ Fecha _____

INFORME DE ENSAYO DE SOLDADURA POR PARTICULAS MAGNÉTICAS

Proyecto _____
 Requerimientos de calidad _____
 Informado a _____

UBICACIÓN DE LA SOLDADURA Y ESQUEMA DE LA IDENTIFICACIÓN

Cantidad: _____ Total Aceptado: _____ Total Rechazado: _____

Fecha	Identificación de la Soldadura	Area Examinada		Interpretación		Reparaciones		Observaciones
		Entero	Específico	Acep.	Rech.	Acep.	Rech.	

Preparación de Superficie _____

EQUIPO:

Fabricante _____ Modelo: _____ N° de Serie: _____

METODO DE INSPECCIÓN

- Seco Húmedo Visible Fluorescente

Como se aplica al medio: _____

- Residual Continuo Continuo Verdadero Otro _____
 CA CC Media Onda
 Agujas Yugo Arrollamiento de Cable

Dirección del campo: Circular Longitudinal

Fuerza del campo: _____
 (Ampere vuelta, densidad del campo, fuerza de magnetización y duración de la aplicación fuerza)

POSTERIOR AL ENSAYO:

Técnica de Desmagnetización (si se requiere): _____

Limpieza (si se lo requiere): _____ Método: _____

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 Reglamento Argentino para la Soldadura de Estructuras en Acero, CIRSOC 304-2007.

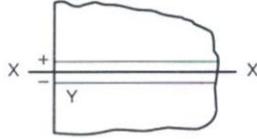
Inspector _____
 Nivel _____
 Fecha de Ensayo _____

Fabricante o Contratista _____
 Autorizado por _____
 Fecha _____

INFORME DE ENSAYO DE ULTRASONIDO PARA SOLDADURAS

Proyecto _____

Informe N° _____



Identificación de la soldadura _____
 Espesor del Material _____
 Tipo de junta de la soldadura _____
 Proceso de Soldadura _____
 Requerimientos de calidad _____
 Observaciones _____

Número de Línea	Número de Indicación	Angulo del Transductor	Desde la Cara	Trayecto Ultrasonico	Decibeles				Discontinuidad				Evaluación de la discontinuidad	Observaciones	
					Nivel de indicación	Nivel de Referencia	Factor de Atenuación	Clasificación de indicación	Largo	Distancia angular (trayectoria de la onda)	Profundidad desde la Superficie "A"	Distancia			
												Desde X			Desde Y
a	b	c	d												
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															

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 Reglamento Argentino para la Soldadura de Estructuras en Acero, CIRSOC 304-2007.

Fecha de ensayo _____
 Inspeccionado por _____
 Nota: este formulario es aplicable al Cap. 2 del Reglamento CIRSOC 304-2007 (Estructuras Cargadas en Forma Estática o Cíclica).
No usar para Estructuras Tubulares

Fabricante o Contratista _____
 Autorizado por _____
 Fecha _____

NOTAS DEL ANEXO VI

- (1) En orden a alcanzar el nivel de indicación "**d**":
 - (A) En instrumentos con control de ganancia, se aplicará la fórmula: $a - b - c = d$
 - (B) En instrumentos con control de atenuación, se aplicará la fórmula: $b - a - c = d$
 - (C) Un signo más o menos debe acompañar al número de la indicación "**d**", salvo que "**d**" sea igual a cero.
- (2) La distancia desde **X** es usada para describir la ubicación de una discontinuidad de soldadura en una dirección perpendicular a la línea de referencia de la misma. Salvo que el número sea cero, debe ser acompañado de un signo más o menos.
- (3) La distancia desde **Y** es usada para describir la ubicación de la discontinuidad de la soldadura en una dirección paralela a la línea de referencia de la misma. Esta figura se obtiene midiendo la distancia desde el borde "**Y**" de la soldadura al comienzo de la discontinuidad dicha.
- (4) La Evaluación de las áreas de Soldadura Reparadas y Reensayadas deberán ser tabuladas en una nueva línea del formulario de informe **US**. Si se utiliza el informe original, debe anteponerse **R_n** al número de indicación. Si se usan informes adicionales, debe anteponerse **R** al número de informe.
- (5) Los términos que deben ser utilizados son los definidos para ensayos de ultrasonidos en la última edición de la norma IRAM 764.

ANEXO A

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

***“SOLDADURAS DE ESPESORES
DELGADOS EN CHAPA DE ACERO”***

EDICIÓN JULIO 2007

ANEXO A. SOLDADURA DE ESPESORES DELGADOS EN CHAPA DE ACERO

ÍNDICE

A.1. Requerimientos Generales

A.1.1. Campo de validez

A.1.2. Materiales

A.1.3. Procesos de soldadura aplicables

A.1.4. Requerimientos y selección de material de aporte

A.1.5. Diseño geométrico de uniones

A.2. Diseño de Uniones Soldadas

A.2.1. Capacidad de carga admisible

A.2.2. Detalles de diseño de las uniones soldadas

A.3. Especificación de Procedimiento de Soldadura

A.3.1. Campo de validez

A.3.2. Requerimientos para la elaboración de una EPS precalificada

A.3.3. Detalles de juntas

A.4. Calificación de Procedimientos (EPS) y Soldadores

A.4.1. Requerimientos generales

A.4.2. Especificación de procedimiento de soldadura (EPS)

A.4.3. Calificación de habilidad para soldadores y operadores de soldadura

A.5. Fabricación, Inspección y Control de Calidad

A.5.1. Requerimientos generales

A.5.2. Desviaciones permitidas a la EPS para soldadura a baja temperatura

A.5.3. Criterios de aceptación para soldaduras de producción

ANEXO A. SOLDADURA DE ESPESORES DELGADOS EN CHAPA DE ACERO

A.1. REQUERIMIENTOS GENERALES

A.1.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Anexo contiene los requerimientos mínimos para el diseño, fabricación y montaje de elementos estructurales en la forma de chapas delgadas con espesores iguales o menores que **5 mm**, 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 aceros estructurales en un todo de acuerdo con los Reglamentos **CIRSOC 301-2005 Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para Edificios**, **CIRSOC 302-2005 Reglamento Argentino de Elementos Estructurales de Tubos de Acero para Edificios** y **CIRSOC 303 Reglamento Argentino de Diseño de Elementos Estructurales de Aceros Conformados en Frío de Sección Abierta**.

Este Anexo A 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 con chapas delgadas.

Este Anexo es aplicable a la soldadura de unión entre un elemento estructural en chapa de acero de espesor delgado y otro del mismo tipo u otro elemento estructural de acero. Su alcance es general para todas las estructuras de acero comprendidas en los Reglamentos CIRSOC 301-2005, CIRSOC 302-2005, CIRSOC 303-2009 y CIRSOC 308-2007. Consecuentemente quedan exceptuados recipientes de presión y cañerías.

A.1.2. MATERIALES

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 podrán aplicar normas internacionales de reconocido prestigio o normas ISO para uso en estructuras metálicas soldadas.

A.1.2.1. Chapas de acero estructural

A.1.2.1.1. Normas aplicables

Los materiales que se utilizan dentro de este Anexo A, deberán cumplir con alguna de las siguientes normas IRAM-IAS:

U 500-42:2000 Chapas de acero al carbono, laminadas en caliente, para uso estructural.

U 500-72:2001	Chapas de acero cincadas o recubiertas de una capa de aleación de aluminio - cinc, por inmersión en caliente y prepintadas para uso estructural y general.
U 500-99:2002	Chapas de acero revestidas conformadas, de perfil no sinusoidal.
U 500-131:2001	Chapas de acero de alta resistencia, laminadas en frío, para uso estructural, con características especiales de conformabilidad.
U 500-180:2001	Flejes de acero al carbono, laminados en caliente para uso estructural.
U 500-204:2002	Chapas de acero al carbono y de baja aleación de calidad estructural, recubiertas de una capa de aleación de aluminio - cinc por el proceso continuo de inmersión en caliente.
U 500-205-1:2001	Perfiles abiertos de chapa de acero galvanizada, conformados en frío para uso en estructuras portantes de edificios - Parte 1: Requisitos generales.
U 500-205-2:1997	Perfiles abiertos de chapa de acero galvanizada, conformados en frío para uso en estructuras portantes de edificios - Parte 2: Perfil U - Medidas y características geométricas.
U 500-205-3:1997	Perfiles abiertos de chapa de acero galvanizada, conformados en frío para uso en estructuras portantes de edificios - Parte 3: Perfil C - Medidas y características geométricas.
U 500-205-4:1997	Perfiles abiertos de chapa de acero galvanizada, conformados en frío para uso en estructuras portantes de edificios - Parte 4: Perfil galera - Medidas y características geométricas.
U 500-205-5:1997	Perfiles abiertos de chapa de acero galvanizada, conformados en frío para uso en estructuras portantes de edificios - Parte 5: Perfil omega - Medidas y características geométricas.
U 500-205-6:1997	Perfiles abiertos de chapa de acero galvanizada, conformados en frío para uso en estructuras portantes de edificios - Parte 6: Perfil zeta - Medidas y características geométricas.
U 500-206-1:2001	Perfiles abiertos de acero conformados en frío, revestidos o no, para usos estructurales - Requisitos generales.
U 500-206-2:2001	Perfiles abiertos de acero conformados en frío, para usos generales y estructurales - Perfil U – Dimensiones.
U 500-206-3:2001	Perfiles abiertos de acero conformados en frío, para usos generales y estructurales - Perfil C – Dimensiones.
U 500-206-4:2001	Perfiles abiertos de acero conformados en frío, para usos generales y - Perfil G (galera) – Dimensiones.

- U 500-206-5:2001** Perfiles abiertos de acero conformados en frío, para usos generales y estructurales - Parte 5: Perfil Ω (omega) – Dimensiones.
- U 500-206-6:2001** Perfiles abiertos de acero conformados en frío, para usos generales y estructurales - Perfil Z (zeta) rigidizado – Dimensiones.
- U 500-206-7:2001** Perfiles abiertos de acero conformados en frío, para usos generales y estructurales - Perfil Z (zeta) anidable – Dimensiones.
- U 500-206-8:2001** Perfiles abiertos de acero conformados en frío, para usos generales y estructurales - Otros perfiles - Discrepancias dimensionales.
- U 500-215-1:2001** Perfiles doble T de acero, de alas anchas. caras paralelas, laminados en caliente.
- U 500-226:2002** Chapas de acero laminadas en frío para paneles aislantes.
- U 500-241:2001** Chapas de acero revestidas conformadas, para uso en placas colaborantes.
- U 500-503:1999** Acero al carbono para uso estructural.
- U 500-513:2002** Chapas de acero revestido conformadas, de perfil sinusoidal (acanaladas).

Cualquier combinación de estas chapas podrán ser soldadas entre sí y a su vez se podrán soldar a cualquiera de los aceros contemplados en el Reglamento CIRSOC 304-2007 y en sus ediciones posteriores.

A.1.2.2. Metal de aporte y fundente para soldadura

Los electrodos y fundentes deberán cumplir alguna de las siguientes normas:

- IRAM-IAS U 500-127** Soldadura por arco. Electrodo de baja aleación revestido.
- IRAM-IAS U 500-166** Soldadura. Alambres y varillas de acero al carbono para procesos de soldadura eléctrica con protección gaseosa.
- IRAM-IAS U 500-232** Soldadura. Alambres y varillas de acero al carbono y de baja aleación para procesos de soldadura eléctrica con protección gaseosa.
- IRAM-IAS U 500-233** Soldadura. Alambres tubulares de acero al carbono.
- IRAM-IAS U 500-234** Soldadura. Alambres tubulares de acero de baja aleación.
- IRAM-IAS U 500-235** Soldadura. Alambres de acero al carbono y fundentes para soldadura por arco sumergido.

IRAM-IAS U 500-236 Soldadura. Alambres de acero de baja aleación y fundentes para soldadura por arco sumergido.

IRAM-IAS U 500-601 Soldadura por arco. Electrodo de acero al carbono revestidos.

A.1.3. PROCESOS DE SOLDADURA APLICABLES

En este Anexo se permite la aplicación de los siguientes procesos de soldadura por arco eléctrico:

- (a) soldadura por arco con electrodo revestido (**SMAW**).
- (b) soldadura por arco sumergido (**SAW**).
- (c) soldadura por arco eléctrico con protección gaseosa (semiautomática alambre macizo), (**GMAW**).
- (d) soldadura por arco con alambre tubular (semiautomática alambre tubular), con o sin protección gaseosa. (**FCAW**).
- (e) soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa (**GTAW**).
- (e) Para los procesos (c) y (d) deberán ser utilizadas únicamente máquinas de soldar con fuente de poder de tensión constante.

A.1.4. REQUERIMIENTOS Y SELECCIÓN DEL MATERIAL DE APORTE

A.1.4.1. Selección por igualación

En la Tabla A.1.1. se indican las diferentes combinaciones de materiales de aporte, bajo el criterio de igualación de resistencia con el material base, correspondientes a los procesos de soldadura aplicables según el artículo A.1.3.

A.1.4.2. Otras combinaciones de material base y aporte

Otras combinaciones diferentes a las indicadas en la Tabla A.1.1., se podrán utilizar siempre que las mismas sean establecidas en las especificaciones de contrato y desarrolladas con procedimientos de soldadura calificados de acuerdo con el artículo A.4. de este Anexo A. Cuando los materiales base a ser soldados presentan resistencia disímil, el material de aporte a ser seleccionado deberá tener una resistencia igual o mayor que el material base de menor resistencia.

A.1.4.3. Requerimientos para los consumibles y electrodos de soldadura

Todos los consumibles y electrodos para la soldadura según el artículo A.1.4. deberán cumplir con lo indicado en el artículo 5.3. del Reglamento CIRSOC 304-2007.

Tabla A.1.1 - Selección del metal de aporte

Requerimientos del metal base (1) (2) (3)			Requerimientos del metal de aporte (4)		
Grupo de Acero	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Proceso	Especificación del metal de aporte	Clasificación del metal de aporte
I	≤ 350	≤ 450	Soldadura manual	IRAM-IAS U 500-601 (AWS A5.1)	E43XX, E51XX (E60XX, E70XX)
				IRAM-IAS U 500-127 (AWS A5.5)	E51XX-X (E70XX-X)
			Soldadura semiautomática alambre macizo	IRAM-IAS U 500-166 (AWS A5.18)	E50S-X (ER70S-X, E70C-XC, E70C-XM, excepto -GS)
				AWS A5.28	ER70S-XXX, E70C-XXX
Soldadura semiautomática alambre tubular	AWS A5.20	E7XT-X, E7XT-XM			
	AWS A5.29	E7XTX-X, E7XTX-XM			
Soldadura por arco sumergido	AWS A5.17	F6XX-EXXX, F6XX-ECXXX, F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX			
	AWS A5.23	F7XX-EXXX-XX, F7XX-ECXXX-XX			
II	> 350 ≤ 380	> 450 ≤ 490	Soldadura manual	IRAM-IAS U 500-601 (AWS A5.1)	E5115, E5116, E5118 (E7015, E7016, E7018)
				IRAM-IAS U 500-127 (AWS A5.5)	E5115-X, E5116-X, E5118-X (E70X5-X, E7016-X, E7018-X)
			Soldadura semiautomática alambre macizo	IRAM-IAS U 500-166 (AWS A5.18)	E50S-X (ER70S-X, E70C-XC, E70C-XM, excepto -GS)
				AWS A5.28	ER70S-XXX, E70C-XXX
Soldadura semiautomática alambre tubular	AWS A5.20	E7XT-X, E7XT-XM			
	AWS A5.29	E7XTX-X, E7XTX-XM			
Soldadura por arco sumergido	AWS A5.17	F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX			
	AWS A5.23	F7XX-EXXX-XX, F7XX-ECXXX-XX			

Tabla A.1.1 - Selección del Metal de Aporte (continuación)

Requerimientos del metal base (1) (2) (3)			Requerimientos del metal de aporte (4)		
Grupo de Acero	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Proceso	Especificación del metal de aporte	Clasificación del metal de aporte
III	> 400 ≤ 550	> 490 ≤ 590	Soldadura manual	IRAM-IAS U 500-127 (AWS A5.5)	E5515-X, E5516-X, E5518-X (E8015-X, E8016-X, E8018-X)
			Soldadura semiautomática alambre macizo	AWS A5.28	ER80S-XXX, E80C-XXX
			Soldadura semiautomática alambre tubular	AWS A5.29	E8XTX-X, E8XTX-XM
			Soldadura por arco sumergido	AWS A5.23	F8XX-EXXX-XX, F8XX-ECXXX-XX
NOTAS:					
<p>(1) Para la realización de una EPS precalificada los materiales base a ser soldados, de cada uno de los Grupos de la Tabla A.1.1., deberán cumplir con los requisitos de la norma IRAM que corresponda para cada caso.</p> <p>(2) Cuando no se disponga de las normas IRAM correspondientes y hasta tanto no se realice el estudio de las mismas, se podrán emplear para la elaboración de una EPS precalificada otras normas internacionales de reconocido prestigio o reconocidas por IRAM para los materiales de Tabla A.1.1. Esta alternativa deberá ser aprobada por el Ingeniero responsable y tener el acuerdo contractual correspondiente.</p> <p>(3) En la Tabla A.1.1 se excluyen para EPS precalificadas aceros para uso estructural con tratamiento de templado y revenido, dichos aceros deberán ser únicamente utilizados bajo las condiciones de una EPS calificada de acuerdo con el artículo A.4.2.</p> <p>(4) Los materiales de aporte correspondientes a los grupos de aleación B3, B3L, B4L, B5, B5L, B6, B6L, B7, B7L, B8, B8L y B9 no pueden ser aplicados para una EPS precalificada según el Capítulo 3 del Reglamento CIRSOC 304-2007 y el artículo A.3. de este Anexo A.</p>					

A.1.5. DISEÑO GEOMÉTRICO DE UNIONES SOLDADAS

A.1.5.1. Soldadura a tope sin bisel

Este diseño de junta se utilizará únicamente para la unión de una chapa de acero a otra y se podrá aplicar en todas las posiciones de soldadura.

A.1.5.2. Soldadura de filete

La junta de filete podrá ser aplicada en toda posición tanto en la soldadura de chapas de acero entre sí como de chapa a otro tipo de elemento estructural portante.

A.1.5.2.1. Soldaduras de filete en juntas solapadas y uniones T

Estas uniones podrán ser utilizadas en toda posición tal como se indica en la Tabla A.1.2, tanto para uniones de chapas entre sí o de una chapa a otro elemento estructural portante. En este último caso deberá prevenir la posible fisuración bajo el cordón.

A.1.5.3. Soldadura con juntas acampanadas simples y en V

Este tipo de diseño se podrá aplicar en toda posición para uniones de chapas entre sí o de chapa con elementos estructurales portantes, tal como se indica en la Tabla A.1.2. Estas juntas también reciben la denominación de abocardadas.

A.1.5.4. Soldadura de punto

Este tipo de unión se materializa con alguno de los procesos de arco eléctrico, indicados en el artículo A.1.3., en los cuales se realiza un punto o botón de soldadura sin preparación de un orificio o ranura en los elementos estructurales a ser unidos. Este tipo de soldadura se aplicará a la unión de chapa con un elemento estructural portante, únicamente en posición plana. Ver la Tabla A.1.2.

A.1.5.5. Soldadura de costura

Este tipo de uniones se realiza sin preparación de una ranura o algún tipo de bisel, con alguno de los procesos de arco eléctrico indicados en el artículo A.1.3. Se aplica en la unión de chapas de acero entre sí, en posición plana u horizontal, y de chapa con otro elemento estructural portante en posición plana, únicamente. Ver la Tabla A.1.2.

A.1.5.6. Soldadura de botón

Este tipo de unión se realiza por medio del llenado con procesos de arco eléctrico de un orificio circular entre elementos estructurales. Este tipo de soldadura se podrá ejecutar en toda posición, es aplicable en uniones de múltiple capas con chapas de acero y en uniones de múltiple capas con chapas y otro elemento estructural portante grueso. Ver la Tabla A.1.2.

Tabla A.1.2. Posiciones de soldadura y restricciones para la EPS

Elemento estructural a unir	Junta a tope sin bisel	Junta de filete	Junta con bisel acampanada	Junta con bisel acampanada en V	Soldadura de punto	Soldadura de costura	Soldadura de botón
Chapa a otra chapa	F H V OH	F H V OH	F H V OH	F H V OH		F H	F H V OH
Chapa a elemento estructural portante		F H V OH	F H V OH		F	F	F H V OH

A.2. DISEÑO DE UNIONES SOLDADAS

A.2.1. CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

En todos aquellos elementos estructurales donde la unión soldada no ha sido diseñada para resistir cargas o acciones externas no será necesaria la aplicación de este artículo A.2.

La capacidad de carga de las uniones soldadas no deberá exceder las cargas admisibles calculadas según este Anexo A, aplicando el método convencional de diseño por tensión admisible (**DTA** o **ASD**) del Reglamento CIRSOC 304-2007, o las directivas de los Reglamentos CIRSOC 301-2005 y 303-2008 respectivamente, que utilizan el método de diseño por factores de carga y resistencia (DFR o LRFD).

A.2.1.1. Simbología aplicada para el diseño DTA o ASD

- P** Capacidad de carga admisible
- F_u** Resistencia a la tracción de la chapa de acero o material base, en MPa.
- F_y** Resistencia a la fluencia de la chapa de acero o material base, en MPa.
- F_{EXX}** Resistencia a la tracción mínima de norma del metal de soldadura, en MPa.
- F_w** Tensión admisible de corte ($0,30 F_{EXX}$), en MPa.
- t** Espesor de chapa (excluido el revestimiento), en mm y, en algunos casos, también se indica como (ga), calibre estándar en unidad inglesa.
- t_w** Mínima garganta efectiva de la soldadura en juntas de filete, en mm.
- L** Largo de la soldadura, en mm.
- h** Altura de labio rigidizador en juntas acampanadas, en mm.
- d** Diámetro visible de la cara de la soldadura de punto por arco o de botón por arco; ancho en una soldadura de costura por arco, en mm.
- d_a** Diámetro promedio resultante de una soldadura de punto o de botón; ancho en una soldadura de costura por arco, en mm.
- d_e** Diámetro efectivo de una soldadura de punto o de botón; ancho en una soldadura de costura por arco, en mm.

A.2.1.2. Capacidad de carga admisible en las uniones soldadas

A.2.1.2.1. Uniones soldadas a tope con juntas sin preparación de bisel

El criterio de selección del metal de aporte, por igualación de resistencia (tracción y fluencia), con diferentes combinaciones de material base está dado en la Tabla A.1. Para combinaciones de materiales base pertenecientes a diferentes grupos de acero de la Tabla A.1. se seleccionará el metal de aporte que iguale al acero de menor resistencia en la unión. En todos los casos, ya sea que la soldadura se realice desde un solo lado o de ambos, el tamaño de la misma será igual al espesor de los materiales base a unir. Ver la Figura A.2.1.

A.2.1.2.2. Uniones soldadas con juntas de filete

El criterio de selección del metal de aporte, por igualación de resistencia (tracción y fluencia), con diferentes combinaciones de material base para uniones de solape, o T , está dado en la Tabla A.1. El tamaño (t_w) de la soldadura, Figura A.2.2., se establecerá en relación con el espesor de chapa, de manera tal que t_w será igual al espesor de chapa de acero utilizada. La capacidad de carga se calculará de la siguiente forma:

- (1) Soldadura de filete transversal a la dirección de aplicación de la carga

$$P = 0,35 (t) L (F_u) \quad (A-1)$$

- (2) Soldadura de filete paralela o longitudinal a la dirección de la carga

$$P = 0,35 \left(1 - 0,01 \frac{L}{t}\right) t (L) F_u \quad \text{para } L/t < 25 \quad (A-2)$$

$$P = 0,25 (t) L (F_u) \quad \text{para } L/t \geq 25 \quad (A-3)$$

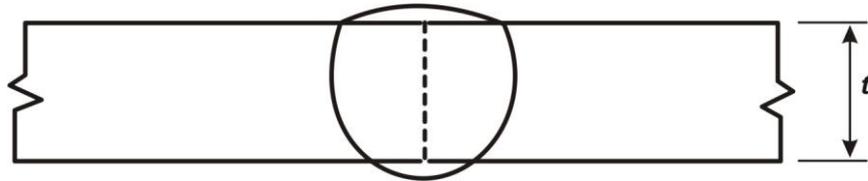


Figura A.2.1. Junta a tope sin preparación o bisel.

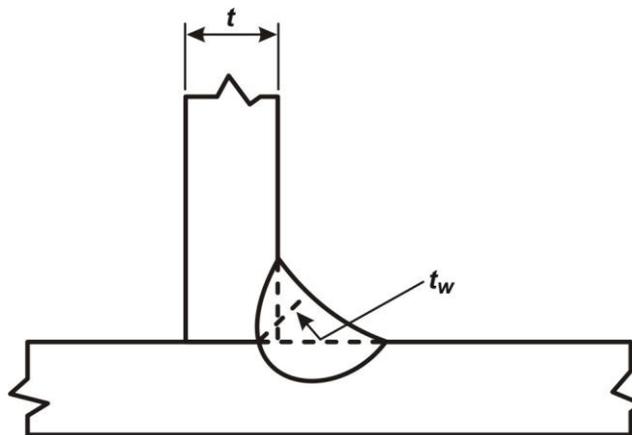


Figura A.2.2. Soldadura de Filete, donde t_w indica la garganta efectiva del filete.

A.2.1.2.3. Uniones soldadas con juntas acampanadas

El criterio de selección del metal de aporte, por igualación de resistencia (tracción y fluencia), con diferentes combinaciones de material base para uniones con juntas acampanadas, como se muestra en la Figura A.2.3.a), está dado en la Tabla A.1. El tamaño (t_w) de la soldadura se establecerá en relación con el espesor de chapa

adyacente, de manera tal que t_w será igual al espesor de chapa de acero utilizada. La capacidad de carga se calculará de la siguiente forma:

(1) Cargas aplicadas en forma transversal al eje longitudinal de la soldadura

(a) Junta acampanada simple, Figura A.2.3.a):

$$P = \frac{t L (F_u)}{3} \quad (\text{A-4})$$

(b) Junta acampanada en V, Figura A.2.3.b): No se considerarán cargas transversales al eje de la soldadura.

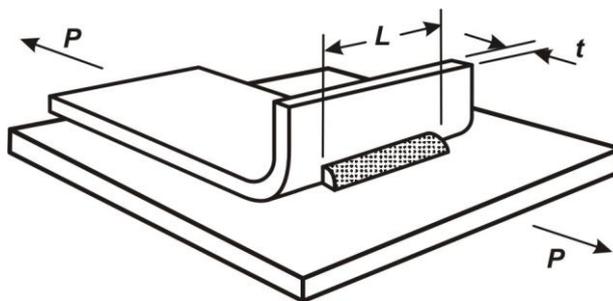
(2) Cargas aplicadas en forma longitudinal respecto del eje de la soldadura, Figuras A.2.3.b) y A.2.3.c).

- Si t_w es igual o mayor que t pero menor que $2t$ y si la altura h del labio rigidizador de acampanado es menor que L :

$$P = 0,3 (t) L (F_u) \quad \text{corte simple, Figura A.2.3.b)} \quad (\text{A-5})$$

- Si t_w es igual o mayor que t , pero mayor que $2t$, y si la altura h del labio rigidizador de acampanado es igual o mayor que L :

$$P = 0,6 (t) L (F_u) \quad \text{corte doble, Figura A.2.3.c)} \quad (\text{A-6})$$



Mínima garganta efectiva $t_w \geq t$

Figura A.2.3.a). Junta acampanada simple.

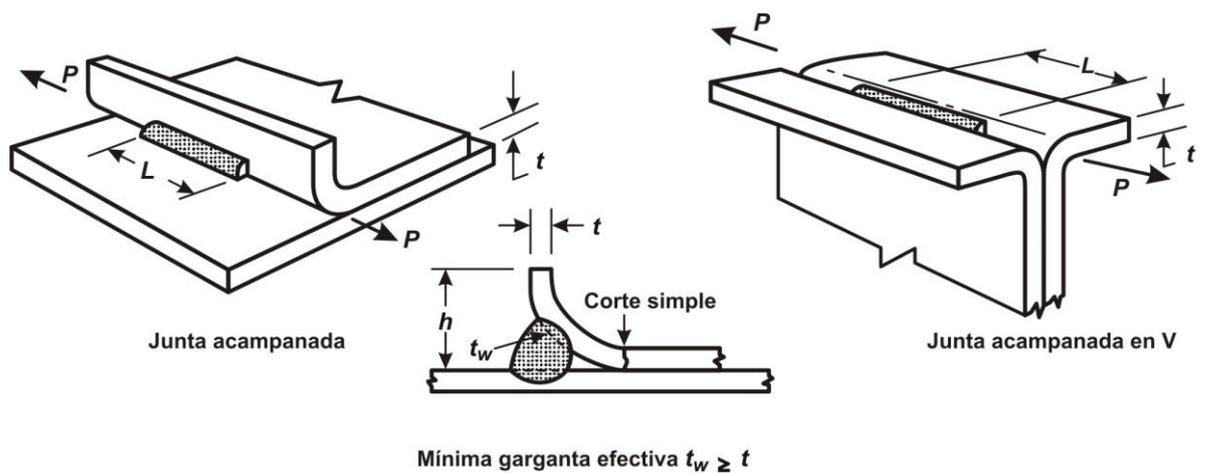


Figura A.2.3.b.). Acciones de corte simple en uniones soldadas con juntas acampanadas.

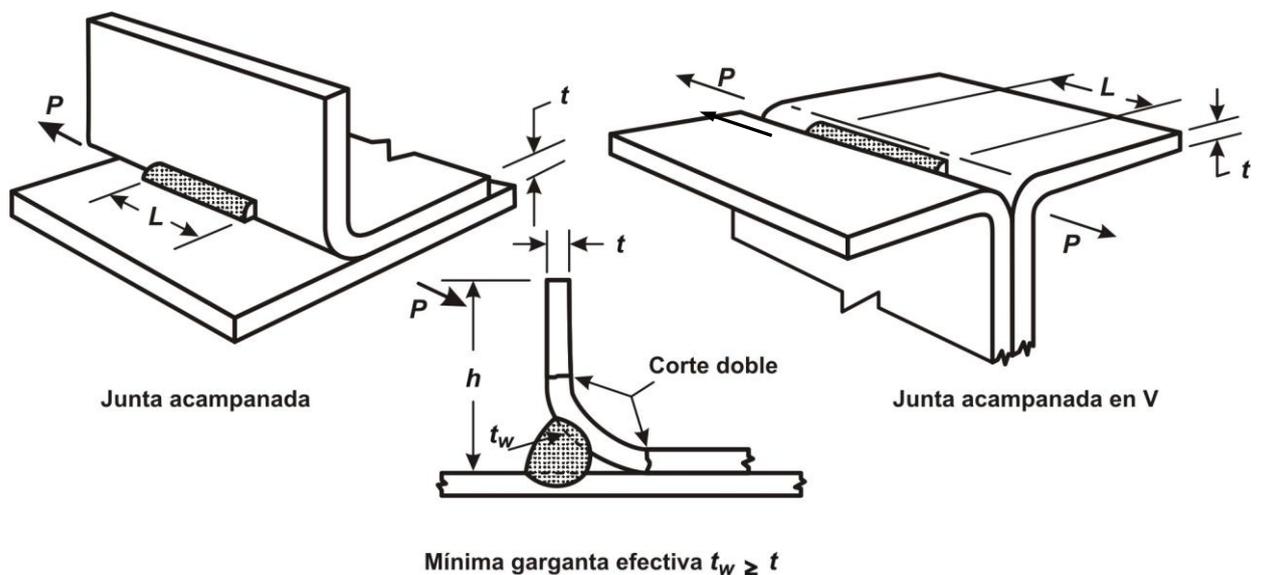


Figura A.2.3.c.) Acciones de corte doble en uniones soldadas con juntas acampanadas.

A.2.1.2.4. Soldaduras de punto

En las uniones con soldaduras de punto por procesos de arco eléctrico (ver la Figura A.2.4.) se deberá especificar el mínimo diámetro efectivo (d_e) correspondiente al área de unión. El mínimo diámetro efectivo será igual a **10 mm**. La carga admisible para cada soldadura de punto entre chapas de acero, o entre una chapa y un elemento estructural portante, será calculada por medio de la siguiente expresión:

(1) Para carga de corte

$$P = 0,88 (t) d_a (F_u) \quad \text{para } d_a / t \leq \sqrt{F_u} \quad (\text{A-7})$$

$$P = 0,112 \left[1 + \frac{960 t}{d_a \sqrt{F_u}} \right] (t) d_a (F_u) \quad \text{para } \frac{140}{\sqrt{F_u}} < \frac{d_a}{t} < \frac{240}{\sqrt{F_u}} \quad (\text{A-8})$$

$$P = 0,56 (t) d_a (F_u) \quad \text{para } d_a / t \geq 240 \sqrt{F_u} \quad (\text{A-9})$$

No obstante la carga admisible no podrá exceder el valor dado por la siguiente expresión:

$$P = \frac{F_{EXX} (d_e)^2}{4} \quad (\text{A-10})$$

(2) Para carga de tracción

$$F_u \leq 380 \text{ MPa}$$

$$P = (2,64 - 0,43 F_u) t d_a \quad F_u < 0,58 (t) d_a (F_u) \quad (\text{A-11})$$

y si $F_u > 380 \text{ MPa}$

$$P = 0,28 (t) d_a (F_u) \quad (\text{A-12})$$

A.2.1.2.5. Soldaduras de costura

La carga admisible para uniones solapadas entre una chapa y un elemento estructural portante en posición plana, o uniones de este tipo entre chapas, tanto para posición plana como horizontal, con aplicación del criterio de igualación de resistencia para el material de aporte (Tabla A.1.1.) será calculada según las siguientes expresiones (Ver la Figura A.2.5.):

$$P = \left[\frac{(d_e)^2}{4} + \frac{L (d_e)^2}{3} \right] F_{EXX} \quad (\text{A-13})$$

$$P = (t) F_u (0,25 L + 0,96 d_a) \quad (\text{A-14})$$

para $L \leq 3 d_a$

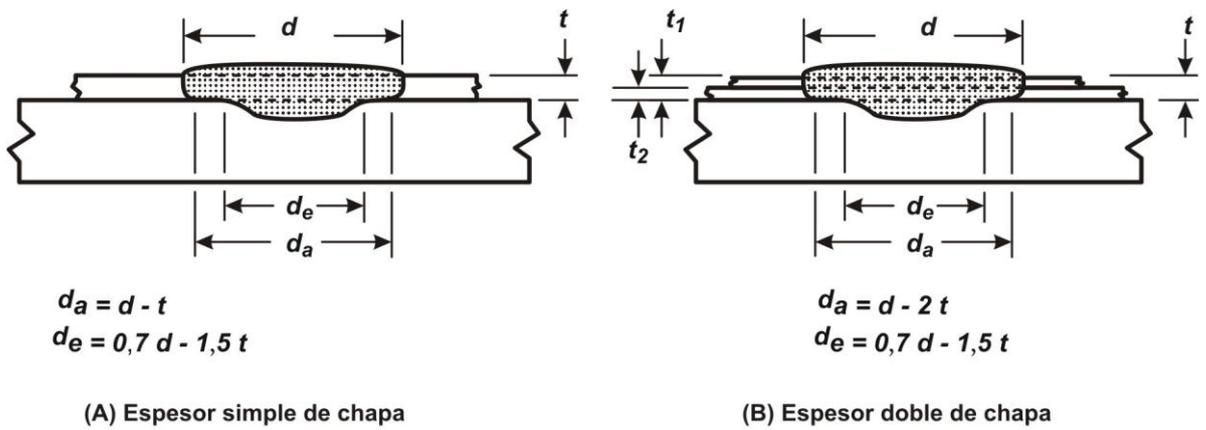


Figura A.2.4. Uniones soldadas por procesos de arco del tipo punto.

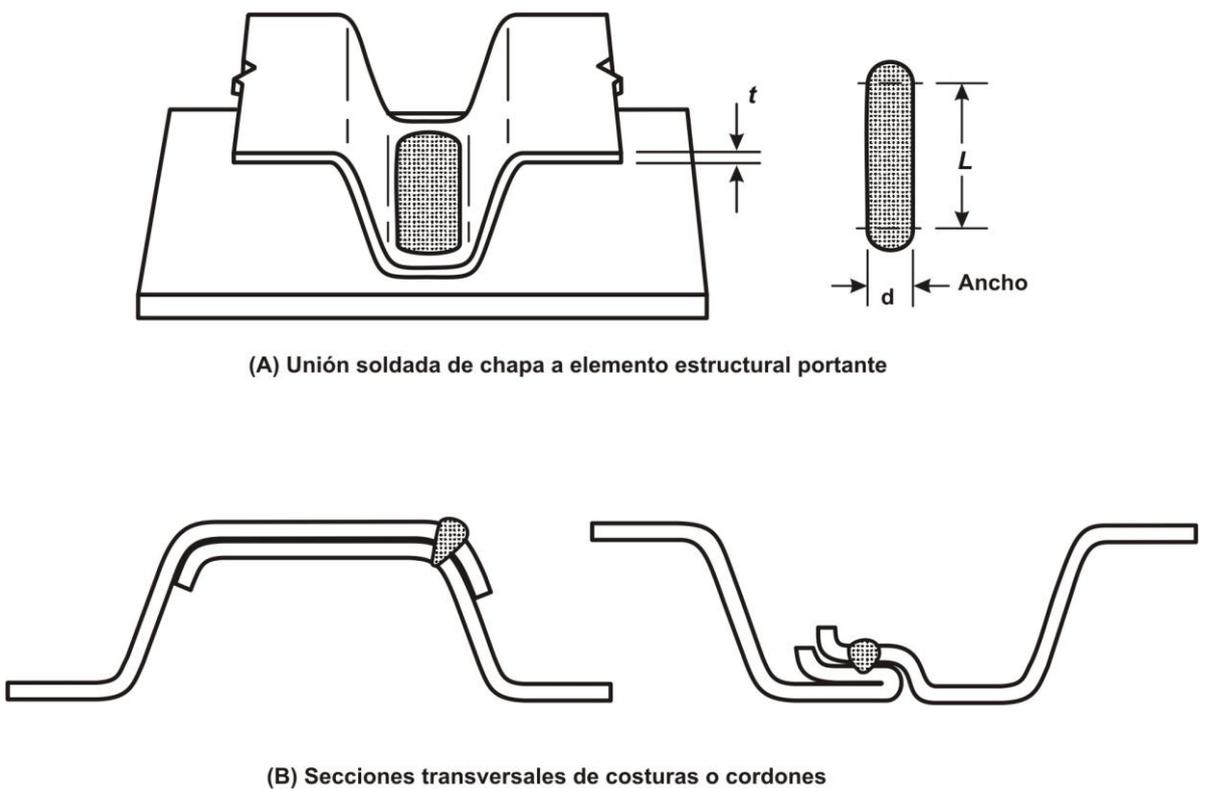


Figura A.2.5. Soldaduras por arco tipo costura o cordón.

A.2.1.2.6. Soldadura de botón

En la soldadura de botón, (ver la Figura A.2.6.), se especificará el mínimo diámetro efectivo (d_e), cuyo valor mínimo será **9 mm**. La carga admisible para uniones solapadas entre una chapa y un elemento estructural portante, o uniones de este tipo entre chapas, deberá ser menor o igual que:

(1) Para carga nominal de corte

$$P = 0,88 (t) d_a (F_u) \quad \text{siendo} \quad \frac{d_a}{t} \leq \frac{140}{\sqrt{F_a}} \quad (\text{A-15})$$

$$P = 0,112 \left[1 + \frac{960 t}{d_a F_u} \right] t (d_a) F_u \quad \text{siendo} \quad \frac{140}{\sqrt{F_a}} < \frac{d_a}{t} < \frac{240}{\sqrt{F_a}} \quad (\text{A-16})$$

$$P = 0,56 (t) d_a (F_u) \quad \text{siendo} \quad \frac{d_a}{t} \geq \frac{240}{\sqrt{F_a}} \quad (\text{A-17})$$

Por su parte la carga admisible será menor o igual que:

$$P = \frac{(d_e)^2 F_{EXX}}{4} \quad (\text{A-18})$$

(2) Para carga nominal de tracción

$$F_u < 380 \text{ MPa}$$

$$P_a = (2,64 - 0,43 F_u) t d_a \quad \text{siendo} \quad F_u < 0,58 (t) d_a F_u \quad (\text{A-19})$$

$$F_u > 380 \text{ MPa}$$

$$P_a = 0,28 t d_a F_u \quad (\text{A-20})$$

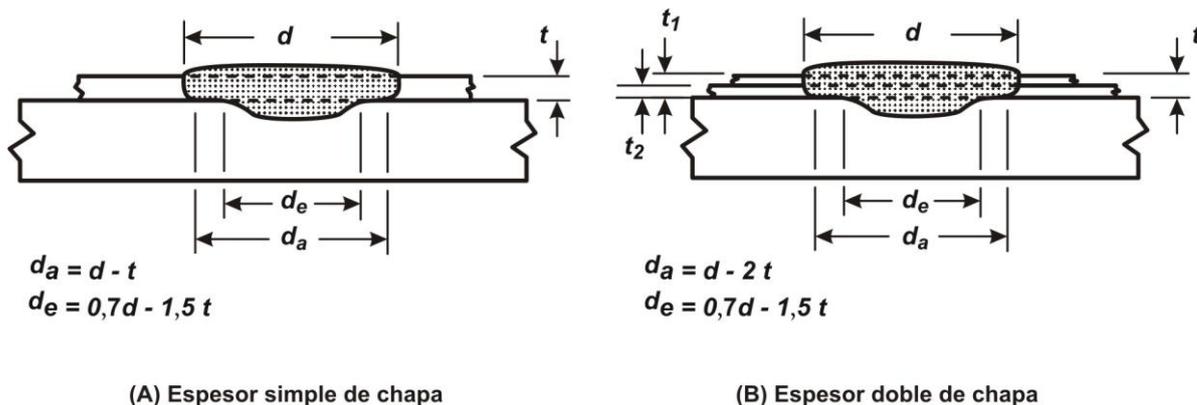


Figura A.2.6. Soldaduras por arco tipo botón o ranura.

A.2.2. DETALLES DEL DISEÑO DE LAS UNIONES SOLDADAS

A.2.2.1. Consideración general

Las uniones soldadas podrán ser diseñadas a tope, en solape o yuxtaposición y con juntas de filete, de acuerdo con lo especificado en el artículo A.1.5 de este Anexo A.

A.2.2.2. Soldadura a tope sin bisel

Se deberá aplicar lo indicado en la Tabla A.1.2. y en la Figura A.2.1.

A.2.2.3. Soldadura de filete

A.2.2.3.1. Largo mínimo del filete

El largo mínimo del filete deberá ser de **19 mm**.

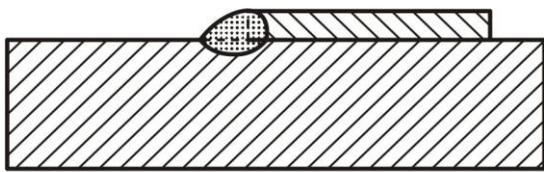
A.2.2.3.2. Tamaño del cateto

El tamaño del cateto o lado, en filetes de solape o en uniones del tipo T, será igual al espesor del elemento estructural más fino (ver las Figuras A.2.7. y A.2.8.).

A.2.2.4. Soldadura con junta acampanada

A.2.2.4.1. Soldadura con junta acampanada simple y en V

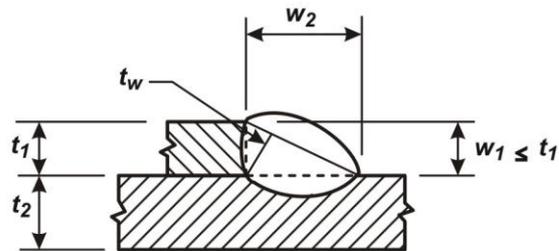
Se deberá aplicar lo indicado en la Tabla A.1.2., en la Figura A.2.9. (junta acampanada simple) y en la Figura A.2.10. (junta acampanada en V); el largo mínimo deberá ser **19 mm** para ambos tipos de juntas.



(A) Soldadura de chapa a elemento estructural

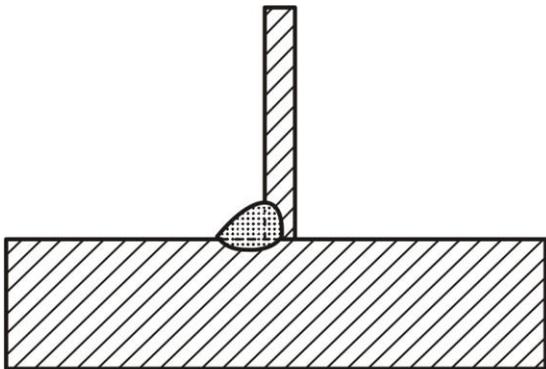


(B) Soldadura de chapas solapadas o yuxtapuestas

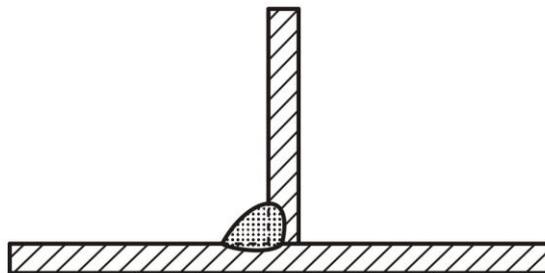


(C) Unión soldada de solape, siendo w_1 y w_2 = tamaño o lado del filete

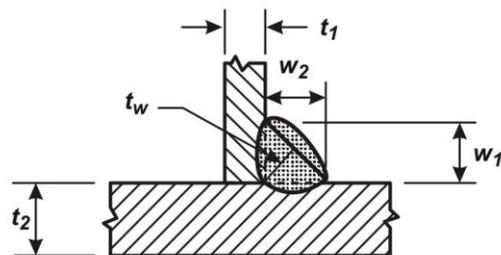
Figura A.2.7. Uniones soldadas de solape o yuxtaposición con junta de filete.



(A) Soldadura de chapa a elemento estructural



(B) Soldadura de chapas en T



(C) Soldadura de filete en T, siendo w_1 y w_2 = tamaño o lado del filete, \leq espesor más fino (t_1)

Figura A.2.8. Uniones soldadas en T con junta de filete.

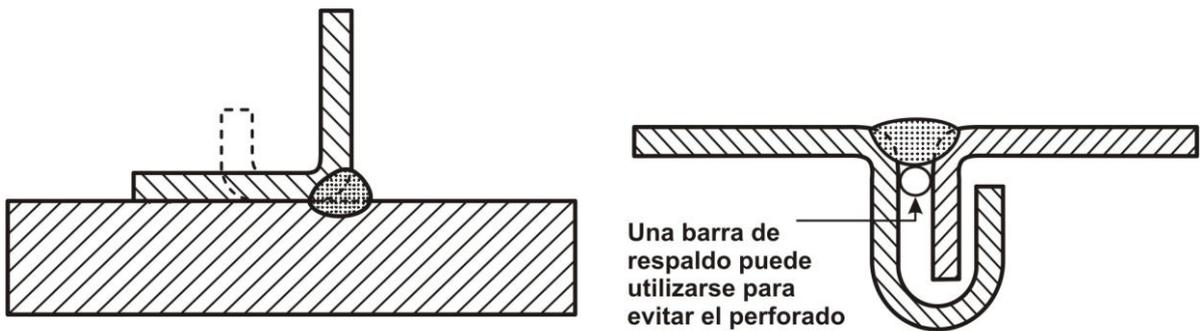


Figura A.2.9. Junta acampanada simple. Figura A.2.10. Junta acampanada simple en V.

A.2.2.5. Soldadura de punto

A.2.2.5.1. Espesor simple o doble

La soldadura se efectuará a través de un espesor simple o doble de chapa sobre el elemento estructural portante, restringiendo la aplicación a la posición plana o bajo mano, siguiendo lo indicado en la Tabla A.1.2. y en la Figura A.2.4. El diámetro de metal de soldadura (d_e) en la superficie de fusión será mayor o igual que **9 mm**.

A.2.2.5.2. Mínima distancia de borde

La mínima distancia (e) desde el centro de una soldadura de punto por arco a cualquier borde de la chapa deberá ser igual o mayor que:

$$e = \frac{P}{0,5 F_u(t)} \quad \text{para} \quad F_u/F_y \geq 1,15 \quad (\text{A-21})$$

o

$$e = \frac{P}{0,45 F_u(t)} \quad \text{para} \quad F_u/F_y < 1,15 \quad (\text{A-22})$$

pero en ningún caso menor que **1,5 d** (ver la Figura A.2.11.a.).

A.2.2.5.3. Arandelas para soldaduras

Serán utilizadas para contener la soldadura de punto por arco aplicada sobre chapa de acero de espesor menor que **0,7 mm**, (ver las Figuras A.2.11.b y A.2.11.c.). Las arandelas serán realizadas en alguno de los aceros indicados en el artículo A.1.2.1 y deberán tener un espesor entre **1,3 y 2,1 mm** con un diámetro mínimo de orificio punzonado de **9 mm**.

A.2.2.6. Soldadura de costura

Las posiciones para su aplicación serán las indicadas en la Tabla A.1.2. El ancho mínimo de metal de soldadura será de **9 mm** mientras que la distancia desde el extremo de la costura al borde de la chapa será medida desde el centro de la porción circular de dicho extremo, (ver la Figura A.2.13.a.). La mínima distancia desde el eje longitudinal de la costura o desde el extremo de la misma al borde de la chapa será mayor o igual que el valor obtenido con las expresiones (A-21) ó (A-22), pero mayor o igual que **1,5 d**.

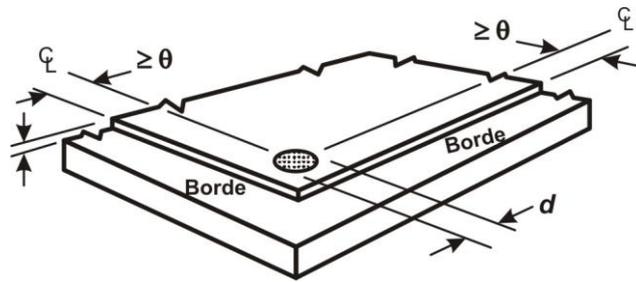


Figura A.11.a). Distancia a los bordes para soldadura tipo punto.

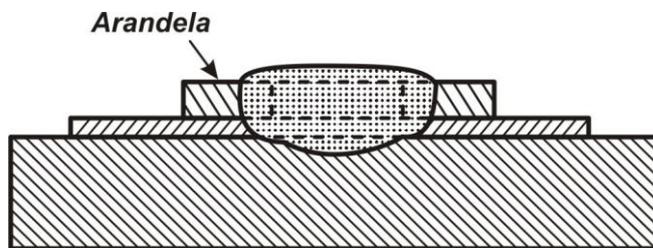


Figura A.11.b). Arandela aplicada en la soldadura tipo punto.

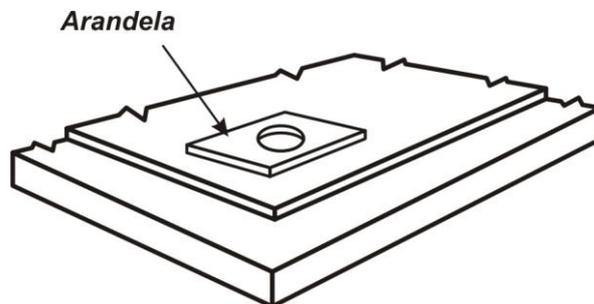


Figura A.2.11.c). Típica arandela soldada.

A.2.2.7. Soldadura de botón

Las posiciones para su aplicación serán las indicadas en la Tabla A.1.2. El diámetro mínimo de metal de soldadura o diámetro del botón (d_e) en el contorno de fusión, tal como se indica en la Figura A.2.6., deberá ser igual o mayor que **9 mm**.

Para chapas cuyo espesor es igual o menor que **0,91 mm** el orificio deberá tener un diámetro igual o mayor que **6 mm**, mientras que para espesores mayores que **0,91 mm** el diámetro del orificio deberá ser igual o mayor que **8 mm**. Para espesores combinados los orificios deberán tener un diámetro tal que permitan depositar un diámetro de metal de soldadura (d_e) igual o mayor que **9 mm**, en el contorno de fusión.

La distancia mínima (**e**) desde el centro de la soldadura de botón y cualquier borde de la chapa deberá ser igual o mayor que las consideradas en las expresiones (A-21) ó (A-22), pero mayor o igual que **1,5 d**, tal como se indica en la Figura A.2.13.b).

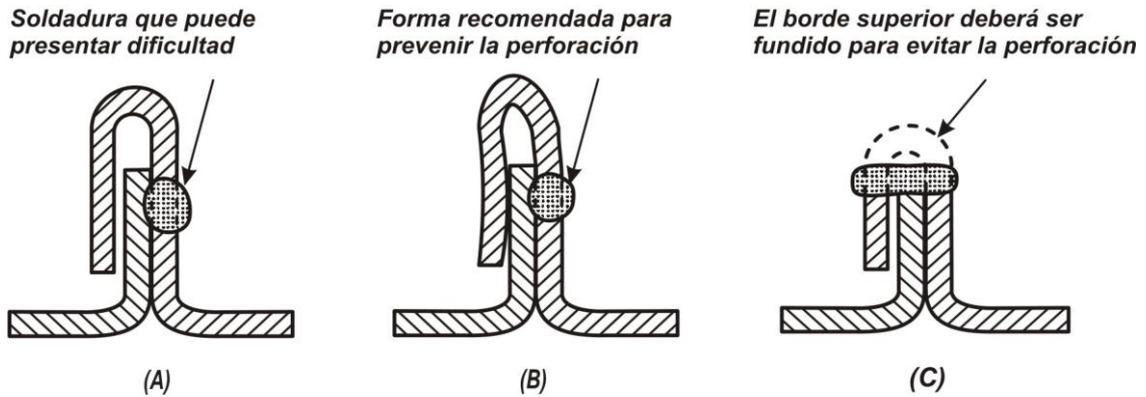


Figura A.2.12. Soldaduras de costura por arco a lo largo de una nervadura.

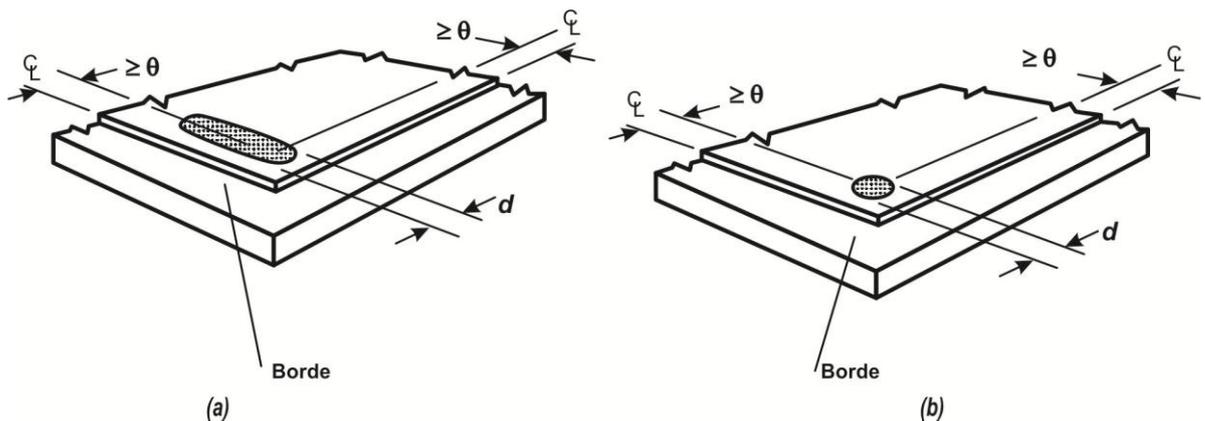


Figura A.2.13. Distancia a los bordes para soldadura de costura (a) y para soldadura de botón (b).

A.3. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

A.3.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este artículo cubre los requerimientos generales y específicos para la realización de la especificación de procedimiento de soldadura (**EPS**) correspondientes a uniones soldadas de chapas delgadas con espesores iguales o menores que **5 mm**. Este artículo A.3. del Anexo A se puede utilizar en conjunto con los Capítulos correspondientes de los Reglamentos CIRSOC 301-2005 y CIRSOC 303-2009 respectivamente.

Al igual que en el Capítulo 3 de este Reglamento CIRSOC 304-2007 se permite la utilización de dos modalidades de **EPS**; precalificada y la que requiere proceso de calificación. La elaboración de una **EPS** precalificada debe ser considerada como una

condición de excepción y para su elaboración se seguirán las directivas específicas de este capítulo. La utilización de **EPS** precalificada deberá ser especificada en los documentos de contrato y acordada con el Ingeniero de soldadura responsable.

Toda **EPS** que requiera calificación, deberá ser realizada siguiendo los lineamientos del artículo 4 de este Anexo A. Para cada **EPS** calificada deberá emitirse un documento denominado registro de calificación del procedimiento (**RCP**).

Toda **EPS**, tanto del tipo precalificada como calificada, deberá ser escrita y será considerada a los fines de este Anexo A como un documento de ingeniería y/o fabricación.

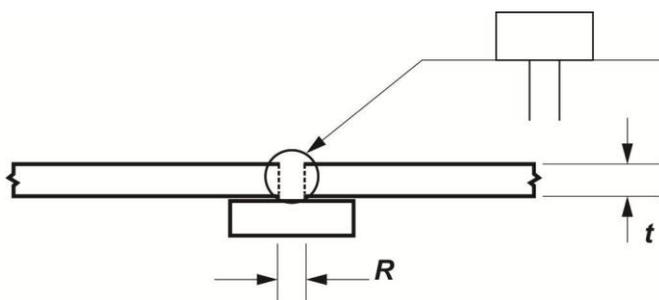
A.3.2. REQUERIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE UNA EPS PRECALIFICADA

Los requerimientos para la elaboración de una **EPS** precalificada de acuerdo con este Anexo A son los siguientes:

- (1) Los diseños de juntas a ser utilizados deberán estar de acuerdo con los detalles de las Figuras A.3.1.a), A.3.1.b), A.3.2.a), A.3.2.b), A.3.2.c), A.3.3.a), A.3.3.b), A.3.3.c) y A.3.3.d).
- (2) Se utilizarán alguno de los siguientes procesos de soldadura: **SMAW**, **GMAW**, **GTAW** y **FCAW**.
- (3) La selección del material de aporte se efectuar de acuerdo con lo indicado en la Tabla A.1.1.

A.3.3. DETALLES DE JUNTAS

Las Figuras A.3.1.a), A.3.1.b), A.3.2.a), A.3.2.b), A.3.2.c), A.3.3.a), A.3.3.b), A.3.3.c) y A.3.3.d) se utilizarán para la elaboración de una **EPS** precalificada, aplicando procesos **SMAW**, **GMAW**, **GTAW** y **FCAW**.

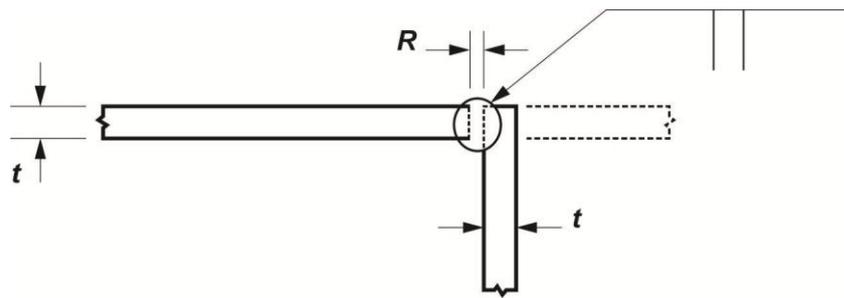


El espesor del respaldo deberá ser el mínimo necesario para evitar la perforación

Proceso de soldadura	Espesor t, mm, (ga) (Nota 1)	Abertura de raíz, R	Posiciones
Todos	1,21 mín. (18), 2,66 máx. (12)	0 (mín.), t (máx.)	Todas
	3,04 mín. (11), 4,55 máx. (7)	0,75 t (mín.), t (máx.)	

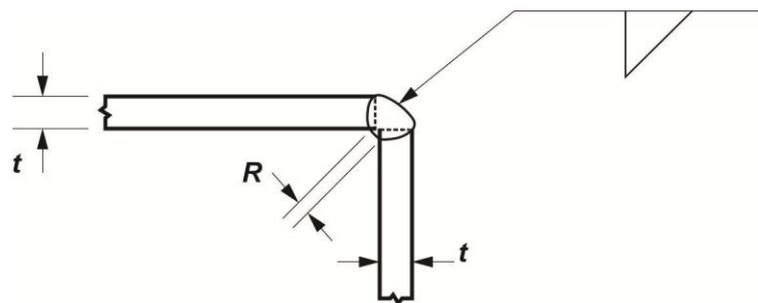
Nota 1: Para espesores correspondientes a elementos estructurales portantes, utilizar: **4,75 mm** (como 7 ga) y **3,2 mm** (como 11 ga).

Figura A.3.1.a). Junta a tope de penetración completa (JPC) sin bisel y con respaldo.



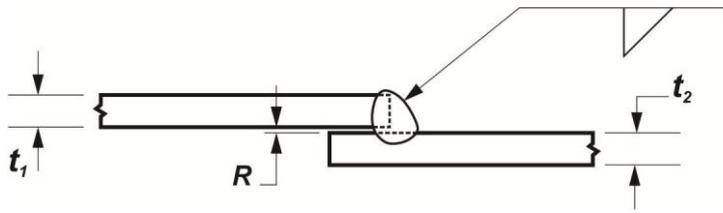
Proceso de soldadura	Espesor t , mm, (ga) (Nota 1)	Abertura de raíz, R	Posiciones
Todos	1,21 mín. (18), 2,66 máx. (12)	0 (mín.)	Todas
	3,04 mín. (11), 4,55 máx. (7)	t (máx.)	
Nota 1: Para espesores correspondientes a elementos estructurales portantes, utilizar: 4,75 mm (como 7 ga) y 3,2 mm (como 11 ga).			

Figura A.3.1.b). Junta a tope y de esquina (JPC) sin respaldo.



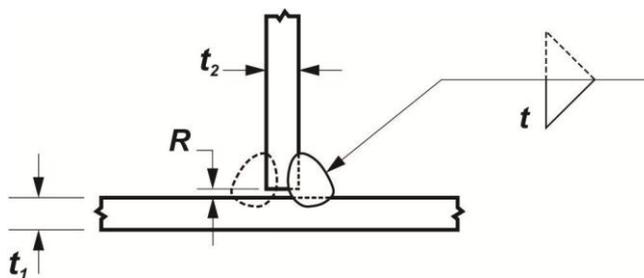
Proceso de soldadura	Espesor t , mm, (ga) (Nota 1)	Abertura de raíz, R	Posiciones
Todos	1,21 mín. (18)	0 (mín.)	Todas
	3,04 mín. (11)	$t/4$ (máx.)	
Nota 1: Para espesores correspondientes a elementos estructurales portantes, utilizar: 4,75 mm (como 7 ga) y 3,2 mm (como 11 ga).			

Figura A.3.2.a). Soldadura de filete en junta de esquina.



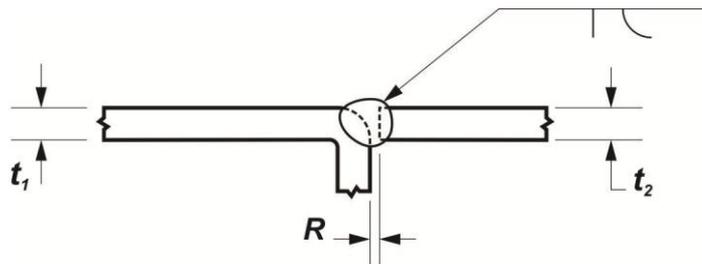
Proceso de soldadura	Espesor t, mm, (ga) (Nota 2)	Abertura de raíz, R	Posiciones
Todos	1,21 mín. (18)	0 (mín.)	Todas
	4,55 máx. (7)	$t_1/2$ (máx.), (Nota 1)	
Notas:			
(1) t_1 = espesor del elemento estructural más fino, cuando se aplican diferentes espesores. (2) Para espesores correspondientes a elementos estructurales portantes, utilizar: 4,75 mm (como 7 ga) y 3,2 mm (como 11 ga).			

Figura A.3.2.b). Soldadura de filete en junta de solape.



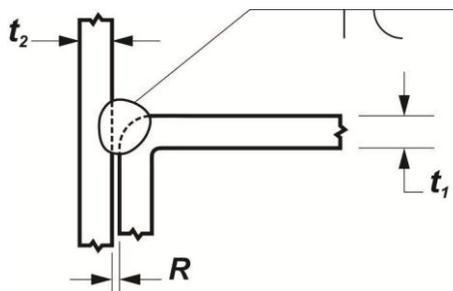
Proceso de soldadura	Espesor t, mm, (ga) (Nota 2)	Abertura de raíz, R	Posiciones
Todos	1,21 mín. (18)	0 (mín.)	Todas
	4,55 máx. (7)	$t_1/2$ (máx.), (Nota 1)	
Notas:			
1. t_1 = espesor del elemento estructural más fino, cuando se aplican diferentes espesores. 2. Para espesores correspondientes a elementos estructurales portantes, utilizar: 4,75 mm (como 7 ga) y 3,2 mm (como 11 ga).			

Figura A.3.2.c). Soldadura de filete en uniones T.



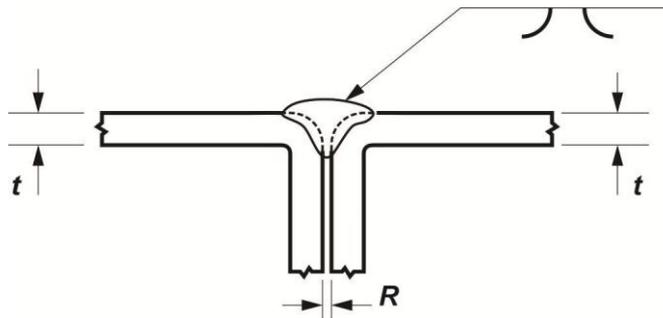
Proceso de soldadura	Espesor t, mm, (ga) (Nota 2)	Abertura de raíz, R	Posiciones
Todos	1,21 mín. (18), 4,55 máx. (7)	0 (mín.)	Todas
	$t_2 = t_1$ (mín.), 4,55 máx. (7)	$t_1 / 2$ (máx.), (Nota 1)	
Notas: 1. t_1 = espesor del elemento estructural más fino, cuando se aplican diferentes espesores. 2. Para espesores correspondientes a elementos estructurales portantes, utilizar: 4,75 mm (como 7 ga) y 3,2 mm (como 11 ga).			

Figura A.3.3.a). Junta a tope con bisel acampanado.



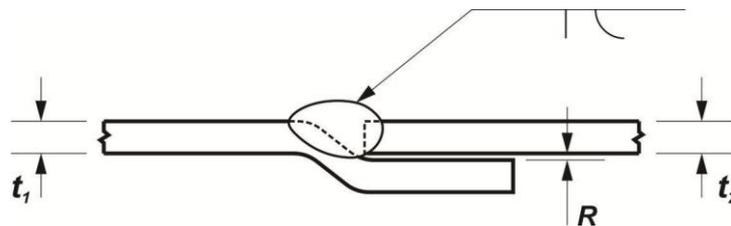
Proceso de soldadura	Espesor t, mm, (ga) (Nota 2)	Abertura de raíz, R	Posiciones
Todos	1,21 mín. (18), 4,55 máx. (7)	0 (mín.)	Todas
	$t_2 = t_1$ (mín.), 4,55 máx. (7)	$t_1 / 2$ (máx.), (Nota 1)	
Notas: 1. t_1 = espesor del elemento estructural más fino, cuando se aplican diferentes espesores. 2. Para espesores correspondientes a elementos estructurales portantes, utilizar: 4,75 mm (como 7 ga) y 3,2 mm (como 11 ga).			

Figura A.3.3.b). Soldadura de junta en esquina con bisel acampanado.



Proceso de Soldadura	Espesor t , mm, (ga) (Nota 1)	Abertura de Raíz, R	Posiciones
Todos	1,21 mín. (18), 4,55 máx. (7)	0 (mín.)	Todas
	$t_2 = t_1$ (mín.), 4,55 máx. (7)	$t_1 / 2$ (máx.)	
Nota 1: Para espesores correspondientes a elementos estructurales portantes, utilizar: 4,75 mm (como 7 ga) y 3,2 mm (como 11 ga).			

Figura A.3.3.c). Junta a tope con bisel V acampanado.



Proceso de soldadura	Espesor t , mm, (ga) (Nota 2)	Abertura de raíz, R	Posiciones
Todos	1,21 mín. (18), 4,55 máx. (7)	0 (mín.)	Todas
	$t_2 = t_1$ (mín.), 4,55 máx. (7)	$t_1 / 2$ (máx.), (Nota 1)	
Notas:			
1. t_1 = espesor del elemento estructural más fino, cuando se aplican diferentes espesores.			
2. Para espesores correspondientes a elementos estructurales portantes, utilizar: 4,75 mm (como 7 ga) y 3,2 mm (como 11 ga).			

Figura A.3.3.d). Soldadura con junta de solape y bisel acampanado.

A.4. CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS (EPS) Y SOLDADORES

A.4.1. REQUERIMIENTOS GENERALES

Este artículo deberá seguir los lineamientos establecidos, tanto en el campo de validez como en los requerimientos generales del Capítulo 4 de este Reglamento CIRSOC 304-2007 y en los requerimientos particulares de este Anexo A.

A.4.2. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)

A.4.2.1. Preparación de la EPS y del registro de calificación del procedimiento (RCP)

Toda **EPS** para ser calificada deberá estar escrita siguiendo los lineamientos de la Tabla A.4.1. y del Capítulo 4 de este Reglamento CIRSOC 304-2007, excepto que el procedimiento se pueda realizar de acuerdo con el artículo A.3. de este Anexo A. Tanto para la elaboración de la **EPS** como del **RCP** se pueden utilizar como modelo los formularios del Anexo VI de este Reglamento CIRSOC 304-2007.

A.4.2.2. Variables esenciales

Cualquier cambio en una o algunas de las variables esenciales establecidas en la Tabla A.4.2. requerirá una nueva calificación de la **EPS**.

A.4.2.3. Métodos de ensayo, cantidad de probetas y criterio de aceptación para la calificación de una EPS

A.4.2.3.1. Juntas a tope sin bisel

La calificación se deberá realizar de acuerdo con lo indicado en la Tabla A.4.1. La probeta de calificación se hará de acuerdo con las siguientes indicaciones:

- (1) La unión soldada de las chapas se ejecutará de acuerdo con lo indicado en la Figura A.4.1.
- (2) La soldadura deberá presentar una apariencia uniforme y libre de:
 - (a) fisuras
 - (b) refuerzos o sobremontas que no estén de acuerdo con el artículo A.5.3.
 - (c) socavaduras que no estén de acuerdo con el artículo A.5.3.
- (3) La probeta soldada deberá ser plegada por martillado a un ángulo de **180°**, el eje del plegado será coincidente con el eje de la soldadura. Para las juntas soldadas de un solo lado, la raíz de la soldadura será el lado visible o cara del plegado.
- (4) La soldadura será aceptada si se verifica el siguiente criterio por medio visual:
 - (a) no aparecen fisuras después del plegado
 - (b) aparecen fisuras en el metal de soldadura, pero en la superficie de fractura no se observan discontinuidades (inclusiones de escoria y porosidad) y el tamaño de la soldadura es igual o mayor que el espesor de la chapa.

En todos los casos las eventuales fisuras en el material base no serán consideradas.

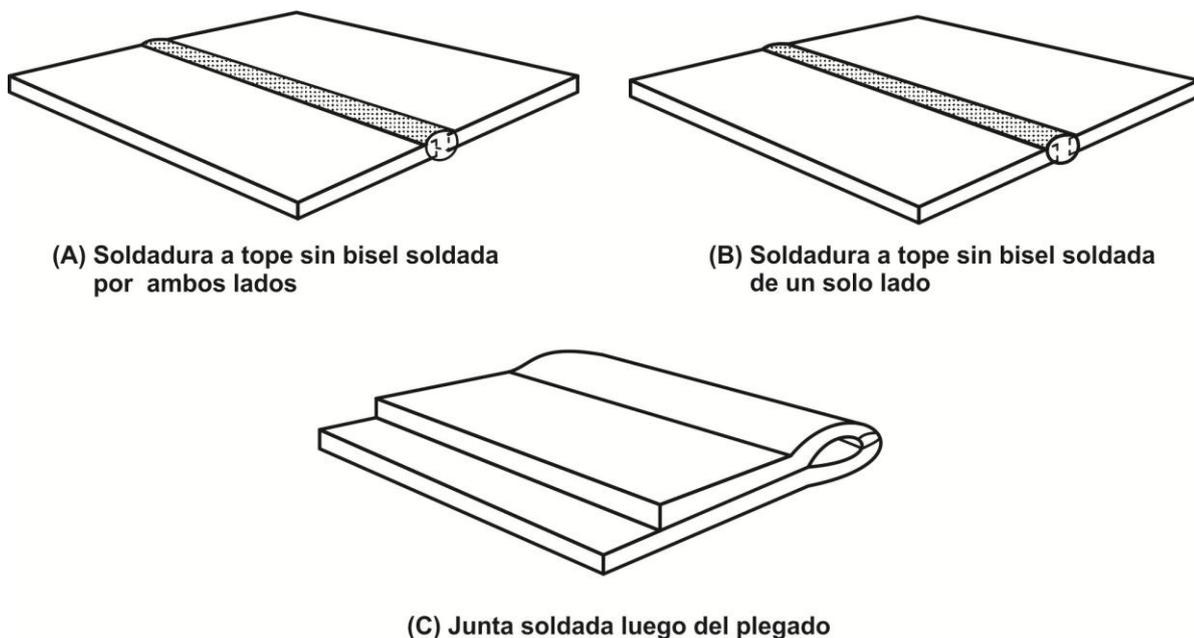


Figura A.4.1. Esquema de ensayo para juntas a tope sin bisel.

A.4.2.3.2. Soldaduras de filete

A.4.2.3.2.1. Requerimientos para la calificación

La calificación se deberá realizar de acuerdo con lo indicado en la Tabla A.4.1.

Las probetas de calificación serán realizadas como unión entre chapas o entre una chapa y un elemento estructural portante de acuerdo con lo indicado en la Figura A.4.2.a). Luego que la probeta haya sido soldada deberá ser inspeccionada visualmente y ensayada por martillado o penetración de cuña (Figura A.4.2.a.) hasta provocar la falla de la soldadura o de la chapa.

La superficie de fractura deberá mostrar fusión completa en la raíz de la junta.

La soldadura será aceptada si se verifica el siguiente criterio por medio visual:

- (a) no aparecen fisuras después del plegado
- (b) aparecen fisuras en el metal de soldadura, pero en la superficie de fractura no se observan discontinuidades (inclusiones de escoria y porosidad) y el tamaño de la soldadura (t_w) es igual o mayor que el espesor de la chapa.

En todos los casos las eventuales fisuras en el material base no serán consideradas.

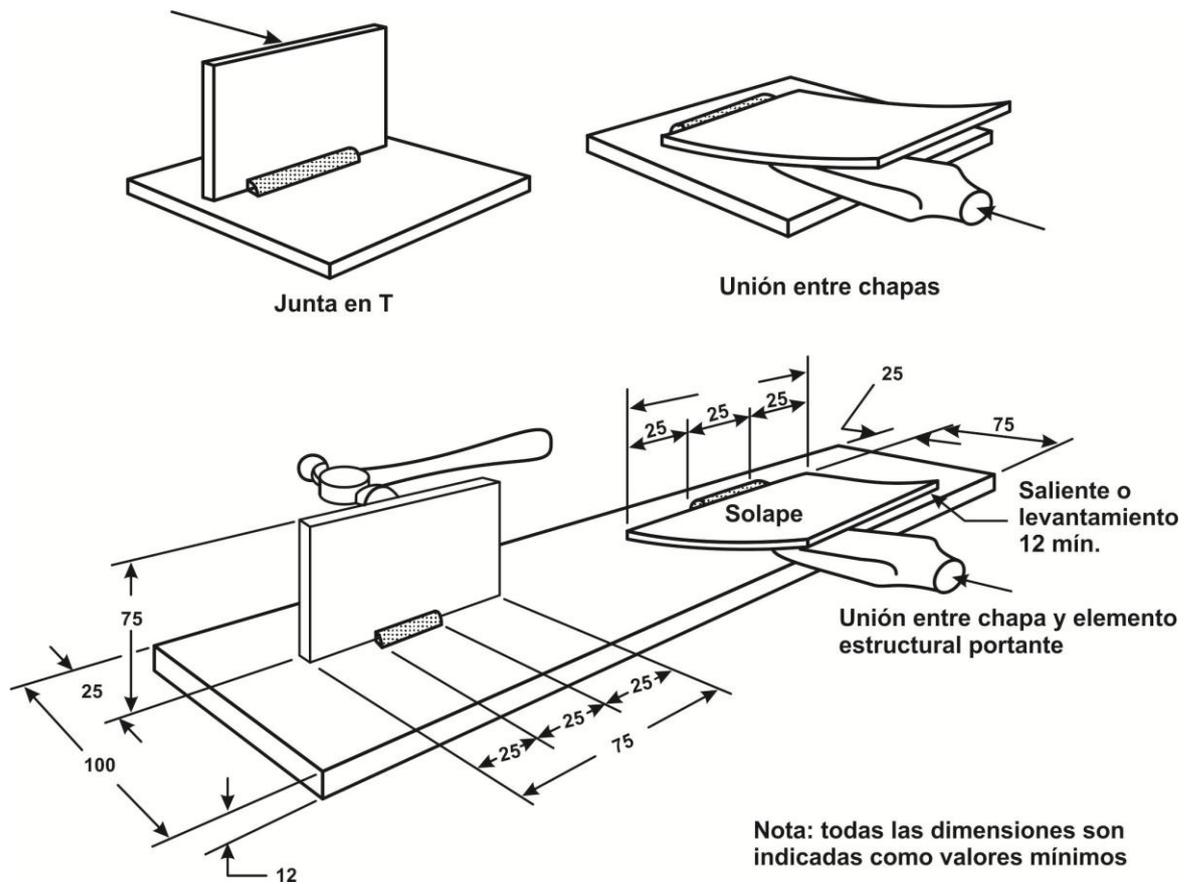


Figura A.4.2.a). Esquema de ensayo para soldaduras de filete.

<p>Chapa de acero</p> <p>elemento estructural portante</p> <p>Califica solo para junta de filete solapada entre chapa y elemento estructural portante</p>	<p>Chapa de acero</p> <p>Chapa de acero</p> <p>Califica para junta de filete solapada en: a) Unión entre chapas b) Unión entre chapa y elemento estructural portante</p>
<p>elemento estructural portante</p> <p>Chapa de acero</p> <p>Califica tanto para junta en T como solapada de filete, solo entre chapa y elemento estructural portante</p>	<p>Chapa de acero</p> <p>Chapa de acero</p> <p>Califica para junta T y junta solapada en: a) Unión entre chapas b) Unión entre chapa y elemento estructural portante</p>

Figura A.4.2.b). Extensión de validez correspondiente a la calificación de soldaduras de filete.

A.4.2.3.2. Validez de la calificación

La calificación de juntas de filete tendrá la siguiente validez (ver la Figura A.4.2.b):

- (a) La calificación de una junta en T de filete también podrá ser extendida a una junta de filete solapada
- (b) La calificación con una probeta entre una chapa y un elemento estructural portante califica a este tipo de unión para una dada posición de soldadura y espesor de chapa.
- (c) La calificación con una probeta entre dos chapas podrá ser extendida a la unión entre una chapa y un elemento estructural portante para una dada posición de soldadura y espesor de chapa. Si hay dos espesores de chapa, se tomará el espesor más delgado como referencia.

A.4.2.3.3. Soldaduras con juntas acampanadas

A.4.2.3.3.1. Requerimientos para la calificación de juntas acampanadas simples

La calificación se deberá realizar de acuerdo con lo indicado en la Tabla A.4.1.

Las probetas de calificación serán hechas como unión entre chapas o entre una chapa y un elemento estructural portante de acuerdo con:

- (a) Unión entre chapas; cada probeta consistirá de dos piezas rectangulares de chapa con un ancho igual o mayor que **65 mm** y un largo igual o mayor que **75 mm**. Una de las piezas deberá tener un plegado a **90°**, formando una escuadra, con un radio interno igual o menor que **3t**, siendo **t** el espesor de la chapa; la otra pieza deberá ser plana. Ambas piezas se presentarán de manera tal de formar una junta acampanada con un largo de la soldadura a aplicar de **25 mm**, utilizando el tipo y diámetro del consumible así como los parámetros de soldadura indicados en la **EPS** correspondiente. La probeta descrita es mostrada en la Figura A.4.3.a).
- (b) Unión entre una chapa y un elemento estructural portante; cada probeta consistirá de dos piezas rectangulares de chapa con un ancho igual o mayor que **65 mm** y un largo igual o mayor que **75 mm**. Una de las piezas deberá tener un plegado a **90°**, formando una escuadra, con un radio interno igual o menor que **3t**, siendo **t** el espesor de la chapa; la otra pieza deberá ser plana con un espesor igual o mayor que **12 mm**. Ambas piezas se presentarán de manera tal de formar una junta acampanada con un largo de la soldadura a aplicar de **25 mm**, utilizando el tipo y diámetro del consumible así como los parámetros de soldadura indicados en la **EPS** correspondiente. La probeta descrita es mostrada en la Figura A.4.3.b).

Luego que la probeta ha sido soldada deberá ser inspeccionada visualmente, debiendo presentar la soldadura un aspecto uniforme, sin fisuras o excesivo socavado. El ensayo será realizado por plegado de la chapa hacia un lado y el otro o penetración de cuña (Figura A.4.3.a), A.4.3.b) y A.4.3.c)) hasta provocar la falla de la soldadura o de la chapa.

El mínimo tamaño de la soldadura deberá ser igual a t_w .

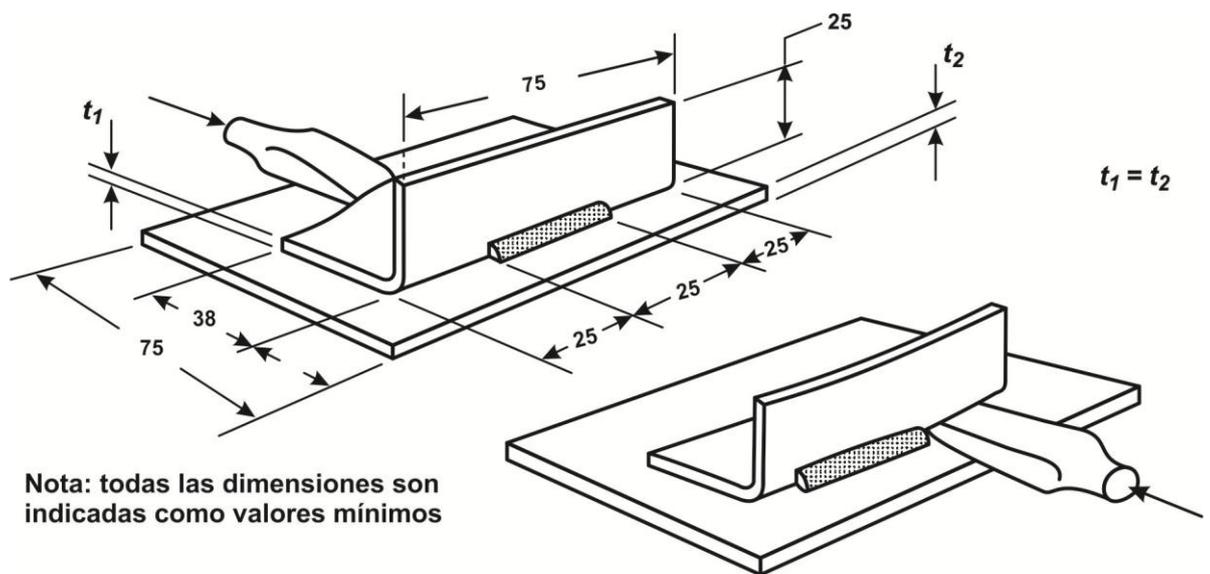


Figura A.4.3.a). Esquema de ensayo para soldaduras entre chapas con junta acampanada simple.

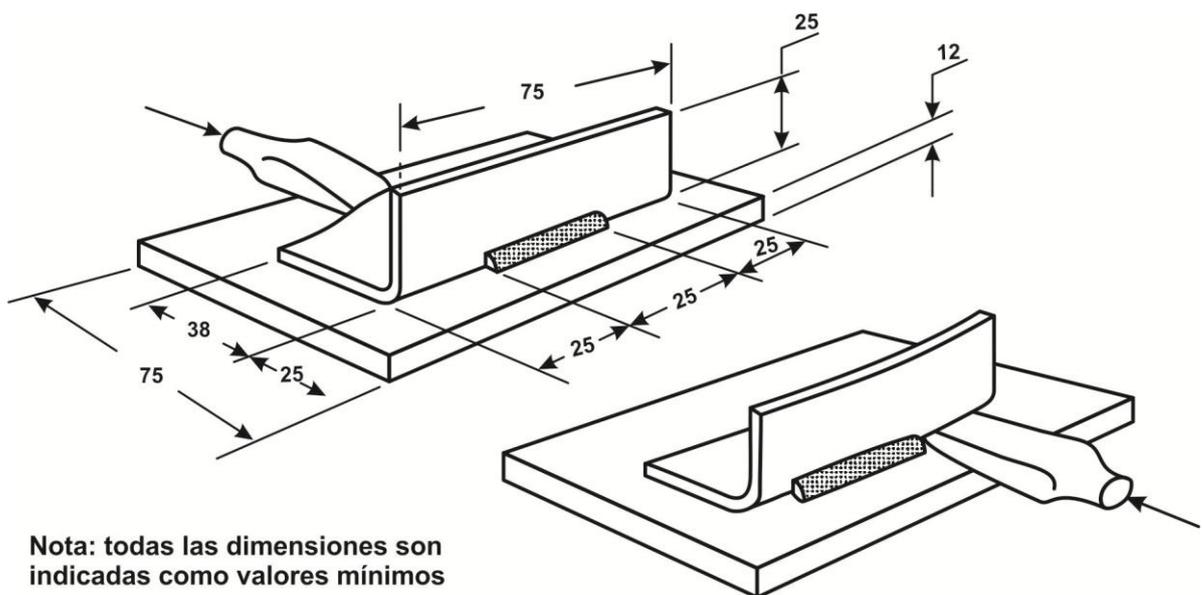


Figura A.4.3.b). Esquema de ensayo para soldaduras entre chapa y elemento estructural portante con junta acampanada simple.

A.4.2.3.3.2. Requerimientos para la calificación de juntas acampanadas en V

La calificación se deberá realizar de acuerdo con lo indicado en la Tabla A.4.1.

La probeta de calificación consistirá de dos piezas rectangulares de chapa con un ancho igual o mayor que **65 mm** y un largo igual o mayor que **75 mm**. Ambas piezas deberán tener un plegado a **90°**, formando una escuadra, con un radio interno igual o menor que **3t**, siendo **t** el espesor de la chapa; se presentarán de manera tal de formar una junta

acampanada en **V** con un largo de la soldadura a aplicar de **25 mm**, utilizando el tipo y diámetro del consumible así como los parámetros de soldadura indicados en la **EPS** correspondiente. La probeta descrita es mostrada en la Figura A.4.3.c).

Luego que la probeta haya sido soldada deberá ser inspeccionada visualmente, debiendo presentar la soldadura un aspecto uniforme, sin fisuras o excesivo socavado. El ensayo será realizado por plegado de la chapa hacia un lado y el otro o penetración de cuña (Figura A.4.3.a), A.4.3.b) y A.4.3.c)) hasta provocar la falla de la soldadura o de la chapa. El mínimo tamaño de la soldadura deberá ser igual a t_w .

A.4.2.3.3.3. Validez de la calificación

La calificación de juntas acampanadas simples y en **V** tendrá la siguiente validez (Figura A.4.3.d):

- (a) La calificación con una probeta entre una chapa y un elemento estructural portante califica a este tipo de unión para una dada posición de soldadura y espesor de chapa.
- (b) La calificación con una probeta entre dos chapas podrá ser extendida a la unión entre una chapa y un elemento estructural portante para una dada posición de soldadura y espesor de chapa.

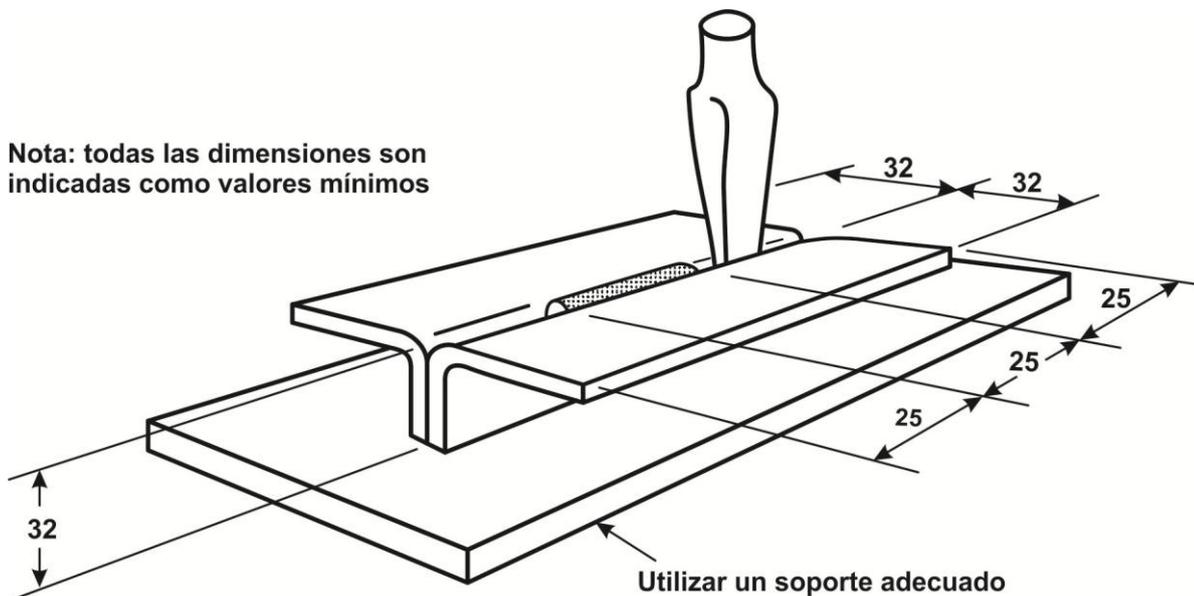


Figura A.4.3.c). Esquema de ensayo para soldadura con junta acampanada en V.

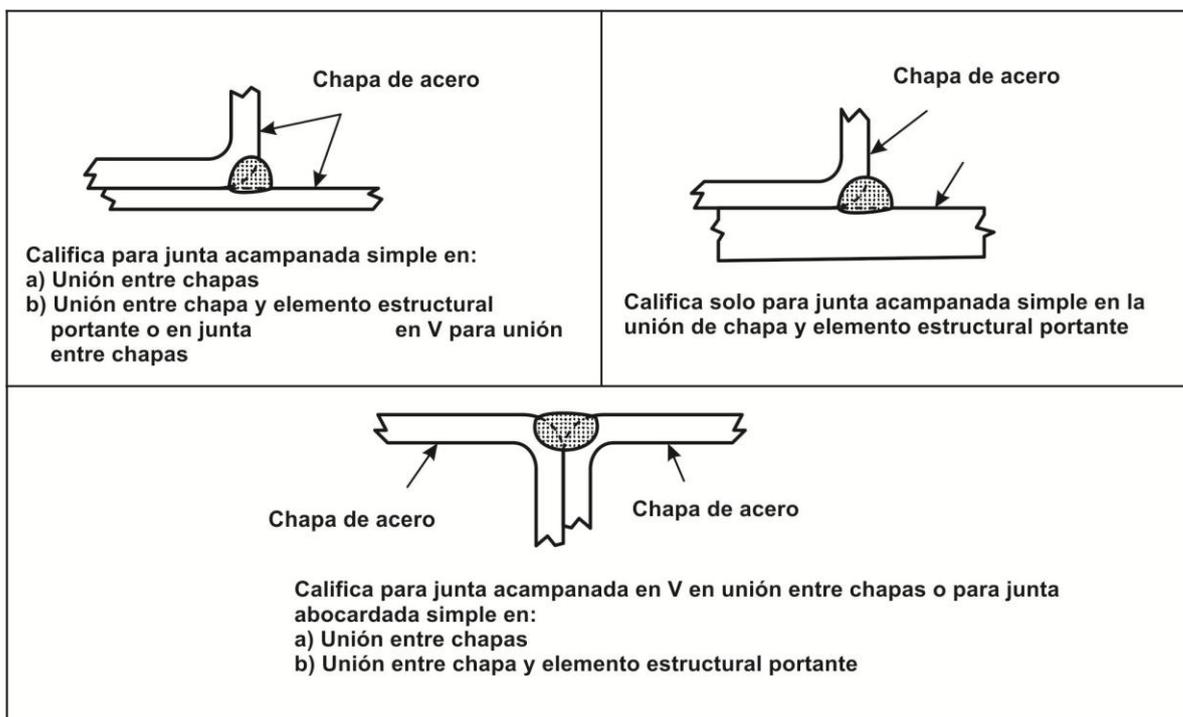


Figura A.4.3.d). Extensión de la validez correspondiente a la calificación de soldaduras con juntas acampanadas.

A.4.2.3.4. Soldadura de punto

A.4.2.3.4.1. Soldadura en espesor simple y doble

Se deberá elaborar una **EPS** para cada tipo de soldadura en espesor simple o doble entre una chapa y un elemento estructural portante en posición plana y considerando las limitaciones por variable esencial indicadas en el artículo A.4.2.2.

A.4.2.3.4.2. Requerimientos para la calificación

La probeta, tal como se indica en la Figura A.4.4., estará preparada con una pieza o dos piezas (en el caso de espesor doble) de chapa con un ancho igual o mayor que **65 mm**, que será fijada al ala superior de un tramo de viga o una chapa plana de espesor igual o mayor que **12 mm**.

Para chapas con un espesor menor que **0,7 mm**, se utilizará una arandela soldada con un espesor igual o mayor que **1,5 mm**, fabricada en alguno de los aceros indicados en la Tabla A.4.1.

Se ejecutará una soldadura de punto con un diámetro exterior, **d**, definido en la **EPS** y con un valor mínimo de **12 mm**. Toda presencia de cráter deberá ser eliminada con depósito de soldadura y tendrá una sobremonta (o refuerzo) mínima de **1 mm**.

La parte sobrepuesta o soldada de la probeta será sometida a torsión hasta lograr la separación de las partes (ver la Figura A.4.4). El diámetro que deberá medirse en la

sección de rotura de la probeta, d_e , será igual o mayor que **9 mm** o el requerido por la **EPS**, lo que resulte mayor.

En la inspección visual de la superficie de la sección de rotura no deberán aparecer evidencias de discontinuidades, tales como fisuras, escoria y porosidad.

En todos los casos las eventuales fisuras en el material base no serán consideradas.

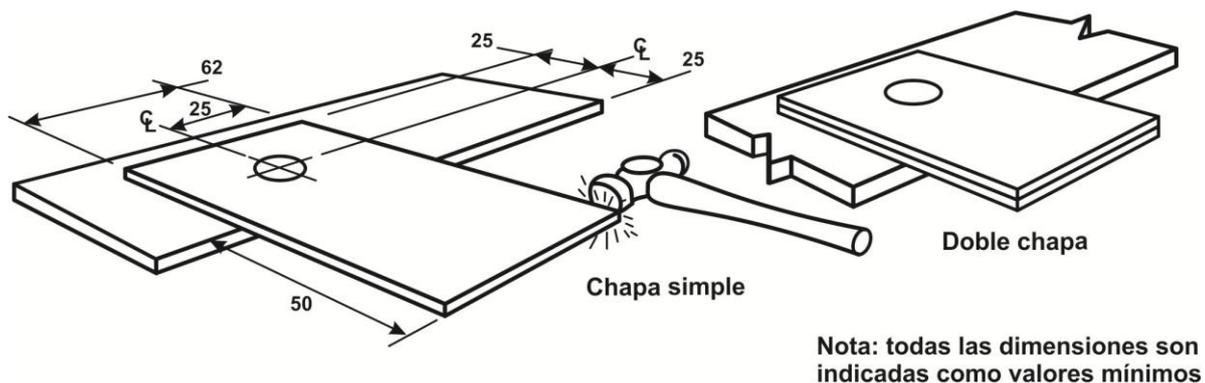


Figura A.4.4. Esquema de ensayo para soldaduras de punto por arco.

A.4.2.3.4.3. Tasa de fusión del electrodo para soldadura SMAW

Cuando se utiliza el proceso de soldadura manual (**SMAW**) para calificar una soldadura de punto se medirá y registrará en el **RCP** la tasa de fusión del electrodo (en mm / seg), para el tipo y diámetro de electrodo establecido en la **EPS**.

A.4.2.3.4.4. Validez de la calificación

Un cambio en cualquiera de las variables esenciales que excedan los límites establecidos en el artículo A.4.2.2. requerirá una recalificación.

A.4.2.3.4.5. Opción para la soldadura de costura

La elaboración de un **RCP** para una **EPS** específica correspondiente a soldadura de punto podrá ser extendida a una soldadura de costura, cuyo ancho de costura o cordón (d) resulte igual al diámetro del punto soldado (d).

A.4.2.3.5. Soldadura de costura

A.4.2.3.5.1. Soldadura en espesor simple y doble entre una chapa y un elemento estructural portante

Se deberá elaborar una **EPS** para cada tipo de soldadura en espesor simple o doble entre una chapa y un elemento estructural portante en posición plana y considerando las limitaciones por variable esencial indicadas en el artículo A.4.2.2.

Requerimientos para la calificación: La probeta, tal como se indica en la Figura A.4.5.a), estará preparada con una pieza o dos piezas (en el caso de espesor doble) de chapa con un ancho igual o mayor que **65 mm**, que será fijada al ala superior de un tramo de viga o una chapa plana de espesor igual o mayor que **12 mm**.

Se ejecutará una soldadura de costura con un ancho, **d**, definido en la **EPS** y con un valor mínimo de **12 mm** de ancho y **25 mm** de largo. Toda presencia de cráter deberá ser eliminada con depósito de soldadura y tendrá una sobremonta (o refuerzo) mínima de **1 mm**.

A.4.2.3.5.2. Soldadura en espesor simple entre chapas

Se deberá elaborar una **EPS** para cada tipo de soldadura en espesor simple entre chapas en posición plana u horizontal (ver la Figura A.2.6) y considerando las limitaciones por variable esencial indicadas en el artículo A.4.2.2.

Requerimientos para la calificación: La probeta, tal como se indica en la Figura A.4.5.b), estará preparada entre chapas. Se ejecutará una soldadura de costura con un ancho, **d**, definido en la **EPS** y con un valor mínimo de **12 mm** de ancho y **25 mm** de largo. Toda presencia de cráter deberá ser eliminada con depósito de soldadura y tendrá una sobremonta (o refuerzo) mínima de **1 mm**.

A.4.2.3.5.3. Ensayo y verificación

La parte sobrepuesta o soldada deberá ser penetrada por cuña o plegada **180°** con el eje de plegado coincidente con el eje de la soldadura, tal como se observa en las Figuras A.4.5.a) y A.4.5.b), hasta lograr la separación de las partes.

El ancho que deberá medirse en la sección de rotura de la probeta, **d_a**, será igual o mayor que **12 mm** o el requerido por la **EPS**, lo que resulte mayor.

En la inspección visual de la superficie de la sección de rotura no deberán aparecer evidencias de discontinuidades, tales como fisuras, escoria y porosidad.

En todos los casos las eventuales fisuras en el material base no serán consideradas.

A.4.2.3.5.4. Tasa de fusión del electrodo para soldadura SMAW

Cuando se utilice el proceso de soldadura manual (**SMAW**) para calificar una soldadura de costura se medirá y registrará en el **RCP** la tasa de fusión del electrodo (en mm / seg), para el tipo y diámetro de electrodo establecido en la **EPS**.

A.4.2.3.5.5. Validez de la calificación

Un cambio en cualquiera de las variables esenciales que excedan los límites establecidos en el artículo A.4.2.2. requerirá una recalificación.

A.4.2.3.5.6. Opción para la soldadura de punto

La elaboración de un **RCP** para una **EPS** específica correspondiente a soldadura de costura podrá ser extendida a una soldadura de punto, cuyo diámetro de punto (**d**) resulte igual al ancho de costura o cordón soldado (**d**).

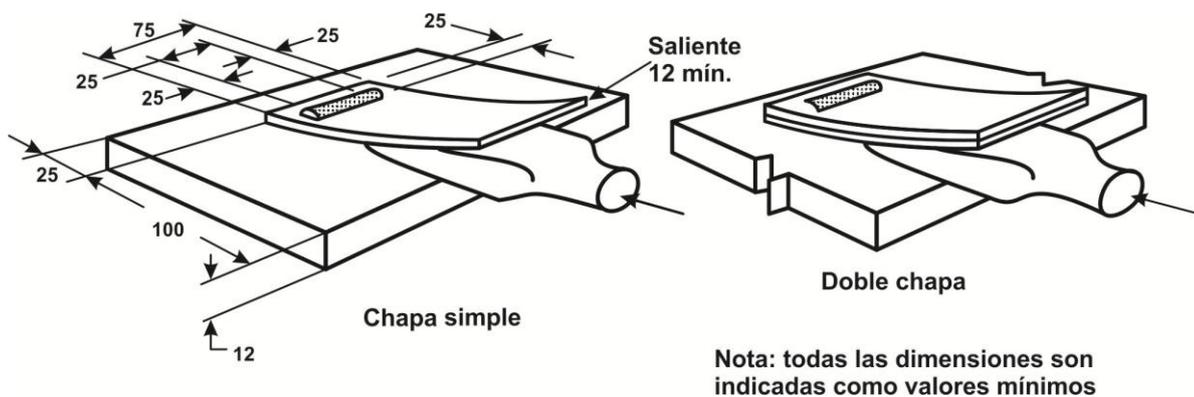


Figura A.4.5.a). Esquema de ensayo para uniones entre chapa y elemento estructural portante con soldadura de costura por arco.

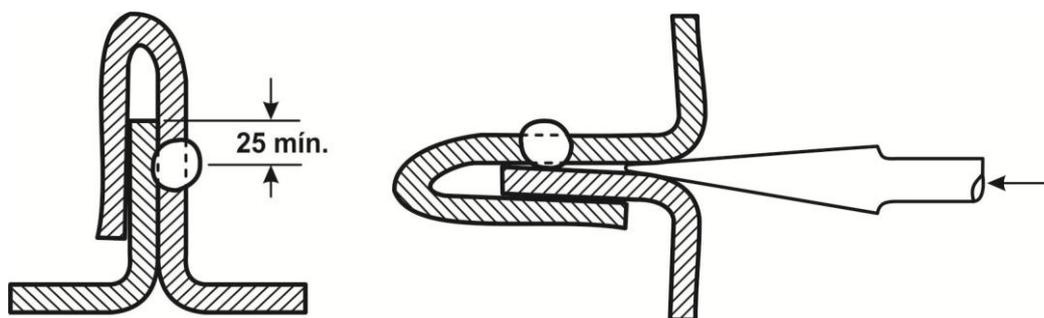


Figura A.4.5.b). Esquema de ensayo para uniones entre chapas con soldadura de costura por arco.

A.4.2.3.6. Soldadura de botón

A.4.2.3.6.1. Soldadura en espesores simples o múltiples para la unión entre chapa y un elemento estructural portante

Se deberá elaborar una **EPS** para cada tipo de soldadura de botón, en espesores simples o múltiples, entre chapa y un elemento estructural portante (ver la Figura A.4.6. detalle A) y considerando las limitaciones por variable esencial indicadas en el artículo A.4.2.2.

Requerimientos para la calificación: La probeta, tal como se indica en el detalle del último renglón de la Tabla A.4.1 y en el detalle A de la Figura A.4.6., estará preparada con una pieza o múltiples piezas (en el caso de espesores múltiples) de chapa con un ancho igual o mayor que **65 mm**, que será fijada al ala superior de un tramo de viga o una chapa plana de espesor igual o mayor que **12 mm**.

Se ejecutará una soldadura de botón con un diámetro, d , definido en la **EPS** y con un valor mínimo de **12 mm**. Toda presencia de cráter deberá ser eliminada con depósito de soldadura y tendrá una sobremonta (o refuerzo) mínima de **1 mm**.

A.4.2.3.6.2. Soldadura con espesores múltiples entre chapas

Se deberá elaborar una **EPS** para cada tipo de soldadura de botón, en espesores múltiples, entre chapas y considerando las limitaciones por variable esencial indicadas en el artículo A.4.2.2.

Requerimientos para la calificación: La probeta, tal como se indica en el detalle 4.6. de la Tabla A.4.1., estará preparada con la configuración de junta indicada en la **EPS**, con un ancho igual o mayor que **65 mm**.

Se ejecutará una soldadura de botón con un diámetro, d , definido en la **EPS** y con un valor mínimo de **12 mm**. Toda presencia de cráter deberá ser eliminada con depósito de soldadura y tendrá una sobremonta (o refuerzo) mínima de **1 mm**.

A.4.2.3.6.3. Ensayo y verificación

La parte sobrepuesta o soldada deberá ser sometida a torsión, tal como se observa en la Figura A.4.6., hasta lograr la separación de las partes.

El diámetro que deberá medirse en la sección de rotura de la probeta, d_e , será igual o mayor que **9 mm** o el requerido por la **EPS**, lo que resulte mayor.

En la inspección visual de la superficie de la sección de rotura no deberán aparecer evidencias de discontinuidades, tales como: fisuras, escoria y porosidad.

En todos los casos las eventuales fisuras en el material base no serán consideradas.

A.4.2.3.6.4. Validez de la calificación

Un cambio en cualquiera de las variables esenciales que excedan los límites establecidos en el artículo A.4.2.2. requerirá una recalificación.

A.4.3. CALIFICACIÓN DE HABILIDAD PARA SOLDADORES Y OPERADORES DE SOLDADURA

A.4.3.1. Variables esenciales

La Tabla A.4.3. indica la validez para la producción de la calificación de habilidad realizada por un soldador u operador. Dicha Tabla debe ser cumplimentada con las variables indicadas a continuación

A.4.3.1.1. Generales

A.4.3.1.1.1. Metales base

La calificación de habilidad realizada con un acero comprendido en la Tabla A.1.1. será considerada válida para soldar cualquier otro acero indicado en dicha Tabla, no

considerando la presencia de recubrimiento o teniendo el mismo recubrimiento utilizado en la calificación.

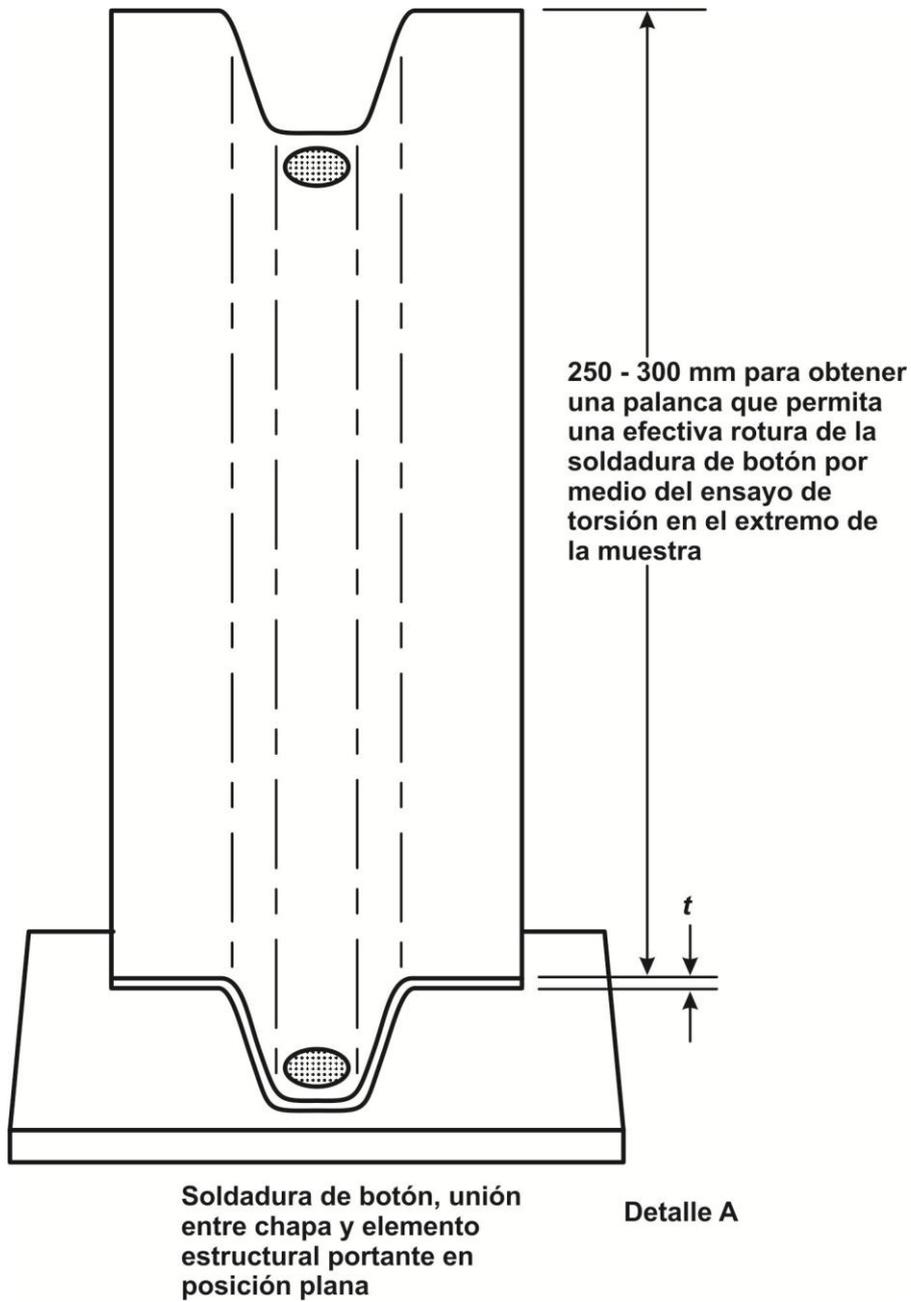


Figura A.4.6. Esquema de ensayo de soldadura de botón.

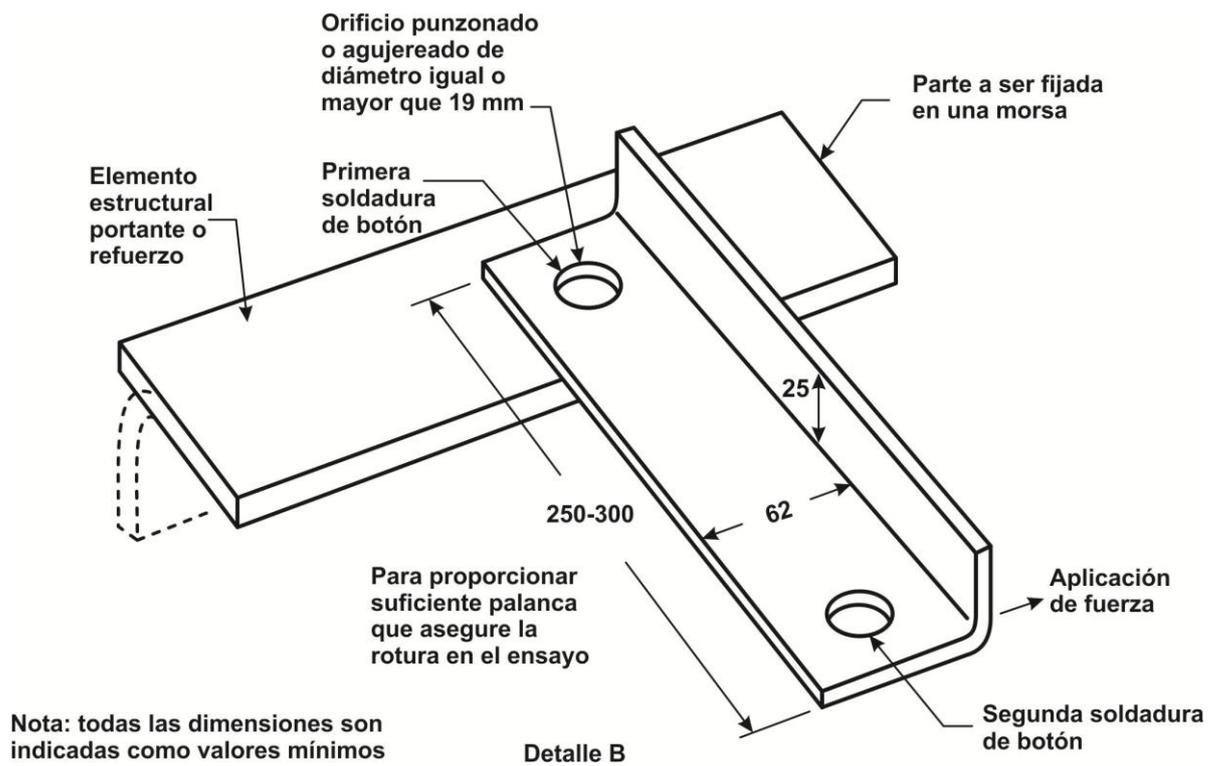
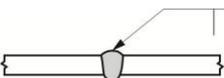
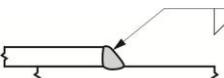
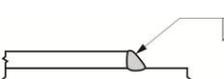
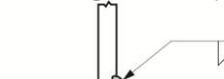
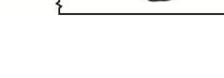


Figura A.4.6.(continuación). Esquema de ensayo de soldadura de botón.

Tabla A.4.1. Ensayos para la calificación de una EPS ⁽¹⁾

Conjunto para ensayo según :	Tipo de junta a ser ensayada	Tipo de ensayo	Posición		Junta calificada para la producción
			Ensayada	Calificada	
Ver la Figura A.4.1. 	Junta a tope sin bisel, soldadura entre chapas	Plegado	F H V OH	F H V OH	Junta a tope sin bisel, soldadura entre chapas
Ver la Figura A.4.2.a) 	Junta de filete solapada o yuxtapuesta, soldaduras entre chapas	Plegado	F H V OH	F H V OH	Junta de filete solapada o yuxtapuesta, soldaduras entre chapas y de chapa a elemento estructural portante
Ver la Figura A.4.2.a) 	Junta de filete solapada o yuxtapuesta, soldadura de chapa a elemento estructural portante	Plegado	F H V OH	F H V OH	Junta de filete solapada o yuxtapuesta, soldadura de chapa a elemento estructural portante
Ver la Figura A.4.2.a) 	Junta de filete en T, soldadura entre chapas	Plegado	F H V OH	F H V OH	Junta de filete en T, soldadura entre chapas y de chapa a elemento estructural portante
Ver la Figura A.4.2.a) 	Junta de filete en T, soldadura de chapa a elemento estructural portante	Plegado	F H V OH	F H V OH	Junta de filete en T, soldadura de chapa a elemento estructural portante
Ver la Figura A.4.3.a) 	Junta acampanada simple, soldadura entre chapas	Plegado	F H V OH	F H V OH	Junta acampanada simple, soldadura entre chapas, de chapa a elemento estructural portante y junta acampanada en V entre chapas
Ver la Figura A.4.3.b) 	Junta acampanada simple, soldadura de chapa a elemento estructural portante	Plegado	F H V OH	F H V OH	Junta acampanada simple, soldadura de chapa a elemento estructural portante
Ver la Figura A.4.3.c) 	Junta acampanada en V, soldadura entre chapas	Plegado	F H V OH	F H V OH	Junta acampanada en V, soldaduras entre chapas y de chapa a elemento estructural portante

Nota (1): Se requerirán dos ensayos para cada posición de soldadura, espesor y tipo de revestimiento. Observar lo indicado en las limitaciones de variables esenciales, de acuerdo con el artículo A.4.2.2.

Tabla A.4.1 (continuación). Ensayos para la calificación de una EPS ⁽¹⁾

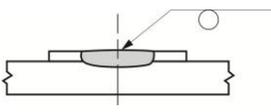
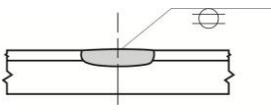
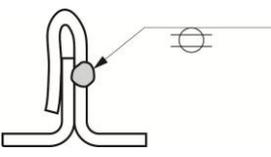
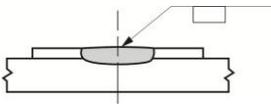
Conjunto para ensayo según:	Tipo de junta a ser ensayada	Tipo de ensayo	Posición		Junta calificada para la producción
			Ensayada	Calificada	
Ver la Figura A.4.4. 	Soldadura de punto entre chapa y elemento estructural portante	Torsión	F	F	Soldadura de punto entre chapa y elemento estructural portante
Ver la Figura A.4.5.a) 	Soldadura de costura entre chapa y elemento estructural portante	Plegado	F	F	Soldadura de costura entre chapa y elemento estructural portante
Ver la Figura A.4.5.b) 	Soldadura de costura entre chapas	Plegado	H	H	Soldadura de costura entre chapas
Ver la Figura A.4.6. 	Junta de botón, soldadura entre chapa y elemento estructural portante	Torsión	F H V OH	F H V OH	Junta de botón, soldadura entre chapa y elemento estructural portante
Nota (1): Se requerirán dos ensayos para cada posición de soldadura, espesor y tipo de revestimiento. Observar lo indicado en las limitaciones de variables esenciales, de acuerdo con el artículo A.4.2.2.					

Tabla A.4.2. Cambios en Variables Esenciales del RCP que requieren Recalificación de la EPS para SMAW, SAW, GMAW, FCAW, y GTAW

Cambios en Variables Esenciales del RCP que Requieren Recalificación	Proceso				
	Soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW)	Soldadura por arco sumergido (SAW)	Soldadura por arco con alambre macizo y protección gaseosa (GMAW)	Soldadura por arco con alambre tubular (FCAW)	Soldadura por arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa (GTAW)
1) Cambio en la clasificación del metal de aporte	X	X	X	X	X
2) Cambio del tipo de electrodo de tungsteno					X
3) Un incremento de resistencia en la clasificación del electrodo o clasificación fundente- electrodo	X	X	X	X	X
4) Un cambio en el diámetro de la varilla de aporte mayor que 1,6 mm					X
5) Adición o supresión del metal de aporte					X
6) Un cambio mayor que 10 % , por encima o por debajo, de la tasa de fusión, corriente de soldadura o velocidad de alimentación del alambre. Para el caso de soldadura de punto o de costura por arco una reducción mayor que 5 %	X	X	X	X	X
7) Cambio en el tipo de corriente (CC o CA) o de polaridad	X	X	X	X	X
8) Los siguientes cambios en el espesor de chapa:					
(a) Un cambio en el espesor de la chapa mayor que 10 % para soldaduras de punto o de costura por arco	X	X	X	X	X
(b) Para juntas distintas a las comprendidas en 9(a), un cambio en el espesor de chapa menor que 0,5t o mayor que 2t, siendo t el espesor de la chapa más delgada calificada en el RCP	X	X	X	X	X
(c) Una alternativa a 9(b) para cubrir el rango completo de espesores es aplicar la calificación indicada en 9(d) y (e)					
(d) La calificación realizada con chapa de espesor de 1,21 mm (18 ga) cubrirá procedimientos (EPS) con espesores de chapa iguales o menores que 1,52 mm (16 ga)	X	X	X	X	X
(e) La calificación realizada con chapa de espesor 3,42 mm (10 ga) cubrirá procedimientos (EPS) iguales o mayores que 1,52 mm (16 ga), hasta 2t, siendo t el espesor de la chapa más delgada calificada en el RCP	X	X	X	X	X
9) Un incremento en la abertura o separación de la raíz de una junta a tope sin bisel	X	X	X	X	X
10) Un cambio en el tipo de material del recubrimiento de la chapa o el agregado de chapa con recubrimiento como material base (no se considerará como recubrimiento la aplicación de compuestos antiadherentes)	X	X	X	X	X
11) Un incremento mayor que 30 % en el espesor del recubrimiento de la chapa	X	X	X	X	X
12) Un cambio en la posición de soldadura	X	X	X	X	X
13) Un cambio en la progresión de la soldadura en posición vertical, de descendente a ascendente o viceversa	X		X	X	X

Tabla A.4.2. (continuación). Cambios en Variables Esenciales del RCP que requieren Recalificación de la EPS para SMAW, SAW, GMAW, FCAW, y GTAW

Cambios en Variables Esenciales del RCP que Requieren Recalificación	Proceso				
	Soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW)	Soldadura por arco sumergido (SAW)	Soldadura por arco con alambre macizo y protección gaseosa (GMAW)	Soldadura por arco con alambre tubular (FCAW)	Soldadura por arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa (GTAW)
14) Cambio en el gas de protección			X	X	X
15) La eliminación, no el agregado, de respaldo gaseoso (en GMAW, FCAW y GTAW), respaldo fijo (metálico o de otro tipo) o removible	X	X	X	X	X
16) Cambio en la clasificación del fundente		X			
17) Un incremento o disminución mayor que 10 % en la tensión media de soldadura (V) calificada en el RCP, para cada diámetro de electrodo aplicado			X	X	X
18) Un incremento igual o mayor que 25 % o una disminución igual o menor que 10 % en el caudal de gas			X	X	X
19) Un cambio en el modo de transferencia			X		
20) Cambio en la aplicación de alambre frío a alambre caliente o viceversa					X
21) El cambio de soldar de ambos lados a soldar de un solo lado, no la situación inversa.	X	X	X	X	X
22) Una disminución en el diseño de la soldadura de medida <i>d</i> , en soldaduras de punto y costura	X	X	X	X	X

Tabla A.4.3. Ensayos de calificación de la habilidad del soldador u operador de soldadura ⁽¹⁾

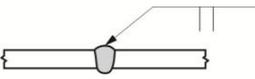
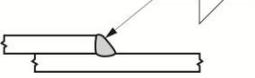
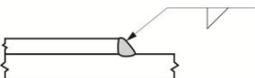
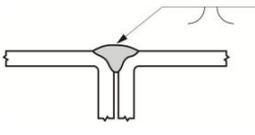
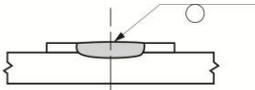
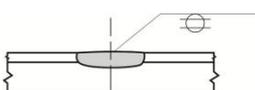
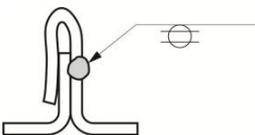
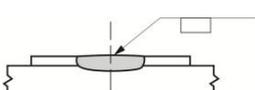
Conjunto para ensayo según:	Tipo de junta a ser ensayada	Tipo de ensayo	Posición		Calificación para la producción	
			Ensayada	Calificada	Junta	Espesor
Ver la Figura A.4.1. 	Junta a tope sin bisel, soldadura entre chapas	Plegado	F H V OH	F F, H F, H, V F, H, OH	Junta a tope sin bisel, soldadura entre chapas	Ensayado
Ver la Figura A.4.2a) 	Junta de filete solapada o yuxtapuesta, soldaduras entre chapas	Plegado	F H V OH	F F, H F, H, V F, H, OH	Junta de filete solapada, soldaduras entre chapas y de chapa a elemento estructural portante	Igual o mayor que el ensayado
Ver la Figura A.4.2a) 	Junta de filete solapada o yuxtapuesta, soldadura de chapa a elemento estructural portante	Plegado	F H V OH	F F, H F, H, V F, H, OH	Junta de filete solapada o yuxtapuesta, soldadura de chapa a elemento estructural portante	Igual o mayor que el ensayado
Ver la Figura A.4.2a) 	Junta de filete en T, soldadura entre chapas	Plegado	F H V OH	F F, H F, H, V F, H, OH	Junta de filete en T, soldadura entre chapas y de chapa a elemento estructural portante	Igual o mayor que el ensayado
Ver la Figura A.4.3a) 	Junta acampanada simple, soldadura entre chapas	Plegado	F H V OH	F F, H F, H, V F, H, OH	Junta acampanada simple, soldadura entre chapas, de chapa a elemento estructural portante y junta acampanada en V entre chapas	Igual o mayor que el ensayado
Ver la Figura A.4.3b) 	Junta de filete en T, soldadura de chapa a elemento estructural portante	Plegado	F H V OH	F F, H F, H, V F, H, OH	Junta acampanada simple, soldadura de chapa a elemento estructural portante	Igual o mayor que el ensayado
Nota (1): Se requerirán dos ensayos para cada conjunto de prueba.						

Tabla A.4.3. (Continuación). Ensayos de calificación de la habilidad del soldador u operador de soldadura ⁽¹⁾

Conjunto para ensayo según :	Tipo de junta a ser ensayada	Tipo de ensayo	Posición		Calificación para la producción	
			Ensayada	Calificada	Junta	Espesor
Ver la Figura A.4.3c) 	Junta acampanada en V, soldadura entre chapas	Plegado	F H V OH	F F, H F, H, V F, H, OH	Junta acampanada en V, soldaduras entre chapas y de chapa a elemento estructural portante	Igual o mayor que el ensayado
Ver la Figura A.4.4. 	Soldadura de punto entre chapa y elemento estructural portante	Torsión	F	F	Soldadura de punto entre chapa y elemento estructural portante	Igual o mayor que el ensayado
Ver la Figura A.4.5a) 	Soldadura de costura entre chapa y elemento estructural portante	Plegado	F	F	Soldadura de costura entre chapa y elemento estructural portante	Igual o mayor que el ensayado
Ver la Figura A.4.5b) 	Soldadura de costura entre chapas	Plegado	H	H	Soldadura de costura entre chapas	Igual o mayor que el ensayado
Ver la Figura A.4.6. 	Junta de botón, soldadura entre chapa y elemento estructural portante	Torsión	F H V OH	F H V OH	Junta de botón, soldadura entre chapa y elemento estructural portante	Igual o mayor que el ensayado

Nota (1): Se requerirán dos ensayos para cada conjunto de prueba.

A.4.3.1.1.2. Procesos

El soldador deberá ser calificado para cada proceso de soldadura especificado en la **EPS**.

A.4.3.1.1.3. Electrodo para soldadura manual (SMAW)

Un soldador deberá ser recalificado para soldadura manual (**SMAW**) cuando el electrodo, con número **F** según la Tabla A.4.4., sea de un grupo superior al calificado de acuerdo con el registro (**RCHS**).

Tabla A.4.4. Grupos de Clasificación de Electrodo

Designación del grupo	Clasificación del electrodos según normas IRAM (o ANSI/AWS)
F4	(EXX15, EXX16, EXX18, EXX15-X, EXX16-X, EXX18-X)
F3	EXX10, EXX11, EXX10-X, EXX11-X
F2	EXX12, EXX13, EXX14, EXX13-X

A.4.3.1.1.4. Material de aporte y medio de protección

El soldador que ha sido calificado con alguna de las combinaciones de material de aporte y medio de protección (gas o fundente) indicado en la Tabla A.3.1. quedará habilitado para la soldadura de cualquier otra combinación de aporte y protección, incluidos en dicha Tabla.

A.4.3.1.1.5. Posición

Un cambio en la posición de la soldadura para la cual el soldador no ha sido calificado requerirá una recalificación.

A.4.3.1.1.6. Soldadura en posición vertical

Un cambio en la progresión o sentido de la posición vertical de soldadura calificada por el soldador (ascendente o descendente) requerirá una recalificación.

A.4.3.1.2. Condiciones específicas

La calificación de habilidad del soldador deberá ser realizada por medio de ensayos para cada tipo de junta soldada a ser utilizada en producción (ver la Tabla A.4.1.), con excepción de lo indicado en el artículo A.4.3.2.3. y en las siguientes condiciones:

- (1) Para cada espesor de chapa, en los casos de soldaduras de punto y de costura, a ser utilizados en producción.
- (2) Para el espesor más delgado o mínimo de chapa en los casos de soldaduras de filete, junta acampanada simple y junta acampanada en **V**.
- (3) Un cambio en el espesor de la chapa para juntas a tope sin bisel requerirá recalificación del soldador u operador si: el cambio en el espesor de chapa es menor que **0,5t** o mayor que **2t**, siendo **t** el espesor más fino de chapa calificado.
- (4) Una alternativa aceptable al artículo A.4.3.1.2 (4) se aplicará por medio del siguiente procedimiento de calificación para cubrir el rango completo de espesores de chapa de este Anexo A:
 - (a) La calificación con un espesor de chapa de **1,21 mm** (18 ga) calificará al soldador u operador para la soldadura de espesores iguales o menores que **1,52 mm** (16 ga).
 - (b) La calificación con un espesor de chapa de **3,42 mm** (10 ga) calificará al soldador u operador para la soldadura de espesores iguales o mayores que **1,52 mm** (16 ga).

A.4.3.2. Métodos y cantidad de ensayos para la calificación de habilidad de un soldador u operador de soldadura

A.4.3.2.1. Condiciones generales

Los ensayos de calificación descritos en este Anexo A permiten determinar la habilidad del soldador para producir soldaduras sanas o aptas. La calificación se desarrollará siguiendo los requisitos escritos en un formulario de **EPS** y será registrada en un formulario de **RCHS**, tales como los sugeridos en el Anexo VI de este Reglamento CIRSOC 304-2007.

El tipo y cantidad de ensayos aplicables a la calificación de habilidad del soldador u operador de soldadura están indicados en la Tabla A.4.3. y resultan similares a los aplicables a la calificación de una **EPS**.

A.4.3.2.2. Calificación del soldador u operador de soldadura a través de la calificación de la EPS

El soldador u operador de soldadura que ha realizado una **EPS**, que resulta aprobada, quedará calificado para el proceso, posición, tipo de soldadura y chapa de acero correspondiente a dicha **EPS**. En el caso de soldaduras de filete y/o soldaduras con junta acampanada, el soldador u operador quedará calificado para un espesor de chapa igual o mayor que el utilizado para la probeta de ensayo. En el caso de soldaduras de punto, de costura y a tope sin preparación, la calificación estará limitada al espesor usado para la probeta de ensayo (ver la Tabla A.4.3.). En todos los casos deberán considerarse las condiciones específicas de variables esenciales indicadas en el artículo A.4.3.1.2.

A.4.3.2.3. Condición particular de calificación

Una calificación separada del soldador u operador de soldadura será requerida para la soldadura de chapas de acero con recubrimientos o chapas con recubrimientos diferentes al calificado.

A.5. FABRICACIÓN, INSPECCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

A.5.1. REQUERIMIENTOS GENERALES

Las pautas de fabricación, inspección y control de calidad de este Anexo A deberán seguir los lineamientos establecidos en los Capítulos 5 y 6 del Reglamento CIRSOC 304-2007.

Adicionalmente se deben remarcar aquellos aspectos de la ejecución de las soldaduras, que se deben respetar cuando no es posible realizar una efectiva protección contra las contingencias climáticas. En tal sentido no se deberá realizar soldadura de producción cuando:

- (1) La temperatura ambiente sea menor que **- 18 °C** .
- (2) El metal base a ser soldado se encuentre expuesto a humedad, por ejemplo bajo condiciones de lluvia o nieve.
- (3) Para los procesos **GMAW**, **FCAW** y **GTAW**, si la velocidad del viento es mayor que **8 km/ h** .

La preparación del material base deberá verificar una superficie libre de suciedad, uniforme, sin fisuras, desgarres o cualquier otro tipo de discontinuidades o imperfecciones que pudieran afectar la calidad e integridad estructural de las uniones soldadas. Las superficies a ser soldadas y las adyacentes a la soldadura deberán estar libres de óxido, laminillo, escorias, suciedad, humedad, aceites y grasas o cualquier otro contaminante que pudiera alterar la calidad de la soldadura, producir humos no permitidos o con niveles que excedan los límites permitidos. No es necesaria la eliminación de materiales de recubrimiento en espesores delgados, tales como inhibidores, galvanizado o compuestos antiadherentes.

A.5.2. DESVIACIONES PERMITIDAS A LA EPS PARA LA SOLDADURA A BAJAS TEMPERATURAS

A.5.2.1. Soldaduras de punto por arco y de botón

Para una **EPS** calificada con una temperatura inicial del metal base igual o mayor que **16 °C** se permitirá la soldadura a una temperatura igual que **0 °C** si se incrementa el tiempo de soldadura en **20%** o la corriente de soldadura en **10%**, respecto de lo registrado en el **RCP**.

A.5.2.2. Soldaduras de costura por arco

Para una **EPS** calificada con una temperatura inicial del metal base igual o mayor que **16 °C** se permitirá la soldadura a una temperatura igual que **0 °C** si se disminuye la velocidad de soldadura en **20%** o se incrementa la corriente de soldadura en **10%**, respecto de lo registrado en el **RCP**.

A.5.3. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN PARA LAS SOLDADURAS DE PRODUCCIÓN

Además de las consideraciones generales del Capítulo 6 de este Reglamento CIRSOC 304-2007, aplicables a este Anexo A, se deberán tener en cuenta los siguientes criterios de aceptación en relación con la inspección visual de la soldadura:

- (1) No deberá presentar indicaciones de fisuras.
- (2) La sobremonta o refuerzo deberá ser como mínimo de **1 mm**, tanto en juntas a tope sin bisel como en soldaduras de punto y de costura por arco.
- (3) El largo acumulado de las socavaduras será menor que **$L / 8$** , siendo **L** el largo de la soldadura o la circunferencia en la soldadura de punto. Se deberá verificar que exista fusión entre el metal base y el metal de soldadura. La profundidad de la socavadura no será objeto de inspección, por lo cual no necesita ser medida. La presencia de fusión excesiva que muestre evidencia de orificios por perforación no es aceptable.
- (4) La cara de la soldadura de filete deberá ser plana o ligeramente convexa.

ANEXO B

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

***“SOLDADURA DE BARRAS DE ACERO
PARA ESTRUCTURAS LIVIANAS”***

EDICIÓN JULIO 2007

ANEXO B. SOLDADURA DE BARRAS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS LIVIANAS

ÍNDICE

B.1. Requerimientos Generales

B.1.1. Campo de validez

B.1.2. Materiales

B.1.3. Procesos de soldadura aplicables

B.1.4. Requerimientos y selección de material de aporte

B.1.5. Diseño geométrico de uniones soldadas

B.2. Diseño de Uniones Soldadas

B.2.1. Capacidad de carga admisible

B.3. Especificación de Procedimiento de Soldadura

B.3.1. Campo de validez

B.3.2. Requerimientos para la elaboración de una EPS precalificada

B.3.3. Requerimientos para la elaboración de una EPS calificada

B.4. Calificación de Procedimientos (EPS) y Soldadores

B.4.1. Requerimientos generales

B.4.2. Especificación de procedimiento de soldadura (EPS)

B.4.3. Calificación de habilidad para soldadores

B.5. Fabricación, Inspección y Control de Calidad

B.5.1. Requerimientos generales

B.5.2. Desviaciones permitidas en el montaje o presentación de las uniones de barras

B.5.3. Criterios de aceptación para las soldaduras de producción

B.5.4. Tamaño de la soldadura

B.5.5. Inspección radiográfica (RI)

ANEXO B. SOLDADURA DE BARRAS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS LIVIANAS

B.1. REQUERIMIENTOS GENERALES

B.1.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Anexo contiene los requerimientos mínimos para el diseño, fabricación y montaje de elementos estructurales metálicos livianos de acero constituidos por barras de acero de sección circular maciza, 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 aceros estructurales en un todo de acuerdo con el **Reglamento CIRSOC 308-2007 Reglamento Argentino de Estructuras Livianas para Edificios con Barras de Acero de Sección Circular**.

Por su parte el Anexo B 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 livianas. Este Anexo es aplicable a la soldadura de unión entre barras de acero que constituyen las estructuras livianas comprendidas en el campo de validez del Reglamento CIRSOC 308-2007, así como entre barras de acero y otro elemento estructural de acero comprendido en el campo de validez del Reglamento CIRSOC 304-2007.

B.1.2. MATERIALES

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 aplicarán normas internacionales de reconocido prestigio, como las normas ASTM o las normas ISO para uso en estructuras metálicas soldadas.

B.1.2.1. Acero estructural

B.1.2.1.1. Normas IRAM e IRAM – IAS aplicables

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

U 500-207 Barras de acero conformadas de dureza natural, soldables, para armadura en estructuras de hormigón.

- U 500-502** Barras de acero laminadas en caliente, lisas y de sección circular para armadura en estructuras de hormigón.
- U 500-503** Aceros al carbono de uso estructural.
- U 500-528** Barras de acero conformadas de dureza natural, para armaduras en estructuras de hormigón armadura en estructuras de hormigón.
- U 500-558** Perfiles ángulo de acero, de alas iguales, laminados en caliente.
- U 500-561** Perfiles Te de acero, laminados en caliente.

Cualquier combinación de estos aceros podrán ser soldados entre sí y a su vez se podrán soldar a cualquiera de los aceros contemplados en el Reglamento CIRSOC 304-2007 o en ediciones posteriores.

B.1.2.2. Metal de aporte

Los electrodos o materiales de aporte deberán cumplir alguna de las siguientes normas:

- IRAM-IAS U 500-127** Soldadura por arco. Electrodo de baja aleación revestidos.
- IRAM-IAS U 500-166** Soldadura. Alambres y varillas de acero al carbono para procesos de soldadura eléctrica con protección gaseosa.
- IRAM-IAS U 500-232** Soldadura. Alambres y varillas de acero al carbono y de baja aleación para procesos de soldadura eléctrica con protección gaseosa.
- IRAM-IAS U 500-233** Soldadura. Alambres tubulares de acero al carbono.
- IRAM-IAS U 500-234** Soldadura. Alambres tubulares de acero de baja aleación.
- IRAM-IAS U 500-601** Soldadura por arco. Electrodo de acero al carbono revestidos.

B.1.3. PROCESOS DE SOLDADURA APLICABLES

En este Anexo se permite la aplicación de los siguientes procesos de soldadura por arco eléctrico:

- (a) soldadura por arco con electrodo revestido (**SMAW**)
- (b) soldadura por arco eléctrico con protección gaseosa (semiautomática alambre macizo), **GMAW**
- (c) soldadura por arco con alambre tubular (semiautomática alambre tubular), con o sin protección gaseosa. (**FCAW**)
- (d) Para los procesos (b) y (c) deberán ser utilizadas únicamente máquinas de soldar con fuente de poder de tensión constante.

B.1.4. REQUERIMIENTOS Y SELECCIÓN DEL MATERIAL DE APORTE

B.1.4.1. Selección por igualación

En la Tabla B.1.1. se indican las diferentes combinaciones de materiales de aporte, bajo el criterio de igualación de resistencia con el material base, correspondientes a los procesos de soldadura aplicables según el artículo B.1.3. en barras de acero laminadas en caliente, con requisitos de soldabilidad, de acuerdo con las normas IRAM- IAS U 500-502 y U 500-207.

Por su parte la Tabla B.1.2. indica las diferentes combinaciones de materiales de aporte, bajo el criterio de igualación de resistencia con el material base, correspondientes a los procesos de soldadura aplicables según el artículo B.1.3. en barras de acero laminadas en caliente, sin requisitos de soldabilidad, de acuerdo con las normas IRAM-IAS U 500-502, U 500-528 y U 500-503 (con y sin requisitos de soldabilidad).

B.1.4.2. Otras combinaciones de material base y aporte

Se podrán utilizar otras combinaciones diferentes a las indicadas en las Tablas B.1.1. y B.1.2., pero las mismas deberán ser establecidas en las especificaciones de contrato y desarrolladas con procedimientos de soldadura calificados de acuerdo con el artículo B.4. de este Anexo B. Cuando los materiales base a ser soldados presenten resistencia disímil, el material de aporte a ser seleccionado deberá tener una resistencia igual o mayor que el material base de menor resistencia.

B.1.4.3. Requerimientos para los consumibles y electrodos de soldadura

Todos los consumibles y electrodos para la soldadura según el artículo B.1.4. deberán cumplir con lo indicado en el Capítulo 5, artículo 5.3. del Reglamento CIRSOC 304-2007.

Tabla B.1.1. Selección del metal de aporte de barras de acero de sección circular con requisitos de soldabilidad

Requerimientos del metal base			Requerimientos del metal de aporte		
Designación de la barra	Límite de fluencia característico (MPa)	Resistencia a la tracción característica (MPa)	Proceso	Especificación del metal de aporte	Clasificación del metal de aporte
AL 220 S	220	340	Soldadura manual	IRAM-IAS U 500-601 (AWS A5.1) IRAM-IAS U 500-127 (AWS A5.5)	E5115, E5116, E45118 (E7015, E7016, E7018) E4815-X, E4816-X, E4818-X (E7015-X, E7016-X, E7018-X)
			Soldadura semiautomática alambre macizo	IRAM-IAS U 500-166 (AWS A5.18) AWS A5.28	E50S-X (ER70S-X, E70C-XC, E70C-XM, excepto -GS) ER70S-XXX, E70C-XXX
			Soldadura semiautomática alambre tubular	AWS A5.20 AWS A5.29	E7XT-X, E7XT-XM (excepto-2, -3, -10, -G, -S, -GS, -13, -14) E7XTX-X, E7XTX-XM
ADN 420 S	420	500	Soldadura manual	IRAM-IAS U 500-127 (AWS A5.5)	E5515-X, E5516-X, E5518-X (E8015-X, E8016-X, E8018-X) (preferente – C3)
			Soldadura semiautomática alambre macizo	AWS A5.28	ER80S-X, ER80S-XM
			Soldadura semiautomática alambre tubular	AWS A5.29	E8XTX-X, E8XTX-XM

Tabla B.1.2. Selección del metal de aporte para barras de sección circular sin requisito de soldabilidad

Requerimientos del metal base ^{(1) (2) (4)}			Requerimientos del metal de aporte		
Grupo de Acero	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Proceso	Especificación del metal de aporte	Clasificación del metal de aporte
I	≤350	≤500	Soldadura manual	IRAM-IAS U 500-601 (AWS A5.1)	E51XX (E70XX)
				IRAM-IAS U 500-127 (AWS A5.5)	E48XX-X (E70XX-X)
			Soldadura semiautomática alambre macizo	IRAM-IAS U 500-166 (AWS A5.18) AWS A5.28	E50S-X (ER70S-X, E70C-XC, E70C-XM, excepto -GS) ER70S-XXX, E70C-XXX
Soldadura semiautomática alambre tubular	AWS A5.20 AWS A5.29	E7XT-X, E7XT-XM E7XTX-X, E7XTX-XM			
II	>350 ≤420	>500 ≤550	Soldadura manual	IRAM-IAS U 500-601 (AWS A 5.1)	E51XX (E70XX)
				IRAM-IAS U 500-127 (AWS A 5.5)	E48XX-X (E70XX-X)
			soldadura semiautomática alambre macizo	IRAM-IAS U 500-166 (AWS A5.18) AWS A5.28	E50S-X (ER70S-X, E70C-XC, E70C-XM, excepto -GS) ER70S-XXX, E70C-XXX
soldadura semiautomática alambre tubular	AWS A5.20 AWS A5.29	E7XT-X, E7XT-XM E7XTX-X, E7XTX-XM			

Tabla B.1.2. (Continuación) Selección del metal de aporte para barras sin requisito de soldabilidad

Requerimientos del metal base ^{(1) (2) (4)}			Requerimientos del metal de aporte		
Grupo de Acero	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Proceso	Especificación del metal de aporte	Clasificación del metal de aporte
III	>420 ≤500	>550 ≤600	Soldadura manual	IRAM-IAS U 500-127 (AWS A5.5)	E55XX-X (E80XX-X) (3)
			Soldadura semiautomática alambre macizo	AWS A5.28	ER80S-XXX, E80C-XXX (3)
			Soldadura semiautomática alambre tubular	AWS A5.29	E80TX-X, E80TX-XM (3)
NOTAS:					
<p>(1) Para la realización de una EPS precalificada los materiales base a ser soldados, de cada uno de los Grupos de la Tabla B.1.2., deberán cumplir con los requisitos de la norma IRAM que corresponda para cada caso. Estos grupos pueden incluir materiales base suministrados en forma de perfiles o planchuelas, en los casos de unión entre barras y este tipo de formas.</p> <p>(2) Cuando no se disponga de las normas IRAM correspondientes y hasta tanto no se realice el estudio de las mismas, se podrán emplear para la elaboración de una EPS precalificada otras normas internacionales de reconocido prestigio o reconocidas por IRAM para los materiales de Tabla B.1.2. Esta alternativa deberá ser aprobada por el Ingeniero responsable y tener el acuerdo contractual correspondiente.</p> <p>(3) Los materiales de aporte correspondientes a los grupos de aleación B3, B3L, B4L, B5, B5L, B6, B6L, B7, B7L, B8, B8L y B9 no pueden ser aplicados para una EPS precalificada según el Capítulo 3 del Reglamento CIRSOC 304-2007 y el artículo B.3. de este Anexo B.</p> <p>(4) Tiene validez sin requisitos de soldabilidad para aceros cubiertos por las normas IRAM-IAS U500-502 y U500-528 y con y sin requisitos de soldabilidad para los aceros cubiertos por la norma IRAM-IAS U500-503.</p>					

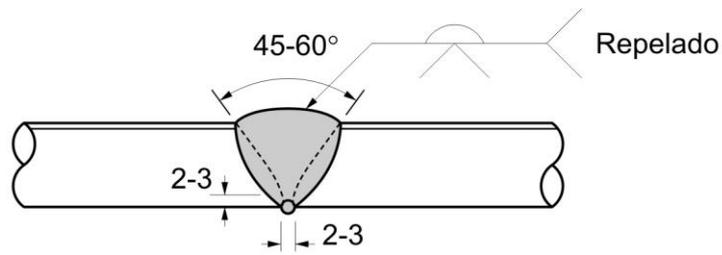
B.1.5. DISEÑO GEOMÉTRICO DE UNIONES SOLDADAS

B.1.5.1. Junta a tope directa

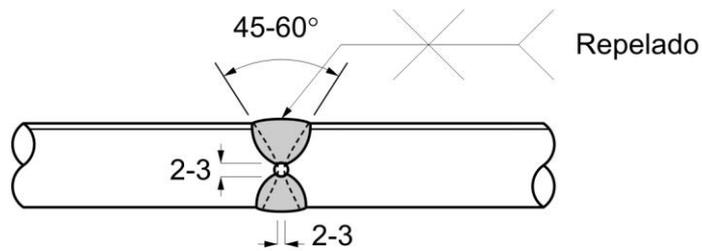
Este diseño corresponde a una junta biselada de penetración completa (**JPC**) y se utilizará para la unión de una barra de acero a otra pudiendo aplicarse en todas las posiciones de soldadura. La Tabla B.1.3. y la Figura B.1.1. describen los requerimientos para estos diseños de junta.

B.1.5.2. Junta a tope indirecta

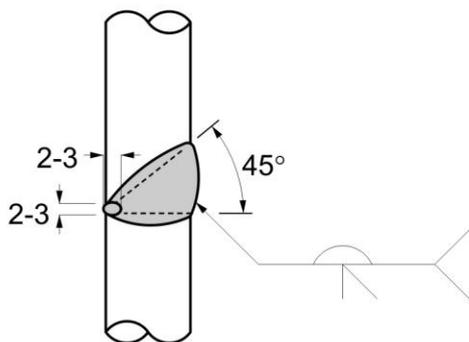
La unión a tope podrá ser realizada entre dos barras de acero utilizando un elemento de empalme en chapa de acero o un perfil en ángulo o **L**, aplicando la soldadura en diseños de junta acampanada simple o doble, tal como se indica en la Figura B.1.2. (A, B).



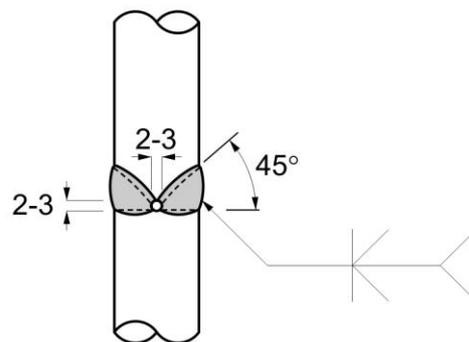
(A) Junta con bisel en V



(B) Junta con bisel en X

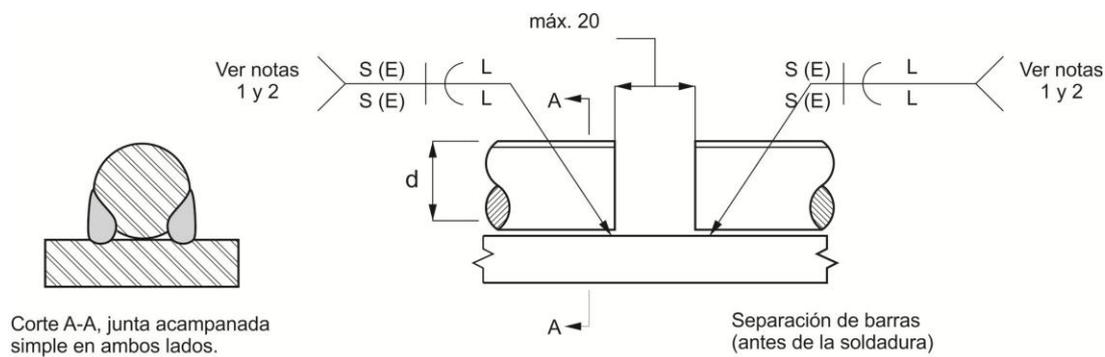


(C) Junta con bisel en 1/2 V

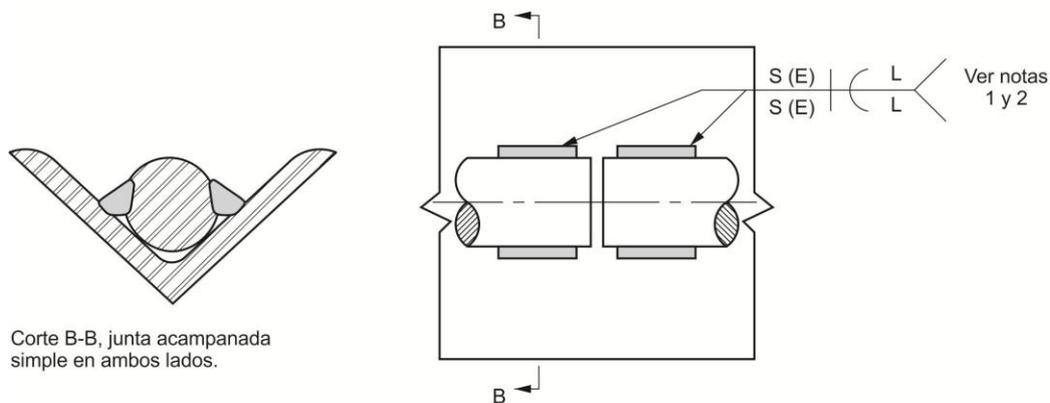


(D) Junta con bisel en K

Figura B.1.1. Diseño de uniones tope directas con JPC para barras lisas y conformadas.



(A) Unión a tope indirecta con chapa o planchuela de empalme



(B) Unión a tope indirecta con perfil en ángulo o L de empalme

(1) $L \geq 2d$ siendo d (diámetro de la barra)

(2) Las separaciones entre barras y chapa pueden variar en función de las deformaciones

NOTAS:

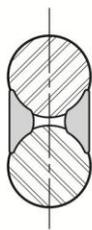
- Los efectos de excentricidad y restricción deberán ser considerados en el diseño de la unión
- Las medidas están expresadas en mm.

Figura B.1.2. Uniones soldadas a tope indirectas tanto para barras lisas como conformadas.

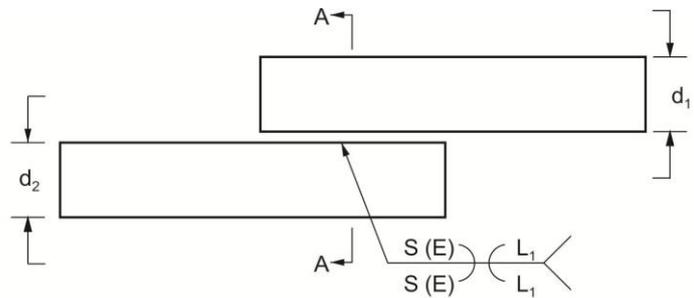
B.1.5.3. Junta de solape o yuxtaposición

Las juntas de solape o yuxtaposición podrán ser directas o indirectas. La junta de solape directa se realizará con las barras en contacto mediante diseños de juntas acampanadas en V, tal como se indica en la Figura B.1.3 (A). En tanto las uniones de solape indirectas se realizarán con las barras separadas, utilizando un elemento de empalme en chapa de acero y diseño de junta acampanada simple tal como se indica en la Figura B.1.3 (B).

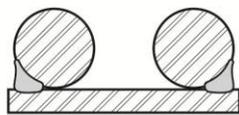
Otra forma permitida de unión soldada indirecta es utilizando dos barras de empalme entre las barras a unir tal como se indica en la Figura B.1.3 (C).



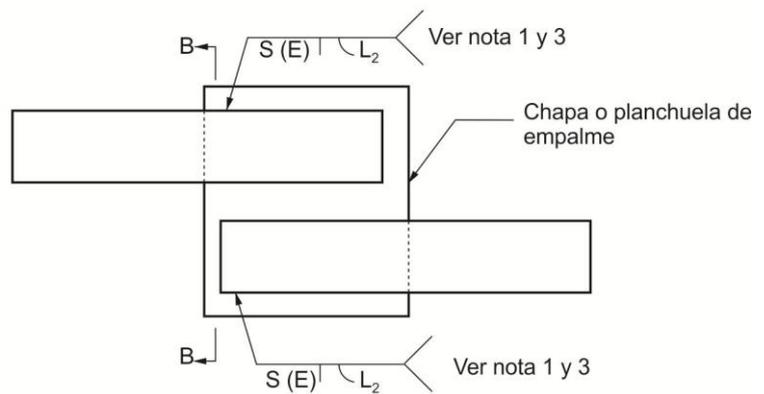
Corte A-A, junta acampanada en V de ambos lados.



(A) Unión de solape o yuxtaposición directa o con las barras en contacto



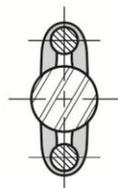
Corte B-B, junta acampanada simple de un solo lados



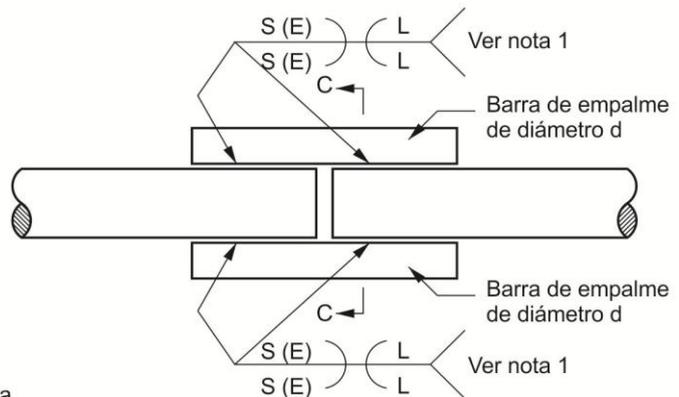
- (1) Los efectos de la excentricidad y la restricción deberán ser considerados en el diseño de la unión
- (2) $L_1 \geq 2 d_1$; $d_1 \leq d_2$
- (3) $L_2 \geq 2 d_1$; siendo d el diámetro de la barra

Nota: Las separaciones entre barras y chapa pueden variar en función de las deformaciones

(B) Unión de solape o yuxtaposición indirecta con barras separadas



Corte C-C, junta acampanada en V de ambos lados.
(1) $L \geq 2d$, siendo d el diámetro de la barra



(C) Unión con barras de empalme o unión de yuxtaposición doble

Figura B.1.3. Juntas de solape o yuxtaposición tanto para barras lisas como conformadas.

B.1.5.4. Otros diseños de junta

En la fabricación y montaje de elementos estructurales metálicos se podrán aplicar, además, los diseños de uniones soldadas indicados en el artículo 9.2. del Reglamento CIRSOC 308-2007. La unión a tope directa entre barras de diferentes diámetros se resolverá con un diseño de junta de transición, tal como muestra en la Figura B.1.4.

Los diseños de junta indicados en los artículos B.1.5.1. y B.1.5.2 pueden ser aplicados en uniones de barras con otros elementos estructurales no tubulares comprendidos en el Reglamento CIRSOC 304-2007 así como en anclajes, chapas base o insertos. (Ver las Figuras B.1.5.1. y B.1.5.2.

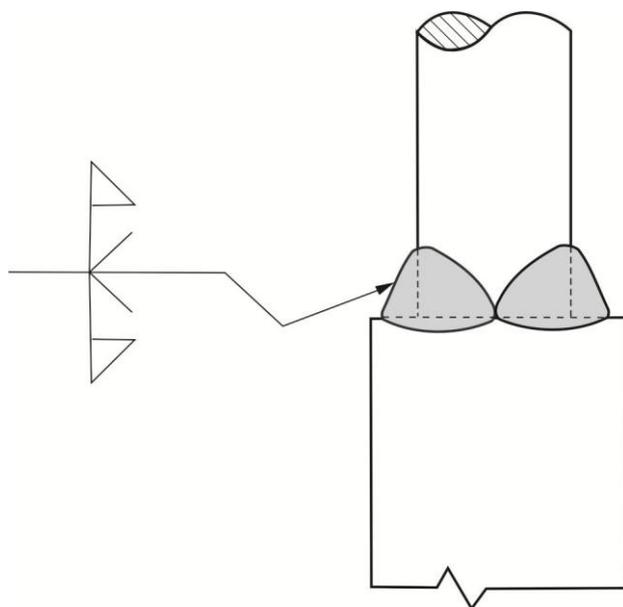
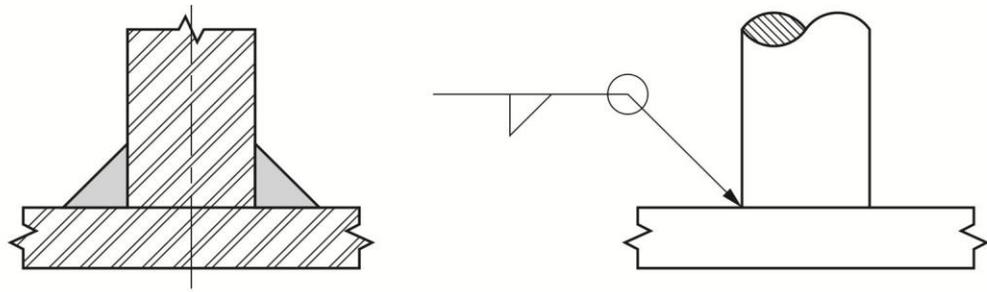


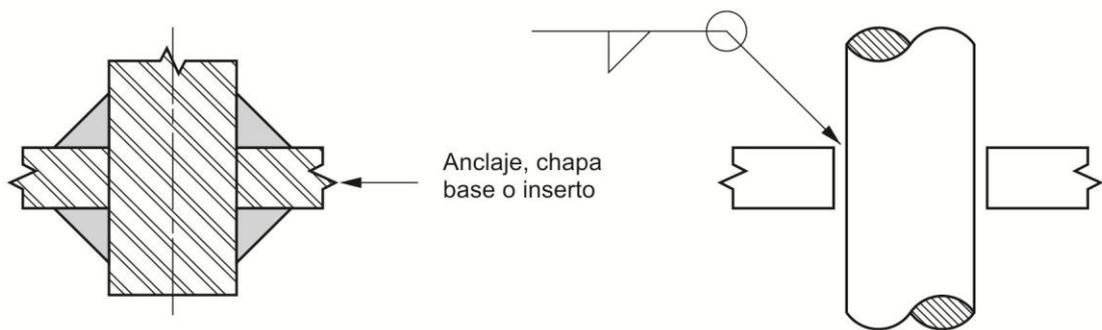
Figura B.1.4. Unión a tope directa con transición entre barras de diferente diámetro tanto para barras lisas como conformadas.

Tabla B.1.3. Requerimientos para juntas a tope directas de penetración completa (JPC)

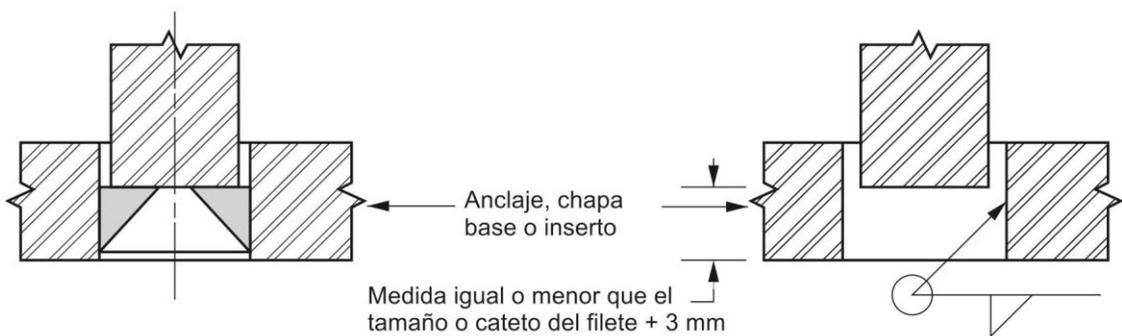
Requerimientos para juntas de penetración completa (JPC) en uniones a tope directas		
Orientación de la barra	Tipo de JPC recomendada	Figura B.1.1
Horizontal	V	B
	X	A
Vertical	1/2 V	C
	K	D



(A) Soldadura de filete exterior

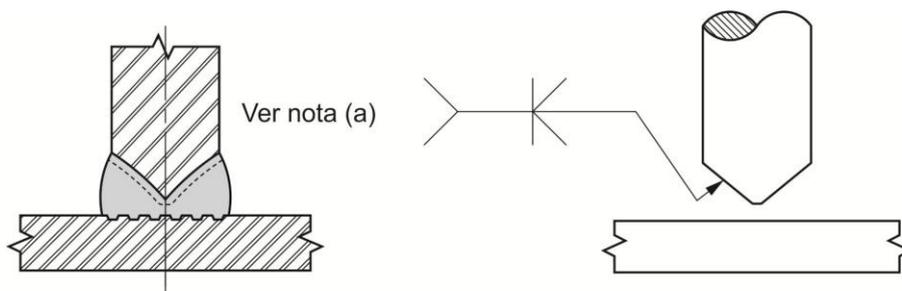


(B) Soldadura de filete exterior

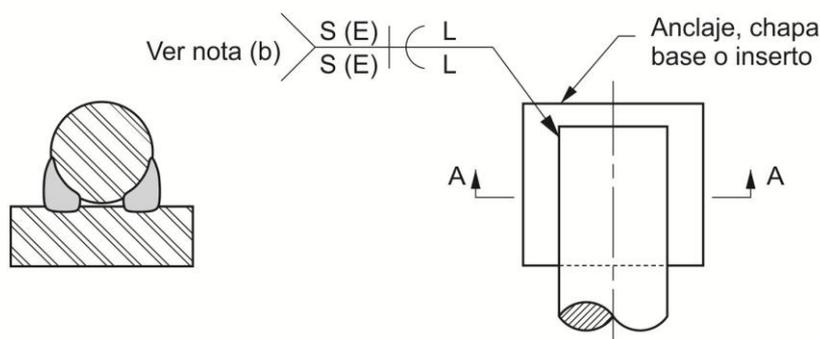


(C) Soldadura de filete interna

Figura B.1.5.1. Detalles de juntas para soldaduras de barras en anclajes, chapas bases o insertos tanto para barras lisas como conformadas.



(D) Unión T - Soldadura con junta de penetración completa (JPC)



(E) Unión por yuxtaposición o solape en anclaje utilizando soldaduras con junta acampanada simple

(a) Se requiere repelado para saneado de la raíz antes de soldar del otro lado de la junta. Para barras de diámetro menor o igual que 25 mm se recomienda aplicar un bisel en $\frac{1}{2} V$ y soldadura de respaldo.

(b) $L \geq 2d$ siendo d: diámetro de la barra.

Figura B.1.5.2. Detalles de juntas para soldaduras de barras en anclajes, chapas bases o insertos tanto para barras lisas como conformadas.

B.2. DISEÑO DE UNIONES SOLDADAS

B.2.1 CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

En todos aquellos elementos estructurales donde la unión soldada no ha sido diseñada para resistir cargas o acciones externas no será necesaria la aplicación de este artículo B.2.

La capacidad de carga de las uniones soldadas no deberá exceder las cargas admisibles calculadas según este Anexo B, aplicando el método convencional de diseño por tensión admisible (**DTA** o **ASD**) del Reglamento CIRSOC 304-2007, o las directivas de los Reglamentos CIRSOC 301-2005 y CIRSOC 308-2007 respectivamente, que utilizan el método de diseño por factores de carga y resistencia (**DFR** o **LRFD**).

B.2.1.1. Capacidad de carga admisible en las uniones soldadas

B.2.1.1.1. Uniones soldadas a tope directas con juntas de penetración completa (JPC)

El criterio de selección del metal de aporte, utilizando el criterio de igualación de resistencia (tracción y fluencia), para diferentes combinaciones de material base (barras) está dado en las Tablas B.1.1.y B.1.2. Para combinaciones de material base perteneciente a diferentes grupos de acero para barras de la Tabla B.1.1. y B.1.2. se seleccionará el metal de aporte que iguale al acero de menor resistencia en la unión. En todos los casos, ya sea que la soldadura se realice desde un solo lado o de ambos, el tamaño de la misma será igual al espesor de los materiales base a unir, (ver la Figura B.2.1.). Por su parte la capacidad de carga admisible, según el método convencional **DTA**, se deberá establecer de acuerdo con la Tabla B.2.1. de tensiones admisibles en las soldaduras de barras.

B.2.1.1.2. Uniones soldadas con juntas de filete, juntas acampanadas simples y en V

El criterio de selección del metal de aporte, por igualación de resistencia (tracción y fluencia), con diferentes combinaciones de material base (barras de acero) para uniones de filete en general, de solape o yuxtaposición directas e indirectas y para uniones a tope indirectas está dado en las Tablas B.1.1. y B.1.2. Por su parte la capacidad de carga admisible, según el método convencional **DTA**, deberá establecerse de acuerdo con la Tabla B.2.1. de tensiones admisibles en las soldaduras de barras.

B.2.1.2. Áreas, tamaños y largos efectivos de las soldaduras

B.2.1.2.1. Soldadura a tope directa con JPC

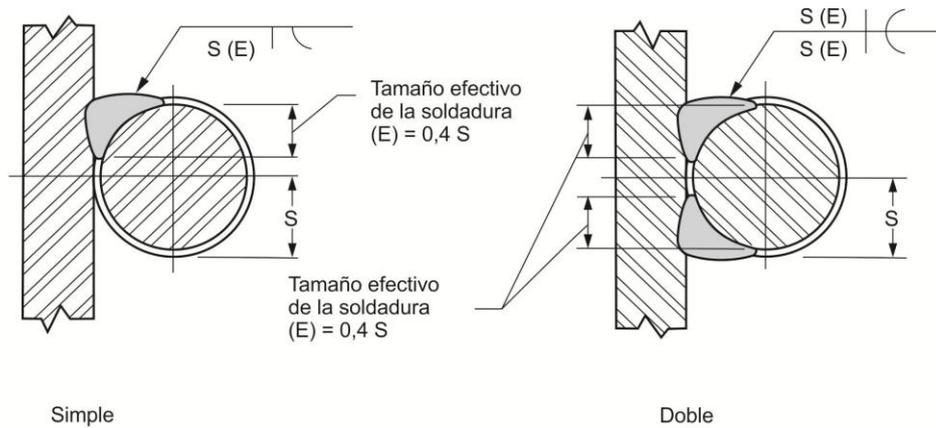
El área efectiva o sección resistente queda definida por la sección nominal de la barra de acero que será soldada, tal como se indica en la Figura B.1.1. Si se unen diferentes diámetros de barras, el área corresponderá a la de menor diámetro.

B.2.1.2.2. Soldaduras con juntas acampanadas simples y acampanadas en V

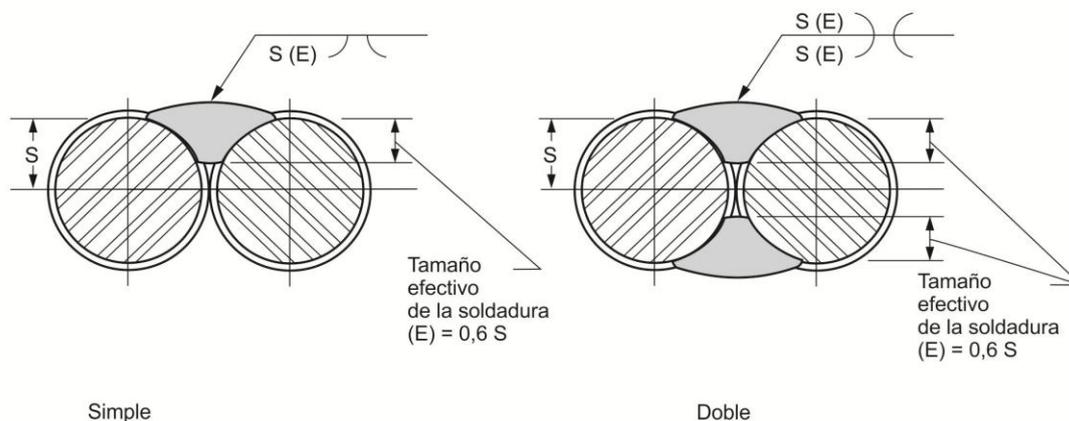
El área efectiva o sección resistente queda definida como el producto del largo efectivo de la soldadura multiplicado por el tamaño efectivo de la misma tal como se indica en la Figura B.2.1.

El largo mínimo de la soldadura deberá ser igual o mayor que dos veces el diámetro de la barra de acero (**d**), para uniones de barras de igual diámetro, o dos veces el diámetro de la barra de menor diámetro, para uniones de barras con diámetros diferentes.

El tamaño efectivo de la soldadura (**E**), para un perfil de llenado de la junta como el indicado en la Figura B.2.1., deberá ser igual a **0,40 R** para juntas acampanadas simples, siendo **R** el radio de la barra de acero y para juntas acampanadas en **V** deberá ser igual a **0,60 R**. En los casos de uniones con barras de diferentes diámetros, **d**, el radio a utilizar corresponderá a la barra de menor diámetro de la unión.



(A) Junta acampanada



(B) Junta acampanada en V

Nota: Radio de la barra (R) = S

Nota: Radio de la barra (R) = S

Figura B.2.1. Tamaño efectivo de la soldadura en juntas acampanadas.

B.2.1.2.3. Soldadura de filete

El área efectiva de la soldadura de filete para barras de acero se define como el producto de la garganta efectiva multiplicada por el largo efectivo de soldadura.

El largo efectivo de una soldadura de filete circular se medirá a lo largo del eje de la soldadura.

La garganta efectiva se calculará como la mínima distancia entre la raíz y la cara de la soldadura de filete, restando a dicho valor la convexidad.

Tabla B.2.1. Tensiones admisibles para el diseño convencional (DTA o ASD) en cargas estáticas de uniones soldadas de barras de acero ^{(1), (2)}

Tensiones admisibles para el diseño convencional (DTA o ASD) en cargas estáticas de uniones soldadas de barras de acero ^{(1), (2)}				
Tipo de unión soldada	Tipo de tensión aplicada		Tensiones admisibles	Nivel de resistencia requerido del metal de aporte ⁽¹⁾
Soldaduras a tope directas con junta de penetración completa, JPC	Tracción normal al área efectiva		Igual al metal base	Se debe usar un metal de aporte que iguale el nivel de resistencia del metal base.
	Compresión normal al área efectiva		Igual al metal base	Se debe usar un metal de aporte que iguale el nivel de resistencia del metal base o una clasificación 70 MPa en menos, compatible con el metal base.
	Corte sobre el área efectiva		$0,30 \times$ mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma. La tensión de corte en el metal base será menor o igual que $0,40 \times$ la tensión de fluencia del metal base	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor al del metal base.
Soldaduras con junta acampanada simple y en V	Compresión normal al área efectiva	Juntas no diseñadas como resistentes	$0,50 \times$ mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma, pero menor o igual que $0,60 \times$ la tensión de fluencia del metal base	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor al del metal base.
		Juntas diseñadas como resistentes	Igual material base	
	Corte sobre el área efectiva		$0,30 \times$ mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma. La tensión de corte en el metal base será menor o igual que $0,40 \times$ la tensión de fluencia del metal base	
	Tracción normal al área efectiva		$0,30 \times$ mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma, pero menor o igual que $0,60 \times$ la tensión de fluencia del metal base	
Soldadura de Filete	Corte en el área efectiva		$0,30 \times$ resistencia nominal a la tracción del metal de aporte	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor al del metal base.
<p>(1) Para aplicar el criterio de igualación de resistencia del metal de aporte con el metal base ver las Tablas B.1.1. y B.1.2.</p> <p>(2) Contempla también la unión de barras con perfiles y/o planchuelas de empalme.</p>				

B.3. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

B.3.1. ALCANCE

Este artículo cubre los requerimientos generales y específicos para la realización de la especificación de procedimiento de soldadura (EPS) correspondientes a uniones soldadas de elementos estructurales metálicos livianos con barras de acero. Este artículo B.3 del Anexo puede utilizarse en conjunto con los capítulos correspondientes de los Reglamentos CIRSOC 301-2005, CIRSOC 304-2007 y CIRSOC 308-2007 respectivamente.

Al igual que en el Capítulo 3 del Reglamento CIRSOC 304-2007, se permite la utilización de dos modalidades de **EPS**, precalificada y la que requiere proceso de calificación. La elaboración de una **EPS** precalificada debe ser considerada como una condición de excepción y para su elaboración se seguirán las directivas específicas de este capítulo. La utilización de **EPS** precalificada deberá ser acordada a través de los documentos de contrato y del Ingeniero de soldadura responsable.

Toda **EPS** que requiera calificación se deberá efectuar siguiendo los lineamientos del artículo 4 de este Anexo B. Para cada **EPS** calificada se deberá emitir un documento denominado registro de calificación del procedimiento (**RCP**).

Toda **EPS**, tanto del tipo precalificada como calificada, deberá ser escrita y será considerada a los fines del Anexo B como un documento de ingeniería y/o fabricación.

B.3.2. REQUERIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE UNA EPS PRECALIFICADA

Los requerimientos para la elaboración de una **EPS** precalificada de acuerdo con este Anexo B son los siguientes:

- (1) Los diseños de juntas a ser utilizados deberán estar de acuerdo con los detalles de las Figuras B.1.1.a, B.1.1.b, B.1.1.c, B.1.1.d, B.1.2.a, B.1.2.b, B.1.3.a, B.1.3.b y B.1.3.c.
- (2) Se utilizará alguno de los siguientes procesos de soldadura: SMAW, GMAW (excepto modo de transferencia cortocircuito, GMAW-S), y FCAW.
- (3) La selección del material de aporte se efectuará de acuerdo con lo indicado en la Tabla B.1.1., para barras de acero con requisitos de soldabilidad según la norma IRAM- IAS U500-207 y 502.

B.3.3. REQUERIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE UNA EPS CALIFICADA

Los requerimientos para la elaboración de una **EPS** calificada de acuerdo con este Anexo B son los siguientes:

- (1) Se aplicarán los diseños de juntas indicados en el artículo B.3.2. (1) u otros diseños específicos.
- (2) Se utilizarán alguno de los siguientes procesos de soldadura: SMAW, GMAW y FCAW.

- (3) La selección del material de aporte se efectuar de acuerdo con lo indicado en la Tabla B.1.1. y B.1.2. respectivamente.
- (4) La mínima temperatura de precalentamiento y entre pasadas podrá ser calculada siguiendo el procedimiento recomendado en el Anexo IV del Reglamento CIRSOC 304-2007 o en la guía correspondiente a la Tabla B.3.1. de este Anexo B.

Tabla B.3.1. Temperatura mínima de precalentamiento y entre pasadas para procesos SMAW (Con electrodos de bajo hidrógeno) GMAW y FCAW ^{(a), (b)}

Carbono equivalente (CE_{IIW}) ^{(c), (d)}	Diámetro de la barra (d)	Temperatura mínima
%	mm	°C
$\leq 0,40$	$d \leq 36$	N/A ^(e)
	$40 \geq d \leq 57$	10
$0,40 > CE \leq 0,45$	$d \leq 36$	N/A ^(e)
	$40 \geq d \leq 57$	10
$0,45 > CE \leq 0,55$	$d \leq 20$	N/A ^(e)
	$20 > d \leq 40$	10
	$40 > d \leq 57$	100
$0,55 > CE \leq 0,65$	$d \leq 20$	40
	$20 > d \leq 40$	100
	$40 > d \leq 57$	150
$0,65 > CE \leq 0,75$	$d \leq 20$	150
	$20 > d \leq 57$	200
$> 0,75$	$d \leq 20$	150
	$20 > d \leq 57$	260

- (a) Cuando las barras sean soldadas a otros elementos estructurales de acero será necesario considerar, para establecer la temperatura mínima de precalentamiento y entre pasadas, las características de tales aceros y lo recomendado en el Capítulo 3 del Reglamento CIRSOC 304-2007. Se deberá prestar especial atención a la soldadura de barras a elementos estructurales de aceros templados y revenidos. En todos los casos se utilizará la mayor temperatura de precalentamiento establecida por las Tablas o por la metodología de cálculo utilizada.
- (b) El precalentamiento deberá ser hecho de manera tal que asegure cubrir la sección completa de la barra, planchuela o perfil a una distancia, hacia cada lado de la junta, mayor o igual que **150 mm**.
- (c) Después de ejecutada la soldadura las barras deberán ser enfriadas en forma natural hasta la temperatura ambiente. Cualquier enfriamiento acelerado no está permitido.
- (d) Cuando no sea posible obtener la composición química de la barra, el carbono equivalente será asumido en **0,75%**.
- (e) Si el metal base o la barra se encuentra a una temperatura menor que **0° C**, antes de iniciar la soldadura, se deberá efectuar un precalentamiento hasta una temperatura mayor o igual que **20° C**. Se recomienda, también esta práctica para liberar humedad del material base.

B.4. CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS (EPS) Y SOLDADORES

B.4.1. REQUERIMIENTOS GENERALES

Se deberán seguir los lineamientos establecidos, tanto en el campo de validez como en los requerimientos generales, del Capítulo 4 del Reglamento CIRSOC 304-2007 y los requerimientos particulares de este Anexo B.

B.4.2. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)

B.4.2.1. Preparación de la EPS y del registro de calificación del procedimiento (RCP)

Toda **EPS** para ser calificada deberá estar escrita siguiendo los lineamientos de este Anexo B y del Capítulo 4 del Reglamento CIRSOC 304-2007, excepto que el procedimiento se pueda realizar de acuerdo con el artículo B.3. de este Anexo B. Tanto para la elaboración de la **EPS** como del **RCP** se pueden utilizar como modelo los formularios del Anexo VI del Reglamento CIRSOC 304-2007.

B.4.2.2. Variables esenciales

Cualquier cambio en una, o en algunas de las variables esenciales establecidas en la Tabla B.4.1., requerirá una nueva calificación de la **EPS**.

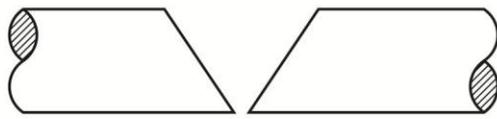
B.4.2.3. Métodos de ensayo

Para determinar la resistencia a la tracción y la calidad del perfil de soldadura que asegure una soldadura sana y con adecuada integridad estructural, para una determinada **EPS**, se deberán efectuar los siguientes ensayos:

- (1) Ensayo de tracción de la sección completa
- (2) Macroataque

B.4.2.4. Posiciones de soldadura para los ensayos

Las posiciones para las soldaduras de producción y probetas de calificación estarán de acuerdo con el Capítulo 4 del Reglamento CIRSOC 304-2007. Las Figuras B.4.1., B.4.2. y B.4.3. adecuan dichas posiciones a los diseños particulares de soldaduras de barras de acero de este Anexo B.



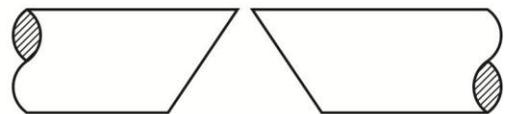
Posición plana o bajo mano,
1G



Posición horizontal, 2G



Posición vertical, 3G



Posición sobrecabeza, 4G

Figura B.4.1. Posiciones de soldadura para la calificación de probetas en uniones a tope directas con JPC.

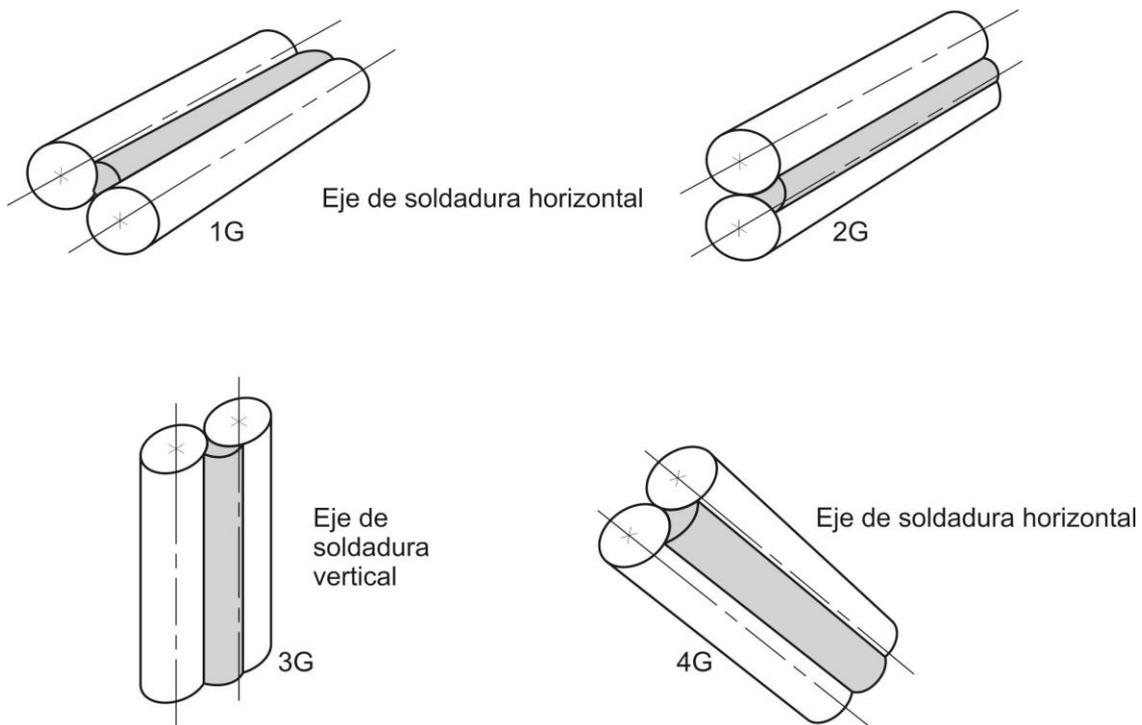


Figura B.4.2. Posiciones de soldadura para la calificación de probetas en uniones a tope indirectas y de empalmes de yuxtaposición simples y dobles con juntas acampanadas o de filete.

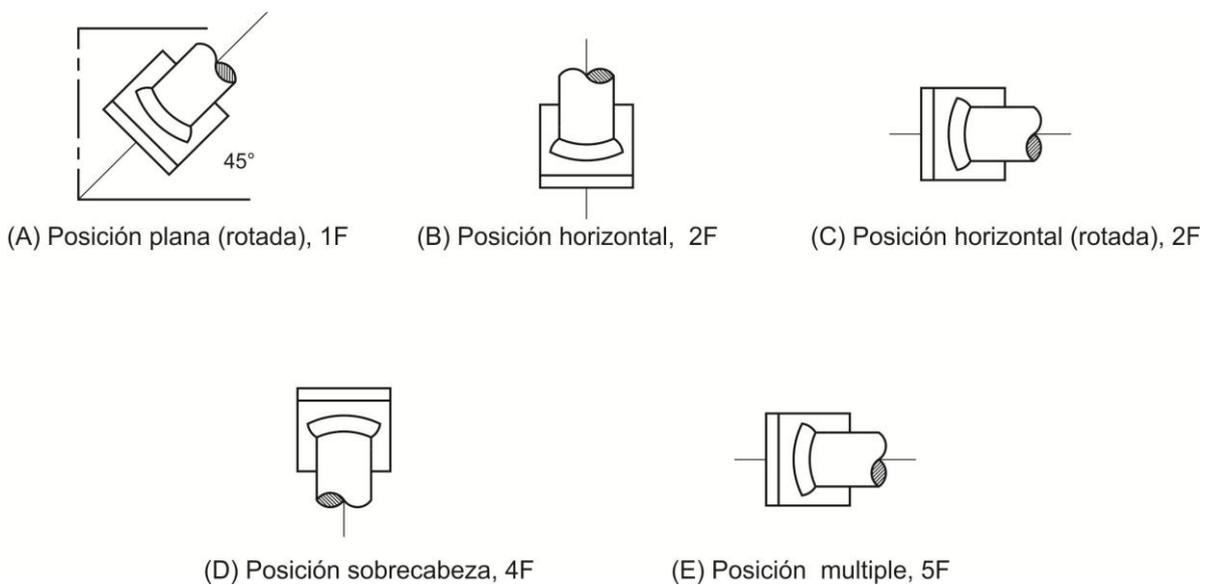


Figura B.4.3. Posiciones para las soldaduras de filete.

B.4.2.5. Preparación, tipo y cantidad de ensayos de calificación de una EPS

La calificación se deberá realizar de acuerdo con lo indicado en la Tabla B.4.2. En el caso de probetas de calificación para uniones en **T** con **JPC** se podrán utilizar juntas a tope directas con el mismo bisel que se utilizará en la producción o en el modelo de probeta indicado en la Figura B.4.4 (B).

B.4.2.5.1. Probetas de soldadura para ensayo de tracción

- (1) **Uniones a tope directas y uniones en T:** deberán tener un largo igual o mayor que **16d**, siendo **d** el diámetro de la barra, con la soldadura ubicada en el centro tal como se indica en las Figuras B.4.4. (A) y (B) respectivamente.
- (2) **Uniones a tope indirectas:** el largo indicado en (1) deberá ser incrementado adicionando el largo de la junta, tal como se indica en la Figura B.4.4 (C) y (D). El largo de las soldaduras deberá asegurar una capacidad total de carga al corte igual o mayor que **0,6 veces** la capacidad de carga obtenida como el producto entre la mínima resistencia a la tracción especificada de la barra de acero y el área nominal de la misma.

B.4.2.5.2. Probetas para macroataque

- (1) **Uniones a tope directas y uniones en T:** cada probeta deberá ser cortada mecánicamente en forma transversal a la dirección de la soldadura. La probeta deberá garantizar una completa visualización de la sección de soldadura, tanto de la raíz como de cualquier refuerzo o sobremonta, tal como se muestra en las Figuras B.4.4 (A) y (B).
- (2) **Uniones a tope indirectas:** cada probeta deberá ser cortada mecánicamente en forma transversal de manera tal de garantizar una completa visualización de la sección de soldadura, tal como se puede observar en las Figuras B.4.4. (C) y (D).

B.4.2.5.3. Métodos de ensayo

- (1) **Ensayo de tracción:** se efectuará de acuerdo con la norma IRAM-IAS U 500-102-2 y con lo indicado en el Capítulo 4 del Reglamento CIRSOC 304-2007.
- (2) **Ensayo de macroataque:** las secciones correspondientes serán pulidas y luego atacadas con una solución adecuada que permita revelar en forma clara el perfil de soldadura. El ensayo se ejecutará de acuerdo con el Capítulo 4 del Reglamento CIRSOC 304-2007.

B.4.2.5.4. Criterio de aceptación para los ensayos de calificación de EPS

- (1) **Ensayo de tracción:** la resistencia a la tracción deberá verificar un valor igual o mayor que el **125 %** del límite de fluencia mínimo especificado para la barras de acero a ser soldadas.
- (2) **Ensayo de macroataque:** la probeta será inspeccionada visualmente y será considerada no aceptada cuando las discontinuidades verificadas excedan los límites establecidos en los Capítulos 4 y 6, respectivamente, del Reglamento CIRSOC 304-2007 y en el Capítulo B.5. de este Anexo B.

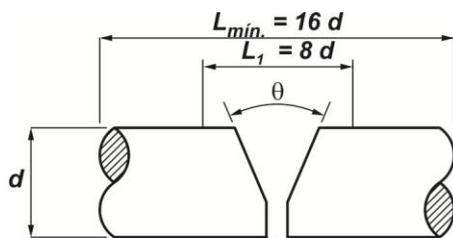
En las juntas a tope biseladas en V ($1/2 V$ y V) se deberá verificar en la sección transversal con macroataque penetración completa.

Para juntas acampanadas y acampanadas en V se deberá verificar el tamaño de la soldadura (E) especificado para el diseño de la unión.

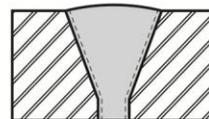
Para juntas de filete y diseños específicos del Reglamento CIRSOC 308-2007 se deberá verificar el tamaño de la soldadura (E) especificado para el diseño de la unión.

Tabla B.4.1. Cambios en variables esenciales del RCP que requieren recalificación de la EPS para SMAW, GMAW y FCAW

Cambios en variables esenciales del RCP que requieren recalificación	Soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW)	Soldadura por arco con alambre macizo y protección gaseosa (GMAW)	Soldadura por arco con alambre tubular (FCAW)
1) Cambio en la clasificación del metal de aporte hacia una de mayor resistencia pero no en forma inversa	X	X	X
2) Cambio a un electrodo o tipo de protección no cubierto por las Tablas B.1.1 y B.1.2	X	X	X
3) Un cambio en el diámetro del electrodo:	Cualquier incremento	Cualquier incremento o disminución	Cualquier incremento
4) Un cambio en la corriente de soldadura para cada diámetro:	A un valor no recomendado por el fabricante del consumible	Incremento o disminución > 10%	Incremento o disminución > 10%
5) Un cambio en la tensión de soldadura para cada diámetro:	A un valor no recomendado por el fabricante del consumible	Incremento o disminución > 7%	Incremento o disminución > 7%
6) Un cambio en el tipo de corriente, polaridad o modo de transferencia (solo GMAW)		X	X
7) Un cambio en la velocidad de soldadura		X	X
8) Cambio en el gas de protección		X	X
9) Un incremento igual o mayor que 25 % o una disminución igual o menor que 25 % en el caudal de gas		X	X
10) Un cambio a una posición no calificada	X	X	X
11) Un cambio en el tipo de bisel	X	X	X
12) Un cambio en el diseño de la junta: (a) Una disminución en el ángulo del bisel > 5° (b) Una disminución en la apertura de raíz > 2 mm (c) Un incremento del talón > 2 mm	X	X	X
13) La eliminación, pero no el agregado, de un respaldo	X	X	X

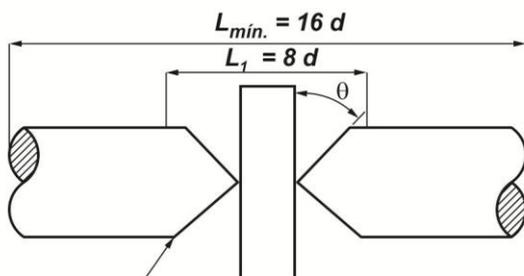


La junta mostrada es solo ilustrativa, deberá utilizarse la junta que corresponda a la calificación

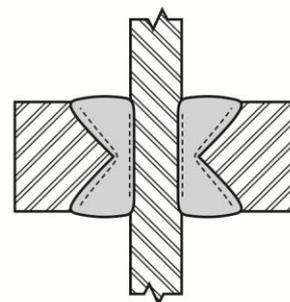


Sección de macroataque

(A) Unión a tope directa - Junta de penetración completa (JPC)



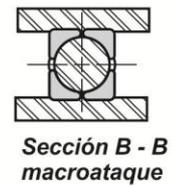
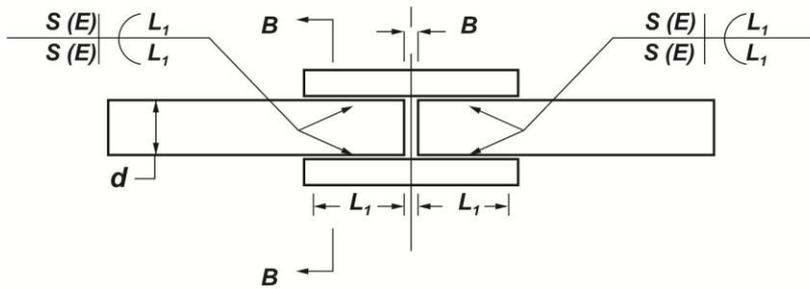
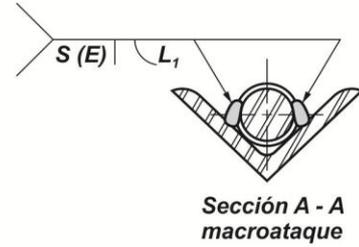
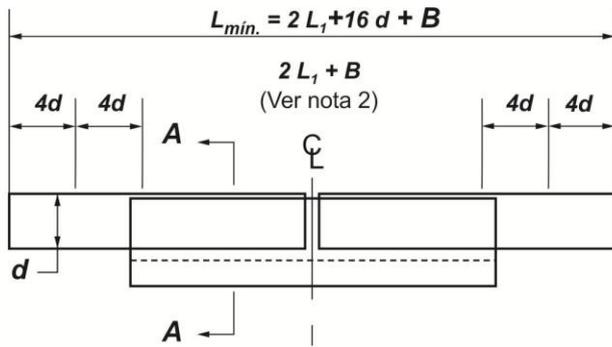
La junta mostrada es solo ilustrativa, deberá utilizarse la junta que corresponda a la calificación



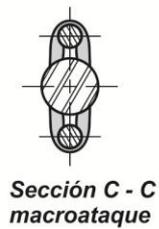
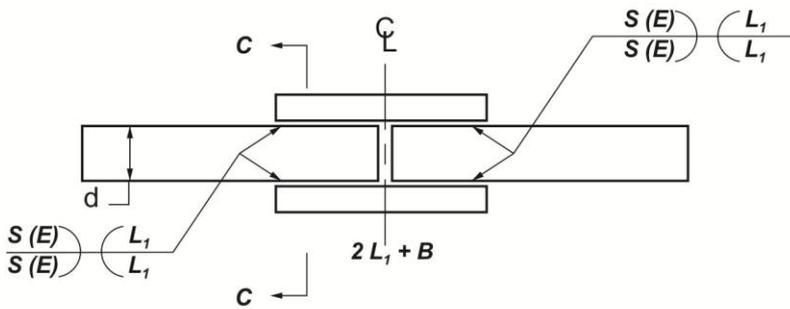
Sección de macroataque

(B) Unión en T - Junta de penetración completa (JPC) alternativa

Figura B.4.4. Probetas de soldadura para ensayos de tracción para calificación de EPS.



(C) Unión a tope indirecta - Junta acampanada simple



(D) Unión a tope indirecta - Junta acampanada en V

Figura B.4.4 (continuación). Probetas de soldadura para ensayos de tracción para calificación de EPS.

Tabla B.4.2. Ensayos de calificación de Procedimientos (EPS)

Tipo de probeta para ensayo de calificación	Cantidad mínima de probetas a ser ensayadas	Cantidad mínima de probetas		Calificación para la producción
		Ensayos de tracción	Macroataque	
Unión a tope directa con JPC, Figura B.4.4. (A)	2	2	2	Figuras B.1.1, B.1.4 y B.1.5.(D)
Unión en T, Figura B.4.4. (B)	2	2	2	Figuras B.1.4. y B.1.5. (D)
Junta a tope indirecta, Figura B.4.4. (C)	2	2	2	Figuras B.1.2. (A) y (B), Figuras B.1.3. y B.1.5. (E)
Junta a tope indirecta, Figura B.4.4. (D)	2	2	2	Figura B.1.3. (C)
Juntas de filete según las Figuras B.4.3. y diseños específicos indicados en el Reglamento CIRSOC 308-2007	2	-	2	Figuras B.1.5. (A), (B) y (C) y diseños específicos indicados en el Reglamento CIRSOC 308-2007

B.4.3. CALIFICACIÓN DE HABILIDAD PARA SOLDADORES

B.4.3.1. Variables esenciales

La Tabla B.4.3. indica la validez para la producción de la calificación de habilidad realizada por un soldador así como el tipo y cantidad de probetas que se deberán aplicar para efectuar dicha calificación. La Tabla B.4.3. debe ser cumplimentada con las variables indicadas a continuación.

B.4.3.1.1. Generales

B.4.3.1.1.1. Metales base

La calificación de habilidad realizada con una barra de acero comprendida en las Tablas B.1.1. y B.1.2. será considerada válida para soldar cualquier otro acero indicado en dicha Tabla, no considerando la presencia de recubrimiento o teniendo el mismo recubrimiento utilizado en la calificación.

B.4.3.1.1.2. Procesos

El soldador deberá ser calificado para cada proceso de soldadura especificado en la **EPS**.

B.4.3.1.1.3. Material de aporte y medio de protección

El soldador que ha sido calificado con alguna de las combinaciones de material de aporte y medio de protección (gas) indicado en las Tablas B.1.1. y B.1.2. quedará habilitado para

la soldadura de cualquier otra combinación de aporte y protección, incluidos en dicha tabla, para el proceso utilizado en el ensayo de calificación.

B.4.3.1.1.4. Posición

Un cambio en la posición de soldadura para la cual el soldador no ha sido calificado requerirá una recalificación (ver Tabla B.4.3).

B.4.3.1.1.5. Diámetros de barra calificados

El soldador estará calificado para la soldadura de barras de diámetro igual o mayor que el utilizado en la calificación.

B.4.3.2. Posiciones de soldadura para los ensayos

Las posiciones para las soldaduras de producción y probetas de calificación estarán de acuerdo con el Capítulo 4 del Reglamento CIRSOC 304-2007. Las figuras B.4.1., B.4.2. y B.4.3. adecuan dichas posiciones a los diseños particulares de soldaduras de barras de acero de este Anexo B.

B.4.3.3. Preparación, tipo y cantidad de ensayos para la calificación de habilidad del soldador

B.4.3.3.1. Condiciones generales

Los ensayos de calificación descritos en este Anexo B permiten determinar la habilidad del soldador para producir soldaduras sanas o aptas. La calificación se desarrollará siguiendo los requisitos escritos en un formulario de **EPS** y será registrada en un formulario de **RCHS**, tales como los sugeridos en el Anexo VI del Reglamento CIRSOC 304-2007.

Para la calificación del soldador, con probetas de soldadura realizadas con juntas a tope directas, la calificación podrá ser realizada mediante ensayo radiográfico (excepto cuando se utilice proceso **GMAW** con modo de transferencia cortocircuito) sin necesidad de ensayos de tracción y macroataque.

El tipo y cantidad de ensayos aplicables a la calificación de habilidad del soldador u operador de soldadura están indicados en la Tabla B.4.3.

B.4.3.3.2. Probetas de soldadura para ensayos de calificación de soldador

Las probetas de calificación deberán ser realizadas por el soldador de la siguiente forma:

- (1) En unión a tope directa el soldador deberá realizar la soldadura de una probeta con junta biselada de penetración completa (**JPC**) por medio de procesos **SMAW**, **GMAW** o **FCAW**, tal como se muestra en la Figura B.4.5.(A). Se deberá utilizar el menor diámetro de barra que será aplicado en producción.
- (2) Para unión a tope indirecta el soldador deberá realizar la soldadura de una probeta a tope indirecta con junta acampanada doble por medio de procesos **SMAW**, **GMAW** o **FCAW**, tal como se muestra en la Figura B.4.5. (B).

- (3) En uniones *T* con *JPC* utilizando procesos *SMAW*, *GMAW* y *FCAW* el soldador efectuará la probeta que se muestra en la Figura B.4.5 (C).
- (4) Para calificación en filete el soldador deberá realizar una probeta que consiste de una barra soldada a una chapa, tal como se muestra en la Figura B.4.5. (D). El soldador será calificado con el menor diámetro de barra y el menor tamaño de filete que se aplicará en producción.

B.4.3.3.3. Probetas de tracción

Para la calificación de soldador las probetas de tracción se efectuarán de acuerdo con lo indicado en el artículo B.4.2.5.1. de este Anexo B.

B.4.3.3.4. Probetas de macroataque

Para la calificación de soldador las probetas de macroataque se efectuarán de acuerdo con lo indicado en el artículo B.4.2.5.2. de este Anexo B.

B.4.3.3.5. Métodos de ensayo (tracción y macroataque)

Para la calificación de soldador los métodos de ensayo de tracción y de macroataque serán efectuados de acuerdo con lo indicado en el artículo B.4.2.5.3. de este Anexo B.

B.4.3.3.6. Ensayo de filete

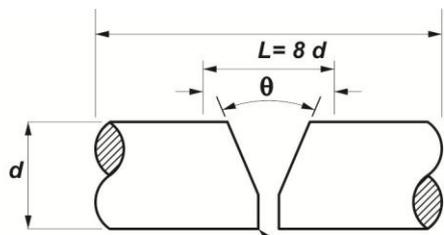
El ensayo se efectuará cuando la probeta soldada alcance la temperatura ambiente. La barra será doblada en un ángulo igual o mayor que **30°** respecto de su eje longitudinal. El doblado se puede realizar por un golpeado con martillo sobre la parte no soldada de la barra o utilizar una palanca por medio de la inserción de un tubo o caño en la barra para doblar ésta en forma manual o mecánica.

B.4.3.3.6. Criterio de aceptación para los ensayos de calificación de soldador

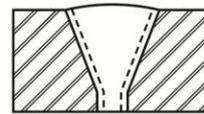
- (1) Ensayo radiográfico: para que la calificación sea aceptada, la imagen radiográfica deberá estar de acuerdo con lo requerido en el artículo B.5.5. de este Anexo B.
- (2) Ensayo de tracción: se deberá verificar lo indicado en el artículo B.4.2.5.4 (1) de este Anexo B.
- (3) Ensayo de macroataque: se deberá verificar lo indicado en el artículo B.4.2.5.4 (2) de este Anexo B.
- (4) Ensayo de doblado del filete: la barra doblada deberá verificar la ausencia de separación:
 - (a) Entre pasadas individuales
 - (b) En la línea de fusión entre la barra y el metal de soldadura
 - (c) En la línea de fusión entre la chapa y el metal de soldadura
 - (d) En la zona afectada por el calor (ZAC)

B.4.3.4. Reensayo

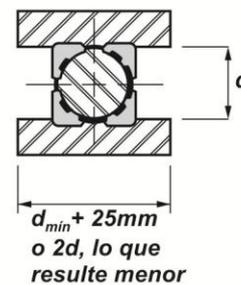
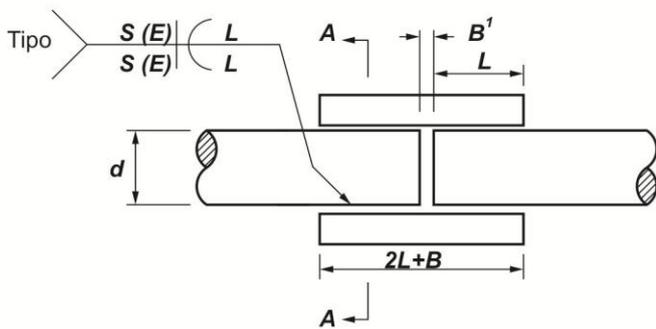
Se aplicará el mismo criterio indicado en el Capítulo 4, artículo 4.26. del Reglamento CIRSOC 304-2007.



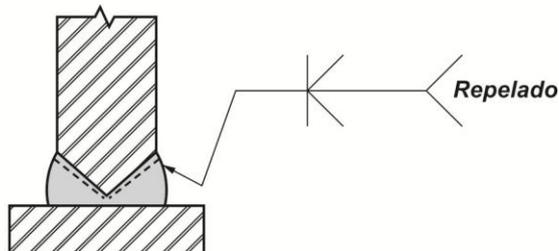
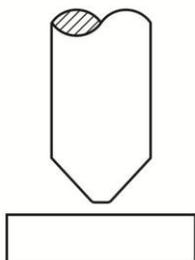
La junta mostrada es solo ilustrativa. Se deberá utilizar la junta que corresponda a la calificación



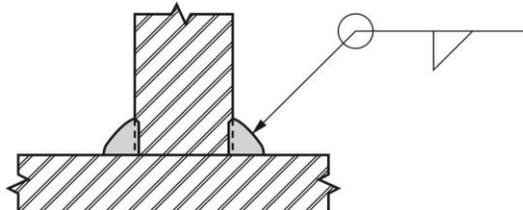
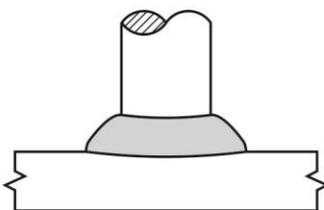
(A) Unión a tope directa - Junta de penetración completa (JPC)



(B) Unión a tope indirecta - Junta acampanada simple



(C) Unión en T - Junta de penetración completa (JPC)



(D) Soldadura de filete entre barra y chapa

Figura B.4.5. Probetas para ensayos de tracción en sección completa y macroataque para la calificación de soldador.

Tabla B.4.3. Calificación del soldador- tipo y cantidad de ensayos; juntas soldadas y posiciones calificadas para la producción

Ensayos de Calificación			Tipo y cantidad de ensayos				Juntas soldadas y posiciones calificadas para la producción				
Tipo de junta para ensayo	Probeta de soldadura	Cantidad de probetas de soldadura	Radiografía	Tracción	Macroataque	Doblado	Posición de soldadura para el ensayo	Juntas a tope directa y en T (Figuras B.1.1., B.1.4. y B.1.5.(D))	Juntas de Filete (Figuras B.1.5. (A), B y C)	Juntas a tope indirectas (Figura B.1.2.)	Juntas de solape (Figura B.1.3.)
A tope directa	Figura B.4.5. (A)	2	2 ^(a)	1 ^(b)	1 ^(b)	–	1G 2G 3G 4G	F F, H F, H, V F, OH	F, H F, H F, H, V F, H, OH	–	–
A tope indirecta	Figura B.4.5. (B)	2	–	–	2	–	1G 2G 3G 4G	–	F, H F, H F, H, V F, H, OH	F, H F, H F, H, V F, OH	F, H F, H F, H, V F, OH
Unión en T com JPC	Figura B.4.5. (C)	2	–	–	2	–	1G 2G 3G 4G	F F, H F, H, V F, OH	F, H F, H F, H, V F, H, OH	–	–
Filete	Figura B.4.5. (D)	2	–	–	–	2	1F 1F (rotado) 2F 2F (rotado) 4F 5F	–	F F, H F, H F, H, OH Todas	–	–
<p>(a) Ensayo radiográfico (RI) no permitido para soldadura GMAW en modo de transferencia cortocircuito (GMAW-S)</p> <p>(b) Ensayo requerido para soldadura GMAW-S</p>											

B.5. FABRICACIÓN, INSPECCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

B.5.1. REQUERIMIENTOS GENERALES

Las pautas de fabricación, inspección y control de calidad de este Anexo B deberán seguir los lineamientos establecidos en los Capítulos 5 y 6 del Reglamento CIRSOC 304-2007.

Adicionalmente se remarcan aspectos de la ejecución de las soldaduras, cuando no es posible realizar una efectiva protección contra las contingencias climáticas. En tal sentido no se deberá realizar soldadura de producción cuando:

- (1) La temperatura ambiente sea menor que **- 18 °C**
- (2) El metal base a ser soldado se encuentre expuesto a humedad, por ejemplo bajo condiciones de lluvia o nieve.
- (3) Para los procesos GMAW y FCAW la velocidad del viento sea mayor que **8 km / h**

La preparación del material base deberá verificar una superficie libre de suciedad, uniforme, sin fisuras, desgarres o cualquier otro tipo de discontinuidades o imperfecciones que pudieran afectar la calidad e integridad estructural de las uniones soldadas. Las superficies a ser soldadas y las adyacentes a la soldadura deberán estar libres de óxido, laminillo, escorias, suciedad, humedad, aceites y grasas o cualquier otro contaminante que pudiera alterar la calidad de la soldadura, producir humos no permitidos o con niveles que excedan los límites permitidos. No será necesaria la eliminación de materiales de recubrimiento de espesores delgados, tales como: inhibidores, galvanizado o compuestos antiadherentes.

B.5.2. DESVIACIONES PERMITIDAS EN EL MONTAJE O PRESENTACIÓN DE LAS UNIONES DE BARRAS UTILIZADAS EN ESTRUCTURAS LIVIANAS

B.5.2.1. Alineación

En las uniones a tope directas, los biseles de las juntas deberán ser alineadas de manera de evitar excentricidades. En consecuencia se deberá verificar, en función del diámetro de barra (d) una desalineación menor o igual que:

- (1) 3 mm para $d \leq 32$ mm
- (2) 5 mm para $32 \text{ mm} < d \leq 40$ mm
- (3) 6 mm para $40 \text{ mm} < d \leq 57$ mm

Para las uniones a tope indirectas, con chapa o planchuela de empalme, la separación entre barras deberá ser igual o menor que **20 mm**, tal como se muestra en la Figura B.1.2. (A).

En uniones de solape o yuxtaposición indirecta, (ver la Figura B.1.3. (B)), la separación entre la barra y la chapa, o planchuela de empalme, será menor o igual que **0,25 d** pero menor o igual que **5 mm**.

Las soldaduras que se efectúen en la parte curva de una barra doblada en frío deberán ser iniciadas y terminadas a una distancia mayor o igual que **2 d** desde los puntos de tangencia formados por la curvatura de la barra, tal como se muestra en la Figura B.5.2.

B.5.3. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN PARA LAS SOLDADURAS DE PRODUCCIÓN

Además de las consideraciones generales de los Capítulos 5 y 6 del Reglamento CIRSOC 304-2007, aplicables a este Anexo B, de los perfiles o Figuras de soldadura aceptables y no aceptables de la Figura 5.4.(A) y (B) del Capítulo 5 del CIRSOC 304-2007 para juntas de filete y los que se muestran en la Figura B.5.1. (A) y (B) de este Anexo B para juntas a tope, deberán tenerse en cuenta los siguientes criterios de aceptación en relación con la inspección visual de la soldadura:

- (1) No deberá presentar indicaciones de fisuras.
- (2) La sobremona o refuerzo deberá ser menor o igual que **3 mm**.
- (3) El tamaño de las socavaduras será menor o igual que **1 mm**.
- (4) Se deberá verificar que exista fusión entre el metal base y el metal de soldadura.
- (5) Todos los cráteres deberán ser completados hasta alcanzar el tamaño de soldadura especificado en la **EPS**.
- (6) La suma de los diámetros de porosidad en juntas acampanadas y de filete será menor o igual que **10 mm** en un largo de soldadura de **25 mm** pero menor o igual que **14 mm** en un largo de soldadura de **150 mm**.

B.5.4. TAMAÑO DE LA SOLDADURA

El tamaño o penetración de la soldadura (**E**) deberá ser igual o mayor que el especificado en la **EPS**. El largo de la soldadura que mantiene el tamaño especificado deberá ser igual o mayor que el largo especificado. Cualquier tramo de la soldadura (incluidos arranques y terminaciones) que no tengan el tamaño especificado no será contabilizado en el largo de la soldadura.

B.5.5. INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA (RI)

Cuando en uniones a tope directas con **JPC** se requiera inspección **RI**, la medida máxima de la porosidad individual aceptada, o de una discontinuidad de fusión (inclusión de escoria) o de la suma de dichas discontinuidades, no excederá lo establecido en la Tabla B.5.1.

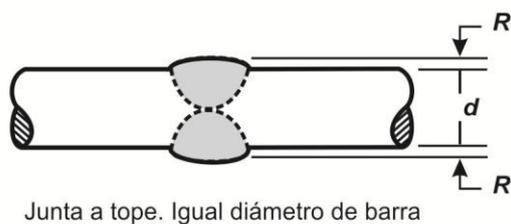
La inspección **RI** se deberá realizar de acuerdo con lo indicado en el Capítulo 6 del Reglamento CIRSOC 304-207. Los requerimientos de los indicadores de calidad de imagen para aplicación de **RI** en soldadura a tope de barras son los correspondientes a la Tabla B.5.2.

Por su parte en las Figuras B.5.3. y B.5.4. se muestra la ubicación típica de la fuente para **RI** y la película, respectivamente, en la inspección de la soldadura de barras a tope.

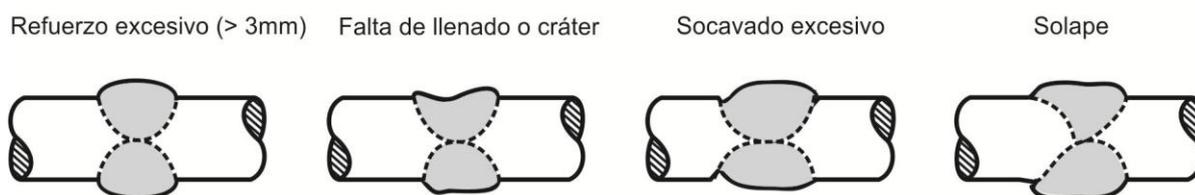
Tabla B.5.1. Criterio de aceptación para ensayos radiográficos (RI) ⁽¹⁾

Diámetro de barra, d (mm)	Suma de discontinuidades (mm)	Discontinuidad individual (mm)
$25 \geq d < 30$	≤ 5	≤ 3
$30 \geq d \leq 32$	≤ 6	≤ 3
$32 > d \leq 36$	≤ 6	≤ 5
$36 > d \leq 40$	≤ 8	≤ 5
$40 > d \leq 57$	≤ 11	≤ 6

(1) El criterio de aceptación para barras con diámetro < 25 mm deberá ser establecido en las especificaciones de contrato



(A) Perfil aceptable para soldaduras a tope de barras

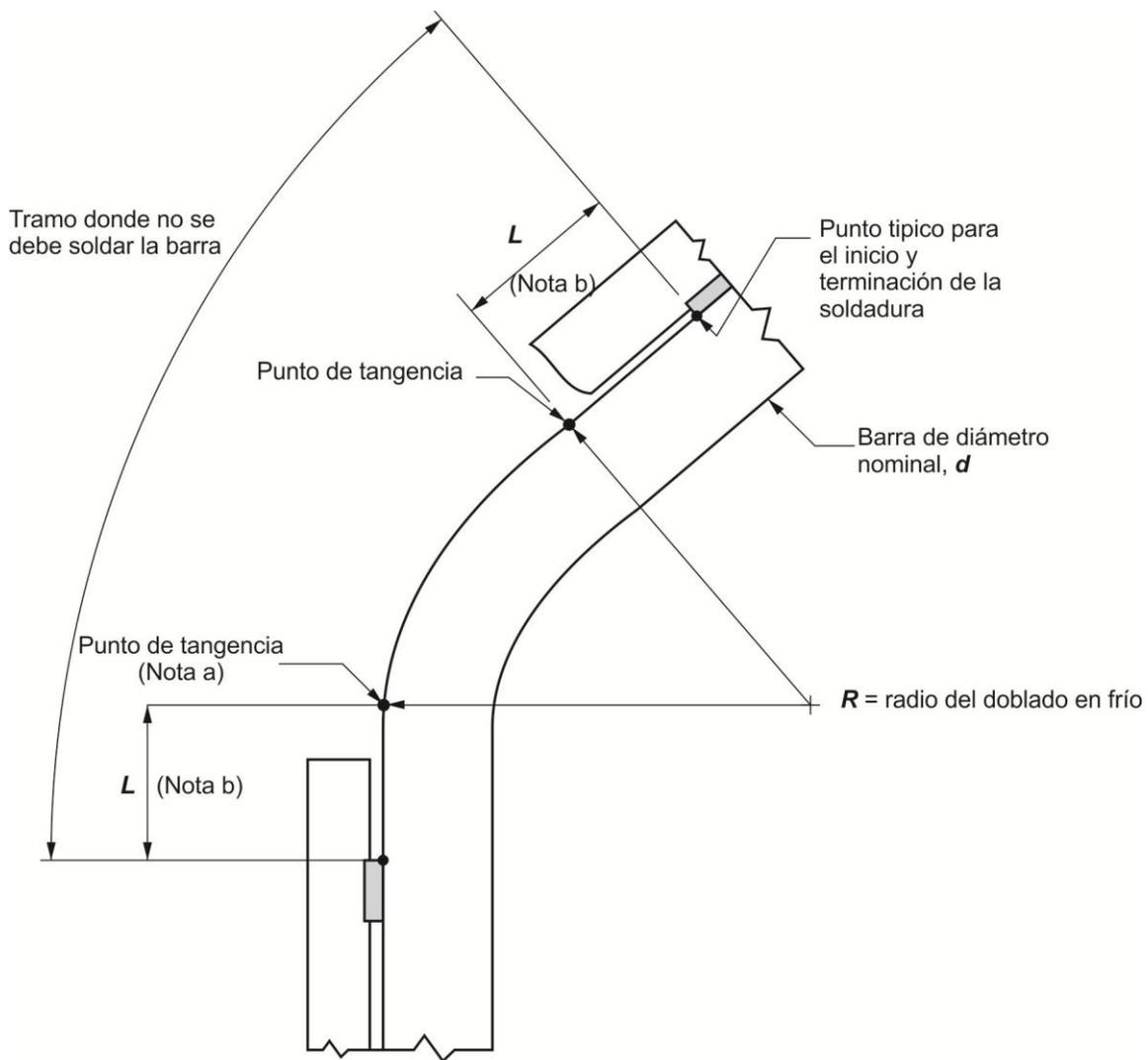


(B) Perfil inaceptable para soldaduras a tope de barras

Figura B.5.1. Esquemas o perfiles de soldadura para juntas a tope de barras.

Tabla B.5.2. Requerimientos del ICI tipo agujero

Diámetro nominal de la barra, mm	Lado de la fuente	
	Denominación	Agujero esencial
≤ 10	12	4T
$>10 \leq 12$	15	4T
$>12 \leq 16$	15	4T
$>16 \leq 20$	17	4T
$>20 \leq 22$	20	4T
$>22 \leq 25$	20	4T
$>25 < 32$	25	4T
$\geq 32 \leq 36$	30	2T
$>36 \leq 50$	35	2T
$>50 \leq 57$	40	2T



Notas:

- (a) Para la soldadura sobre el radio interno considerar los puntos de tangencia en el radio interno
- (b) L igual o mayor que $2d$

Figura B.5.2. Mínima distancia entre soldaduras de una barra curvada en frío.

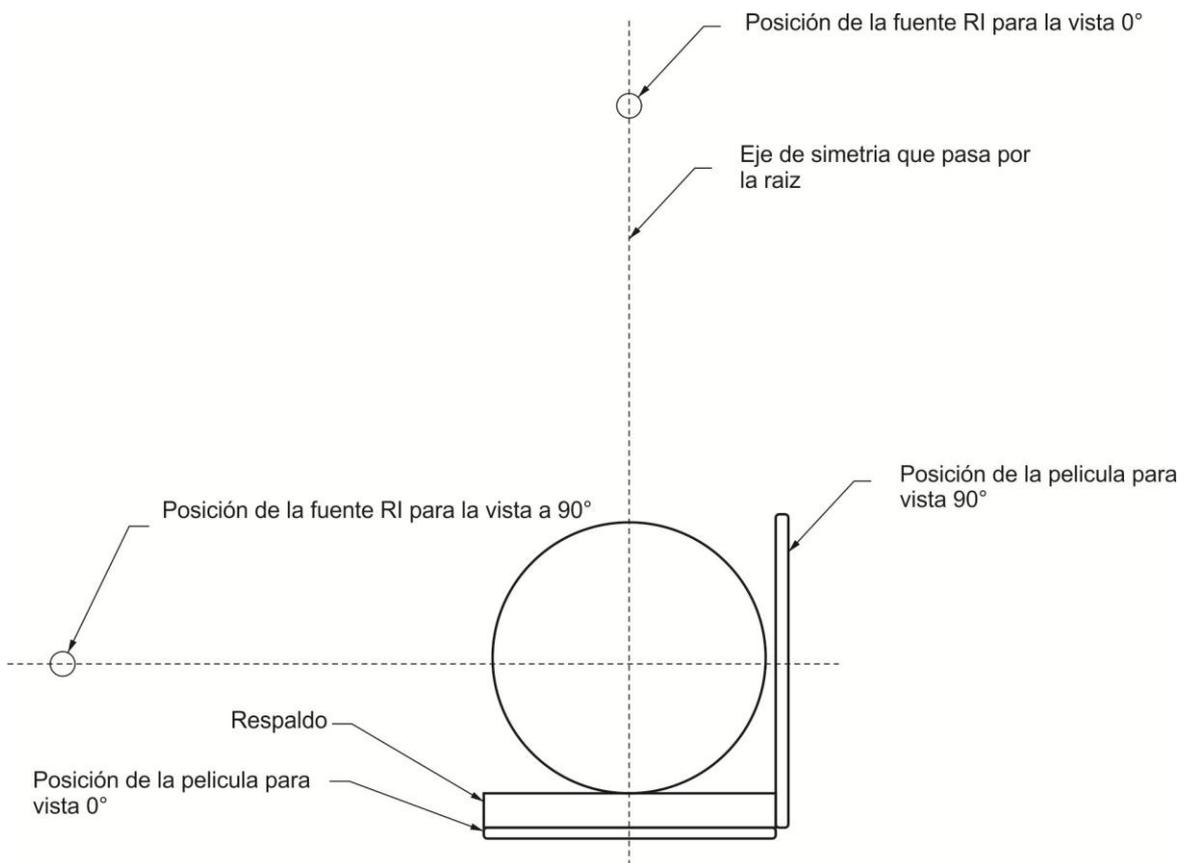


Figura B.5.3. Ubicación de la fuente RI.

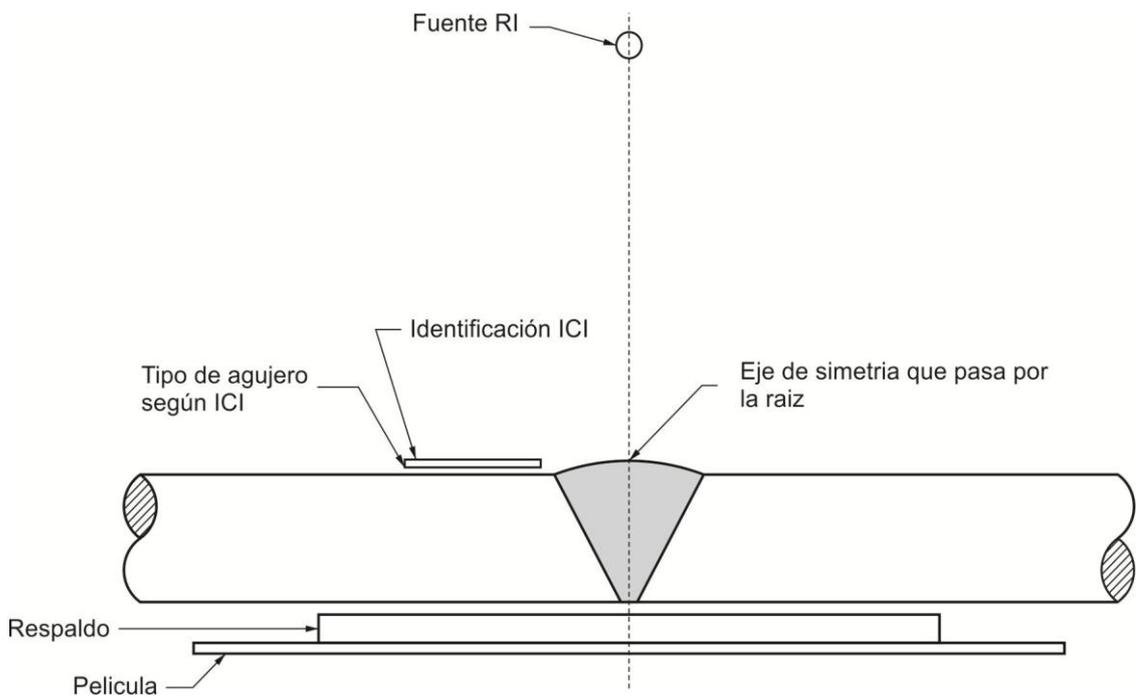


Figura B.5.4. Ubicación de la película.

INTI

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL



CIRSOC

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LOS
REGLAMENTOS NACIONALES DE
SEGURIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES