Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial

METALMECÁNICA



Normas y Códigos de Soldadura

Código: 89001583

Profesional Técnico

AWS D1.1/D1.1M:2010 ANEXO N

ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) Sí [X]
PRECALIFICADO X CUALIFICADO POR ENSAYO ____
O RECORDS DE CUALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR) Sí [ ]

Nombre de la Compañía LECO
Proceso(s) de Soldadura SAW
Número(s) PQR de Soporte Prequalified

Número de Identificación W2081
Revisión 2 Fecha 1-3-89 Por R. Jones
Autorizado por C. W. Hayes Fecha 1-3-89
Tipo—Manual [ ] Semiautomático [ ]
Máquina [X] Automático [ ]

DISEÑOS DE JUNTA UTILIZADO
Tipo: de Tope
Individual [X] Doble Soldadura [ ]
Refuerzo: Sí [X] No [ ]
Material de Refuerzo: ASTM A36
Abertura de Raíz 5/8" Dimensión de Cara de Raíz —
Ángulo de Canal 20° Radio (J–U) —
Remoción de Raíz: Sí [ ] No [X] Método —

POSICIÓN
Posición de Canal: F Filete: —
Progresión Vertical: Arriba [ ] Abajo [ ]

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS
Modo de Transferencia (GMAW) Corto-Circuito [ ] Globular [ ] Rocío [ ]
Corriente: AC [ ] DCEP [X] DCEN [ ] Pulsada [ ]
Fuente de Alimentación: CC [ ] CV [ ]
Otro
Electrodo de Tungsteno (GTAW)
Tamaño:
Tipo:

METALES DE BASE
Especificación de Material ASTM A36
Tipo o Grado —
Espesor: De Canal 1" Filete —
Diámetro (Tubo) —

METALES DE APORTE
Especificación AWS A5.17
Clasificación AWS EM12K

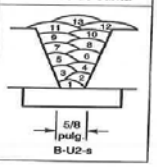
TÉCNICA
Cordón Estrecho u Ondulado: Cordón Estrecho
Multipase o Pase Individual (por lado) Multipase
Número de Electrodos 1
Separación de Electrodos Longitudinal —
Lateral —
Ángulo —
Tubo de Contacto a Distancia de Trabajo 1-1/4"
Martilleo Ninguno
Limpieza de Interpase Escoria Removida

PROTECCIÓN
Fundente 860 Gas —
Composición —
Electrodo-Fundente (Clase) F7A2-EM12K Tasa de Flujo —
Tamaño de Copa de Gas —

TRATAMIENTO POST-SOLDADURA
Temperatura N.A.
Tiempo —

PRECALENTAMIENTO
Temp. Min. de Precalentamiento 150°F
Temp. Min. de Interpase 150°F Max. 350°F

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pase o Capa(s) de Soldadura	Proceso	Metales de Aporte: Clase	Metales de Aporte: Diámetro	Corriente: Tipo y Polaridad	Corriente: Amperios o Velocidad de Alimentación de Alambre	Voltios	Velocidad de Recorrido	Detalles de Junta
1-n	SAW	EM12K	5/32"	DC+	45 ipm 550 Amps ±10%	28 V ±7%	16 ipm ±15%	

Planilla N-1 (Frente)

N°	ORDEN DE EJECUCION	HERRAMIENTAS/INSTRUMENTOS
01	Elaborar procedimiento (WPS) según norma y/o código AWS D1.1.	Hojas A4 Juego de escuadras Lápices de dibujo Borrador
02	Elaborar procedimiento (WPS según norma y/o código ASME IX.	

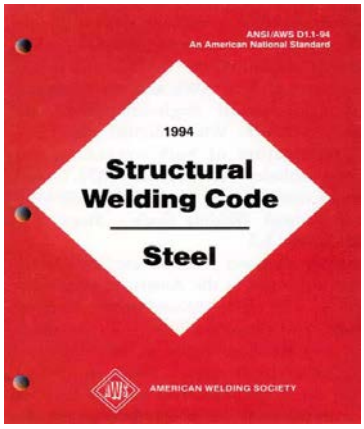
01	05	Hoja bond A4		
PZA.	CANT.	DENOMINACION-NORMA/DIMENSIONES	MATERIAL	OBSERVACIONES

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA WPS	HT. 01 SE.	REF.	
	TIEMPO:	HOJA: 1 /1	
SOLDADOR UNIVERSAL	ESCALA: S.E.	AÑO: 2014	

1.1. ELABORAR PROCEDIMIENTO (WPS) SEGÚN NORMA Y/O CÓDIGO AWS D1.1

Es una operación que consiste en la elaboración de WPS según AWS D1.1 para realizar posteriormente soldaduras de producción sanas.

PROCESO DE EJECUCIÓN:



1° Paso. Utilice la norma D1.1.

a) Siga los procedimientos de la norma sin desviaciones.

OBSERVACIÓN.
Verifique que la versión de la norma a utilizar sea el adecuado al solicitado.

2° Paso. Administre PQR y verifique las variables de acuerdo a AWS D1.1.

a) Utilice todas las variables usadas en su prueba.
b) Verifique los registros de los ensayos.


ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) Sí [X]
PRECALIFICADO ___ CUALIFICADO POR ENSAYO X
O RECORDS DE CUALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR) Sí [ ]

Nombre de la Compañía RMD Inc.
Proceso(s) de Soldadura FCAW
Número(s) PQR de Soporte PQR 231

Número de Identificación PQR 231
Revisión 1 Fecha 12-1-97 Por W. Lyn
Autorizado por J. Jones Fecha 1-16-97
Tipo—Manual [ ] Semiautomático [X]
Máquina [ ] Automático [ ]

DISEÑOS DE JUNTA UTILIZADO
Tipo de Tope
Individual [X] Doble Soldadura [ ]
Refuerzo: Sí [X] No [ ]
Material de Refuerzo: A570M A 131A
Abertura de Raíz 3/4" Dimensión de Cara de Raíz —
Ángulo de Canal 37° Radio (J-U) —
Remoción de Fisir: Sí [ ] No [X] Método —

POSICIÓN
Posición de Canal: O.H. Filete: —
Progresión Vertical: Arriba [ ] Abajo [ ]

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS
Modo de Transferencia (GMAW) Corto-Circuito [ ]
Globular [X] Rocío [ ]
Corriente: AC [ ] DCEP [X] DCEN [ ] Pulsada [ ]
Fuente de Alimentación: CC [ ] CV [ ]
Otro
Electrodo de Tungsteno (GTAW)
Tamaño: ____
Tipo: ____

METALES DE BASE
Especificación de Material A570M A 131
Tipo o Grado A
Espesor: De Canal 3/4-1 1/2" Filete —
Diámetro (Tubo) —

METALES DE APORTE
Especificación AWS A5.20
Clasificación AWS E71T-1

TÉCNICA
Cordón Estrecho u Ondulado: Estrecho
Multipase o Pase Individual (por lado) Multipase
Número de Electrodos 1
Separación de Electrodos Longitudinal —
Lateral —
Ángulo —
Tubo de Contacto a Distancia de Trabajo 1/2-1"
Martillo Ninguno
Limpieza de Interpase Cepillo de Alambre

PROTECCIÓN
Fundente — Gas CO_2
Composición 100% CO_2
Electrodo-Fundente (Clase) — Tasa de Flujo 45CFH
Tamaño de Copa de Gas #6

PRECALENTAMIENTO
Temp. Mín. de Precalentamiento 60°
Temp. Mín. de Interpase 60° Máx. 350°F

TRATAMIENTO POST-SOLDADURA
Temperatura N.A.
Tiempo N.A.

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pase o Capa(s) de Soldadura	Proceso	Metales de Aporte: Clase	Metales de Aporte: Diámetro	Corriente: Tipo y Polaridad	Corriente: Amperios o Velocidad de Alimentación de Alambre	Voltios	Velocidad de Recorrido	Detalles de Junta
A11	FCAW	E71T-1	.045"	DC+	180-220A	25-26V	5-12 ipm	

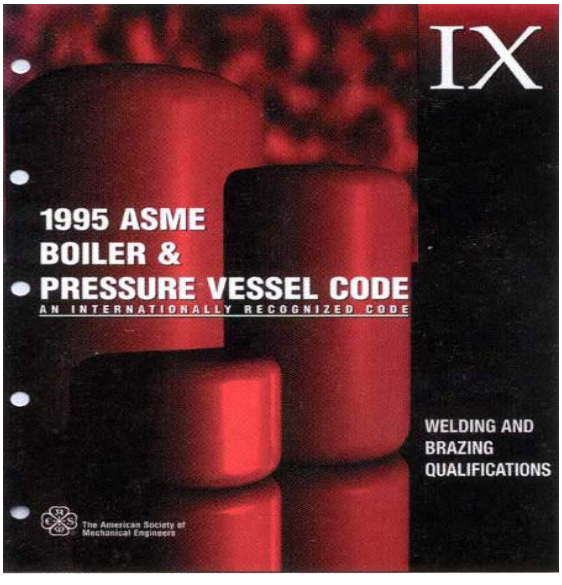
Planilla N-1 (Frente)

3° Paso. Elabore su WPS según AWS D1.1

a) Adjunte los registros de los ensayos.

1.2. ELABORAR PROCEDIMIENTO (WPS) SEGÚN NORMA Y/O CÓDIGO ASME IX.

Es una operación que consiste en la elaboración de WPS según ASME IX para realizar posteriormente soldaduras de producción sanas.



PROCESO DE EJECUCIÓN:

1° Paso. Utilice norma ASME IX.

a) Siga los procedimientos de la norma sin desviaciones.

OBSERVACIÓN.
Verifique que la versión de la norma a utilizar sea el adecuado al solicitado.

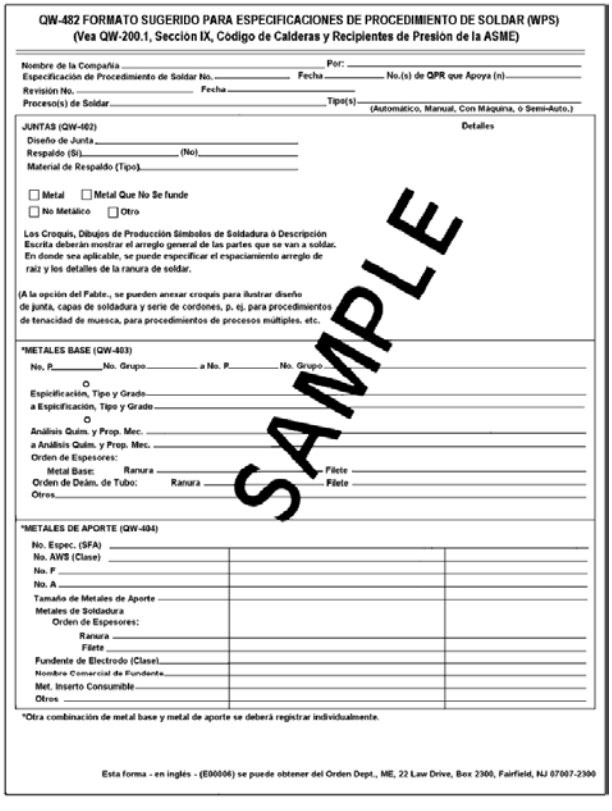
2° Paso. Administre PQR y verifique las variables de acuerdo a ASME IX

b) Utilice todas las variables usadas en su prueba.

c) Verifique los registros de los ensayos.

3° Paso. Elabore su WPS según ASME IX.

d) Adjunte los registros de los ensayos.



QW-482 FORMATO SUGERIDO PARA ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTO DE SOLDAR (WPS)
(Vea QW-200.1, Sección IX, Código de Calderas y Recipientes de Presión de la ASME)

Nombre de la Compañía _____ Por: _____
Especificación de Procedimiento de Soldar No. _____ Fecha _____ No.(s) de QPR que Apoya (n) _____
Revisión No. _____ Fecha _____
Proceso(s) de Soldar _____ Tipo(s) _____ (Automático, Manual, Con Máquina, ó Semi-Auto.)

JUNTAS (QW-402) Detalles
Diseño de Junta _____
Respaldo (Si) _____ (No) _____
Material de Respaldo (Tipo) _____

☐ Metal ☐ Metal Que No Se funde
☐ No Metálico ☐ Otro

Los Croquis, Dibujos de Producción Símbolos de Soldadura ó Descripción Escrita deberán mostrar el arreglo general de las partes que se van a soldar. En donde sea aplicable, se puede especificar el espaciamiento arreglo de raíz y los detalles de la ranura de soldar.

(A la opción del Fabric., se pueden anexar croquis para ilustrar diseño de junta, capas de soldadura y serie de cordones, p. ej. para procedimientos de tenacidad de muesca, para procedimientos de procesos múltiples. etc.

*METALES BASE (QW-403)
No. P. _____ No. Grupo _____ a No. P. _____ No. Grupo _____
O
Especificación, Tipo y Grado _____
a Especificación, Tipo y Grado _____
O
Análisis Quím. y Prop. Mec. _____
a Análisis Quím. y Prop. Mec. _____
Orden de Espesores:
Metal Base: Ranura _____ Filete _____
Orden de Dedm. de Tubo: Ranura _____ Filete _____
Otros _____

*METALES DE APORTE (QW-404)
No. Espec. (SFA) _____
No. AWS (Clase) _____
No. F _____
No. A _____
Tamaño de Metales de Aporte _____
Metales de Soldadura
Orden de Espesores:
Ranura _____
Filete _____
Fundente de Electrodo (Clase) _____
Nombre Comercial de Fundente _____
Met. Inserto Consumible _____
Otros _____

*Otra combinación de metal base y metal de aporte se deberá registrar individualmente.

Esta forma - en inglés - (E00006) se puede obtener del Orden Dept., ME, 22 Law Drive, Box 2300, Fairfield, NJ 07007-2300

SAMPLE

FUNDAMENTO TEÓRICO.

1. FORMATOS PARA LA ELABORACIÓN DEL WPS.

1.1. INTRODUCCIÓN.

La demanda de productos más confiables, la tecnología cada vez más compleja y la necesidad de conservar los recursos, hacen que la calidad de las soldaduras cada día sea de mayor importancia.

Un “sistema de manufactura de soldadura” como parte del sistema total de fabricación producirá artículos de buena calidad, estableciendo capacidades de ingeniería para:

1. Seleccionar, aplicar adecuadamente e inspeccionar los procesos y los equipos de soldadura: el programa de control de calidad.
2. Seleccionar o generar y aplicar procedimientos calificados de soldadura para cada operación: la calificación del procedimiento de soldadura.
3. Dirigir, adiestrar y calificar al personal soldador que produce las construcciones soldadas: la calificación del soldador.

El sistema de fabricación proporciona el apoyo gerencial a través de los planes de acción y de la autoridad delegada.

El sistema comprende la documentación que establece los diseños, las técnicas de manufactura y los métodos de control de calidad.

Desde un punto de vista de la soldadura, incluye también las calificaciones de los procedimientos de soldadura, del desempeño de los soldadores, y un programa general de control de calidad de las soldaduras.

La finalidad de una calificación del procedimiento de soldadura es demostrar que la construcción soldada propuesta tendrá las propiedades necesarias para que su aplicación sea la deseada; esto es, determinar las propiedades de una buena soldadura.

El documento que hace lo anterior es el Procedure Qualification Record (PQR). Este proporciona las variables reales en la soldadura usada para producir una soldadura aceptable de prueba y los resultados de las pruebas efectuadas.

El objetivo de la prueba de calificación del desempeño del soldador es determinar la capacidad del soldador o de la persona que hace la soldadura, para efectuar un buen depósito de metal de soldadura siguiendo una especificación de procedimiento de soldadura.

El documento que se maneja en Estados Unidos es el Performance Qualification Test Record.

En él se califica al soldador o a la persona que hace la soldadura en procesos específicos, para distintas soldaduras, posiciones y espesores.

Ni la calificación del procedimiento de soldadura ni la calificación del desempeño del soldador, establecen la capacidad de la organización o del equipo de soldadura para ejecutar una soldadura aceptable en un producto.

Por tanto, un programa de control de calidad, o para asegurar la misma, establece la autoridad y la responsabilidad; la base del diseño, el control de adquisición y de materiales, la tecnología de manufactura, la selección y la aplicación de procesos y equipos de soldadura; los sujetadores y las herramientas necesarios; los requisitos de pre y postcalentamiento; la calibración del equipo; el entrenamiento y la enseñanza de los soldadores y de la supervisión, y el compromiso de todos los niveles gerenciales para obtener productos de alta calidad.

La implementación de un plan de control de calidad sugiere un programa para el control de calidad. Lo pueden adoptar las compañías que deseen mejorar la calidad y la confiabilidad de la soldadura, y es muy semejante a programas ya establecidos por algunos de los códigos.

La calidad de la soldadura de cualquier producto se debe juzgar con respecto a una norma, la cual debe basarse en el servicio esperado del producto. Debe haber un equilibrio entre los requisitos de servicio y la consecuencia de una falla, y los factores económicos.

Para muchos productos, en varias industrias, los requisitos de calidad de las soldaduras están controlados por los reglamentos y especificaciones aplicables. Sin embargo, cuando no se aplican códigos o especificaciones, el fabricante debe mantener una alta calidad en sus productos para sobrevivir.

El éxito para mantener un equilibrio entre la alta calidad y bajo costo se decide en el campo y en el mercado, donde la calidad y el precio determinan si continúa el éxito del fabricante.

Hace poco tiempo las construcciones soldadas de los vehículos espaciales y los recipientes nucleares estaban expuestas a medios sin precedente.

La perfección de la soldadura requerida y obtenida en esta clase de trabajo ha sido Confiabilidad de las Soldaduras posible gracias a procedimientos excelentes, entrenamiento extenso, y métodos estrictos de aseguramiento de la calidad.

Este nivel de calidad se alcanza debido a la amplia preparación, a los procedimientos tediosos, pruebas y calificaciones, que contribuyen al alto costo final.

Sin embargo, no en todo tipo de construcción soldada se requieren soldaduras perfectas. La industria de la soldadura debe procurar no establecer requisitos excesivos de calidad cuando no se necesiten.

La responsabilidad de elaborar productos de alta calidad depende de mucha gente.

Es responsabilidad de la gerencia alentar adecuadamente al personal para que haya cooperación entre diseñadores, gerentes y trabajadores de producción, supervisores y personal de control de calidad e inspección para asegurar que los requisitos de calidad sean los requeridos y estén de acuerdo con el servicio esperado.

Es responsabilidad del soldador producir soldaduras de alta calidad. Cada soldador debe aceptar esta responsabilidad.

El supervisor de soldaduras tiene la responsabilidad de los soldadores y de su desempeño. El inspector de soldadura debe verificar que se cumpla con las normas de calidad.

Las normas de soldadura o especificaciones y procedimientos son la base para la calidad de la soldadura, y estos factores, aunados al diseño, de la construcción soldada, son responsabilidad de los diseñadores, de los ingenieros de soldadura, los gerentes de materiales, y del personal de aseguramiento de la calidad.

Es responsabilidad total con todo lo que implica. Los diseñadores, los responsables de las especificaciones, los que especifican materiales, y demás, deben mantener estrecho contacto con las necesidades y problemas en el campo.

Deben ser sensibles a las necesidades del cambio y reducir o estrechar las normas cuando sea necesario. Los supervisores de soldadura y los gerentes de producción deben estar siempre en alerta para descubrir cuando la mano de obra no cumpla con las normas.

La necesidad de diferenciar entre la soldadura adecuada y la perfecta ha conducido a investigaciones con respecto a la aceptabilidad de imperfecciones en las soldaduras, y a cómo dichas imperfecciones afectan la vida de servicio.

Esto también ha conducido a investigaciones del grado de imperfección y ajuste en lo que respecta al objetivo de la construcción soldada. A través de los años los datos se han convertido en reglamentos o códigos y especificaciones para distintos tipos de equipo.

El conocimiento logrado de experiencias de campo y de construcciones soldadas se refleja en las actualizaciones o revisiones de los reglamentos.

Un problema importante de la producción de construcciones soldadas es la sospecha del diseñador de que la construcción soldada no se fabrique como está diseñada. Esta sospecha se tiene cuando los diseñadores toman en cuenta factores de mano de obra que no están bajo su control.

Piensan que el soldador puede lograr uniones iguales a las requeridas por el diseño bajo condiciones ideales, y que el soldador produce una soldadura de buena calidad cuando pasa la prueba de calificación de desempeño; sin embargo, quieren tener la seguridad de que toda soldadura en la construcción sea de buena calidad.

Para tener una seguridad positiva es necesario implementar un programa de control de calidad. Esos programas a la larga ahorran dinero porque eliminan el problema de fallas prematuras de campo, desastres, o el costo de sobre-soldar para contrarrestar la sospecha de malas prácticas de taller.

1.2. SEGÚN AWS. D1.1.

1.2.1. REQUERIMIENTOS GENERALES.

Este Código contiene los requerimientos para la fabricación y el montaje de las estructuras de acero soldadas.

Cuando este Código está estipulado en los documentos del Contrato, se requerirá la conformidad de todas las estipulaciones del Código, (ver 1.4.1) excepto aquellas en que los documentos del Ingeniero o del Contrato las modifiquen específicamente o las exima.

Lo siguiente es un resumen de las secciones del Código:

1. **Requerimientos generales**: Esta sección contiene información básica sobre las generalidades y las limitaciones del Código.

2. **Diseño para las conexiones soldadas**: Esta sección contiene los requerimientos para el diseño de las conexiones soldadas compuestas de piezas tubulares o no-tubulares.

3. **Precalificación**: Está sección contiene los requerimientos sobre las excepciones de los WPS. (Welding Procedure Specification; “Procedimientos de Soldadura Especificados”) en cuanto a los requerimientos de calificación de este Código.

4. **Calificación**: Esta sección contiene los requerimientos de WPS y para el personal de soldadura (soldadores, operadores de soldaduras y apuntaladores) que se necesitan para realizar el trabajo de acuerdo al Código.

5. **Fabricación**: Esta sección contiene los requerimientos, para la preparación, el armado estructural y la mano de obra para las estructuras de acero soldadas.

6. **Inspección**: Esta sección contiene los criterios para las calificaciones y responsabilidades de los Inspectores, los criterios de aceptación para la producción de soldaduras y los procedimientos oficiales para realizar la inspección visual y los ensayos no destructivos NDT (Nondestructive Testing).

7. **Soldadura “Stud”**: Esta sección contiene los requerimientos de los conectores de corte en el acero estructural.

8. **Refuerzo y reparación de las estructuras existentes**: Esta sección contiene información básica pertinente para las modificaciones de las soldaduras o la reparación de las estructuras de acero existentes.

1.2.2. LIMITACIONES.

El Código no tiene el propósito de ser utilizado en lo siguiente:

- Aceros con un límite de fluencia mayor a 100 ksi (690 MPa).
- Aceros de un espesor inferior a 1/8 de pulgadas (3 mm).

Cuando se vayan a soldar metales base más delgados que 1/8 pulgadas (3 mm), deberían aplicarse los requerimientos de AWS

D1.3. Cuando se utilicen de acuerdo con la Norma AWS D1.3, se requerirá la conformidad con las estipulaciones aplicables de este Código.

- Estanques o tuberías (cañerías) a presión.
- Metales base que no sean de acero al carbono o de baja aleación.

El AWS D1.6 *Código de Soldadura Estructural para acero inoxidable* debería utilizarse para las soldaduras en estructuras de acero inoxidable.

Cuando los documentos del Contrato especifiquen la Norma AWS D1.1 para soldar acero inoxidable, deberían aplicarse los requerimientos de AWS D1.6.

1.2.3. DEFINICIONES.

Los términos utilizados en este Código deberán interpretarse en conformidad con las definiciones entregadas en la edición más reciente de AWS A.30 “Standard Welding Terms and Definitions (“Términos de Soldaduras y Definiciones Oficiales”) que se proporcionan en el Anexo B de este Código y las siguientes definiciones:

1.2.3.1. Ingeniero: Se definirá como un individuo debidamente designado que actúe para, y a favor de, el propietario en todos los asuntos del ámbito del Código.

1.2.3.2. Contratista: Se definirá como toda compañía, o individuo representante de una compañía, responsable de la fabricación, montaje, manufactura o soldadura, en conformidad con las estipulaciones de este Código.

1.2.3.3. Inspectores:

- **Inspector del Contratista: "**El Inspector del Contratista" se definirá como la persona debidamente designada que actúe para y en beneficio del Contratista, en toda inspección y asuntos sobre calidad en el ámbito de este Código y de los documentos del Contrato.
- **Inspector de verificación:** Se definirá como la persona debidamente designada que actúe para y en beneficio del Propietario o Ingeniero en toda inspección y asuntos sobre calidad especificados por el Ingeniero.
- **Inspector (es) (no modificado):** Cuando el término "Inspector" sea utilizado sin calificación posterior, como la Categoría específica del Inspector descrita anteriormente, se aplica igualmente al Inspector del Contratista y al Inspector de Verificación, dentro de los límites de responsabilidad.

1.2.3.4. O.E.M. (Original Equipment Manufacturer) Fabricante del Equipo Original. OEM se definirá como el único Contratista que asumirá algunas o todas las responsabilidades asignadas por este Código al Ingeniero.

1.2.3.5. Propietario: Se definirá como el individuo o compañía que ejerza la propiedad legal del producto o el armado estructural producido bajo este Código.

1.2.3.6. Los términos del Código: "Shall" – deberá / tendrá que; "Should"- debería / tendría que, y "May" – puede; tienen el siguiente significado:

Shall – Deberá/ tendrá que. Las estipulaciones del Código que utilicen "shall" – deberán ser obligatorias a menos que sean específicamente modificadas en los documentos del Contrato por el Ingeniero.
Should (debería). La palabra "should" se usa para prácticas recomendadas que se consideren beneficiosas, pero que no son requerimientos.
May (puede): La palabra "may" en una estipulación permite el uso de procedimientos opcionales o prácticas que puedan utilizarse como una alternativa o complemento para los requerimientos del Código.

Aquellos procedimientos opcionales que requieran la aprobación del Ingeniero, ya sea, que estén especificados en los documentos del contrato o que necesiten la aprobación del Ingeniero.

El Contratista puede utilizar cualquier opción sin la aprobación del Ingeniero cuando el Código no especifique que deberá requerirse la aprobación del Ingeniero.

1.2.4. RESPONSABILIDADES.

1.2.4.1. RESPONSABILIDADES DEL INGENIERO.

El Ingeniero deberá ser responsable del desarrollo de los documentos del Contrato que regulen los productos o las estructuras armadas producidas bajo este Código.

El Ingeniero puede agregar, suprimir o modificar de otro modo los requerimientos de este Código para cumplir con los requerimientos particulares de una estructura específica.

Todos los requerimientos que modifiquen este Código deberán incorporarse a los documentos del Contrato:

- El Ingeniero deberá especificar en los documentos necesarios del Contrato y según sea aplicable, lo siguiente:

- Los requerimientos del Código que sean aplicables, solamente especificados por el Ingeniero.

- Todos los NDT (Non Destructive Test) ensayos no-destructivos que no se refieran específicamente en el Código.

- Inspección de verificación, cuando lo requiera el Ingeniero.

- Criterios de aceptación de soldaduras que no sean los establecidos en la sección 6.

- Criterios de Tenacidad (CVN) para soldar un metal con otro, y/o cuando se requiera HAZ.

- Para aplicaciones no – tubulares, ya sea que estas estén cargadas estáticamente o cíclicamente.

- Todos los requerimientos adicionales a los que no se refiera específicamente en este Código.

Para las aplicaciones OEM, las partes responsables involucradas.

1.2.4.2. RESPONSABILIDADES DEL CONTRATISTA.

El Contratista deberá ser responsable de las WPS, de la calificación del personal, la inspección del contratista y del trabajo pertinente en conformidad con los requerimientos de los documentos del Contrato.

1.2.4.3. RESPONSABILIDAD DEL INSPECTOR.

Inspección del Contratista. La inspección del Contratista será proporcionada por el Contratista y se realizará según sea necesario para asegurar que la calidad del trabajo del material cumpla con los requerimientos de los documentos del Contrato.

Inspección de Verificación. El Ingeniero determinará si la Inspección de Verificación será pertinente. Las Responsabilidades de la verificación de Inspección deberán establecerse entre el Ingeniero y el Inspector de Verificación.

1.2.5. APROBACIÓN.

Todas las referencias sobre la necesidad de aprobación, se someterán a la aprobación por parte del Encargado de Obras Civiles o del Ingeniero.

1.2.6. SÍMBOLOS DE SOLDADURAS.

Los símbolos de soldaduras serán aquellos que se muestran en la última edición de AWS A2.4, símbolos para soldaduras, equipos de soldadura y ensayos no-destructivos (“Symbols for Welding,

“Brazing and Non-destructive Examination”. Las condiciones especiales deberán explicarse en su totalidad mediante notas o detalles agregados.

1.2.7. PRECAUCIONES SOBRE SEGURIDAD.

Este documento técnico no está dirigido a todas las soldaduras y a los peligros de la salud. Sin embargo, puede encontrarse información pertinente en los siguientes documentos:

1) ANSI Z49.1 “Safety in Welding, Cutting and Allied Processes”. (Seguridad en soldaduras, cortes y procesos Anexos).

2) Impresos del fabricante sobre seguridad en cuanto a equipos y materiales.

3) Otros documentos pertinentes según sea apropiado. Estos documentos se referirán y deben seguirse de acuerdo a lo requerido. (Ver también Anexo J sobre Prácticas Seguras) ***Nota:*** Este Código puede involucrar materiales, operaciones y equipos peligrosos. El Código no contiene indicaciones sobre todos los problemas de seguridad asociados a su uso.

Es responsabilidad del usuario establecer la seguridad adecuada y las prácticas saludables. El usuario debería determinar la aplicabilidad de cualquier limitación reglamentaria previa a su uso.

1.3. FORMULARIOS DE SOLDADURAS DE MUESTRA.

(Este Anexo (N) no es parte de AWS D1.1/D1.1M:2002*, Código de Soldadura Estructural - Acero*, pero está incluido solo para propósitos de información)

Este anexo contiene seis formularios que el Comité de Soldadura Estructural ha aprobado para el registro de calificación del WPS, la calificación del soldador, la calificación del operador de la soldadura, y la información de la calificación del apuntalador requerida por este código.

También se incluyen formularios de informe de laboratorio para registrar los resultados de las NDT (Pruebas No Destructivas) de las soldaduras.

Se recomienda que las calificaciones y la información de las NDT requeridas por este código sean registradas en estos formularios o en formularios similares, los cuales deben ser preparados por el usuario.

Se permiten variaciones de estos formularios que se ajusten a las necesidades del usuario. Estos formularios están disponibles desde AWS.

- **N1. Comentario sobre el Uso de los Formularios N1 (Anterior) y N1 (Posterior).**

El Formulario N1 puede usarse para registrar información, ya sea un WPS o un PQR. El usuario debe indicar sus aplicaciones en los rectángulos apropiados, o el usuario puede elegir eliminar los encabezados inapropiados.

Los formularios WPS y PQR deben ser firmados por el Fabricante o por el Contratista. Para los detalles de soldadura en los WPS, un gráfico o una referencia sobre detalle de la unión precalificada aplicable puede utilizarse (Ejemplo B-U4a).

- **N2. Precalificada.**

Los WPS pueden ser precalificados en conformidad con todas las estipulaciones de la Sección 3 en cuyo caso se requiere sólo el documento de una página: Formulario N1.

- **N3. Formulario de Ejemplo.**

Ejemplos de los WPS y PQR completados han sido incluidos para propósitos de información.
Los nombres son ficticios y los datos de las pruebas no provienen de una prueba real y no deben ser usados.

El Comité confía en que los ejemplos ayudarán a los usuarios para producir documentación aceptable.

AWS D1.1/D1.1M:2010

ANEXO N

ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) Sí [X]
PRECALIFICADO [X] CUALIFICADO POR ENSAYO [ ]
O RECORDS DE CUALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR) Sí [ ]

Nombre de la Compañía: LECO
Proceso(s) de Soldadura: SAW
Número(s) PQR de Soporte: Prequalified

Número de Identificación: W2081
Revisión: 2 Fecha: 1-3-89 Por: R. Jones
Autorizado por: C. W. Hayes Fecha: 1-3-89
Tipo—Manual [ ] Semiautomático [ ]
Máquina [X] Automático [ ]

DISEÑOS DE JUNTA UTILIZADO
Tipo: de Tope
Individual [X] Doble Soldadura [ ]
Refuerzo: Sí [X] No [ ]
Material de Refuerzo: ASTM A 36
Abertura de Raíz 5/8" Dimensión de Cara de Raíz —
Ángulo de Canal 20° Radio (J–U) —
Remoción de Raíz: Sí [ ] No [X] Método —

POSICIÓN
Posición de Canal: F Filete: —
Progresión Vertical: Arriba [ ] Abajo [ ]

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS
Modo de Transferencia (GMAW) Corto-Circuito [ ]
Globular [ ] Rocío [ ]
Corriente: AC [ ] DCEP [X] DCEN [ ] Pulsada [ ]
Fuente de Alimentación: CC [ ] CV [ ]
Otro
Electrodo de Tungsteno (GTAW)
Tamaño:
Tipo:

METALES DE BASE
Especificación de Material: ASTM A 36
Tipo o Grado: —
Espesor: De Canal 1" Filete —
Diámetro (Tubo) —

METALES DE APORTE
Especificación AWS: A5.17
Clasificación AWS: EM12K

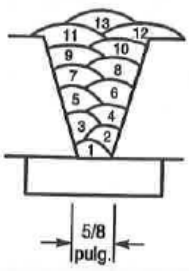
TÉCNICA
Cordón Estrecho u Ondulado: Cordón Estrecho
Multipase o Pase Individual (por lado): Multipase
Número de Electrodos: 1
Separación de Electrodos Longitudinal —
Lateral —
Ángulo —
Tubo de Contacto a Distancia de Trabajo: 1-1/4"
Martilleo: Ninguno
Limpieza de Interpase: Escoria Removida

PROTECCIÓN
Fundente: 860 Gas: —
Composición: —
Electrodo-Fundente (Clase): F7A2-EM12K Tasa de Flujo: —
Tamaño de Copa de Gas: —

PRECALENTAMIENTO
Temp. Min. de Precalentamiento: 150°F
Temp. Min. de Interpase: 150°F Max. 350°F

TRATAMIENTO POST-SOLDADURA
Temperatura: N.A.
Tiempo: —

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pase o Capa(s) de Soldadura	Proceso	Metales de Aporte		Corriente		Voltios	Velocidad de Recorrido	Detalles de Junta
		Clase	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amperios o Velocidad de Alimentación de Alambre			
1-n	SAW	EM12K	5/32"	DC+	45 ipm 550 Amps ±10%	28 V ±7%	16 ipm ±15%	

B-U2-s

Planilla N-1 (Frente)

AWS D1.1/D1.1M:2010 ANEXO N

ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) Sí [X]
PRECALIFICADO _____ CUALIFICADO POR ENSAYO X
O RECORDS DE CUALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR) Sí [ ]

Nombre de la Compañía RED Inc.
Proceso(s) de Soldadura FCAW
Número(s) PQR de Soporte PQR 231

Número de Identificación PQR 231
Revisión 1 Fecha 12-1-87 Por W. Lye
Autorizado por J. Jones Fecha 1-18-88
Tipo—Manual [ ] Semiautomático [X]
Máquina [ ] Automático [ ]

DISEÑOS DE JUNTA UTILIZADO
Tipo: de Tope
Individual [X] Doble Soldadura [ ]
Refuerzo: Sí [X] No [ ]
Material de Refuerzo: ASTM A 131A
Abertura de Raíz 1/4" Dimensión de Cara de Raíz —
Ángulo de Canal 35° Radio (J–U) —
Remoción de Raíz: Sí [ ] No [X] Método —

POSICIÓN
Posición de Canal: O.H. Filete: —
Progresión Vertical: Arriba [ ] Abajo [ ]

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS
Modo de Transferencia (GMAW) Corto-Circuito [ ]
Globular [X] Rocío [ ]
Corriente: AC [ ] DCEP [X] DCEN [ ] Pulsada [ ]
Fuente de Alimentación: CC [ ] CV [ ]
Otro
Electrodo de Tungsteno (GTAW)
Tamaño:
Tipo:

METALES DE BASE
Especificación de Material ASTM A 131
Tipo o (Grado) A
Espesor: De Canal 3/4-1 1/2" Filete —
Diámetro (Tubo) —

METALES DE APORTE
Especificación AWS A5.20
Clasificación AWS E71T-1

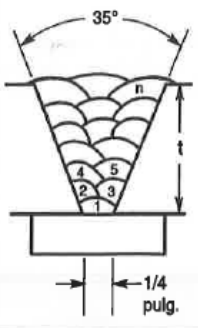
TÉCNICA
Cordón Estrecho u Ondulado: Estrecho
Multipase o Pase Individual (por lado) Multipase
Número de Electrodos 1
Separación de Electrodos Longitudinal —
Lateral —
Ángulo —
Tubo de Contacto a Distancia de Trabajo 1/2-1"
Martilleo Ninguno
Limpieza de Interpase Cepillo de Alambre

PROTECCIÓN
Fundente — Gas CO_2
Composición 100% CO_2
Electrodo-Fundente (Clase) — Tasa de Flujo 45CFH
Tamaño de Copa de Gas #4

PRECALENTAMIENTO
Temp. Min. de Precalentamiento 60°
Temp. Min. de Interpase 60° Max. 350°F

TRATAMIENTO POST-SOLDADURA
Temperatura N.A.
Tiempo N.A.

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pase o Capa(s) de Soldadura	Proceso	Metales de Aporte: Clase	Metales de Aporte: Diámetro	Corriente: Tipo y Polaridad	Corriente: (Amperios) o Velocidad de Alimentación de Alambre	Voltios	Velocidad de Recorrido	Detalles de Junta
All	FCAW	E71T-1	.045"	DC+	180-220A	25-26V	8-12 ipm	

Planilla N-1 (Frente)

ANEXO N

AWS D1.1/D1.1M:2010

FORMATO PARA INFORMACIÓN DE ENSAYO DE CALIFICACIÓN DE APLICACIÓN DE SOLDADURA DE ESPÁRRAGOS SEGÚN LA SUB-SECCIÓN 7.6 Sí ☐
ENSAYO DE PRE-PRODUCCIÓN SEGÚN LA SUB-SECCIÓN 7.7.1 (WPS) Sí ☐
O REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR) Sí ☐
O REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR (WQR) Sí ☐

Nombre de la compañía _____
Nombre de operador _____
Número de ensayo _____
Material de espárrago de soldadura _____
Tamaños de espárrago de soldadura y
Número PN/Fabricante _____

Material de Base
Especificación _____
Aleación y temple _____
Condición de superficie HR ☐ CR ☐
Revestimiento _____
Método de limpieza _____
Calibre de plataforma _____

Figura de Material de Base
Plano ☐ Redondo ☐ Tubular ☐
Ángulo ☐ Interior ☐ Exterior ☐ Radio Interior ☐
Espesor _____

Casquillo
Nº de parte/Fabricante _____
Descripción de casquillo _____

Equipos
Configuraciones de Aplicación, Corriente y Configuración de Tiempo
Marca _____ Modelo _____
Pistola de espárragos: Marca _____ Modelo _____
Tiempo de soldadura (segundos) _____
Corriente (amperaje) _____
Polaridad: DCEN _____ DCEP _____
Elevación _____
Protuberancia (protrusión) _____
Tamaño de cable de soldadura _____ Longitud _____
Número de contactos a tierra (pieza de trabajo conectada a polo negativo) _____

Dibujo de Base de Espárrago/Detalle de Aplicación

Posición de Soldadura
Plano (Hacia abajo) ☐ Horizontal (de Lado) ☐ Angular—grados desde lo normal ☐ Hacia arriba ☐

Gas protector
Gas Protector(es)/Composición _____
Tasa de flujo _____

(Continuado)

1.4. SEGÚN ASME IX.

1.4.1. PARTE QW SOLDADURA.

ARTÍCULO I REQUERIMIENTOS GENERALES DE SOLDADURA.

1.4.1.1. QW-100 GENERAL.

La Sección IX del Código de Calderas y Recipientes Sujetos a Presión de la ASME se relaciona con la calificación de soldadores, operarios de soldadura, soldadores para soldadura fuerte y operarios de soldadura fuerte, y los procedimientos que ellos emplean al soldar o al hacer soldadura fuerte de acuerdo con el Código de Calderas y Recipientes Sujetos a Presión de la ASME y con el Código para Tubería de Presión ASME B31.

Está dividido en dos partes: la Parte QW da requerimientos para soldar y la Parte QB contiene requerimientos para soldadura fuerte.

1.4.1.2. QW-100.1

El propósito de la Especificación del Procedimiento de Soldar (WPS) y del Registro de Calificación del Procedimiento (PQR) es determinar que el conjunto de partes soldadas propuesto para construcción sea capaz de proveer las propiedades requeridas para su aplicación destinada.

Se presupone que el soldador o el operario de soldadura que efectúa la prueba de calificación del procedimiento de soldar es un trabajador experimentado. Esto es, la prueba de calificación del procedimiento de soldar establece las propiedades del conjunto soldado, no la experiencia del soldador o del operario de soldadura.

1.4.1.3. QW-100.2

En calificación de habilidad, el criterio básico establecido es determinar la capacidad del soldador para depositar metal de soldadura sano.

El propósito de la prueba de calificación de habilidad para el operario de soldadura es determinar la capacidad mecánica del operador de soldadura para operar el equipo de soldar.

1.4.1.4. QW-100.3

Las Especificaciones de Procedimientos de Soldar (WPS) escritas y calificadas de acuerdo con las reglas de esta Sección, y los soldadores y operarios de soldadura de equipo de soldar automático y de máquina también calificados de acuerdo con estas reglas pueden ser usados en cualquier construcción hecha en conformidad

con los requerimientos del Código de Calderas y Recipientes Sujetos a Presión de la ASME o del Código para Tubería de Presión ASME B31.

Sin embargo, otras Secciones del Código establecen las condiciones según las cuales los requerimientos de la Sección IX son obligatorios, en todo o en parte, y dan requerimientos adicionales. El lector es advertido de tomar estas provisiones en consideración al usar esta Sección.

Las Especificaciones de Procedimiento de Soldar, los Registros de Calificación de Procedimiento, y la Calificación de habilidad de Soldador/Operario de Soldadura hechos de acuerdo con los requerimientos de la Edición de 1962 o de cualquier Edición posterior de la Sección IX se pueden usar en cualquier construcción hecha en conformidad con el Código de Calderas y Recipientes Sujetos a Presión de la ASME o del código para Tubería de Presión ASME B31.

Las Especificaciones de Procedimiento de Soldar, los Registros de Calificación de Procedimiento, y la Calificación de la Habilidad de Soldador/Operario de Soldadura hechos de acuerdo con los requerimientos de las ediciones de la Sección IX antes de 1962, en los cuales se reúnen todos los requerimientos de la Edición de 1962 o de Ediciones posteriores, también se pueden usar.

1.4.1.5. QW-101 Alcance.

Las reglas de esta sección se aplican a la preparación de especificaciones de procedimientos de soldar y a la calificación de procedimientos de soldar, de soldadores y de operarios de soldadura para todos los tipos de procesos de soldar manuales y de máquina permitidos en esta sección.

1.4.1.6. QW-102 Términos y Definiciones.

Algunos de los términos más comunes relacionados con soldadura están definidos en QW-492.

Estos están en conformidad esencial con las definiciones de la American Welding Society (Sociedad Americana de Soldadura) dados en su documento A3.0-80, Terms and Definition.

En donde la palabra tubo (pipe, en inglés) es designada, tubo de flus (tube, en inglés) también será aplicable.

1.4.1.7. QW-103 Responsabilidad.

- **QW-103.1 Soldadura.** Cada fabricante1 o contratista1 es responsable de la soldadura hecha por su organización y conducirá las pruebas requeridas en esta sección para calificar los procedimientos de soldar que él use en la construcción de conjuntos soldados hechos en conformidad con este código, y la habilidad de soldadores y operarios de soldadura que apliquen estos procedimientos.

- **QW-103.2 Registros.** Cada fabricante o contratista mantendrá un registro de todos los resultados obtenidos en procedimiento de soldar y en calificaciones de habilidad de soldadores y de operarios de soldadura.

1.4.2. MODELOS DE WPS. Según ASME IX.

QW-482 FORMATO SUGERIDO PARA ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTO DE SOLDAR (WPS)
(Vea QW-200.1, Sección IX, Código de Calderas y Recipientes de Presión de la ASME)

Nombre de la Compañía _____ Por: _____
Especificación de Procedimiento de Soldar No. _____ Fecha _____ No.(s) de QPR que Apoya (n) _____
Revisión No. _____ Fecha _____
Proceso(s) de Soldar _____ Tipo(s) _____
(Automático, Manual, Con Máquina, ó Semi-Auto.)

JUNTAS (QW-402) Detalles

Diseño de Junta _____
Respaldo (Si) _____ (No) _____
Material de Respaldo (Tipo) _____

☐ Metal ☐ Metal Que No Se funde
☐ No Metálico ☐ Otro

Los Croquis, Dibujos de Producción Símbolos de Soldadura ó Descripción Escrita deberán mostrar el arreglo general de las partes que se van a soldar. En donde sea aplicable, se puede especificar el espaciamiento arreglo de raíz y los detalles de la ranura de soldar.

(A la opción del Fabte., se pueden anexar croquis para ilustrar diseño de junta, capas de soldadura y serie de cordones, p. ej. para procedimientos de tenacidad de muesca, para procedimientos de procesos múltiples. etc.

***METALES BASE (QW-403)**

No. P _____ No. Grupo _____ a No. P _____ No. Grupo _____
O
Espicificación, Tipo y Grado _____
a Espicificación, Tipo y Grado _____
O
Análisis Quím. y Prop. Mec. _____
a Análisis Quím. y Prop. Mec. _____
Orden de Espesores:
Metal Base: Ranura _____ Filete _____
Orden de Deám. de Tubo: Ranura _____ Filete _____
Otros _____

***METALES DE APORTE (QW-404)**

No. Espec. (SFA)		
No. AWS (Clase)		
No. F		
No. A		
Tamaño de Metales de Aporte		
Metales de Soldadura Orden de Espesores:		
Ranura		
Filete		
Fundente de Electrodo (Clase)		
Nombre Comercial de Fundente		
Met. Inserto Consumible		
Otros		

*Otra combinación de metal base y metal de aporte se deberá registrar individualmente.

Esta forma - en inglés - (E00006) se puede obtener del Orden Dept., ME, 22 Law Drive, Box 2300, Fairfield, NJ 07007-2300

SAMPLE

QW-482 (Respaldo)

WPS No. _____ Rev. _____

POSICIONES (QW-405)

Posición(es) de Ranura _____

Progresión de Soldadura: P. Arriba ___ P. Abajo ___

Posición(es) de Filete _____

PRECALENTAMIENTO (QW-406)

Temp. Precalent. Mín. _____

Temp. Entre Pasos. Máx. _____

Mantenancia de Precalent. _____

(Calentamiento continuo o especial donde sea aplicable se deberá registrar)

TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR A SOLDADURA (QW-407)

Orden de Temperaturas _____

Orden de Tiempos _____

GAS (QW-408)

	Composición en por ciento		
	Gas(es)	(Mezcla)	Gasto
Protección			
Arrastre			
Respaldo			

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)

Corriente CA ó CD _____ Polaridad _____

Amps (Orden) _____ Volts (Orden) _____

(El orden de amps y volts se deberá registrar para cada tamaño de electrodo, posición, y espesor, etc. Esta información se puede poner en lista en forma tabular similar a la que se muestra abajo.)

Tamaño y Tipo de Electrodo de Tungsteno _____ (Tungsteno Puro, Toriado 2% etc.)

Modo de Transfer. Metal para GMAW _____ (Arco pulver., arco corto circ, etc.)

Orden veloc. aliment. Electrodo de Alambre _____

TECNICA (QW-410)

Cordón long. ó Cordón de vaivén _____

Tamaño Orificio o de Taza de Gas _____

Limpieza Inicial y Entre Pasos (Cepillado, Esmerilado, etc.) _____

Método de Cincelado Posterior _____

Oscilación _____

Tubo de Contacto a Distancia de Trabajo _____

Paso Múltiple ó Simple (por lado) _____

Electrodos Múltiples ó Simple _____

Velocidad de Recorrido (Orden de) _____

Martillado _____

Otros _____

SAMPLE

Capa(s) de Soldadura	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Orden Volt.	Orden de Veloc. Recorrido	Otros (p. ej., Notas, Comentarios, Adición de Alambre Caliente, Técnica, Angulo de Soplete, Etc.
		Clase	Diám.	Tipo Polar	Orden Amp.			

2. TIPOS DE NORMAS Y/O CÓDIGOS ESTRUCTURALES.

Si usted revisa un atributo importante de la soldadura es el conocimiento de los planos, códigos y normas.

Esto no significa que el soldador deba memorizar los contenidos de dichos documentos.

Sin embargo, deben estar suficientemente familiarizados con un documento para ubicar la información adecuada en forma pronta. Todos los documentos deben estar disponibles para una referencia inmediata cuando surgen las preguntas.

El Técnico de soldadura debe estar familiarizado con los documentos específicos relacionados con un trabajo particular. Un entendimiento básico de otros documentos y sus áreas de alcance también es beneficioso. Esto puede ser de ayuda para explicar ciertas condiciones.

Entonces, se hará mención de varios de estas normas, códigos y especificaciones que pueden ser consultados para respuesta a preguntas en distintas áreas generales.

La siguiente discusión trata específicamente con tres categorías generales de documentos: códigos, normas y especificaciones.

Un número de organizaciones son responsables de la producción y revisión de distintos documentos. Ellas incluyen, pero no se limitan a:

American Welding Society (AWS).
American Society of Mechanical Engineers (ASME).
American National Standard Institute (ANSI).
American Petroleum Institute (API).
American Bureau of Shipping (ABS)..
Department of Transportation (DOT).
Military Branches (Army, Navy, etc.).
Otras Agencias de Gobierno.

2.1. CÓDIGOS.

La primera categoría de documento a ser discutido es un ‘código’. Por definición, un código es, “un cuerpo de leyes, como de una nación, ciudad, etc., dispuesto en forma sistemática para una referencia fácil”.

Cuando se construye una estructura dentro de la jurisdicción de una ciudad o estado, frecuentemente deben cumplir con ciertos “códigos de construcción”.

Debido a que el código consiste en leyes que tienen estatus legal, siempre será considerado mandatorio. Por esto, veremos que contiene palabras tales como “debe (deben)” y “deberá”.

Un código específico incluye algunas condiciones y requerimientos para el ítem en cuestión. Muy frecuentemente también incluirá descripción de métodos para determinar si se alcanzaron dichas condiciones y requerimientos.

El inspector de soldadura frecuentemente inspeccionará el trabajo de acuerdo a algún código. Varias organizaciones incluyendo a AWS y ASME tienen códigos desarrollados para distintas áreas de interés.

AWS publicó seis códigos, cada uno de los cuales cubre distintos tipos de aplicaciones de soldadura industrial:

AWS D1.1 Structural Welding Code-Steel.
AWS D1.2 Structural Welding Code- Aluminium.
AWS D1.3 Structural Welding Code-Sheet Steel.
AWS D1.4 Structural Welding Code- Reinforcing Steel.
AWS D1.5 Bridge Welding Code.
AWS D9.1 Sheet Metal Welding Code.

Entonces, dependiendo del tipo de soldadura que se está realizando, pueden seleccionarse uno o más códigos para detallar los requisitos de calidad de soldadura.

ASME también desarrolló varios códigos que se aplican a, recipientes y cañerías que contienen presión.

Dos de esos, ASME B31.1, “Power Piping,” y B31.3, “Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping”, detallan aquellos requerimientos para ambos tipos de cañerías con presión.

A pesar que lleva la denominación ANSI, fueron desarrolladas por ASME. ASME también desarrolló una serie de códigos aplicables al diseño y construcción de recipientes a presión. Debido a la variedad de aplicaciones de dichos recipientes, los códigos ASME existen como un juego de once secciones separadas.

Las once secciones son:

SECCIONES DEL CÓDIGO ASME
Section I Rules for Construction of Power Boilers.
Section II Materiales.
Section III Subsection NCA – General Requirements Sheet Division 1 and Division 2.
Section IV Rules for Construction of Heating Boilers.
Section V Nondestructive Examination.
Section VII Recommended Guidelines for the Care of Power Boilers.
Section VIII Rules for Construction of Pressure Vessels.
Section IX Welding and Brazing Qualifications.
Section X Fiber-Reinforced Plastic Pressure Vessels.
Section XI Rules Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components.

Además de las once secciones citadas del código ASME, algunas secciones tienen más subdivisiones.

A los inspectores de soldadura que inspeccionan de acuerdo al criterio de ASME se les puede requerir que se refieran a varias secciones individuales del código. Por ejemplo, en la secuencia de fabricación de un recipiente a presión sin fuego, de acero al carbono, las secciones usadas pueden incluir:

Section II, Parte A – Ferrous Material Specification.
Section II, Parte B – Nonferrous Material Specification.
Section II, Parte C – Specification for Welding Rods Electrodes, and Filler Metals.
Section II, Parte C – Properties.
Section V, Nondestructive Examination.
Section VIII Rules formulario Construction of Pressure Vessels.
Section IX Welding and Brazing Qualifications.

Con tantas diferentes secciones involucradas, es imperativo que el inspector de soldadura entienda donde puede ser encontrada cada tipo de información específica.

Debe notarse que la Sección II, Parte C, es esencialmente idéntica a AWS Filler Metal Specifucations; ASME adoptó la especificación AWS casi en su totalidad.

Si el inspector se especializa en un área determinada, entonces sólo necesita estudiar la sección que cubre el tema de interés.

2.2. NORMAS.

El próximo tipo de documento a ser cubierto será la 'norma'. El diccionario describe a la norma como, "algo establecido para el uso como regla o base de comparación para medir o juzgar capacidad, cantidad, contenido, alcance, valor, calidad, etc.".

La norma se trata como una clasificación separada de documento; sin embargo, el término norma también se aplica a numerosos tipos de documentos, incluyendo códigos y especificaciones.

Otros tipos de documentos considerados normas son procedimientos, prácticas recomendadas, grupos de símbolos gráficos, clasificaciones, definiciones de términos.

Algunas normas se consideran mandatorias. Esto significa que la información es un requerimiento absoluto. Una norma mandatoria es precisa, definida claramente y adecuada para su adopción como parte de una ley o regulación. Por esto, el

inspector de soldadura debe hacer los juicios basados en el contenido de dichas normas.

Estas normas mandatorias usan palabras tales como “debe (deben)” o “deberá” porque sus requerimientos no son asunto de elección. Los códigos son ejemplos de normas porque tienen estatus legal.

Hay numerosas normas que proveen información importante, pero se consideran no obligatorias. Un ejemplo de normas no mandatorias podría ser una práctica recomendada.

No son normas obligatorias porque pueden proveer otros caminos por los que se pueden alcanzar los objetivos.

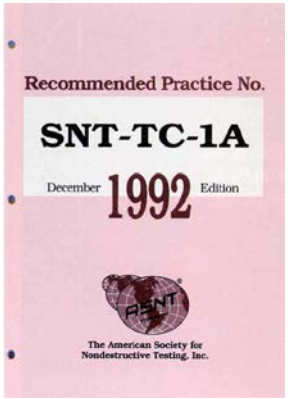
Las normas no mandatorias incluyen palabras tales como “debería” y “podría” en lugar de “debe” y “deberá”. La implicación aquí es que la información ha sido colocada para servir como guía para la realización de una tarea particular.

Sin embargo, no significa que algo es rechazable debido a que no cumple con dichas orientaciones.

A pesar que una norma puede ser considerada no mandatoria, igualmente provee información importante que no debería ser ignorada por el inspector.

Las normas no mandatorias pueden proveer las bases para el desarrollo de documentos mandatorios.

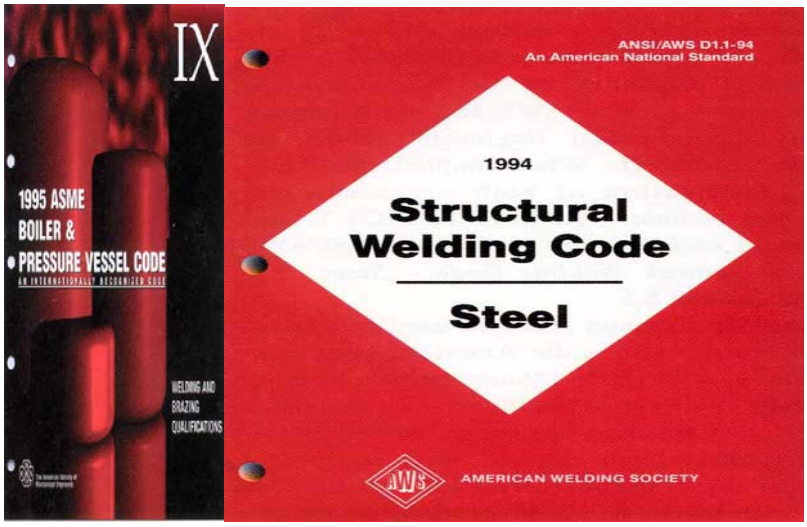
Tal es el caso para ASNT’s, “Recommended Practice No. SNT-TC-1ª”, “para establecer las orientaciones para la calificación y certificación de personal de NDT”. Ver Figura.



Las normas nacionales son el resultado de votaciones elaboradas y procedimientos de revisión.

Son desarrollados de acuerdo a las reglas establecidas por el American National Standards Institute (ANSI).

Las normas producidas por distintas organizaciones técnicas tales como AWS y la American Society of Mechanical Emgineers (ASME) son revisadas por ANSI. Cuando se adoptan, llevan la identificación de ambas organizaciones. Los ejemplos incluyen: ANSI/ASME B31.1, Sec. IX, Boiler and Pressure Code y ANSI/AWS D1.1, Structural Welding Code – Steel. Ver Figuras.

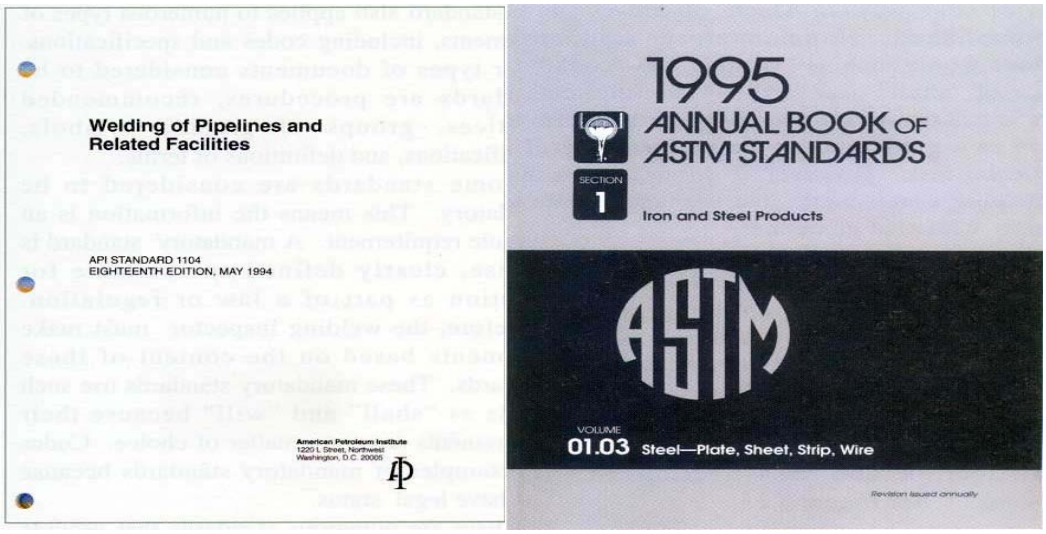


Otra norma común utilizada por algunos inspectores de soldadura del American Petroleum Institute API 1104, “Standard for Welding Pipelines and Related Facilities”.

Como lo implica su nombre, esta norma se aplica a la soldadura de cañerías a través del territorio, y otros equipos usados en el transporte y almacenamiento de productos del petróleo.

Esta norma cubre los requerimientos para la calificación de procedimientos de soldadura, soldadores y operadores de soldadura.

Se aplica a soldadura por gas y por arco, de juntas a tope o en te en tubos usados en la compresión, bombeo, y transmisión de petróleo, derivados del petróleo, y gases combustibles. API 1104 también incluye los requerimientos para la inspección visual y radiográfica de dichas soldaduras. Ver Figura 5.6.



La American Society for Testing and Materials (ASTM) produce muchos volúmenes de especificaciones que cubren numerosos materiales.

Dichas normas incluyen tanto productos metálicos como no metálicos para muchas industrias.

Como lo implica su nombre, también están involucradas en los detalles de los métodos para evaluar dichos materiales.

Estas especificaciones son ampliamente reconocidas tanto por compradores como proveedores.

El resultado es un mejor entendimiento de los requerimientos para materiales particulares y métodos de ensayo.

Cuando se requiere un material o ensayo específico, es más fácil comunicar la información necesaria si la especificación existe y se puede obtener sin demora.

2.3. ESPECIFICACIONES.

La última clasificación de documento a ser discutida es la ‘especificación’. Este tipo se describe como, “una descripción detallada de las partes de un todo; presentación y enumeración de particularidades, como el tamaño real o requerido, calidad, performance, términos, etc.”.

Una especificación es una descripción detallada o listado de los atributos requeridos de algún ítem u operación. No sólo se listan aquellos requerimientos, sino también puede haber alguna descripción de cómo serán medidos.

Dependiendo de una necesidad específica, las especificaciones pueden existir en diferentes formas.

Las compañías frecuentemente desarrollan especificaciones internas describiendo los atributos necesarios de un material o un proceso usado en su operación de fabricación.

La especificación puede ser usada enteramente dentro de los límites de esa compañía, o puede ser mandada a los proveedores para detallar exactamente que quiere comprar la empresa.

Cuando dichos requerimientos se ponen por escrito, hay más seguridad que el ítem o servicio que se provee alcanzará las necesidades del cliente.

Tanto los departamentos de ingeniería como de compras se basan fundamentalmente en especificaciones para describir sus requerimientos.

Además, las especificaciones internas o especificaciones de las compañías, varias organizaciones publican especificaciones y normas que son disponibles en el ambiente de la industria.

Las especificaciones que se aplican a un producto en particular son preparadas normalmente por el grupo que tiene la responsabilidad global.

Cada organización que prepara normas de consenso o especificaciones, tiene comités voluntarios o grupos de trabajo para realizar esta función.

Los miembros de estos comités o grupos de trabajo son especialistas en sus campos. Preparan los borradores de las especificaciones o normas para ser revisados y aprobados por grupos mayores.

Cada comité principal se selecciona para incluir personas con distintos intereses incluyendo productores, usuarios, y representantes del gobierno. Para evitar control o influencia indebida por el interés de un grupo, se debe alcanzar consenso por un alto porcentaje de la totalidad de los miembros.

El gobierno federal desarrolla o adopta especificaciones y normas para ítems y servicios que son del dominio público más que privado.

Los comités de redacción de normas o especificaciones normalmente existen dentro del departamento o agencia federal que tiene la responsabilidad de un ítem o servicio particular.

Otras organizaciones que han desarrollado especificaciones para sus industrias particulares son API y AWS.

Las especificaciones API gobiernan los requerimientos para materiales y equipos usados por la industria del petróleo.

AWS desarrolló un número de especificaciones que describen los requerimientos para los metales de aporte de soldadura y tipos especializados de fabricación.

La serie A5.XX de especificaciones, AWS A5.1 hasta A5.31, cubren los requerimientos de distintos tipos de consumibles de soldadura y electrodos.

Por ejemplo, A5.1 detalla aquellos requerimientos para electrodos de acero al carbono revestidos para soldadura por arco con electrodo revestido.

La información provista incluye las clasificaciones de los electrodos, propiedades químicas y mecánicas de los depósitos de soldadura, ensayo requerido, detalle de los ensayos, requerimientos dimensionales, e información de embalaje.

La especificación AWS A5.01, Filler Metal Procurement Guidelines, subraya procedimientos para la solicitud de los metales de aporte.
AWS desarrolló otra serie de especificaciones para describir distintos requerimientos de fabricación para tipos particulares de equipos.

Estas están indicadas con los números D14.1 hasta D14.6. En este grupo de documentos se incluye:

D14.1	Specification for Welding Industrial Mill Cranes.
D14.2	Specification for Metal Cutting Machine Tool Weldments.
D14.3	Specification for Welding Earthmoving and Construction Equipment.
D14.4	Clasification and Application of Welded Joints for Machinery and Equipment.
D14.5	Specification for Welding Presses and Press Components.
D14.6	Specification for Rotating Elements of Equipment.

Mientras que cada uno de los de arriba se refiere a los requerimientos generales de AWS D1.1, hay detalles provistos que alcanzan las necesidades específicas de tal estructura o componente particular.

La American National Standards Institute (ANSI) es una organización privada responsable por la coordinación nacional de las normas para el uso dentro de los Estados Unidos.

En realidad ANSI no prepara las normas. En cambio, forma grupos de revisión de interés nacional para determinar si las normas propuestas son de interés público.

Cada grupo está compuesto por personas de distintas organizaciones interesadas con el alcance y disposiciones de un documento particular. Si se alcanza el consenso de una norma particular, entonces puede ser adoptada como un American

National Standard. Sin embargo, la adopción de una norma por parte de ANSI no da, por sí mismo, nivel de mandatorio.

Otros países industriales también desarrollan y publican normas con respecto a la soldadura.
También existe la International Organizations of Standarizations (ISO). Su meta es el establecimiento de normas uniformes para el uso de comercio e intercambio de servicios internacionales.

ISO está construida por cuerpos de las normas escritos por más de 80 países y ha adoptado o desarrollado más de 4000 normas. ANSI es el representante designado para ISO por EEUU. Las normas y publicaciones ISO están disponibles por medio de ANSI.

El American Welding Society (AWS) publica numerosos documentos que cubren el uso y control de calidad de la soldadura.

Estos documentos incluyen códigos, especificaciones, practicas recomendadas, clasificaciones, métodos y guías. Las publicaciones del AWS cubren las siguientes áreas de temas:

Definiciones y símbolos; metal de aporte; calificación y ensayos; procesos de soldadura; aplicaciones de soldadura; y seguridad. Ver Figura.



2.4. CONTROL DE MATERIALES.

En muchas industrias, un aspecto importante de la fabricación es la identificación y la trazabilidad de los materiales.

Esto es aún más aplicable en recipientes a presión y trabajo en obras nucleares. Se le puede requerir a algunos inspectores que colaboren en ese programa de control de material como una parte de sus obligaciones regulares.

Si ese es el caso, el individuo debe ser capaz de identificar adecuadamente el material y comparar la información con la documentación vinculada.
Los materiales de fabricación soldada frecuentemente se ordenan con la estipulación de que alcanzan una cierta norma o especificación.

Para demostrar este cumplimento, el proveedor debe proporcionar la documentación que describe las características importantes del material.

Esta documentación del material a veces se conoce como “MTR”, que es una abreviatura de Informe de Ensayo de Materiales (Material (Laminación) Test Report), o “MTC” que es una abreviatura de Certificado de Ensayo de Materiales (Material (Laminación) Test Certificate).

Esta identificación puede estar pintada, estarcida, o anotada de otra manera en alguna ubicación visible en la superficie del material. El inspector debería comparar dicha información con la información contenida en el MTR para asegurar que se proveyó la información apropiada y que el material es realmente el que se solicitó.

Otra manera efectiva de mantener el control es con un sistema de códigos de colores. A los tipos o grados individuales de material se les asigna un color particular marcando con ese medio.

Con la recepción del material, alguien es responsable de marcar cada pieza con el color apropiado. El código de colores ayuda a la identificación del material durante los siguientes pasos de fabricación.
Se debe tener una precaución con el código de colores: se debe considerar la ‘firmeza’ del color, o la duración, debido a que muchos materiales coloreados pueden cambiar de color cuando se exponen a la luz solar o a las condiciones climáticas.

Un cambio de colores debido a la exposición al sol puede llevar a serios errores en el control de los materiales.

Otro punto de interés es que los materiales para marcar no deben ser nocivos a los materiales; son ejemplos de estos los materiales de marcado con alto cloro que causan daño a los aceros inoxidables austeníticos, o contenidos de azufre dañando aleaciones de alto níquel.

Otro método de control de material es el uso de un código alfanumérico. Ciertamente es posible mantener la trazabilidad del material transfiriendo toda la información de identificación a la pieza. Sin embargo, esta información puede ser muy extensa y requerir una considerable cantidad de tiempo y esfuerzo.

El uso de códigos alfanuméricos puede eliminar la necesidad de transferir toda la información tales como tipo, grado, tamaño, número de colada, etc. en cada pieza.

Un código alfanumérico corto, puede ser asignado a un grupo específico de materiales para simplificar la operación manteniendo la posibilidad de trazabilidad.

Cuando se recibe un material de un tipo dado, grado, colada, etc. se le asigna un código tal como A1, A2, A3, ... , D1, D2, etc.

Entonces la información del material se vuelca en una hoja de registro y asocia con un código alfanumérico apropiado. Una vez que se establece la relación, lo único necesario para seguir el material a través de los pasos de fabricación es el código específico.

2.5. CODIGO DE BARRAS.

El último método a ser discutido es el sistema de 'código de barras' que puede ser automatizado y es muy efectivo tanto para el control del material como para el control de inventario.

Este sistema usa un grupo de líneas verticales cortas de diferentes anchos como marcador, sobre el material.

Este código de barras puede ser aplicado manualmente en el campo, o automáticamente durante el sistema de fabricación.

Se encuentran lectores de códigos de barras que pueden leer códigos de barras y traducir la información de las líneas al tipo, grado, composición química, etc. reales.

Estos sistemas son muy efectivos y se están transformando en una opción para el control de materiales en muchas industrias.

Con cualquiera de estos sistemas de marcado, la identificación podría ser aparente. Es una buena práctica asegurarse que la identificación esta ubicada en varios lugares de una pieza, si esta es grande.

Como mínimo, la marcación debe ubicarse diagonalmente en esquinas opuestas de chapas, extremos de tubos, perfiles y barras.

Si la pieza de material es cortada al medio, entonces la identificación permanece en ambas piezas. Si se realiza otro corte, se debe transferir la identificación a cada pieza, incluyendo la que queda almacenada.

Muchos fabricantes de tubos están imprimiendo el tamaño de tubo, especificación de cañería, y número de colada cada seis pies, para una fácil identificación.

Como se mencionó en la discusión precedente, el inspector de soldadura estará involucrado con la inspección con el sistema de control del material sólo cuando así lo dicte la descripción del trabajo.

3. VARIABLES ESENCIALES Y NO ESENCIALES.

3.1. SEGÚN AWS-D1.1.

3.1.1. LIMITACIÓN DE LAS VARIABLES DE UN WPS.

Todos los WPS precalificados que se vayan a utilizar deberán ser preparados por el fabricante, constructor o Contratista de acuerdo a lo que esté escrito en los WPS precalificados, y deberán estar disponibles para aquellos que estén autorizados para usarlas o examinarlas.

Los WPS escritos pueden tener cualquier formato conveniente. Los parámetros de las soldaduras establecidos en el punto (1) hasta el punto (4) de esta subsección deberán especificarse por escrito en las WPS dentro de la limitación de variables aplicables para cada proceso.

Los cambios en estos parámetros, más allá de aquellos especificados por escrito en el WPS, deberán considerarse como cambios esenciales que requerirán de un nuevo WPS escrito o de una revisión del WPS-precalificado:

AMPERAJE (VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN DEL ALAMBRE).
VOLTAJE.
VELOCIDAD DE AVANCE.
TASA DE FLUJO DEL GAS DE PROTECCIÓN.

3.1.2. COMBINACIÓN DE WPS.

Puede usarse una combinación de WPS calificado y precalificado, sin calificación de la combinación, siempre que se observe la limitación de las variables esenciales aplicables para cada proceso.

3.1.3. TABLAS DE VARIABLES ESENCIALES.

Tabla 4.5 - Cambio de las Variables Esenciales PQR que requieren Recalificación del WPS para los procesos SMAW, SAW, GMAW, FCAW y GTAW (Ver 4.7.1)

Cambios en las variables esenciales para la recalificación que requiere PQR	Proceso				
	SMAW	SAW	GMAW	FCAW	GTAW
Metal de Aporte					
1) Aumento en el esfuerzo de la clasificación del metal de aporte	X		X	X	
2) Cambio de electrodo bajo en hidrógeno a electrodo no bajo en hidrógeno del proceso SMAW	X				
3) Cambio de la clasificación de un eléctrodo o de un fundente electrodo a cualquier otra clasificación de electrodo o fundente electrodo[1]		X		X	X
4) Cambio de la clasificación [7] de un electrodo o de un fundente electrodo que no esté cubierto en:	AWS A5.1 o A 5.5	AWS A5.17 o A5.23	AWS A5.18 o A5.28	AWS A5.20 o A5.29	AWS A5.18 o A5.28
5) Agregar o eliminar metal de aporte					X
6) Cambio de un alambre de alimentación en frío a uno de alimentación en caliente o viceversa					X
7) Agregar o eliminar un suplemento de metal de aporte en polvo o granulado o cortar el alambre		X			
8) Aumentar la cantidad del suplemento de metal de aporte en polvo o granulado del alambre		X			
9) Si el contenido de aleación del metal de soldadura depende en gran medida del suplemento del metal de aporte en polvo, cualquier cambio de WPS que de cómo resultado un depósito de soldadura con los elementos importantes de aleación, no cumplirán con los requerimientos de la composición química de WPS		X			
Electrodo					
10) Cambio en el diámetro nominal del electrodo mediante:	Aumento >1/32 pulg. [0.8 mm]	Cualquier aumento [2]	Cualquier aumento o disminución	Cualquier aumento	Aumento o disminución > 1/16 pulg. [1.6 mm]
11) Cambio en el número de electrodos		X	X	X	
12) Cambio en el tipo de electrodo de tungsteno, como aparece en AWS A 5.12					X
Parámetros Eléctricos					
13) Un cambio en el amparaje para cada diámetro utilizado por:	A un valor no recomendado por el fabricante	> 10% de aumento o disminución	> 10% de aumento o disminución	> 10% de aumento o disminución	> 25% de aumento o disminución
14) Un cambio en el tipo de corriente (corriente alterna o directa) o cambio de polaridad y modo de transferencia (solamente GMAW)		Solamente cuando se utilice un fundente de aleación o un material para el proceso de templado y revenido	X	X	
15) Un cambio en el voltaje para cada diámetro utilizado por:	A un valor no recomendado por el fabricante del electrodo	>7 % aumento o disminución	>7 % aumento o disminución	>7 % aumento o disminución	>25 % aumento o disminución

(Continuación)

Tabla 4.5 (Continuación)

Cambios en las variables esenciales para la recalificación que requiere PQR	Proceso				
	SMAW	SAW	GMAW	FCAW	GTAW
Parámetros Eléctricos (continuación)					
16) Un aumento o disminución en la velocidad de alimentación del alambre para cada diámetro de electrodo (si el amperaje no está controlado) por:		> 10 %	> 10 %	> 10 %	
17) Un cambio en la velocidad de avance [3] (a menos que se requiera el control de la entrada de calor) por:		> 15 % aumento o disminución	> 25 % aumento o disminución	> 25 % aumento o disminución	> 50 % aumento o disminución
18) Un incremento en la entrada de calor [4], por:	> 10 %	> 10 %	> 10 %	> 10 %	Cualquiera (cuando se requieren las pruebas de impacto
Gas de Protección					
19) Un cambio en el gas de protección, de un solo gas a cualquier otro gas simple o el % nominal especificado de la opción de la mezcla de gas o una mezcla de gas, o sin gas			X	X	X
20) Un cambio en la tasa total de la velocidad del flujo de gas por:		Aumento >50%	Aumento >50% Disminución >20%	Aumento >50% Disminución >20%	Aumento >50% Disminución >20%
21) Un cambio en un gas de protección no cubierto en:			AWS A5.18 o A5.28	AWS A5.20 o A5.29	
Parámetros SAW					
22) Un cambio de > 10 % , o 1/8 de pulgada [3 mm] cualquiera que sea mayor, en el espacio longitudinal de los arcos		X			
23) Un cambio de > 10 % , o 1/8 de pulgada [3 mm] cualquiera que sea mayor en el espacio lateral de los arcos.		X			
24) Un aumento o disminución de más de 10 % en la orientación angular de cualquier electrodo paralelo		X			
25) Para maquinear o para el proceso SAW automático, un aumento o disminución de más de 3° en el ángulo del electrodo		X			
26) Para maquinear o para el proceso SAW automático; un aumento o disminución de más de 5°, normal a la dirección de avance		X			
General					
27) Para el área de la ranura PQR, un aumento o disminución >25 % en el número de pasadas [5]	X	X	X	X	X
28) Un cambio en la posición no calificada por la Tabla 4.1	X	X	X	X	X
29) Un cambio en el diámetro, o espesor, o en ambos, no calificados por la Tabla 4.2	X	X	X	X	X
30) Un cambio en el metal base o en la combinación de metales base no listados en el PQR o calificados por la Tabla 4.7	X	X	X	X	X

(Continuación)

Tabla 4.5 (Continuación)					
Cambios en las variables esenciales para la recalificación que requiere PQR	Proceso				
	SMAW	SAW	GMAW	FCAW	GTAW
General (continuación)					
31) Soldadura Vertical: para cualquier pasada, de arriba hacia abajo o viceversa	X		X	X	X
32) Un cambio en el tipo de ranura (ej: una simple en V o doble en V), excepto que la calificación de cualquier soldadura de ranura de penetración completa califique para cualquier detalle de ranura, en conformidad con los requerimientos de 3.12 o 3.13	X	X	X	X	X
33) Un cambio en el tipo de ranura a una ranura rectangular y viceversa	X	X	X	X	X
34) Un cambio que excede las tolerancias de 3.12, 3.13, 3.13.4, 5.22.4.1 o 5.22.4.2 que involucran: a) Una disminución en el ángulo de la ranura b) Una disminución en la abertura de la raíz c) Un aumento en la superficie de la raíz	X	X	X	X	X
35) La omisión, pero no la inclusión, de "backing" o torchado	X	X	X	X	X
36) Disminución de la temperatura de precalentamiento [6] por	>25°F [15°C)	>25°F [15°C)	>25°F [15°C)	>25°F [15°C)	>100°F [55°C)
37) Aumento de la temperatura entre pasadas [6] por					>100°F [55°C] si se requieren los tests CVN
38) Disminución de la temperatura entre pasadas [6] por	>25°F [15°C)	>25°F [15°C)	>25°F [15°C)	>25°F [15°C)	>100°F [55°C)
39) Agregar o eliminar PWHT	X	X	X	X	X

Nota General: Una "X" indica la aplicabilidad para el proceso; un bloque sombreado indica no aplicabilidad.

Notas:

1. La resistencia del metal de aporte puede disminuirse sin la recalificación de WPS.
2. Para los WPS que utilicen fundente de aleación, cualquier aumento o disminución en el diámetro del electrodo deberá requerir la recalificación de WPS.
3. Los rangos de la velocidad de avance para todos los tamaños de soldadura de filete pueden determinarse por las pruebas de calificación para la soldadura de filete más larga de una sola pasada y para las soldaduras de filete de pasadas múltiples menores.
4. Estas variables esenciales deberán aplicarse solamente cuando el control de entrada de calor esté en requerimiento del documento de contrato. La entrada de calor en joules por pulgada [mm] deberá calcularse como 60EI/V, en donde:
   E = voltaje PQR
   I = amperaje PQR
   V = velocidad de avance PQR
   (mm / min) para joules por mm (pulgada/ min)
5. Si la producción del área de la ranura soldada difiere del área de la ranura PQR, el número de pasadas PQR puede cambiarse en proporción al área, sin requerir la recalificación PQR.
6. La producción de precalentamiento de la soldadura o la temperatura entre pasadas puede ser menor que el precalentamiento PQR o la temperatura entre pasadas, siempre que se cumplan las estipulaciones de 5.6 y la Tabla 3.2; y que la temperatura del metal base no sea menor que la temperatura PQR en el momento de la siguiente soldadura.
7. Los electrodos AWS A5M (unidades SI) de la misma clasificación pueden utilizarse en lugar de la clasificación de electrodos AWS A5 (unidades acostumbradas en E.E.U.U.)

Tabla 4.6 – Cambios en las Variables Esenciales Suplementarias PQR para las Aplicaciones de las Pruebas de impacto que requieran la recalificación de WPS para los procesos SMAW, SAW, GMAW, FCAW y GTAW

Variable	SMAW	SAW	GMAW	FCAW	GTAW
Metal Base					
1) Un cambio en el Número de Grupo	X	X	X	X	X
2) El espesor mínimo calificado es T o 5/8 pulgadas [16 mm], cualquiera que sea menor, excepto si T es menor que 1/4 pulgada [6 mm]; entonces el espesor mínimo calificado es 1/8 pulgada [3 mm]	X	X	X	X	X
Metal de aporte					
3) Un cambio en la clasificación de AWS A5.X, o para un metal de soldadura o metal de aporte que no esté cubierto por las especificaciones de A5.X.	X	X	X	X	X
4) Un cambio en la clasificación del fundente/alambre, o un cambio, ya sea, en el electrodo o en el nombre comercial del fundente cuando no esté clasifcado por una especificación de AWS, o para una escoria triturada.		X			
5) Un cambio del fabricante o del nombre de la marca comercial del fabricante o del tipo de electrodo				X	
Posición					
6) Un cambio en la posición a 3G vertical ascendente. 3G Vertical ascendente califica para todas las posiciones y para vertical descendente	X		X	X	X
Temperatura de Precalentamiento / entre pasadas					
7) Un aumento de más de 100°F [56°C] en la temperatura máxima entre pasadas calificadas	X	X	X	X	X
Tratamiento térmico después de la soldadura					
8) Un cambio en la temperatura PHWT y/o en los rangos de tiempo. La prueba PQR deberá estar sujeta al 80% de los tiempos agregados a la(s) temperatura(s). Los tiempos totales de PWHT a las temperaturas pueden aplicarse en un ciclo de calor	X	X	X	X	X
Características Eléctricas					
9) Un aumento en la entrada de calor o en el volumen del material de soldadura depositado por longitud de unidad de soldadura más allá para lo que está calificado, excepto cuando se aplique un tratamiento térmico austenítico de un acero de granos refinado después de la soldadura. Este aumento puede medirse por uno de estos modos: a) I = Entrada de calor (J/ pulgada) + Velocidad de (Volts x Amperes x 60) avance (pulg/min) ——————————————— b) Volumen de metal de soldadura – Un aumento en el tamaño del cordón, o una disminución en la longitud del cordón de soldadura por longitud de unidad de electrodo	X	X	X	X	X
Otras Variables					
10) Un cambio de un electrodo único a múltiples electrodos en el mismo baño de soldadura y viceversa		X	X	X	X
11) En la posición 3G, un cambio de nervadura (tensores) a tejeduría (tisaje)	X	X	X	X	X
12) Un cambio de pasadas múltiples por lado a una sola pasada por lado	X	X	X	X	X
13) Un cambio que exceda + 20% en las variables de oscilación para soldadura mecanizada o automática.		X	X	X	X

3.2. SEGÚN ASME IX.

3.2.1. QW-250 VARIABLES DE SOLDADURA.

3.2.2. QW-251. Generalidades.

3.2.3. QW-251.1 .Tipos de Variables para Especificaciones de Procedimientos de Soldadura (WPS). Estas variables (listadas para cada proceso de soldadura.

3.2.4. QW-252. hasta e incluso QW-265) se subdividen en variables esenciales, variables esenciales suplementarias, y variables no esenciales (QW-401). El "Resumen de Variables" listado en las Tablas es sólo para referencia. Vea la variable completa en Datos de Soldadura del Artículo IV.

3.2.5. QW-251.2. Variables Esenciales. Las variables esenciales son aquellas en las cuales un cambio, como se describe en las variables específicas, es considerado que afecta las propiedades mecánicas del conjunto soldado, y requerirá recalificación de la WPS. Las variables esenciales suplementarias. Se requieren para metales para los cuales otras Secciones especifican ensayos de resistencia al impacto y son además las variables esenciales para cada proceso de soldadura.

3.2.6. QW-251.3. Variables No Esenciales. Las variables no esenciales son aquellas en las cuales un cambio, como se describe en las variables específicas, puede ser hecho en la WPS sin recalificación.

3.2.7. QW-251.4. Procesos Especiales

- Las variables esenciales para procesos especiales para capas superpuestas (Overlay) con metal de soldadura resistente a la corrosión y de revestimiento duro son como se indica en las tablas siguientes para el proceso especificado.

- Se aplicarán sólo las variables especificadas para procesos especiales. Un cambio en el proceso de soldadura resistente a la corrosión o de revestimiento duro requerirá recalificación.

- La WPS calificada para soldadura de capa superpuesta (Overlay) resistente a la corrosión y de revestimiento duro, en conformidad con otras Secciones cuando tales reglas de calificación fueron incluidas en esas Secciones, se puede usar con las mismas provisiones como son estipuladas en QW-100.3

3.2.8. TABLAS DE VARIABLES ESENCIALES ASME SECCION IX.

QW-252
ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTOS DE VARIABLES DE SOLDADURAS (WPS)
SOLDADURA POR GAS OXI-COMBUSTIBLE (OFW)

PARAGRAFO		RESUMEN DE VARIABLES	ESENCIAL	ESENCIAL SUPLEMENTARIA	NO ESENCIAL
QW-402 JUNTAS QW-405 POSICIONES	.1	ϕ Cambio en el diseño de ranura			X
	.2	+/- Respaldo			X
	.3	Composicion del respaldo			X
	.10	ϕ Separación de la raíz			X
QW-403 METAL BASE	.1	ϕ Numero - P	X		
	.2	Maximo espesor T Calificado	X		
QW-404 METAL DE RELLENO	.3	ϕ Tamaño			X
	.4	ϕ Numero - F	X		
	.5	ϕ Numero - A	X		
	.12	ϕ Clasificación	X		
QW-405 POSICIONES	.1	+ Posiciones			X
QW-406 PRECALENTA MIENTO	.1	Disminución > 100 ºF (55º C)			X
QW-407 PRECALENTA MIENTO POSTERIOR	.1	ϕ PWHT	X		
QW-408 GAS	.7	ϕ Tipo de gas combustible	X		
QW-410 TECNICAS	.1	ϕ Recto/ondulado			X
	.2	ϕ Caracteristicas de la llama			X
	.4	ϕ ⇄ Tecnicas			X
	.5	ϕ Metodo de limpieza			X
	.26	+/- Martillado			X
	.64	Uso de proceso térmico	X		

LEYENDA: + Adición > Aumentar/mayor que ↑ Ascendente ← A izquierdas ϕ cambio
— Eliminación < Disminuir/ menor que ↓ Descendente → A derechas

QW-252.1
ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTOS DE VARIABLES DE SOLDADURA
SOLDADURA POR GAS OXI-COMBUSTIBLE (OFW)

PARAGRAFO		VARIABLES PARA PROCESOS ESPECIALES		Metal de Soldadura de recubrimiento duro por Termo rociado (QW-216)
		Capa Superpuesta de Metal de Soldadura de recubrimiento duro (QW-216)	Capa Superpuesta Resistente a la Corrosión (QW-214)	
QW-402 JUNTAS	.16	< que t terminado		
	.17			> t terminado
QW-403 METAL BASE	.20	ϕ Numero P		ϕ Numero - P
	.23	ϕ T calificado	ϕ T Calificado	ϕ T Calificado
QW-404 METAL DE RELLENO	.12	ϕ Clasificación		ϕ Clasificación
	.42			> 5% Rango de tamaño de partícula
	.46			ϕ Velocidad de alimentación del polvo
QW-405 POSICION	.4	+ Posicion		+ Posicion
QW-406 PRECALENTAMIENTO	.4	Disminución > 100 ºF (55º C) precalent. > Temp. Entre pases		Disminución > 100ºF (55ºC) Precalent. > entre pasadas
	.5			ϕ Mantener el precalent.
QW-407 PWHT	.6	ϕ P WHT		ϕ PQHT
	.7			ϕ Precalent. Despues de la fusión
QW-408 GAS	.7	ϕ Tipo de gas		
	.14	ϕ Presion de gas Oxicombustible		
	.16			ϕ >Velocidad de alimentación de gas del 5%
	.19			ϕ Plasma/Comp. gas
QW-410 TECNICA	.38	ϕ Capas simples a múltiples		ϕ Múltiple a capa simple
	.39	ϕ Tipo de soplete, tamaño de boquilla		
	.44			ϕ >15% pieza de trabajo al soplete
	.45			ϕ Prep. de superf.
	.46			ϕ Soplete de rocío
	.47			ϕ >15% temp. De fusión o metodo

LEYENDA: + Adición > Aumentar/mayor que ↑ Ascendente ← A izquierdas
− Eliminación < Disminuir/ menor que ↓ Descendente → A derechas ϕ Cambio

QW-253
ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTOS DE VARIABLES DE SOLDADURA
SOLDADURA POR CON ELECTRODOS REVESTIDOS (SMAW)

PARAGRAFOS		RESUMEN DE VARIABLES	ESENCIALES	ESENCIALES SUPLEMENTARIAS	NO ESENCIALES
QW-402 JUNTAS	.1	ϕ Diseño de ranura			X
	.4	- Respaldo			X
	.10	ϕ Separacion de raiz			X
	.11	+/- Retenedores			X
QW-403 METAL BASE	.5	ϕ Numero de grupo		X	
	.6	Impactos limites		X	
	.8	ϕ T calificado	X		
	.9	t pase > ½" (13mm)	X		
	.11	ϕ No- P Calificado	X		
	.13	ϕ No- P 5/9/10	X		
QW-404 Metal de Relleno	.4	ϕ Numero - F	X		
	.5	ϕ Numero - A	X		
	.6	ϕ Diametro			X
	.7	ϕ Diametro>de ¼"		X	
	.12	ϕ Clasificacion		X	
	.30	ϕ t	X		
	.33	ϕ Clasificacion			X
QW-405 POSICION	.1	+ Posicion			X
	.2	ϕ Posicion		X	
	.3	ϕ ↑↓ Soldadura vertical			X
QW-406 PRECALENTAMI-ENTO	.1	Disminuci. >100ºF	X		
	.2	ϕ Mantener precal.			X
	.3	Aumento > 100ºF (IP)		X	
QW-407 PWHT	.1	ϕ PWHT	X		
	.2	ϕ PWHT (T y rango de T)		X	
	.4	T Limite	X		
QW-409 CARACTERISTICAS ELECTRICAS	.1	> Entrada de calor		X	
	.4	ϕ Corriente o polaridad		X	X
	.8	ϕ Rango de intensidad y voltaje			X
QW-410 TECNICA	.1	ϕ Recto/ ondulado			X
	.5	ϕ Metodo de limpieza			X
	.6	ϕ Metodo de ranurar atras			X
	.9	ϕ Pase/lado simple Multiple		X	X
	.25	ϕ Manual o automatico			X
	.26	+/- Martillado			
	.64	Uso de proceso termico	X		

QW-253.1
ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE VARIABLES DE SOLDADURAS
SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODOS REVESTIDOS (SMAW)

VARIABLES PARA PROCESOS ESPECIALES				
PARAGRAFO		VARIABLES ESENCIALES		VARIABLES NO ESENCIALES PARA HFO y CRO
		CAPA SUPER PUESTA DE SUPERFICIE DURA (HFO) QW-216	CAPA SUPER PUESTA RESISTENTE A LA CORROSION (CRO) QW-214	
QW-402 Juntas	.16	< t terminado	< t terminado	
QW-403 Metales base	.20	ϕ Numero - P	ϕ Numero - P	
	.23	ϕT Calificado	ϕ T Calificado	
QW-404 Metales de Relleno	.12	ϕ Clasificacion		
	.37		ϕ Numero - A	
	.38			ϕ Diametro(1era capa)
QW-405 Posiciones	.4	+ Posiciones	+ Posiciones	
QW-406 Precalentamiento	.4	Disminución > 100 ºF (55º C) precalent. > Temp. Entre pases	Disminución > 100 ºF (55º C) precalent. > Temp. Entre pases	
QW-407 PWHT	.6	ϕ PWHT		
	.9		ϕ PWHT ϕ	
QW-409 Caracteristicas Electricas	.4	ϕ Corriente o Polaridad	ϕ Corriente o Polaridad	
	.22	Incremento > 10% 1era capa	Incremento > 10% 1era capa	
QW-410 Tecnica	.1			ϕ Recto/ondulado
	.5			ϕ Metodo de limpieza
	.26			+/- Martillado
	.38	ϕ Capa simple a Multiple	ϕ Capa simple a Multiple	

LEYENDA: + Adición > Aumentar/mayor que ↑ Ascendente ← A izquierdas
— Eliminación < Disminuir/ menor que ↓ Descendente → A derechas ϕ Cambio

QW-255
ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTOS DE VARIABLES DE SOLDADURAS (WPS)
PROCESOS DE SOLDADURA POR ARCO (GMAW) Y (FCAW)

PARAGRAFO		RESUMEN DE VARIABLES	ESENCIALES	ESENCIALES SUPLEMENTARIAS	NO ESENCIALES
QW-402 Juntas	.1	ϕ Diseño de ranura			X
	.4	- Respaldo			X
	.1O	ϕ Abertura de raíz			X
	.11	± Retenedores			X
QW-403 Metales base	.5	ϕ Numero de grupo		X	
	.6	Limites de T		X	
	.8	ϕ T Calificado	X		
	.9	t Pase ½" (13mm)	X		
	.10	Limites de T (Arco Corto Circuito)	X		
	.11	ϕ No- P Calificado	X		
	.13	ϕ No. P 5/9/10	X		
QW-404 Metales de relleno	.4	ϕ Numero - F	X		
	.5	ϕ Numero- A	X		
	.6	ϕ Diámetro			
	.12	ϕ Clasificación		X	
	.23	ϕ Forma del producto del metal de relleno	X		
	.24	± ϕ Suplementario	X		
	.27	ϕ Elementos aleantes	X		
	.30	ϕ t	X		
	.32	Limites de t	X		
	.33	ϕ Clasificación			
QW-405 Posiciones	.1	+ Posicion			
	.2	ϕ Posicion		X	
	.3	ϕ ↑↓ Progresión vertical			
QW-406 Precalenta-miento	.1	Disminuir>100ºF (55ºC)	X		
	.2	ϕ Mant. Precalentam.			
	.3	Aumentar>100ºF(55ºC) (IP)		X	
QW-407 PWHT	.1	ϕ PQHT	X		
	.2	ϕ PWHT (Rango de T y T)		X	
	.4	Limites de T	X		

QW-255
ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTOS DE VARIABLES DE SOLDADURAS (WPS)
PROCESOS DE SOLDADURA POR ARCO (GMAW) Y (FCAW) (CONT.)

PARAGRAFO		RESUMEN DE VARIABLES	ESENCIALES	ESENCIALES COMPLEMENTRIAS	NO ESENCIALES
QW-408 Gas	.1	± Trail o ϕ composicion			X
	.2	ϕ Simple, mezcla o %	X		
	.3	ϕ Velocidad de flujo			X
	.5	± o ϕ Flujo de respaldo			X
	.9	- o ϕ Composicion	X		
	.10	ϕ Proteccion o trailing	X		
QW-409 Caracte-ristica Eléctrica	.1	> Entrada de calor		X	
	.2	ϕ Modo de transferencia	X		
	.4	ϕ Corriente y polaridad		X	X
	.8	ϕ Rango de intensidad y voltaje			X
QW-410 Tecnicas	.1	ϕ Recto/ ondulado			X
	.3	ϕ Orificio, copa o tamaño de la boquilla			X
	.5	ϕ Metodo de limpieza			X
	.6	ϕ Metodo de ranurado atras			X
	.7	ϕ Oscilación			X
	.8	ϕ Distancia tubo-pieza			X
	.9	ϕ Pase/lado simple a múltiple		X	X
	.10	ϕ Electrodo simple a múltiple		X	X
	.15	ϕ Separación del electrodo			X
	.25	ϕ Manual o automático			X
	.26	± Martillado			X
	.64	Uso de procesos térmicos	X		

LEYENDA: + Adición > Aumentar/mayor que ↑ Ascendente ← A izquierdas
− Eliminación < Disminuir/ menor que ↓ Descendente → A derechas
ϕ Cambio

QW-255.1
ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTOS DE VARIABLES DE SOLDADURAS (WPS)
PROCESOS DE SOLDADURA POR ARCO (GMAW) Y (FCAW) (CONT.)

VARIABLES DE PROCESOS ESPECIALES				
PARAGRAFO		VARIABLES ESENCIALES		VARIABLES NO ESENCIALES PARA HFO Y CRO
		CAPA SUPERPUESTA DE METAL DE SOLDADURADE SUPERFICIE DURA (HFO) (QW-216)	CAPA SUPERPUESTA DE METAL DE SOLDADURA RESISTENTE A LA CORROSION (CRO) (QW-214)	
QW-402 Juntas	.16	< t Acabado	< t Acabado	
QW-403 Metales base	.20	ϕ Numero - P	ϕ Numero - P	
	.25	ϕ T Calificado	ϕ T Calificado	
QW-404 Metales de relleno	.6			ϕ Tamaño de elec. nominal
	.12	ϕ Clasificación		
	.23	ϕ Forma del producto del metal de relleno	ϕ Forma del producto del metal de relleno	
	.24	± o ϕ > 10% en metal de relleno suplementario		
	.27	ϕ Elementos aleantes		
	.37		ϕ Numero - A	
QW-405 Posiciones	.4	+ Posicion	+ Posicion	
QW-406 Precalentamiento	.4	Disminución > 100 ºF (55º C) precalent. > Temp. Entre pases		
QW.407 PWHT	.6	ϕ PWHT		
	.9		ϕ PWHT	
QW408 Gas	.2	ϕ Simple, mezcla o %	ϕ Simple, mezcla o %	
	.3			ϕ Velocidad de flujo
QW-409 Caracteristicas eléctricas	.4	ϕ Corriente y polaridad	ϕ Corriente y polaridad	
	.26	1era. Capa – entrada de calor > 10%	1era. Capa – entrada de calor > 10%	
QW-410 Tecnicas	.1			ϕ Recto/ondulado
	.3			ϕ Orificio/copa, tamaño de boquilla
	.5			ϕ Metodo de limpieza
	.7			ϕ Oscilación
	.8			ϕ Distancia tubo-pieza
	.25			ϕ manual o automatic.
	.26			+ Martillado
	.38	ϕ Capa simple a múltiple	ϕ Capa simple a múltiple	
	.50	ϕ Numero de electrodos	ϕ Numero de electrodos	

ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) SI ☐
PRECALIFICADO **CALIFICADO POR PRUEBA**
O REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS (PQR) SI ☐

Nombre de la Compañía
Proceso(s) de Soldadura
Número(s) de PQR de Apoyo

DISEÑO DE UNIÓN USADO
Tipo:
Simple ☐ Doble Soldadura ☐
Backing: Si ☐ No ☐
Material de Backing:
Abertura de la Raiz Dimensión de Cara de la Raiz
Angulo de Ranura: Radio (J-U)
Torchado: Si ☐ NO ☐ Método

METALES BASE
Especificación de Materiales
Tipo o Grado
Grosor: Ranura Filete
Diámetro (Tubería)

METALES DE APORTE
Especificación AWS
Clasificación AWS

PROTECCION
Fundente Gas
Composición
Fundente Electrodo (Clase) Ritmo de Flujo
Tamaño del colector de gas

Temp. Precalentamiento, Min.
Temp. entre pasadas, Min. Max

Número de Identificación
Revisión Fecha Por
Autorizado por Fecha
Tipo – Manual ☐ Semi-Automático ☐
Máquina ☐ Automática ☐

POSICIÓN
Posición de Ranura Filete
Progreso Vertical Arriba ☐ Abajo ☐

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS
Modo de Transferencia GMAW
Corte circuito ☐
Globular ☐ Rociado ☐
Corr. AC ☐ DCEP ☐ DCEN ☐ Pulsada ☐

Electrodo de Tungsteno (GTAW)
Tamaño
Tipo

TÉCNICA
Nervadura ó Cordón tipo tejido
Pasada Múltiple o Pasada única (por lado)
Número de Electrodos
Espacio entre electrodos Longitudinal
Lateral
Ángulo
Tubo de Contacto para distancia
Martillado
Limpieza entre pasadas

TRATAMIENTO TÉRMICO POST SOLDADURA
Temperatura
Tiempo

Procedimiento de Soldadura

Paso ó Capa(s) de Soldadura	Proceso	Materiales de Aporte		Corriente		Voltaje	Velocidad de Avance	Detalles de Uniones
		Clase	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amp. Ó Vel. De Ali. del alambre			

N°	ORDEN DE EJECUCION	HERRAMIENTAS/INSTRUMENTOS
01	Elaborar registro de calificación PQR según norma y/o código AWS D1.1.	Hojas A4 Juego de escuadras Lápices de dibujo Borrador
02	Elaborar registro de calificación PQR según norma y/o código ASME IX.	

01	05	Hoja bond A4		
PZA.	CANT.	DENOMINACION-NORMA/DIMENSIONES	MATERIAL	OBSERVACIONES

	REGISTRO DE CALIFICACIÓN DEL WPS (PQR)	HT. 01 SE.	REF.
		TIEMPO:	HOJA: 1 /1
	SOLDADOR UNIVERSAL	ESCALA: S.E.	AÑO: 2014

2.1. ELABORAR REGISTRO DE CALIFICACIÓN PQR SEGÚN NORMA Y/O CÓDIGO AWS D1.1

Es una operación que consiste en la elaboración del registro de calificación PQR según AWS D1.1, para realizar posteriormente soldaduras de producción sanas.

PROCESO DE EJECUCIÓN:

1° Paso. Utilice la norma D1.1.

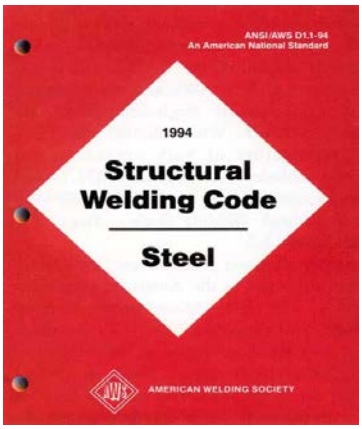
a) Siga los procedimientos de la norma sin desviaciones.

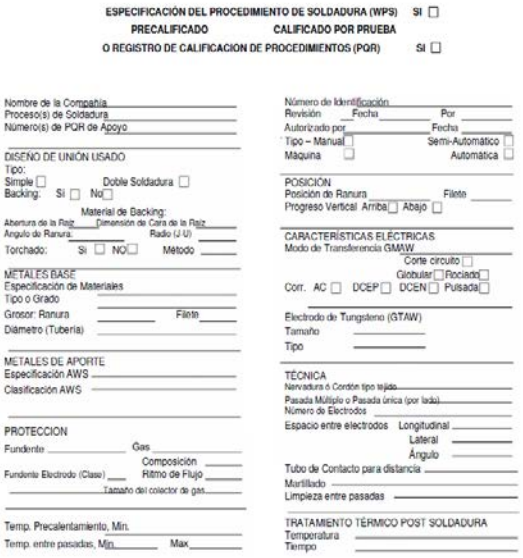
OBSERVACIÓN.
Verifique que la versión de la norma a utilizar sea el adecuado al solicitado.

2° Paso. Realice el procedimiento verifique las variables de acuerdo a AWS D1.1. y regístrelo.

b) Utilice todas las variables usadas en su prueba.
c) Verifique los registros de los ensayos.

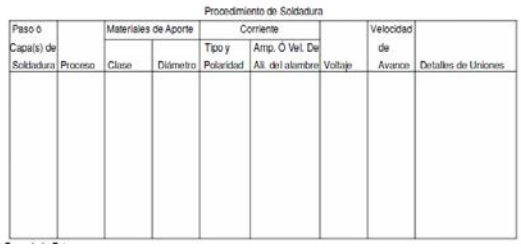
3° Paso. Elabore su PQR según AWS D1.1. Adjunte los registros de los ensayos.




ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) SI ☐
PRECALIFICADO CALIFICADO POR PRUEBA
O REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS (PQR) SI ☐

Nombre de la Compañía
Proceso(s) de Soldadura
Número(s) de PQR de Apoyo
DISEÑO DE UNIÓN USADO
Tipo:
Simple ☐ Doble Soldadura ☐
Backing: Si ☐ No ☐
Material de Backing:
Abertura de la Raiz Dimensión de Cara de la Raiz
Angulo de Ranura Radio (J-U)
Torchado: Si ☐ NO ☐ Método
METALES BASE
Especificación de Materiales
Tipo o Grado
Grosor: Ranura Filete
Diámetro (Tubería)
METALES DE APORTE
Especificación AWS
Clasificación AWS
PROTECCION
Fundente Gas
Composición
Fundente Electrodo (Clase) Ritmo de Flujo
Tamaño del colector de gas
Temp. Precalentamiento, Min.
Temp. entre pasadas, Min. Max.

Número de Identificación
Revisión Fecha Por
Autorizado por Fecha
Tipo – Manual ☐ Semi-Automático ☐
Maquina ☐ Automática ☐
POSICIÓN
Posición de Ranura Filete
Progreso Vertical Arriba ☐ Abajo ☐
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS
Modo de Transferencia GMAW
Corte circuito ☐
Globular ☐ Rociado ☐
Corr. AC ☐ DCEP ☐ DCEN ☐ Pulsada ☐
Electrodo de Tungsteno (GTAW)
Tamaño
Tipo
TÉCNICA
Nervadura ó Cordón tipo tejido
Pasada Múltiplo o Pasada única (por lado)
Número de Electrodos
Espacio entre electrodos Longitudinal
Lateral
Ángulo
Tubo de Contacto para distancia
Martillado
Limpieza entre pasadas
TRATAMIENTO TÉRMICO POST SOLDADURA
Temperatura
Tiempo

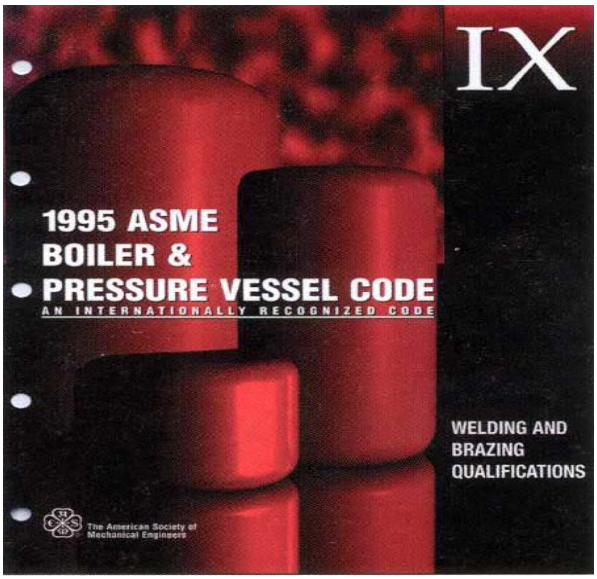

Procedimiento de Soldadura

Paso ó Capa(s) de Soldadura	Proceso	Materiales de Aporte		Corriente		Voltaje	Velocidad de Avance	Detalles de Uniones
		Clase	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amp. Ó Vel. De Ali. del alambre			

2.2. ELABORAR REGISTRO DE CALIFICACIÓN PQR SEGÚN NORMA Y/O CÓDIGO ASME IX.

Es una operación que consiste en la elaboración del registro de calificación PQR según AWS D1.1, para realizar posteriormente soldaduras de producción sanas.

PROCESO DE EJECUCIÓN:



1° Paso. Utilice norma ASME IX.

a) Siga los procedimientos de la norma sin desviaciones.

OBSERVACIÓN.
Verifique que la versión de la norma a utilizar sea el adecuado al solicitado.

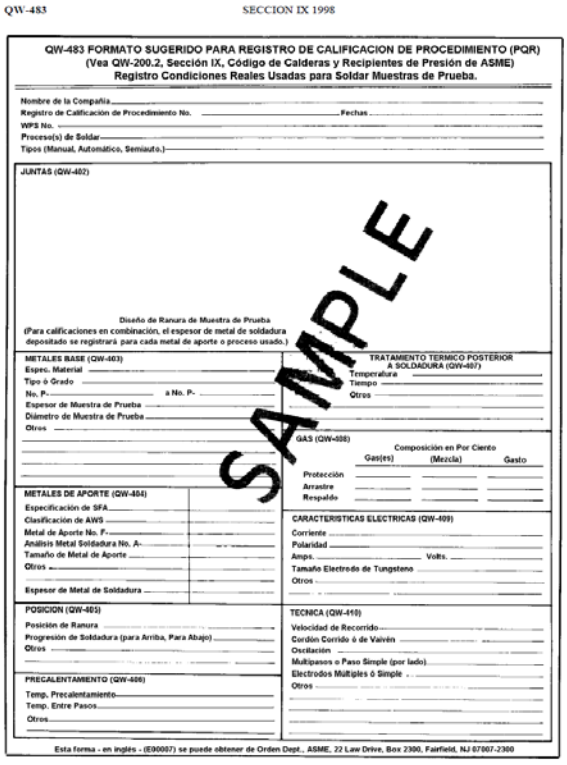
2° Paso. Realice el procedimiento y verifique las variables de acuerdo a ASME IX.

b) Utilice todas las variables usadas en su prueba.

c) Verifique los registros de los ensayos.

3° Paso. Elabore su PQR según ASME IX.

d) Adjunte los registros de los ensayos.


QW-483 SECCION IX 1998

QW-483 FORMATO SUGERIDO PARA REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO (PQR)
(Vea QW-200.2, Sección IX, Código de Calderas y Recipientes de Presión de ASME)
Registro Condiciones Reales Usadas para Soldar Muestras de Prueba.

Nombre de la Compañía
Registro de Calificación de Procedimiento No. Fechas
WPS No.
Proceso(s) de Soldar
Tipos (Manual, Automático, Semiauto.)

JUNTAS (QW-402)

Diseño de Ranura de Muestra de Prueba
(Para calificaciones en combinación, el espesor de metal de soldadura depositado se registrará para cada metal de aporte o proceso usado.)

METALES BASE (QW-403)
Espec. Material
Tipo ó Grado
No. P- a No. P-
Espesor de Muestra de Prueba
Diámetro de Muestra de Prueba
Otros

TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR A SOLDADURA (QW-407)
Temperatura
Tiempo
Otros

GAS (QW-408)
Composición en Por Ciento
Gas(es) (Mezcla) Gasto
Protección
Arrastre
Respaldo

METALES DE APORTE (QW-404)
Especificación de SFA
Clasificación de AWS
Metal de Aporte No. F-
Análisis Metal Soldadura No. A-
Tamaño de Metal de Aporte
Otros
Espesor de Metal de Soldadura

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)
Corriente
Polaridad
Amps. Volts.
Tamaño Electrodo de Tungsteno
Otros

POSICION (QW-405)
Posición de Ranura
Progresión de Soldadura (para Arriba, Para Abajo)
Otros

TECNICA (QW-410)
Velocidad de Recorrido
Cordón Corrido ó de Vaivén
Oscilación
Multipasos o Paso Simple (por lado)
Electrodos Múltiples ó Simple
Otros

PRECALENTAMIENTO (QW-406)
Temp. Precalentamiento
Temp. Entre Pasos
Otros

Esta forma - en inglés - (E00087) se puede obtener de Orden Dept., ASME, 22 Law Drive, Box 2300, Fairfield, NJ 07007-2300

SAMPLE

FUNDAMENTO TEÓRICO.

4. FORMATOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PQR.

4.1. SEGÚN AWS D1.1.

ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) SI ☐
PRECALIFICADO **CALIFICADO POR PRUEBA**
O REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS (PQR) SI ☐

Nombre de la Compañía
Proceso(s) de Soldadura
Número(s) de PQR de Apoyo

DISEÑO DE UNIÓN USADO
Tipo:
Simple ☐ Doble Soldadura ☐
Backing: Si ☐ No ☐
Material de Backing:
Abertura de la Raíz Dimensión de Cara de la Raíz
Angulo de Ranura: Radio (J-U)
Torchado: Si ☐ NO ☐ Método

METALES BASE
Especificación de Materiales
Tipo o Grado
Grosor: Ranura Filete
Diámetro (Tubería)

METALES DE APORTE
Especificación AWS
Clasificación AWS

PROTECCION
Fundente Gas
Composición
Fundente Electrodo (Clase) Ritmo de Flujo
Tamaño del colector de gas

Temp. Precalentamiento, Min.
Temp. entre pasadas, Min. Max

Número de Identificación
Revisión Fecha Por
Autorizado por Fecha
Tipo – Manual ☐ Semi-Automático ☐
Máquina ☐ Automática ☐

POSICIÓN
Posición de Ranura Filete
Progreso Vertical Arriba ☐ Abajo ☐

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS
Modo de Transferencia GMAW
Corte circuito ☐
Globular ☐ Rociado ☐
Corr. AC ☐ DCEP ☐ DCEN ☐ Pulsada ☐

Electrodo de Tungsteno (GTAW)
Tamaño
Tipo

TÉCNICA
Nervadura ó Cordón tipo tejido
Pasada Múltiple o Pasada única (por lado)
Número de Electrodos
Espacio entre electrodos Longitudinal
Lateral
Ángulo
Tubo de Contacto para distancia
Martillado
Limpieza entre pasadas

TRATAMIENTO TÉRMICO POST SOLDADURA
Temperatura
Tiempo

Procedimiento de Soldadura

Paso ó Capa(s) de Soldadura	Proceso	Materiales de Aporte		Corriente		Voltaje	Velocidad de Avance	Detalles de Uniones
		Clase	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amp. Ó Vel. De Ali. del alambre			

ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) SI ☐
PRECALIFICADO **CALIFICADO POR PRUEBA**
O REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS (PQR) SI ☐

Nombre de la Compañía Lenco
Proceso(s) de Soldadura Saw
Número(s) de PQR de Apoyo Precalificado

DISEÑO DE UNIÓN USADO
Tipo:
Simple [x] Doble Soldadura ☐
Backing: Si ☐ No [x]
Material de Backing: ASTM A 36
Abertura de la Raiz 5/8" Dimensión de Cara de la Raíz
Angulo de Ranura: 20° Radio (J-U)
Torchado: Si ☐ NO [x] Método

METALES BASE
Especificación de Materiales ASTM A 36
Tipo o Grado
Grosor: Ranura 1" Filete
Diámetro (Tubería)

METALES DE APORTE
Especificación AWS A5.17
Clasificación AWS EM12K

PROTECCION
Fundente 860 Gas
Composición
Fundente Electrodo (Clase) Ritmo de Flujo
F7A2-EM12K Tamaño del colector de gas

Temp. Precalentamiento, Min. 150°F
Temp. entre pasadas, Min. 150°F Max 350°F

Número de Identificación W2081
Revisión 2 Fecha 1-3-89 Por R. García
Autorizado por P Ruiz Fecha 2-3-89
Tipo – Manual ☐ Semi-Automático ☐
Máquina [x] Automática ☐

POSICIÓN
Posición de Ranura 1 G Filete
Progreso Vertical Arriba ☐ Abajo ☐

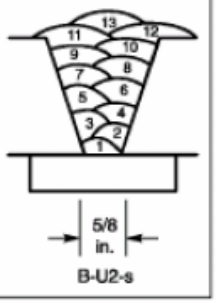
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS
Modo de Transferencia GMAW
Corte circuito ☐
Globular ☐ Rociado ☐
Corr. AC ☐ DCEP [x] DCEN ☐ Pulsada ☐

Electrodo de Tungsteno (GTAW)
Tamaño
Tipo

TÉCNICA
Nervadura ó Cordón tipo tejido
Pasada Múltiple o Pasada única (por lado)
Número de Electrodos 1
Espacio entre electrodos Longitudinal
Lateral
Ángulo
Tubo de Contacto para distancia 1- ¼"
Martillado
Limpieza entre pasadas

TRATAMIENTO TÉRMICO POST SOLDADURA
Temperatura
Tiempo

Procedimiento de Soldadura

Paso ó Capa(s) de Soldadura	Proceso	Materiales de Aporte		Corriente		Voltaje	Velocidad de Avance	Detalles de Uniones
		Clase	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amp. Ó Vel. De Ali. del alambre			
1-n	SAW	EM12K	5/32"	DC+	45 ipm 550 Amps ±10%	28 V ±7%	16 ipm ±15%	

B-U2-s

Registro de Calificación del Procedimiento #

Resultados de la Prueba

PRUEBA DE TENSION

Muestra No.	Ancho	Espesor	Area	Carga última de tensión lb	Tensión última de la unidad, psi	Carácter de la falla y localización

PRUEBA DE DOBLADO GUIADA

Espécimen No.	Tipo de doblado	Resultado	Comentarios

INSPECCIÓN VISUAL

Apariencia _____

Socavamiento _____

Porosidad de la tubería _____

Convexidad _____

Fecha de la Prueba _____

Presenciado por _____

Examen Radiográfico - Ultrasónico

Informe RT (radiográfica) _____ Resultado _____

Informe UT (ultrasónica) _____ Resultado _____

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SOLDADURA DE FILETE

Tamaño mínimo de pasada múltiple — Macrografía: 1. _____ 3. _____ 2. _____

Máx de pasada única — Macrografía: 1. _____ 3. _____ 2. _____

Otras Pruebas

Prueba de tensión de todo el metal de soldadura

Carga límite de rotura, psi _____

Punto límite de fluencia, psi _____

Elongación en 2 pulgadas, % _____

Prueba de laboratorio no. _____

Nombre del Soldador _____ Reloj no. _____ Sello no. _____

Pruebas efectuadas por _____

Número de prueba _____

Por _____

Nosotros, los que aquí firmamos, certificamos que lo establecido en este registro está correcto y que las soldaduras de prueba fueron preparadas soldadas, y examinadas en conformidad con los requerimientos de la Sección 4 de AWS D1.1/D1.1M, (__año__) Código de Soldadura Estructural Acero.

Firma _____

(Fabricante ó Contratista)

Por _____

Título _____

Fecha _____

Formulario E-1 (Atrás)

Registro de Calificación del Procedimiento #

Resultados de la Prueba

PRUEBA DE TENSION

Muestra No.	Ancho	Espesor	Area	Carga última de tensión lb	Tensión última de la unidad, psi	Carácter de la falla y localización
						Dúctil
						Dúctil

PRUEBA DE DOBLADO GUIADA

Espécimen No.	Tipo de doblado	Resultado	Comentarios
	De lado	Pasó	
	De lado	Pasó	Pequeño (<1/16") abertura aceptable
	De lado	Pasó	
	De lado	Pasó	

INSPECCIÓN VISUAL

Apariencia: ACEPTABLE

Socavamiento: ACEPTABLE

Porosidad de la tubería: NINGUNA

Convexidad: NINGUNA

Fecha de la Prueba: 12-3-2002

Presenciado por: J. CID

Examen Radiográfico - Ultrasónico

Informe RT (radiográfica) D231 Resultado APROBADO

Informe UT (ultrasónica) Resultado

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SOLDADURA DE FILETE

Tamaño mínimo de pasada múltiple Máx de pasada única

Macrografía Macrografía

1. 3. 1. 3.

2. 2.

Otras Pruebas

Prueba de tensión de todo el metal de soldadura

Carga límite de rotura, psi 83,100

Punto límite de fluencia, psi 72,100

Elongación en 2 pulgadas, % 28

Prueba de laboratorio no. PW 231

Nombre del Soldador JUAN SOTO Reloj no. 261 Sello no.

Pruebas efectuadas por Examen Radiográfico - Ultrasónico

Número de prueba PQR 231

Por PEDRO BELLO

Nosotros, los que aquí firmamos, certificamos que lo establecido en este registro está correcto y que las soldaduras de prueba fueron preparadas soldadas, y examinadas en conformidad con los requerimientos de la Sección 4 de AWS D1.1/D1.1M, (__2002__) Código de Soldadura Estructural Acero.

Firma RED INC.
(Fabricante ó Contratista)

Por R.M.

Título Q.C. Mgr

Fecha 15-12-2002

Formulario E-1 (Atrás)

INFORME DE EXAMEN RADIOGRAFICO DE SOLDADURAS

Proyecto _____

Requerimientos de calidad - Sección No. _____

Informado para _____

LOCALIZACIÓN DE LA SOLDADURA Y BOSQUEJO DE IDENTIFICACIÓN

Técnica

Fuente _____

Película a la fuente _____

Tiempo de exposición _____

Pantallas _____

Tipo de película _____

(Descripción de longitud, ancho y espesor de todas las uniones radiografiadas)

Fecha	Identificación de la Soldadura	Area	Interpretación		Reparaciones		Comentarios
			Aceptado	Rechazado	Aceptado	Rechazado	

Nosotros, los que aquí firmamos, certificamos que lo establecido en este registro es correcto y que las soldaduras de prueba fueron preparadas, soldadas, y examinadas en conformidad con los requerimientos de AWS D1.1/D1.1M, (__año__) Código de Soldadura Estructural Acero.

Radiografo(s) _____ Fabricante o Contratista _____

Interprete _____ Autorizado por _____

Fecha de la prueba _____ Fecha _____

Formulario E-7

4.2. SEGÚN ASME SECCION IX.

QW-483 SECCION IX 1998

QW-483 FORMATO SUGERIDO PARA REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO (PQR)
(Vea QW-200.2, Sección IX, Código de Calderas y Recipientes de Presión de ASME)
Registro Condiciones Reales Usadas para Soldar Muestras de Prueba.

Nombre de la Compañía
Registro de Calificación de Procedimiento No. Fechas
WPS No.
Proceso(s) de Soldar
Tipos (Manual, Automático, Semiauto.)

JUNTAS (QW-402)

Diseño de Ranura de Muestra de Prueba
(Para calificaciones en combinación, el espesor de metal de soldadura depositado se registrará para cada metal de aporte o proceso usado.)

METALES BASE (QW-403)
Espec. Material
Tipo ó Grado
No. P- a No. P-
Espesor de Muestra de Prueba
Diámetro de Muestra de Prueba
Otros

TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR A SOLDADURA (QW-407)
Temperatura
Tiempo
Otros

GAS (QW-408)

	Gas(es)	Composición en Por Ciento (Mezcla)	Gasto
Protección			
Arrastre			
Respaldo			

METALES DE APORTE (QW-404)
Especificación de SFA
Clasificación de AWS
Metal de Aporte No. F-
Análisis Metal Soldadura No. A-
Tamaño de Metal de Aporte
Otros
Espesor de Metal de Soldadura

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)
Corriente
Polaridad
Amps. Volts.
Tamaño Electrodo de Tungsteno
Otros

POSICION (QW-405)
Posición de Ranura
Progresión de Soldadura (para Arriba, Para Abajo)
Otros

TECNICA (QW-410)
Velocidad de Recorrido
Cordón Corrido ó de Vaivén
Oscilación
Multipasos o Paso Simple (por lado)
Electrodos Múltiples ó Simple
Otros

PRECALENTAMIENTO (QW-406)
Temp. Precalentamiento
Temp. Entre Pasos
Otros

Esta forma - en inglés - (E00007) se puede obtener de Orden Dept., ASME, 22 Law Drive, Box 2300, Fairfield, NJ 07007-2300

SAMPLE

APENDICE B – NO OBLIGATORIO QW-483

QW-483 (Respaldo)

PQR No. _____

Prueba de Tensión (QW-150)

Espécimen No.	Ancho	Espesor	Area	Carga Ultima total lb	Esfuerzo Unitario Ultimo lb/pulg.2	Tipo de Falla y Ubicación

Pruebas de Doblez Guiado (QW-160)

Tipo y Figura No.	Resultado

Pruebas de Tenacidad (QW-170)

Espécimen No.	Ubicación de Muesca	Tipo Muesca	Temp. Prueba	Valores		Impacto	Piso de Gota	
				Ft. lbs.	% Corte	Mils.	Rotura	Sin Rotura

SAMPLE

Prueba de Soldadura Con Filete (QW-180)

Resultado- Satisfactorio: Sí _____ No _____ Penetración dentro Metal Base: Sí _____ No _____

Macro - Resultados _____

Otras Pruebas

Tipo de Prueba _____

Análisis de Depósito _____

Otros _____

Nombre del Soldador _____ No. Reloj. _____ Sello No. _____

Pruebas conducidas por: _____ Laboratorio de Pruebas No. _____

Certificamos que las declaraciones de este registro son correctas y que las soldaduras de prueba fueron preparadas , soldadas y probadas de acuerdo con los requerimientos de la Sección IX del Código de ASME.

Fabricante _____

Fecha _____ Por _____

(Los detalles de registro de pruebas son sólo ilustrativos y se pueden modificar para conformar con el tipo y número de pruebas requeridos por el Código.)

QB-483 FORMATO SUGERIDO PARA REGISTROS DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO (PQR)
(Vea QB-200.2, Sección IX, Código ASME de Calderas y Recipientes de Presión)
Registro de Condiciones Reales Usadas para Soldar en Fuerte la Muestra de Prueba

Nombre de la compañía _____

PQR No. _____ Fecha _____

BPS No. _____

Proceso (s) de Soldar en Fuerte _____ Tipo (s) _____ (Manual, mecánico, soplete, etc.)

JUNTAS (QB-408)

Tipo de Junta (s) _____
Espacio Libre de Junta _____
Longitud de Solapadura _____
Otros _____

Diseño de Junta de la Muestra de Prueba

METAL BASE (QB-402)

No. P- _____ a No. P- _____
Espec. Material _____
Tipo o Grado _____
Espesor de Muestra de Prueba _____
Método de Prelimpieza _____
Otros _____

METALES DE APORTE (QB-403)

No. F- _____ Otros _____
Espec. ASME No. _____ Otros _____
Clase AWS No. _____ Otros _____
Tamaño o Forma de Metal de Aporte _____
Otros _____

TEMPERATURA SOLDADURA FUERTE (QB-404)

Orden de Temperatura _____
Otros _____
* No aplicable para soldadura fuerte con soplete

FUNDENTE O ATMOSFERA DE SOLDADURA FUERTE (QB-406)

Nombre Comercial o Composición del Fundente _____
Atmósfera para Soldadura Fuerte en Horno _____
_____ (Nombre o designación comercial del combustible usando o el nombre o designación comercial del gas que comprime la atmósfera (hidrógeno, amoniaco desasociado, etc.) y una declaración respecto a caracter proyectado de la atmósfera de horno, p. ej., si es reductora, descarburizante, inerte etc.

POSICION DE FLUJO (QB-407)

Posición (es) de Flujo _____
Método de Aplicar Metal de Aporte _____
(alimentación de cara, anillos precolocados, laminillas, depósito pulverizado, etc.)
Otros _____

TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR A SOLDADURA FUERTE (QB-409)

Tipo y temperatura de tratamiento térmico de curación o estabilización después de la soldadura fuerte _____

TECNICA (QB-410)

Método de Limpieza Posterior a Soldadura Fuerte _____
Tipo de Flama _____
Tamaño de Boquilla de Soplete _____
Otros _____

SAMPLE

Esta Forma (E00032) se puede obtener del Order Dept., ASME, 22 Law Drive, Box 2300, Fairfield, NJ 07007-2300

APENDICE B – NO OBLIGATORIO QB-483

QB-483 (Respaldo) PQR No. _____

☐ Completo ☐ Sección Reducida

PRUEBA DE TENSION (QB-150)

Espécimen No.	Dimensiones			Area	Carga Ultima Total, lb	Ultimo Esfuerzo lb/pulg.^{2}	Tipo de falla y Ubicación
	Ancho	Esp.	D.E.				

PRUEBAS DE DOBLEZ GUIADO (QB-160)

Tipo y Figura No.	Resultados

PRUEBAS DE DOBLEZ GUIADO (QB-170 - 0 QB-180)

Tipo y Figura No.	Resultados

SAMPLE

OTRAS PRUEBAS

Tipo de Prueba _____

Otros _____

Nombre del Soldador para Soldadura Fuerte _____ Reloj No. _____ Sello No. _____

Pruebas Conducidas por _____ Laboratorio de Prueba No. _____

Certificamos que las declaraciones hechas en este registro son correctas y las soldadura de prueba se prepararon, se soldaron en fuerte, y se probaron de acuerdo con los requerimientos de la Sección IX del Código ASME

Fabricante _____

Fecha _____ Por _____

(Los detalles de registro de pruebas son sólo ilustrativos y se pueden modificar para conformar con el tipo y número de pruebas requeridas por el Código.)

5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN PARA EL PQR SEGÚN AWS D1.1 Y ASME IX.

5.1. SEGÚN AWS D1.1. - Parte C - Criterios de Aceptación.

5.1.1. ALCANCE.

Los criterios de aceptación para la inspección visual y los NDT de las conexiones tubulares y de las conexiones no tubulares estáticamente y cíclicamente se describen en la Parte C.

La envergadura del examen y los criterios de aceptación deberán especificarse en los documentos del contrato o en la información proporcionada al cliente.

5.1.2. APROBACIÓN DEL INGENIERO PARA LOS CRITERIOS DE ACEPTACIÓN ALTERNATIVOS.

La premisa fundamental del código es la de proporcionar estipulaciones generales aplicables a la mayoría de las situaciones.

Los criterios de aceptación para la producción de soldadura diferentes a aquellas descritas en el código pueden utilizarse para una aplicación particular; siempre que se cuente con la documentación adecuada por parte del proponente y la aprobación del Ingeniero.

Estos criterios de aceptación alterna pueden basarse en la evaluación de la conveniencia del servicio utilizado en experiencias pasadas, la evidencia experimental o el análisis de ingeniería que considere el tipo de material, los efectos de carga del servicio y los factores ambientales.

5.1.3. INSPECCIÓN VISUAL.

Todas las soldaduras deberán inspeccionarse visualmente y aceptarse si se satisfacen los criterios de la Tabla 6.1.

5.1.4. PT y MP (Prueba de líquido penetrante y Prueba de Partícula Magnética).

Las soldaduras que están sometidas a MP y PT, además de la inspección visual, deberán evaluarse sobre las base de los requerimientos aplicables para la inspección visual.

Las pruebas deberán efectuarse en conformidad con 6.14.4 o 6.14.5, cualquiera que sea aplicable.

Tabla 6.1
Criterios de Aceptación de la Inspección Visual (ver 6.9)

Categoria de discontinuidad y criterios de inspección	Conexiones No tubulares Estáticamente Cargadas	Conexiones No tubulares cíclicamente cargadas	Conexione Tubulares (todas las cargas)
(1) Prohibición de Grietas Cualquier grieta será inaceptable; sin considerar el tamaño o localización.	X	X	X
(2) Fusión del Metal Base/Soldadura Deberá existir una fusión completa entre las capas adyacentes del metal base y entre el metal de soldadura y el metal base.	X	X	X
(3) Sección Transversal del Cráter Todos los cráteres deberán rellenarse para proporcionar el tamaño de la soldadura especificada, excepto los extremos de las soldaduras de filete intermitente fuera de su longitud efectiva.	X	X	X
(4) Perfiles de soldadura Los perfiles soldados deberán estar en conformidad con 5.24.	X	X	X
(5) Tiempo de Inspección La inspección visual de las soldaduras en todos los aceros pueden comenzar inmediatamente después de que las soldaduras completadas se hayan enfriado a temperatura ambiente. Los criterios de aceptación para ASTM a 514, A 517, y A 709 de aceros grados 100 y 100W deberán basarse en la inspección visual efectuada en no menos de 48 horas después de haber completado la soldadura.	X	X	X
(6) Soldadura Sub – Dimensionada El tamaño de una soldadura de filete en cualquier soldadura continua puede ser inferior que el tamaño nominal especificado (L) sin corrección por las siguientes cantidades (U): L, — U, Tamaño de la soldadura Nominal especificada, pulgadas [mm] — Disminución aceptable de L, pulgada [mm] ≤ 3/16 [5] — ≤ 1/16 [2] 1/4 [6] — ≤ 3/32 [2.5] ≥ 5/16 [8] — ≤1/8 [3] En todos los casos, la porción sub-dimensionada no debera exceder el 10% de la longitud de ella. En la soldadura del alma al flange en las vigas maestras deberá prohibirse una cantidad menor en los extremos en una longitud igual a dos veces el ancho del flange.	X	X	X
(7) Socavamiento (A) Para materiales menores que 1 pulgada [25 mm] de espesor, el socavamiento no deberán exceder 1/32 pulgadas [1 mm], con la siguiente excepción: el socavamiento no deberá exceder 1/16 pulgadas [2 mm] para cualquier longitud acumulada hasta 2 pulgadas [50 mm] en cualquier o en todas 12 pulgadas [300 mm]. Para el material igual a ó mayor que 1 pulgada de espesor, el socavamiento no deberá exceder 1/16 pulgadas [2 mm] para cualquier longitud de soldadura	X		
(B) En los componentes primarios el socavamiento no deberá ser mayor que 0.01 pulgadas de profundidad [0.25 mm], cuando la soldadura sea ó esté transversal al esfuerzo de tensión bajo cualquier condición de carga de diseño. El socavamiento no deberá ser mayor que 1/32 pulgadas de profundidad [1 mm] para todos los otros casos		X	X

Categoria de discontinuidad y criterios de inspección	Conexiones No tubulares Estáticamente Cargadas	Conexiones No tubulares ciclicamente cargadas	Conexione Tubulares (todas las cargas)
(8) Porosidad (A) Las soldaduras de ranura de penetración completa en uniones a tope transversales a la dirección de la tensión de carga computarizada, no deberá tener porosidad visible en tubería. Para todas las demás soldaduras de ranura y para soldaduras de filete, la suma de la porosidad visible de la tubería de 1/32 pulgadas [1 mm] o mayor en el diámetro, no deberá exceder 3/8 pulgadas [10 mm] en cualquier pulgada lineal de soldadura y no deberá exceder ¾ pulgadas [20 mm] en cualquiera de 12 pulgadas[300 mm] de longitud de soldadura.	X		
(B) La frecuencia de la porosidad la de tubería en la soldadura de filete no deberá exceder a una en cada 4 pulgadas [100 mm] de longitud de soldadura y el diámetro máximo no deberá exceder 3/32 pulgadas [2.5 mm]. Excepción: Para las soldaduras de filete que conectan los atiesadores a la viga maestra, la suma del diámetro de la porosidad de la tubería no deberá exceder 3/8 de pulgadas [10 mm] en cualquier pulgada lineal de soldadura y no deberán exceder ¾ pulgada [20 mm] en cualquier longitud de soldadura de 12 pulgadas[300 mm].		X	X
(C) Las soldaduras de ranura de penetración completa en uniones a tope transversales A la dirección del esfuerzo de tensión computarizado no deberán tener porosidad en la tubería. Para todas las demás soldaduras de ranura, la frecuencia de la porosidad de la tubería no deberá exceder de una en 4 pulgadas [100 mm] de longitud y el diámetro máximo no deberá exceder3/32 pulgadas [2.5 mm].		X	X

Nota General: Una "X" indica la aplicabilidad para el tipo de conexión; un área sombreada indica no-aplicabilidad

5.1.5. NDT.

Excepto lo entregado en 6.18, todos los métodos NDT que incluyen requerimientos de equipos y calificaciones, calificaciones del personal y métodos operativos deberán estar en conformidad con la Sección 6 Inspección.

Los criterios de aceptación deberán describirse en esta sección.

Las soldaduras sujetas a los ensayos NDT deberán haber sido encontrados aceptables por la inspección visual en conformidad con 6.9.

Para soldaduras sujetos a ensayos NDT en conformidad con 6.10, 6.11, 6.12.3, y 6.13.3, la prueba puede comenzar inmediatamente después que las soldaduras completadas se hayan enfriado a temperatura ambiente.

Los criterios de aceptación para los aceros ASTM A 514, A 517, y A 709, grado 100 y 100W deberán basarse en los ensayos NDT efectuados no menos de 48 horas después de haber completado la soldadura.

5.1.5.1. Requerimientos de las Conexiones Tubulares.

Para las soldaduras a tope de ranura de penetración completa soldadas de un solo lado sin backing, toda la longitud de las soldaduras de la producción de los componentes tubulares deberá examinarse ya sea por RT o UT.

Los criterios de aceptación deberán estar en conformidad con 6.12.3 o 6.13.3, según sea aplicable.

5.1.6. RT.

Las soldaduras probadas mediante la prueba radiográfica que no cumplan con los requerimientos de la Parte C o con los criterios de aceptación alternos según 6.8, deberán ser reparados en conformidad con 5.26.

Las irregularidades que no sean grietas, deberán evaluarse sobre la base de ser alargadas o redondeadas.

Sin considerar el tipo de irregularidad, una irregularidad alargada será definida como una en la cual su longitud excede 3 veces su ancho.

Una irregularidad redondeada será definida como una en la cual su longitud es 3 veces su ancho o menor y puede tener añadiduras.

5.1.6.1. Criterios de Aceptación para Conexiones No Tubulares Cargadas Estáticamente.

5.1.6.1.1. Irregularidades.

Las soldaduras que están sujetas a RT, además de la inspección visual no deberá tener grietas y serán inaceptables si la prueba Radiográfica muestra

irregularidades que excedan las siguientes limitaciones (E = tamaño de soldadura) (1) Irregularidades alargadas que excedan el tamaño máximo de la Figura 6.1.

(3) Irregularidades redondeadas mayores que un tamaño máximo de E/3, que no exceda 1/4 de pulgada (6mm).

Sin embargo, cuando el espesor sea mayor que 2 pulgadas (50 mm), la indicación máxima redondeada puede ser 3/8 de pulgada (10mm).

La tolerancia mínima de este tipo de irregularidad mayor que o igual a 3/32 pulgadas (2.5mm) para una irregularidad aceptable alargada o redondeada, o en un borde o en un extremo de una soldadura de intersección deberá ser 3 veces la dimensión mayor de la más grande de las irregularidades que estén en consideración.

(4) Las irregularidades asiladas tales como un grupo de indicaciones redondeadas, que tengan una suma de sus dimensiones mayores que excedan la irregularidad única de tamaño máximo permitido en la Figura 6.1.

La tolerancia mínima con otro grupo o con una irregularidad alargada o redondeada o a un borde o a un extremo de la soldadura de intersección deberá ser 3 veces la dimensión mayor de las irregularidades más grandes que se estén considerando.

(5) La suma de las irregularidades individuales, que cada una tenga una dimensiona mayor de menos 3/32 pulgadas (2.5 mm) no deberán exceder 2E/3 o 3/8 pulgadas (10mm); cualquiera que sea menor en la medición lineal de 1 pulgada (25mm) de soldadura.

Este requerimiento es independiente de (1), (2), y (3) anteriores. (6) Las irregularidades en línea, en donde la suma de las mayores dimensiones exceda E en cualquier longitud de 6E.

Cuando la longitud de la soldadura que se esté examinando sea menor que 6E, la suma permitida de las mayores dimensiones deberá ser proporcionalmente menor.

5.1.6.1.2. Ilustración de los Requerimientos.

La Figura 6.2 y la Figura 6.3 ilustran la aplicación de los requerimientos entregados en 6.12.1.1.

Figura 6.1 Requerimientos de la calidad de Soldadura para irregularidades prolongadas según lo determinado por RX para Estructuras No Tubulares estáticamente cargadas. (Ver 6.12.1.1)

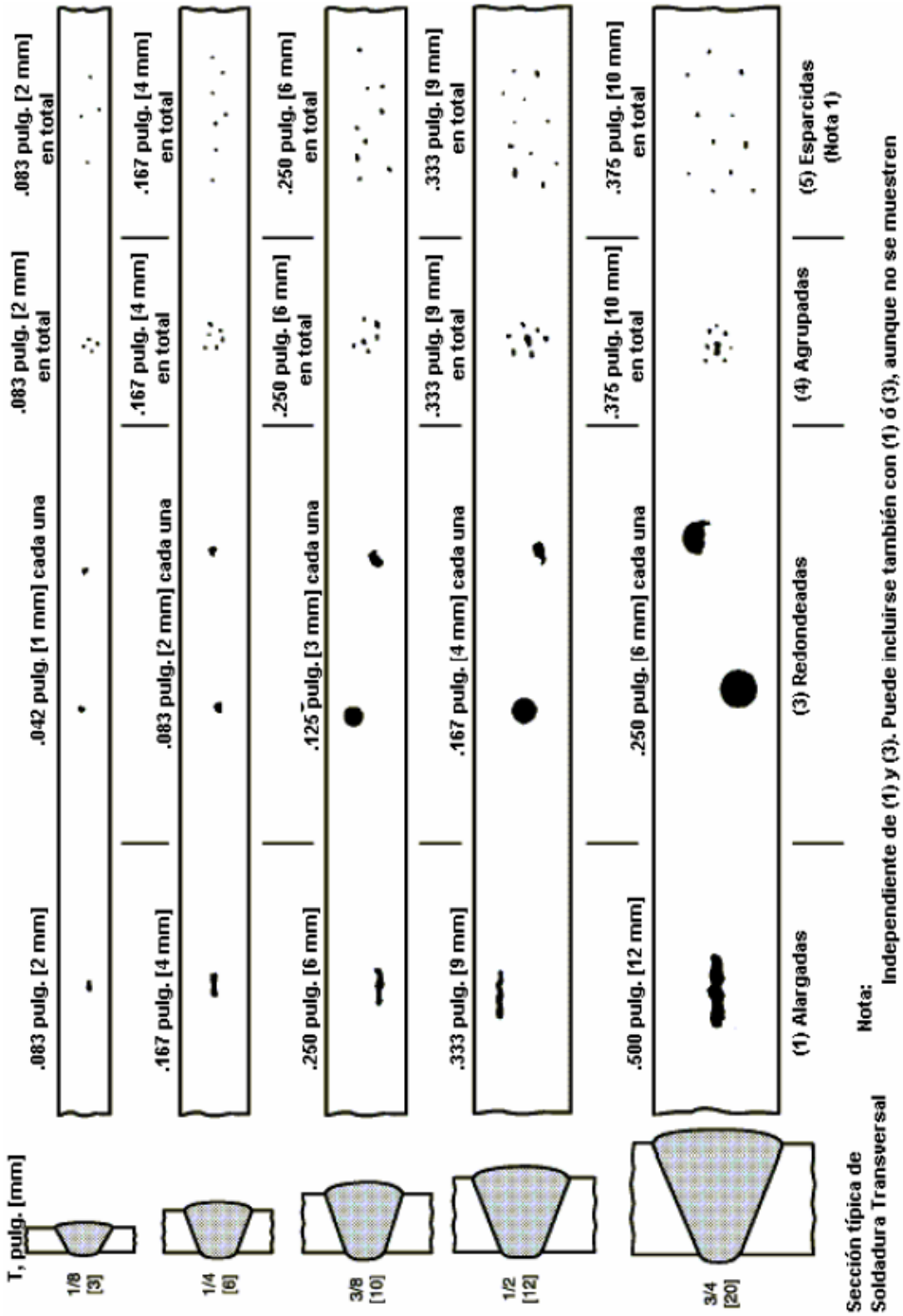
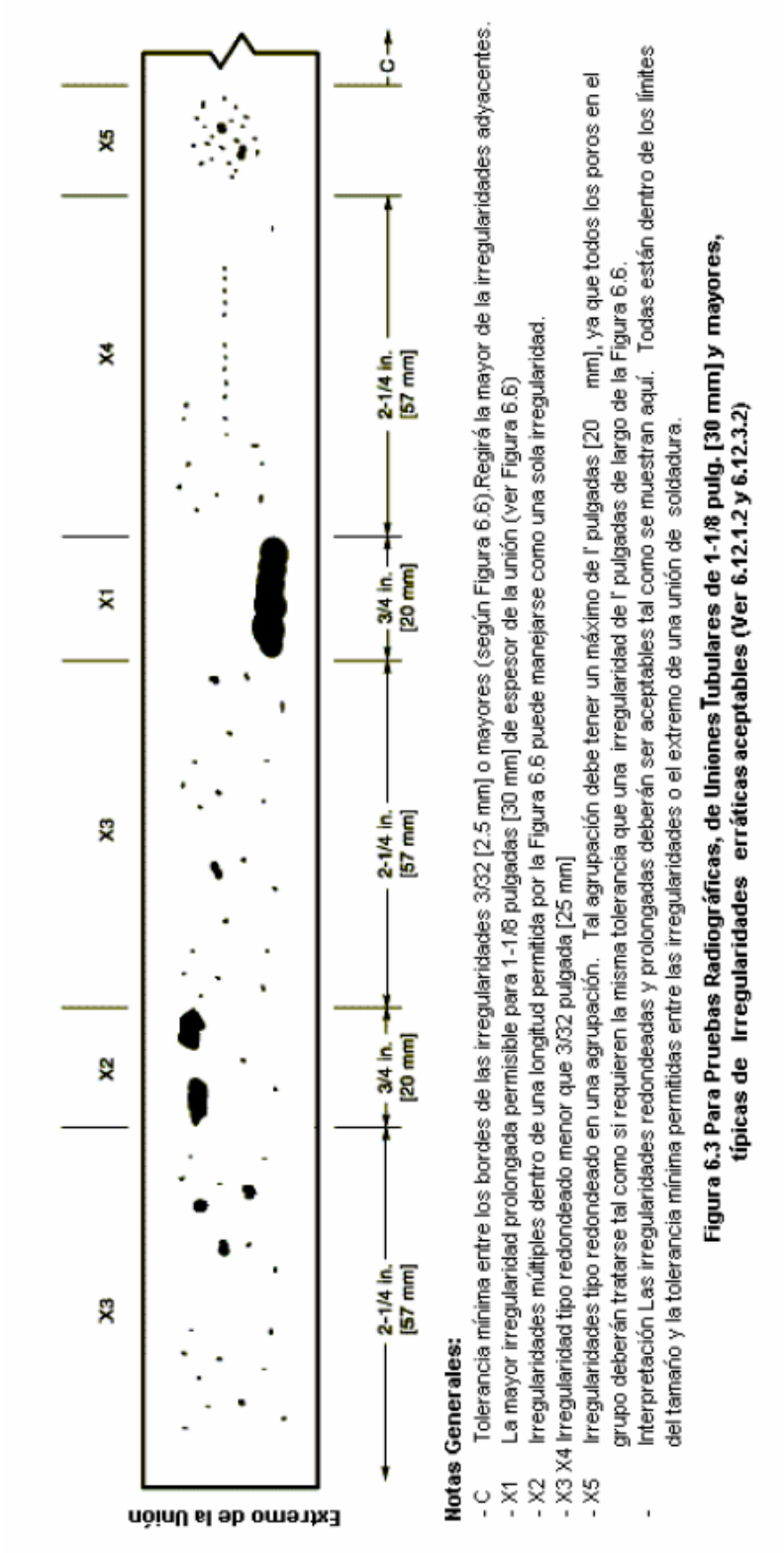


Figura 6.2 - Imágenes de pruebas radiográficas máximas aceptables, según 6.12.3.1 (Ver 6.12.1.2 y 6.12.3.2)



Notas Generales:

- C Tolerancia mínima entre los bordes de las irregularidades 3/32 [2.5 mm] o mayores (según Figura 6.6).Regirá la mayor de la irregularidades adyacentes.
- X1 La mayor irregularidad prolongada permisible para 1-1/8 pulgadas [30 mm] de espesor de la unión (ver Figura 6.6)
- X2 Irregularidades múltiples dentro de una longitud permitida por la Figura 6.6 puede manejarse como una sola irregularidad.
- X3 X4 Irregularidad tipo redondeado menor que 3/32 pulgada [25 mm]
- X5 Irregularidades tipo redondeado en una agrupación. Tal agrupación debe tener un máximo de l' pulgadas [20 mm], ya que todos los poros en el grupo deberán tratarse tal como si requieren la misma tolerancia que una irregularidad de l' pulgadas de largo de la Figura 6.6.
- Interpretación Las irregularidades redondeadas y prolongadas deberán ser aceptables tal como se muestran aquí. Todas están dentro de los límites del tamaño y la tolerancia mínima permitidas entre las irregularidades o el extremo de una unión de soldadura.

Figura 6.3 Para Pruebas Radiográficas, de Uniones Tubulares de 1-1/8 pulg. [30 mm] y mayores, típicas de Irregularidades erráticas aceptables (Ver 6.12.1.2 y 6.12.3.2)

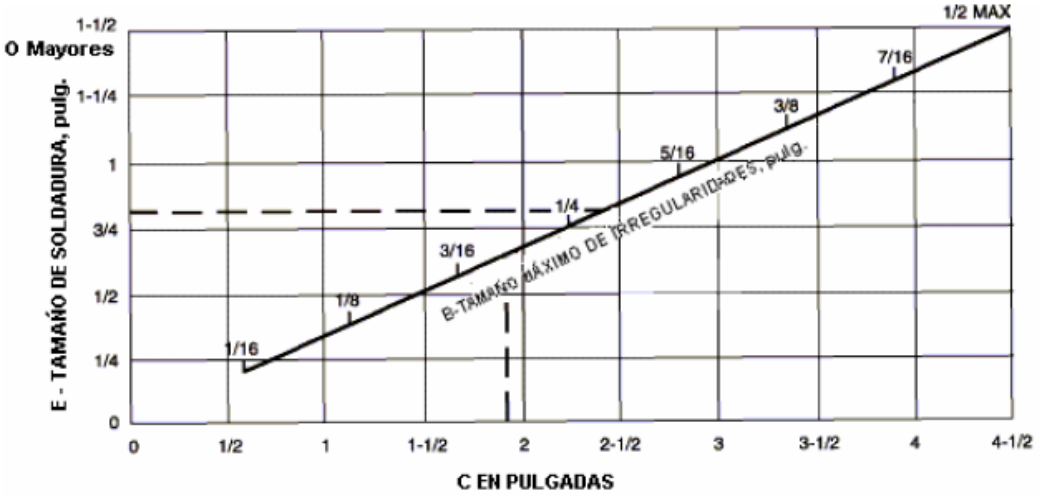
5.1.6.1.3. Criterios de Aceptación para Conexiones No Tubulares Cargadas Cíclicamente.

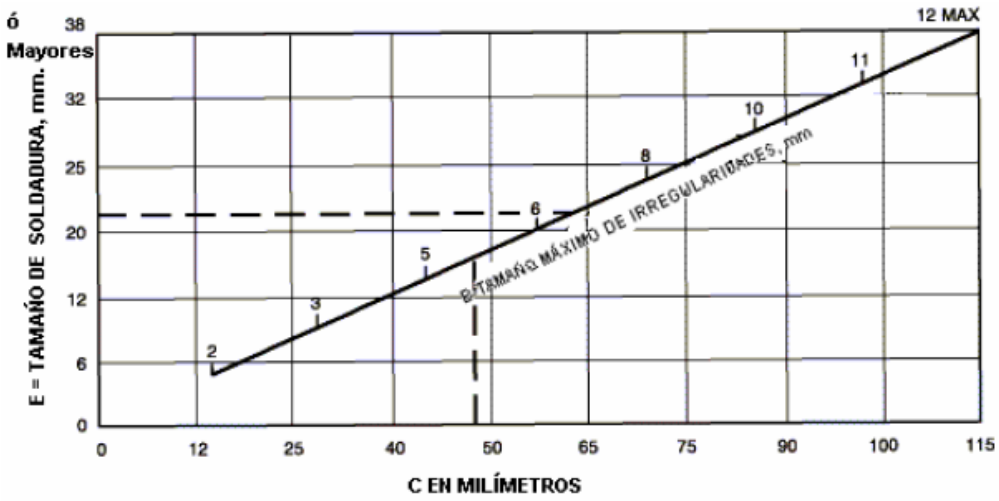
Las soldaduras que estén sujetas a RT además de la inspección visual no deberán tener grietas y serán inaceptables si RT muestra cualquiera de los tipos de irregularidades descritos en 6.12.2.1, 6.12.2.2, 6.12.2.3, o 6.12.2.4.

- **Soldaduras con Esfuerzo de Tensión.** Para las soldaduras sujetas a esfuerzo de tensión bajo cualquier condición de carga, la dimensión más grande de cualquier irregularidad de porosidad o tipo de fusión que sea 1/16 pulgadas (2mm) o mayor en su dimensión más grande no deberá exceder el tamaño, B, indicado en la Figura 6.4, para el tamaño de la soldadura involucrada.

  La distancia de la irregularidad de alguna porosidad o tipo de fusión descrito anteriormente en relación con otra irregularidad, a un borde o a la raíz o la garganta de

- **Tensión de Comprensión de Soldadura.** Para la soldadura sujeta a tensión por compresión solamente y específicamente indicado así en los planos de diseño, la dimensión mayor de la irregularidad de porosidad o de un tipo de fusión que sea 1/8 pulgadas (3mm) o mayor en la dimensión más grande no deberá exceder el tamaño, B, ni el espacio entre las irregularidades adyacentes que sean menores que la tolerancia mínima permitida, C, indicada por la Figura 6.5 para el tamaño de la irregularidad que está siendo examinada.





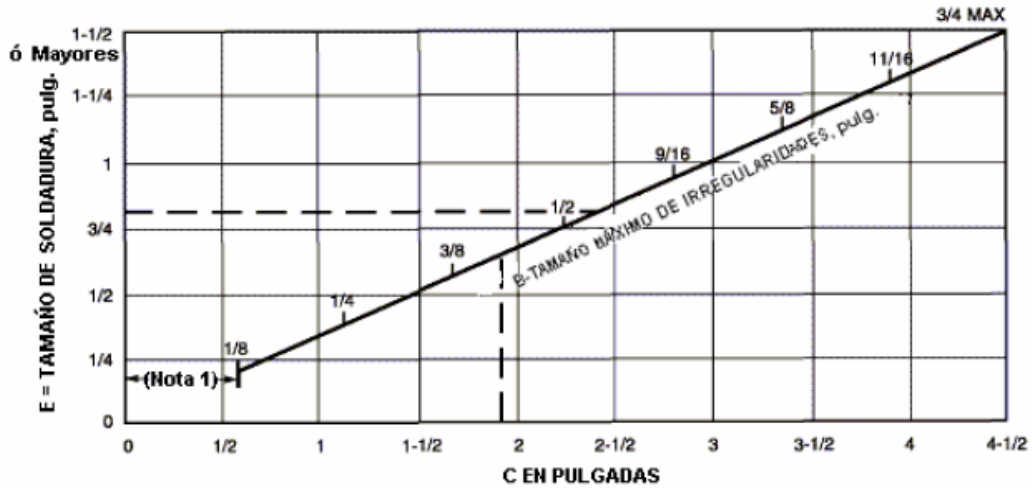
Notas generales:

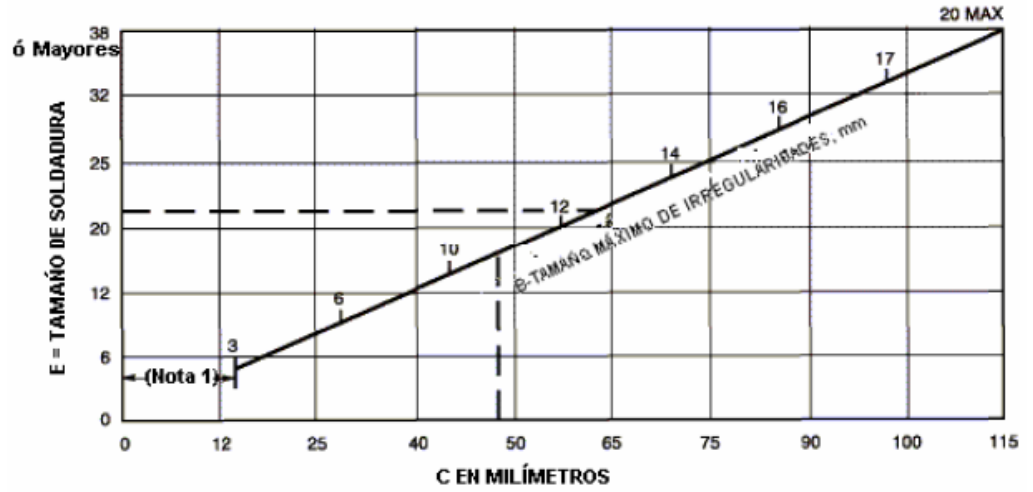
Para determinar el tamaño máximo de irregularidad permitida en cualquier unión o tamaño de soldadura, proyecte E horizontalmente hasta B.

Para determinar la tolerancia mínima permitida entre los bordes de las irregularidades de cualquier tamaño, proyecte B verticalmente hasta C.

Ver Leyenda en la página 225 sobre definiciones.

Figura 6.4 Requerimientos de calidad de soldadura para irregularidades que ocurren en soldaduras bajo tensión en componentes no-tubulares cargadas cíclicamente (Limitaciones de porosidad e irregularidades en la fusión) (Ver 6.12.2.1)





Notas Generales:

Para determinar el tamaño máximo para irregularidad permitida en cualquier unión o tamaño de soldadura proyecte E horizontalmente hasta B.
Para determinar la tolerancia mínima permitida entre los bordes de las irregularidades de cualquier tamaño, proyecte B verticalmente hasta C.
Ver Leyenda en la pagina 225 sobre definiciones.

Nota:

1.- El tamaño máximo de irregularidad localizada dentro de esta distancia, a partir de un borde la plancha deberá ser de 1/8 pulg. [3 mm], pero una irregularidad de 1/8 pulg. [3 mm] deberá ser de ¼ pulg. [6 mm] o mas lejos del borde. La suma de las irregularidades menores que 1/8 pulg.[3 mm] de tamaño y localizadas dentro de esta distancia a partir del borde, no deberá exceder 3/16 pulg.[5 mm]. Las irregularidades 1/16 pulg.[2 mm] hasta menor que 1/8 pulg. [3 mm] no deberá restringirse en otras localizaciones, a menos que ellas estén separadas por menos que 2L (L es la longitud de la irregularidad mayor); en cuyo caso las irregularidades deberán medirse como una longitud igual a longitud total a la de las irregularidades y espaciadas y evaluadas tal como aparece en la Figura 6.5

Figura 6.5 Requerimientos de calidad de soldadura para irregularidades que ocurren en soldaduras bajo compresión en componentes No-tubulares cíclicamente cargados (Limitaciones de porosidad o de irregularidades en el tipo de fusión). (Ver 6.12.2.2)

5.1.7. DISCONTINUIDADES.

Las soldaduras que estén sometidas a pruebas RT además de la inspección visual no deberán presentar grietas y serán inaceptables si el RT muestra cualquier discontinuidad que exceda las siguientes limitaciones (E = tamaño de la soldadura)

(1) Las discontinuidades prolongadas que excedan el tamaño máximo de la Figura 6.6.

(2) Las discontinuidades más cercanas a las tolerancias mínimas permitidas en la Figura 6.6.

(3) En la intersección de una soldadura con otra o con un borde libre (ejemplo, es decir, un borde más allá del cual no exista una extensión material). Las discontinuidades aceptables deberán ser:

a) En conformidad con las limitaciones de la Figura 6.6 para cada soldadura individual.

b) En conformidad con las limitaciones de soldaduras de intersección de la Figura 6.6 Caso I o II según sea aplicable.

(4) Las discontinuidades aisladas tales como un grupo de indicaciones redondeadas que tengan un total de sus dimensiones mayores y que excedan la discontinuidad única del tamaño máximo permitido en la Figura 6.6.

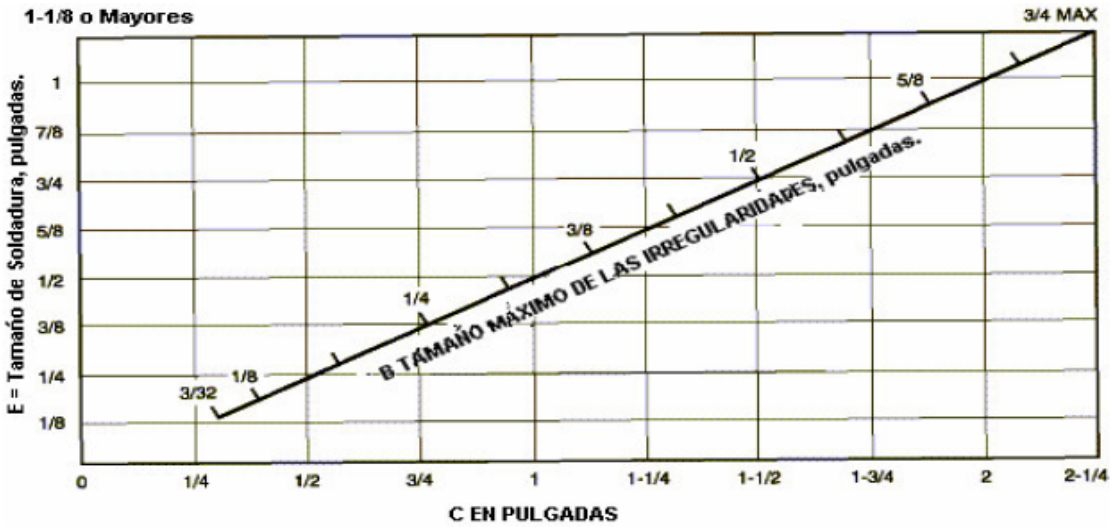
La tolerancia mínima para otro grupo o para una discontinuidad redondeada o hacia un borde extremo de una soldadura de intersección deberá ser 3 veces más que la dimensión mayor de las discontinuidades más grandes que se están considerando.

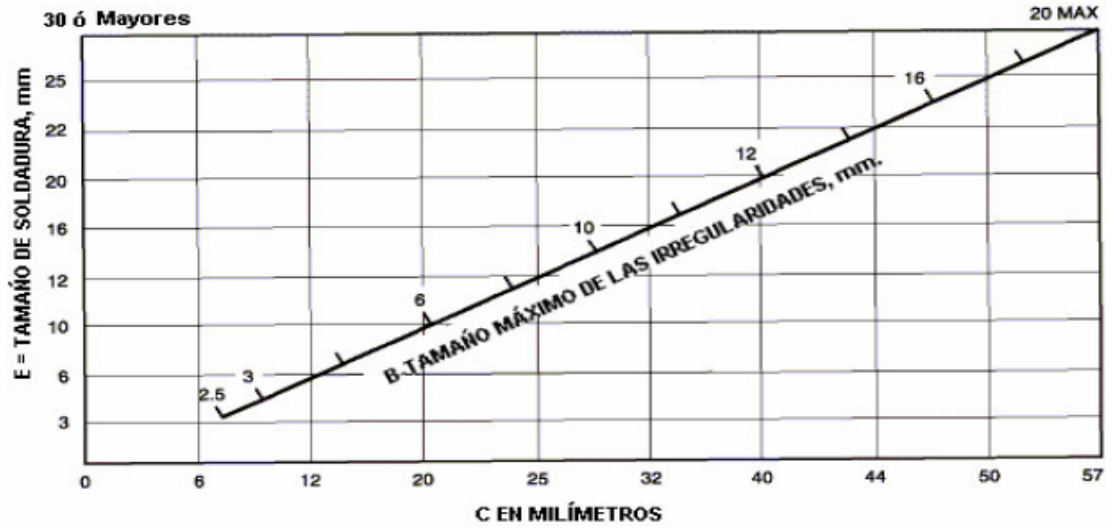
(5) La suma de las discontinuidades individuales en las que cada una tenga una dimensión mayor a 3/32 pulgadas (2,5 mm) no deberá exceder 2E/3 ó 3/8 pulgadas (10mm); cualquiera que sea menor en cualquier medición lineal de 1 pulgada (25mm) de soldadura.

Este requerimiento es independiente de (1), (2), (3) antes mencionado.

(6) Las discontinuidades en línea donde el total de la suma de las dimensiones mayores exceda E en cualquier longitud de 6 E Cuando la longitud de la soldadura

que se está examinando sea menor que 6 E , el total permisible de las dimensiones mayores deberá ser proporcionalmente menor.





Notas Generales:

* Para determinar el tamaño máximo de irregularidad permisible en cualquier tamaño de unión o soldadura, proyecte E horizontalmente a B.

* Para determinar la tolerancia mínima permisible entre los bordes de las irregularidades de cualquier tamaño mayor que o igual a 3/32 pulgadas [2 mm], proyecte B verticalmente a C

* Ver leyenda en página 225 sobre definiciones.

Figura 6.6 – Requerimientos de calidad de soldadura para irregularidades prolongadas según lo determinado por RT de las uniones de componentes tubulares (Ver 6.12.3.1)

5.1.7.1. ILUSTRACIÓN.

Las Figuras 6.2 y 6.3 ilustran la aplicación de los requerimientos entregados en 6.12.3.1.

5.1.8. UT (Test ultrasónico).

5.1.8.1. Criterio de aceptación para conexión no tubular cargadas estáticamente.

El criterio de aceptación para las soldaduras sujetas a UT además de la inspección visual deberá cumplir con los requerimientos de la Tabla 6.2. Para soldaduras CJP de ala de viga al flange, las discontinuidades de aceptación detectadas por los movimientos de los exámenes escaneados en el patrón “E” (ver 6.32.2.2) pueden basarse en el espesor de la soldadura igual al espesor real del ala de viga, más 1 pulgada (25 mm).

Las discontinuidades detectadas por el patrón de examen “E” deberán ser evaluadas según el criterio de la Tabla 6.2 en cuanto al espesor real del ala de viga.

Cuando las soldaduras del ala de viga al flange con penetración completa estén sujetas a la tensión normal calculada para la soldadura deberían ser designadas en los planos de diseño y deberán estar en conformidad con los requerimientos de la Tabla 6. 2.

Las soldaduras sometidas a pruebas ultrasónicas se evalúan sobre la base de un ultrasonido que refleje la discontinuidad en proporción a su efecto en la integridad de la soldadura.

Las indicaciones de discontinuidades que permanezcan en el visor a medida que la unidad investigada se traslade lejos de la discontinuidad mediante el movimiento “B” puede ser la indicación de discontinuidades de planalidad con importante dimensión a través de toda la garganta.

Debido a que la mayor superficie que refleja las más grandes discontinuidades criticas está orientada a un mínimo de 20 grados (para una unidad de investigación de 70 grados) a 45 grados (para unidad de exploración de 45 grados) desde la perpendicular hasta el as de sonido la evaluación de la amplitud (porcentaje de decibeles db) no permite una disposición viable.

Cuando las indicaciones exhiben estas características de planalidad que están presenten en la sensibilidad del examen deberá requerirse una evaluación más detallada de la discontinuidad mediante otros medios (ejemplo técnicas alternadas UT, RT, esmerilando o puliendo para la inspección visual).

Tabla 6.2
Criterios de Aceptación-Rechazo de la Prueba Ultrasónica
(Conexiones no Tubulares cargadas estáticamente) (Ver 6.13.1)

Servidoes de la clase Discontinua	Espesor de la soldadura en pulgadas [mm] y el ángulo de la unidad exploradora										
	5/16 hasta 3/4 [820]	>3/4 hasta 1-1/2 [20-38]	> 1-1/2 hasta 2-1/2 [38-65]			>2-1/2 hasta 4 [65-100]			>4 hasta 8 [100-200]		
	70°	70°	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 0	+2 +3	+4 +5	–4 –3	–1 0	+1 +2	–6 –5	–3 –2	0 +1
Clase C	+7	+4	+1 +2	+4 +5	+6 +7	–2 to +2	+1 +2	+3 +4	–4 hasta +2	–1 hasta +2	+2 +3
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

Clase A (Irregularidades grandes)

Clase B (Irregularidades medianas)

Clase C (Irregularidades pequeñas)

Clase D (Irregularidades menores)

Niveles de Exploración	
Trayecto del sonido[2] en pulg. [mm]	Sobre Cero Referencia dB
hasta 2-1/2 [65mm]	14
> 2-1/2 hasta 5 [65-125mm]	19
> 5 hasta 10 [125-250 mm]	29
>10 hasta 15 [250-380 mm]	39

Nota
2. Esta columna se refiere a la distancia del trayecto del sonido; No al espesor del material.

5.1.8.2. Criterio de aceptación para conexión no tubular cargada cíclicamente.

Los criterios de aceptación para las soldaduras a UT además de la inspección visual deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

(1) Las soldaduras sujetas a esfuerzos de tensión bajo cualquier condición de carga deberán estar en conformidad con los requerimientos de la Tabla 6.3.

(2) Las soldaduras sujetas a esfuerzo de compresión deberán estar en conformidad con los requerimientos de la Tabla 6.2.

5.1.8.3. Indicaciones.

Las soldaduras sometidas a pruebas ultrasónicas son evaluadas sobre la base de un ultrasonido que refleje la discontinuidad en proporción a su efecto sobre la integridad de la soldadura.

Las indicaciones de discontinuidades que permanezcan en la presentación instrumental a medida que la unidad de exploración se mueva hacia y fuera de la discontinuidad (el movimiento de examen “B”) pueden indicar discontinuidades de planalidad con importante dimensión a través de la garganta.

En cuanto a la orientación de tales o de dichas discontinuidades, relativas al as de sonido que se desvía de la perpendicular, pueda resultar que el rango de decibeles db no permita la evaluación confiable y directa de la unión de las soldaduras a tope íntegramente.

Cuando las indicaciones que exhiben estas características de planalidad están presentes en la sensibilidad del examen, deberá requerirse una evaluación más detallada de la discontinuidad por otros medios (ejemplo técnicas alternadas de UT, RT, esmerilado o rebaje para inspección visual, etc.

5.1.8.4. Exámenes.

Las soldaduras del ala de viga al flange deberán estar en conformidad con los requerimientos de la Tabla 6.2 y la aceptación para las discontinuidades detectadas por los movimientos del scanner que no sea el patrón de examen “E” (ver 6.32.2.2) puede basarse en un espesor de soldadura igual al grosor de ala de viga actual más 1 pulgada (25 mm.).

Las discontinuidades detectadas por el patrón de examen “E” deberán evaluarse de acuerdo a los criterios de 6.13.2 para el grosor real del ala de viga.

Cuando tales soldaduras del ala de viga al flange estén sujetas para calcular el esfuerzo de tensión normal de la soldadura, estarán diseñadas en los planos y deberán estar en conformidad con los requerimientos de la Tabla 6.3.

Tabla 6.3
Criterios de Aceptación – Rechazo de la Prueba Ultrasónica (UT)
(Conexiones no tubulares cíclicamente cargadas)

Severidad de la clase de irregularidad	Espesor de la Soldadura en pulgadas [mm] y Angulo de la Unidad de Exploración											
	5/16 hasta ¾ [820]	> ¾ hasta 1-1/2 [20 –38]	>1- ½ hasta 2- ½ [38 – 65]			>2- ½ hasta 4 [65 – 100]			>4 hasta 8 [100 – 200]		
	70º	70º	70º	60º	45º	70º	60º	45º	70º	60º	45º
Clase A	+10 y menores	+8 y menores	+4 y menores	+7 y menores	+9 y menores	+1 y menores	+4 y menores	+6 y menores	-2 y menores	+1 y menores	+3 y menores
Clase B	+11	+9	+5 +6	+8 +9	+10 +11	+2 +3	+5 +6	+7 +8	-1 0	+2 +3	+4 +5
Clase C	+12	+10	+7 +8	+10 +11	+12 +13	+4 +5	+7 +8	+9 +10	+1 +2	+4 +5	+6 +7
Clase D	+13 y mayores	+11 y mayores	+9 y mayores	+12 y mayores	+14 y mayores	+6 y mayores	+9 y mayores	+11 y mayores	+3 y mayores	+6 y mayores	+8 y mayores

Clase A (Irregularidades grandes)

Clase B (Irregularidades medianas)

Clase C (Irregularidades pequeñas)

Clase D (Irregularidades menores)

Niveles de Exploración	
Trayecto del sonido[2] en pulg. [mm]	Referencia sobre cero dB
hasta 2-1/2 [65mm]	20
> 2-1/2 hasta 5 [65-125mm]	25
> 5 hasta 10 [125-250 mm]	35
>10 hasta 15 [250-380 mm]	45

Nota
2. Esta columna se refiere a la distancia del trayecto acústico; No al espesor del material.

5.1.9. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN PARA CONEXIONES TUBULARES.

Los criterios de aceptación para UT deberán ser según lo que se entrega en los documentos del contrato. La Clase R o Clase X, o ambas, pueden incorporarse mediante referencias.

La amplitud basada en los criterios de aceptación según se entrega en 6.13.1 también puede utilizarse para las soldaduras de ranuras en uniones a tope en tubos de 24 pulgadas (600 mm) de diámetro y mayores, siempre que se sigan todas las estipulaciones relevantes de la Sección 6 Parte F.

Sin embargo, esos criterios de amplitud no deberán aplicarse a las conexiones tubulares TY- K.

5.1.9.1. Clase R (aplicable cuando se utiliza UT como una alternativa para RT).

Se deberán descartar todas las indicaciones que tengan la mitad de la amplitud (6 db) o menos que el nivel de sensibilidad estándar (considerando obligatoriamente 6.27.6).

Las indicaciones que excedan el nivel de descarte deberán ser evaluadas de la siguiente manera:

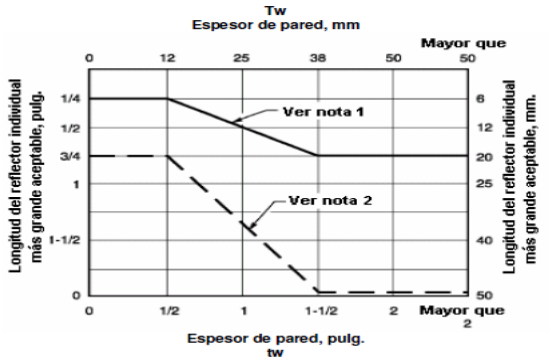
(1) Se deberán aceptar los reflectores esféricos aislados aleatorios con una pulgada (25 mm) de separación mínima hasta un nivel de sensibilidad estándar. Los reflectores de mayor tamaño se deberán evaluar como reflectores de posición lineal.

(2) Los reflectores esféricos alineados deberán evaluarse como reflectores en posición lineal.

(3) Se deberán rechazar los reflectores esféricos agrupados que tengan una densidad mayor a 1 por pulgada cuadrada (645 mm cuadrado) con indicaciones por sobre los niveles descartados (área proyectada normal a la dirección de tensión aplicada promediada por sobre 6 pulgadas (150 mm) de longitud de soldadura.

(4) Se deberán rechazar los reflectores en posición lineal o en posición plana cuyas longitudes excedan los límites de la Figura 6.7.

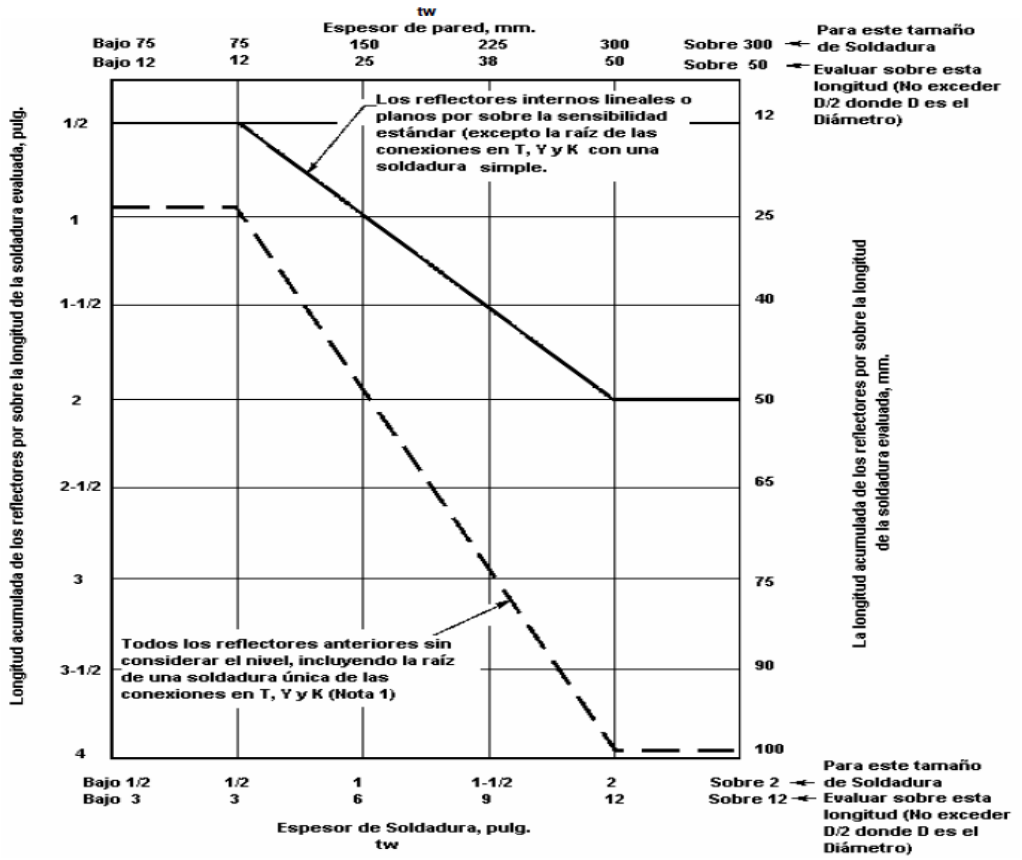
Adicionalmente los reflectores de la raíz no deberán exceder los límites de la Clase X.



Notas:

1. Los Reflectores internos lineales o planos, por sobre la sensibilidad estándar, (excepto la raiz de conexiones en T, Y y K de soldaduras simples [Ver Figura 6.8])
2. Reflectores menores (Sobre el nivel no considerado, hasta E incluyendo la sensibilidad estándar), (excepto la raíz de una soldadura simple en conexiones en T, Y y K. [Ver Figura 6.8])
3. Los Reflectores adyacentes que estén separados por menos que su longitud promedio, deberán tratarse como continuos.

Figura 6.7 Indicaciones de Clase R (Ver 6.13.3.1)



Nota:

1. Las irregularidades del área de la raiz que quedan fuera de la soldadura teórica, deben eliminarse. (dimensiones en "Tw" ó "L" en Figuras 3.8, 3.9 y 3.10).

Figura 6.7 (Continuación) Indicaciones Clase R (Ver 6.13.3.1)

5.2. SEGÚN ASME SECCION IX.

5.2.1. QW-192.2 Criterios de Aceptación — Pruebas de Doblez y de Martillo.

Para pasar la(s) prueba(s), cada una de las cinco soldaduras y zonas afectadas por el calor de los husillos estará libre de separación o fractura visible después del doblado y el doblado de retorno o después de martillado.

5.2.2. QW-192.3 Criterios de Aceptación — Pruebas de Torsión.

Para pasar la(s) prueba(s), cada una de las cinco soldaduras de husillo será sujeta a la torsión requerida mostrada en la tabla siguiente antes de que ocurra falla.

En forma alterna, en donde la prueba de torsión hasta destrucción no sea factible, se puede usar prueba de tensión.

Para husillos de acero al carbono y de acero inoxidable austenítico, la resistencia de falla no será menos que 35,000 lb/pulg² y 30,000 lb/pulg²respectivamente. Para otros metales, la resistencia de falla no será menos que ½ de la resistencia de tensión mínima especificada del material del husillo.

La resistencia de falla se basará en el diámetro menor de la sección roscada de husillos roscados externamente excepto en donde el diámetro de espiga sea menos que el diámetro menor, o en el área de sección recta original en donde la falla ocurre en un husillo sin roscar, roscado internamente, o de diámetro reducido.

5.2.3. QW-192.4 Criterios de Aceptación — Macroexamen.

Para pasar el macroexamen, cada una de las cinco soldaduras y zonas afectadas por el calor del husillo estará libre de grietas al ser examinada con una amplificación de x10, lo cual es requerido por QW-202.5 cuando los husillos se sueldan a metales diferentes del No. P-1.

5.2.3.1. QW-193.1 Pruebas Requeridas.
Se requieren cinco pruebas de soldadura de husillos para calificar cada operario que suelda husillos.

El equipo que se use para soldar husillos será completamente automático excepto para arranque manual.

La prueba de habilidad se hará soldada de acuerdo con una WPS (especificación de procedimiento de soldar) calificada según QW-301.2.

Cada husillo (cinco juntas) será probado con martillar encima hasta que un cuarto de su longitud esté plana sobre la pieza de prueba o con doblar el husillo hasta un ángulo de al menos 15 grados y con volverlo a su posición original usando un dispositivo de prueba y una dimensión de ubicación de adaptador que estén de acuerdo con QW-466.4.

5.2.4. QW-193.2 Criterios de Aceptación — Pruebas de Doblez y de Martillo.

Para pasar la (s) prueba (s), cada una de las cinco soldaduras y zonas afectadas por el calor de los husillos habrá de estar libre de separación o fractura visible después del doblado y el doblado de retorno o después del martillado.

5.2.4.1. QW-194 Examen Visual — Habilidad.

Las muestras de prueba de habilidad mostrarán penetración de junta completa con fusión completa de metal de soldadura y de metal base.

5.2.5. QW195 Examen de Penetrantes Líquidos.

5.2.5.1. QW-195.1

El examen de penetrantes líquidos de QW- 214 para sobrecapa de metal de soldadura resistente a corrosión reunirá los requerimientos del Artículo 6,
Sección V. Se reunirán las normas de aceptación de QW- 195.2.

5.2.6. QW-195.2 Criterios de Aceptación de Penetrantes Líquidos.

5.2.6.1. QW-195.2.1 Terminología.

(a) indicaciones importantes — indicaciones con dimensiones principales mayores que **1/16** pulg.

(b) indicaciones lineales — una indicación que tiene una longitud mayor que tres veces el ancho.

(c) indicaciones redondeadas — una indicación de forma circular o elíptica con la longitud igual a o menos que tres veces el ancho.

5.2.7. QW-195.2.2 Normas de Aceptación.

Las pruebas de procedimiento y de habilidad con examen por técnicas de penetrantes líquidos serán juzgadas inaceptables cuando el examen exhiba una indicación en exceso de los límites especificados abajo:

(a) indicaciones lineales importantes;

(b) indicaciones redondeadas importantes mayores que **3/16** pulg.

(c) cuatro o más indicaciones redondeadas importantes en una línea separada por **1/16** pulg. O menos (orilla a orilla).

6. TIPOS DE ENSAYOS EN EL PQR.

6.1. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (NDT).

Uno de los propósitos de un control de calidad efectivo es determinar la conveniencia de un metal base dado o soldadura para cumplir con el servicio para el cual fue construido.

Una manera de juzgar esta conveniencia es someter al metal base o al metal de soldadura a ensayos destructivos que pueden proveer información acerca de la performance del objeto a ensayar.

La mayor desventaja de este enfoque es, como el nombre lo indica, que el objeto es destruido en el ensayo. Por esto, un número de ensayos han sido desarrollados para proveer una indicación de la aceptabilidad del objeto a ensayar sin que éste se vuelva inutilizable para el servicio.

Todos éstos son conocidos como “ensayos no destructivos”, porque permiten una componente. Además, los ensayos destructivos de un porcentaje dado de piezas pueden ser caros y asumen que las piezas no ensayadas son de la misma calidad que las ensayadas.

Los ensayos no destructivos, alcanzan indirectamente resultados aún válidos, dejando la pieza o componente sin cambios y lista para ser colocada en servicio si fuera aceptable.

Como se mencionó arriba, hay numerosos ensayos no destructivos usados para evaluar los metales base a ser unidos como así también las soldaduras.

Serán discutidos los métodos más comunes de ensayo, mostrando sus ventajas, limitaciones y aplicaciones.

Estos elementos esenciales son:

Una fuente de energía o medio de prueba
Una discontinuidad debe provocar un cambio de la energía de prueba.
Una guía o patrón para detectar este cambio.
Una guía o patrón que indique este cambio.
Una guía o patrón de observación o registro de esta indicación de manera que pueda interpretarse.

Para una aplicación dada, la conveniencia de un ensayo no destructivo particular va estar dada por la consideración de cada uno de esos factores.

La fuente de energía o medio de prueba debe ser conveniente para el objeto a ensayar y para la discontinuidad que se busca.

Una discontinuidad debe ser capaz, si está presente, de modificar o cambiar al medio de prueba.

Una vez que cambió, debe haber una manera de detecta esos cambios. Los cambios generados en el medio de prueba por la discontinuidad deben crear una indicación o una forma de registro.

Por último, esta indicación debe ser observada de manera que pueda ser interpretada.

A medida que es discutido cada uno de estos métodos de ensayo no destructivo, es importante entender como ellos proveen los elementos esenciales. Esto va a ayudar en la decisión de que método de ensayo no destructivo es el más conveniente para una aplicación particular.

A lo largo de los años, han sido desarrollados muchos métodos de ensayos no destructivos.

Cada uno de ellos tienen asociado varias ventajas y limitaciones haciéndolo más o menos apropiado para una aplicación dada.

Con la cantidad de métodos de ensayo disponible, es importante elegir que método nos va a proveer de los resultados necesarios.

Los métodos de ensayo a ser discutidos están puestos a continuación con sus abreviaturas en paréntesis.

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	ABREVIACIÓN
Líquidos penetrantes	(PT)
Partículas magnetizables	(MT)
Radiografías	(RT)
Ultrasonido	(UT)
Corrientes inducidas	(ET)

6.1.1. LÍQUIDOS PENETRANTES (pt).

En términos generales, el ensayo de líquidos penetrantes revela discontinuidades superficiales mediante la floración de un medio penetrante contra una fondo contrastante coloreado.

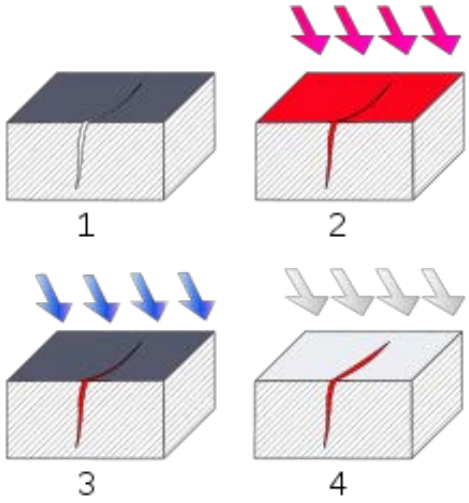
Esto se logra mediante la aplicación de un penetrante (generalmente un líquido) sobre la superficie limpia de la pieza a ensayar.

Una vez que se deja permanecer al penetrante sobre la superficie durante una cantidad de tiempo de penetración, éste va a infiltrarse adentro de cualquier abertura superficial.

A continuación se remueve el exceso de penetrante y se aplica un revelador que saca al penetrante que permanece en las discontinuidades. Las indicaciones resultantes son mostradas en contraste y magnifican la presencia de la discontinuidad e manera que pueden ser interpretadas visualmente.

Para cada grupo existe la posibilidad de combinarse con los diferentes tipos de penetrantes de acuerdo a la forma de ser removidos: penetrantes lavables con agua, penetrantes postemulsificables y penetrantes removibles con solvente.

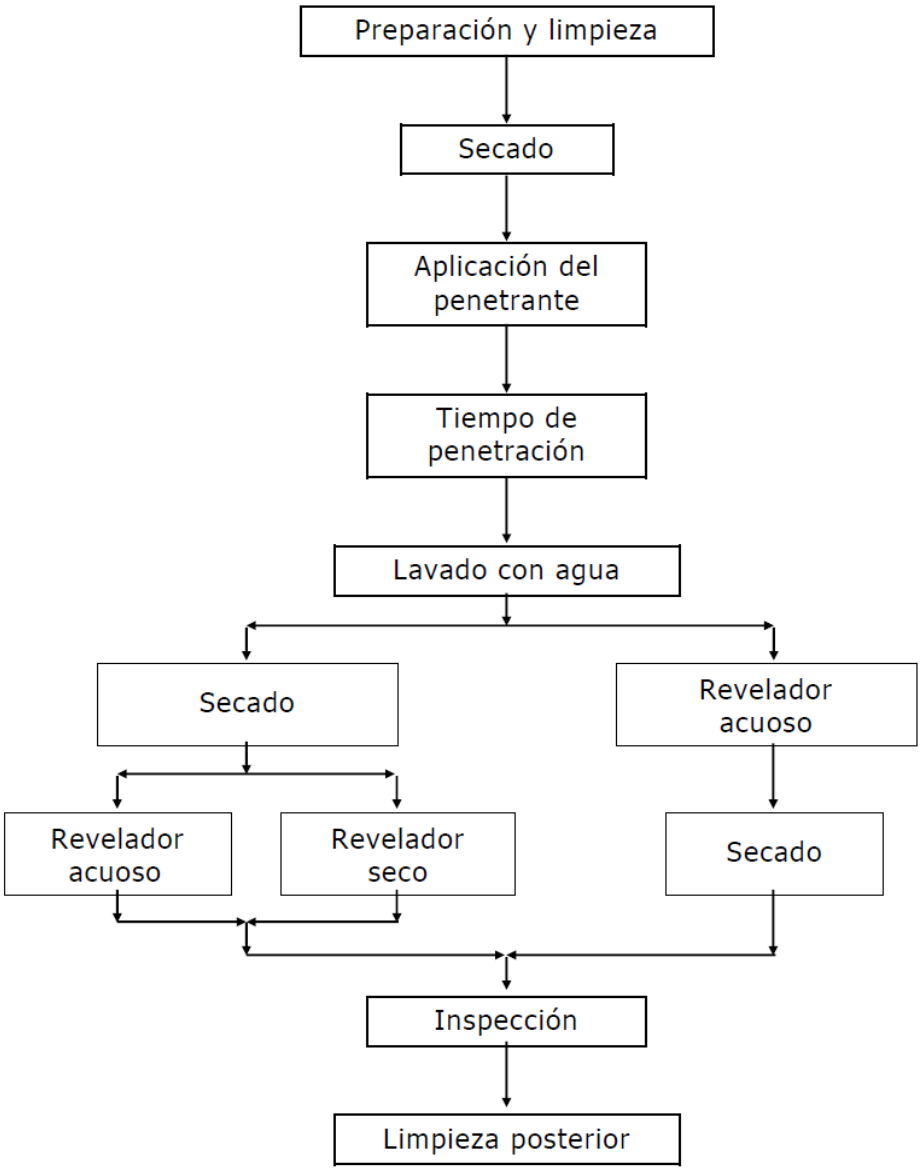
A continuación mencionaremos algunas de las clasificaciones de los procesos de inspección de acuerdo con varios documentos:



Documento	Clasificación de tipos y métodos
ASTM E-165	Tipo I – Inspección con penetrante fluorescente Método A – Lavable con agua Método B – Postemulsificable lipofílico Método C – Removible con solvente Método D – Postemulsificable hidrofílico Tipo II – Inspección con penetrante visible Método A – Lavable con agua Método C – Removible con solvente
ASME Sección V Artículo 6	Inspección con penetrante fluorescente Lavable con agua Postemulsificable Removible con solvente Inspección con penetrante visible Lavable con agua Postemulsificable Removible con solvente
Especificación Militar Mil-I-6866	Tipo I – Penetrante fluorescente Método A – Lavable con agua Método B – Postemulsificable Método C – Removible con solvente Tipo I – Penetrante visible Método A – Lavable con agua Método B – Postemulsificable Método C – Removible con solvente

Por medio de diagramas de flujo, a continuación se muestra la secuencia y los pasos generales de los procedimientos de inspección por líquidos penetrantes de acuerdo al método para la remoción del penetrante.

Procedimiento de inspección por penetrantes lavables con agua.



6.1.1.1. Preparación y limpieza de las superficies inspeccionadas.

Como sabemos, la prueba por líquidos penetrantes es un método de inspección para detectar discontinuidades superficiales, por lo que, cualquier contaminante (recubrimientos, manchas, suciedad, etc.) sobre la superficie de la pieza que será inspeccionada puede resultar en la falla del penetrante para:

- Mojar la superficie.
- Entrar en las discontinuidades.
- Salir de las discontinuidades.

6.1.1.2. Contaminantes.

Antes que pueda establecerse un procedimiento de limpieza debe determinarse qué tipo de contaminante existe sobre la superficie.

La lista siguiente incluye la mayoría de contaminantes que son frecuentemente encontrados, las letras (a), (b) y (c) están relacionadas con el efecto que tiene cada uno sobre el penetrante.

	CONTAMINANTES	EFECTO
1	Refrigerante, aceites de lubricación o maquinado y otros líquidos que contengan constituyentes orgánicos.	(a) (b)
2	Carbón, barniz y otro tipo de contaminante fuertemente adherido.	(b) (c)
3	Escamas, cáscara, costras, óxidos, productos de corrosión, metal de soldadura y residuos de chisporroteo y fundente de soldadura.	(b) (c)
4	Pinturas y recubrimientos protectores orgánicos.	(b)
5	Agua y manchas dejadas después de la evaporación del agua.	(a)
6	Ácidos o álcalis u otros residuos químicamente activos, incluyendo halógenos.	(c)
7	Lubricantes para pulir, troquelar, formar o estirar.	(a) (b)
8	Residuos de inspecciones por líquidos penetrantes previas.	(b)
9	Tratamientos superficiales tales como fosfatos, cromado, anodizado.	(b) (c)

Una condicional adicional que no es clasificada normalmente como contaminante o recubrimiento es el metal embarrado, producido por procesos mecánicos del metal.

Muchas veces es difícil identificar los constituyentes de un contaminante, en algunos casos, puede ser necesario realizar un análisis químico, principalmente cuando el contaminante es difícil de remover.

6.1.1.3. Métodos de preparación y limpieza.

La selección del método adecuado de limpieza está basada en los siguientes factores:

1. El tipo de contaminante que debe ser removido, ningún método remueve todos los contaminantes con la misma efectividad.

2. El efecto del método de limpieza sobre la pieza, los agentes químicos y de limpieza utilizados no deberán reaccionar o atacar el material, solo deben actuar sobre el contaminante específico o el recubrimiento que se necesita remover.

3. Lo práctico del método de limpieza de acuerdo a la pieza.

4. Los requisitos específicos del comprador.

A continuación se incluye una lista de los métodos de limpieza estándar.

MÉTODOS	CARACTERÍSTICAS Y ACCIONES
Limpieza con detergentes	Son solubles en agua, no son inflamables, contienen compuestos para humedecer, penetrar, emulsificar y diluir varios tipos de contaminantes, como grasa y películas de aceite, fluidos de corte y maquinado, etc. Pueden ser de naturaleza alcalina, neutra o ácida, pero no deben ser corrosivos para la pieza que está siendo inspeccionada.
Vapor desengrasante	Es el método preferido para remover manchas de grasa y aceite, pero no puede remover manchas de tipo inorgánico (polvo, corrosión, etc.), y puede que no remueva manchas de resinas (recubrimientos plásticos, barniz, pintura, etc.). Debido a que el tiempo de aplicación es corto, el desengrasado podría no ser completo para discontinuidades profundas, por lo tanto, se recomendaría el uso posterior de un solvente.
Limpieza con vapor	Es una modificación del método de limpieza del tanque caliente con álcalis, el cual, puede ser usado en la preparación de piezas grandes. Remueve contaminantes inorgánicos y orgánicos, podría no alcanzar el fondo de discontinuidades profundas, por lo que, se recomendaría el uso posterior de un solvente.
Solvente limpiador	Existe una variedad de solventes limpiadores que pueden ser usados en forma efectiva para disolver manchas de grasa y aceite, cera y selladores, pinturas, y en general, materia orgánica. Deben estar libres de residuos y no son

	recomendados para remover escamas, cáscara y costras, chisporroteo de soldadura, y en general, manchas inorgánicas. Deben manejarse con precaución ya que algunos solventes son inflamables y tóxicos.
Limpieza alcalina	Son soluciones base agua no inflamables que contienen detergentes especialmente seleccionados para humedecer, penetrar, emulsificar y diluir varios tipos de contaminantes. Las soluciones alcalinas calientes son usadas para remover escamas, cáscara, costras y oxido, que pueden enmascarar discontinuidades. Las partes que han sido limpiadas por el proceso alcalino deben ser enjuagadas, deben quedar completamente libres de residuos del limpiador y secas.
Limpieza mecánica o abrasiva	Procesos para remover metal como limado, pulido, raspado, esmerilado, taladrado, afilado, asentado, lijado, cepillado, limpieza con abrasivos como arena, granalla, óxido de aluminio, etc., muchas veces son usados para remover carbón, cáscara, costras, escamas y arena adherida, así como para pulir o producir un acabado superficial terso en la pieza. Estos procesos pueden reducir la efectividad de la inspección por líquidos penetrantes porque pueden embarrar o untar metal sobre la superficie y tapar discontinuidades abiertas a la superficie, especialmente en materiales suaves como aluminio, titanio y magnesio.
Removedores de pintura	Las capas de pintura pueden ser removidas muy efectivamente desadhiriéndolas o desintegrándolas. Prácticamente, la pintura debe ser removida completamente para exponer la superficie del metal. Los solventes removedores de pintura pueden ser de alta viscosidad para aplicarse por aspersión o con brocha, o de baja viscosidad para aplicarse por inmersión, ambos son usados generalmente a temperatura ambiente. Después de la remoción de la pintura, las piezas deben ser enjuagadas para remover toda la contaminación de las aberturas superficiales y secadas completamente.
Limpieza ultrasónica o agitación	Mediante este método se agrega agitación ultrasónica a un solvente o detergente limpiador para mejorar su eficiencia en la limpieza y reducir el tiempo de limpieza. Debe usarse con agua y detergente si el contaminante que será removido es inorgánico (cáscara, polvo, sales, productos de corrosión, etc.), y con solventes orgánicos si el contaminante es orgánico (grasa y aceite, etc.). Después de la limpieza ultrasónica, las piezas deben calentarse para remover los líquidos de limpieza, y después deben enfriarse antes de la aplicación del penetrante
Ataque con ácido	Soluciones ácidas son usadas normalmente para decapar parte de la superficie. El decapado es necesario para remover costras de óxido, las cuales pueden enmascarar discontinuidades superficiales y evitar que el penetrante entre en ellas. El ataque con ácido también se utiliza para remover metal embarrado. Las partes atacadas y los materiales deben ser enjuagados completamente para que queden libres de las

	soluciones utilizadas, la superficie debe ser neutralizada y secada antes de realizar la inspección.
La combinación de los métodos anteriores	En algunos casos, los clientes proporcionan procedimientos de limpieza para usarse en sus contratos. En otros casos, los procedimientos de limpieza son referenciados en especificaciones del proceso de inspección por penetrantes, la importancia es tal, porque se protegen componentes críticos de la corrosión y para asegurar que se usa el proceso de limpieza adecuado para obtener los mejores resultados.

6.1.2. APLICACIÓN DEL PENETRANTE Y TIEMPO DE PENETRACIÓN.



Después que la pieza ha sido limpiada, secada y se encuentra dentro del rango de temperatura especificado, el penetrante es aplicado sobre la superficie que será inspeccionada hasta que toda la pieza o el área bajo inspección esté completamente cubierta por él.

Precaución: No se deben aplicar penetrantes fluorescentes en piezas que fueron previamente inspeccionadas con penetrantes visibles, ya que los residuos reducen el contraste y visibilidad de las indicaciones.

El penetrante puede ser aplicado de varias formas, por ejemplo, por inmersión, por aerosol, por brocha y vaciado.

El método de aplicación depende de algunos factores que incluyen tamaño, forma y configuración de la pieza que se ha de inspeccionar.

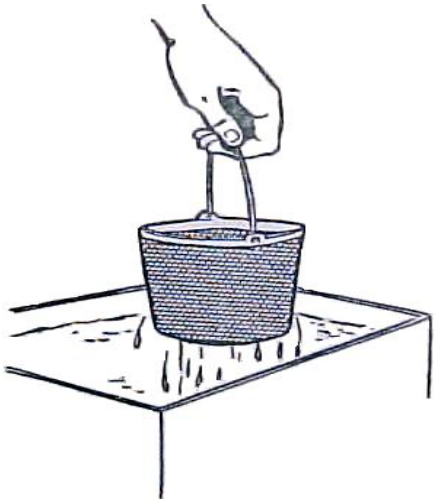
Todos los métodos de aplicación son aceptables, sin embargo, existen algunas condiciones que deben cumplirse para cada método.

6.1.2.1. Inmersión.

Es el método preferido de aplicación cuando se requiere aplicar penetrante completamente en una pieza o superficie.

Este método está limitado por el tamaño del tanque o contenedor del penetrante.

Las piezas pueden ser sumergidas una a la vez o en pequeños lotes (cuando son piezas pequeñas), en este caso se utilizan cestos contenedores, ver figura.

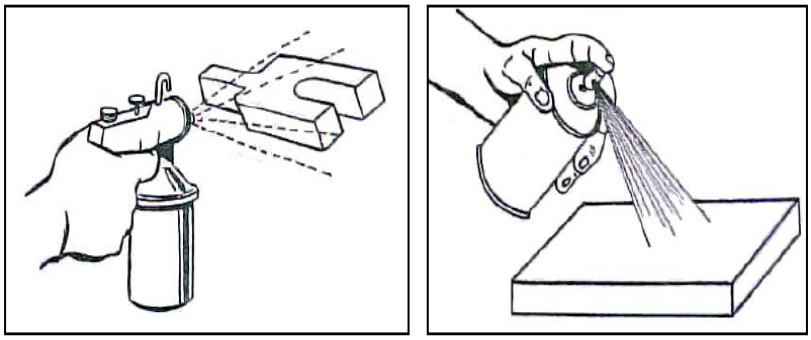


Las piezas deben estar separadas durante la inmersión y mientras transcurre el tiempo de penetración.

Los componentes inspeccionados deben permanecer fuera del tanque de penetrante mientras transcurre el tiempo de penetración, con lo que se obtiene mayor sensibilidad gracias a que algunos constituyentes del penetrante se evaporan dejando una concentración más alta del tinte que la del penetrante original.

6.1.2.2. Aerosol (aspersión).

Este método de aplicación del penetrante es especialmente utilizado en piezas grandes o cuando solo una porción de una pieza requiere ser inspeccionada. Existen dos opciones de aplicación: pistolas electrostáticas y botes aspersores, ver figura.



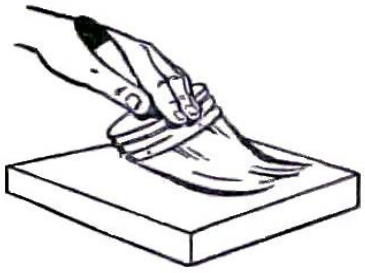
La aplicación por aerosol tiene grandes ventajas sobre el método por inmersión, por ejemplo, no existe contaminación o deterioro del penetrante como en el tanque de inmersión.

Además, la aplicación con pistolas electrostáticas es más económica y elimina el exceso de líquido penetrante aplicado sobre la pieza, gracias a que se aplican capas muy delgadas de penetrante; y, en el caso de los botes aspersores, proporcionan un método conveniente cuando es necesaria la inspección en campo.

También existen algunas desventajas, en la presentación con botes aspersores el costo de la presentación es alto y se debe cuidar que la capa de penetrante sea aplicada de la forma más uniforme posible.

6.1.2.3. Brocha.

La aplicación del penetrante con brocha es la mejor cuando se requiere regular la cantidad de penetrante aplicado, lo que ayuda a eliminar la necesidad de remover penetrante en exceso, además de ser económico, ver figura.



Es un buen método para aplicar penetrante en áreas locales pequeñas, especialmente en lugares de difícil acceso.

6.1.3. TIEMPO DE PENETRACIÓN.

El tiempo de penetración es muy importante, corresponde al tiempo transcurrido desde la aplicación del penetrante hasta su remoción. El objetivo es que el penetrante llene las posibles discontinuidades en la superficie inspeccionada.

Los tiempos de penetración son proporcionados en muchas fuentes de literatura, por ejemplo especificaciones de contrato, normas, etc. La Tabla No.2 muestra tiempos de penetración típicos.

Tabla No. 2

Material	Forma	Tipo de discontinuidad	Tiempo de penetración (minutos)		
			Lavable con agua	Postemulsificable	Removible con solvente
Acero	Fundiciones	Porosidad	30	10	5
		Traslapes en frío	30	10	7
	Extrusiones y forjas	Traslapes	NR	10	7
	Soldaduras	Falta de fusión	60	20	7
		Porosidad	60	20	7
	Todas	Fracturas	30	20	7
	Todas	Fracturas x fatiga	NR	30	10
Aluminio	Fundiciones	Porosidad	5 a 10	5	3
		Traslapes en frío	5 a 10	5	3
	Extrusiones y forjas	Traslapes	NR	10	7
	Soldaduras	Falta de fusión	30	5	3
		Porosidad	30	5	3
	Todas	Fracturas	30	10	5
	Todas	Fracturas x fatiga	NR	30	5
Magnesio	Fundiciones	Porosidad	15	5	3
		Traslapes en frío	15	5	3
	Extrusiones y forjas	Traslapes	NR	10	7
	Soldaduras	Falta de fusión	30	10	5
		Porosidad	30	10	5
	Todas	Fracturas	30	10	5
	Todas	Fracturas x fatiga	NR	30	10
Latón, Bronce y Plásticos	Fundiciones	Porosidad	10	5	3
		Traslapes en frío	10	5	3
	Extrusiones y forjas	Traslapes	NR	10	7
	Soldaduras	Falta de fusión	15	10	3
		Porosidad	15	10	3
	Todas	Fracturas	30	10	3
	Todas	Fracturas x fatiga	5 a 30	5	5
Cristales	Todas	Fracturas	5 a 30	5	5
Htas. de Carburo	Soldadura	Falta de fusión	30	5	3
		Porosidad	30	5	3
		Fracturas	30	20	5
Titanio	Todas		NR	20 a 30	15
Todos los Metales	Todas	Esfuerzos o corrosión intergranular	NR	240	240

6.1.3.1. Factores que afectan la penetración.

Existe un número de factores que interactúan en el tiempo requerido para llenar una cavidad o discontinuidad abierta a la superficie, algunos de estos factores son:

FACTORES QUE AFECTAN LA PENETRACION	
Tipo de penetrante	El tipo y el nivel de sensibilidad del penetrante afectan el tiempo de penetración. En este caso, las diferencias entre los tiempos de penetración se deben a las características del penetrante como la tensión superficial, el ángulo de contacto y la viscosidad, las cuales varían entre los diferentes fabricantes. La combinación de todos estos factores tiende a estabilizar el tiempo de penetración y la sensibilidad. Esto permite tener tiempos de penetración equivalentes dentro de los penetrantes de cada nivel de sensibilidad.
Superficie inspeccionada y forma del material	La superficie inspeccionada y la forma del material afectan el tiempo de penetración, debido fundamentalmente a la rugosidad superficial, puesto que esta afecta la tensión superficial por lo que afectará la velocidad de penetración del líquido penetrante.
Tipo de discontinuidad	Los diferentes tipos de discontinuidad difieren en su abertura a la superficie. Por ejemplo, los traslapes son más apretados que la porosidad, y las grietas por fatiga son aún más apretadas que los traslapes y la porosidad. El tiempo de penetración aumenta inversamente proporcional como la abertura de la discontinuidad se reduce.
Viscosidad del penetrante	Siendo la viscosidad la resistencia de los líquidos para fluir, es el factor de mayor influencia en el tiempo requerido para llenar una discontinuidad. La viscosidad de los aceites que forman parte de los penetrantes cambia drásticamente con la temperatura, los aceites se vuelven más delgados (menos viscosos) a temperaturas altas. Los tiempos de penetración están normalmente basados en la aplicación a temperatura ambiente y deben ser ajustados a otras temperaturas. Normalmente, las temperaturas entre 16 °C y 30°C son consideradas como temperatura ambiente.
Limpieza de la discontinuidad	Los tiempos de penetración son considerados basándose en discontinuidades sin contaminantes dentro. En situaciones prácticas, la inspección de componentes que han estado en servicio puede ser complicada por la dificultad de remover los posibles contaminantes atrapados en las discontinuidades. Si la discontinuidad contiene contaminantes pueden presentarse diferentes situaciones: 1. Si la discontinuidad está llena de algún contaminante que no ha sido removido, como productos de corrosión fuertemente adheridos, entonces no podrá existir penetración. Algún cambio en la sensibilidad del penetrante o en el tiempo de penetración no ayudará a detectar la discontinuidad. 2. Si la discontinuidad está parcialmente llena de algún contaminante, el penetrante debe compartir el espacio lo cual reduce el volumen de penetrante depositado, esto producirá una indicación más pequeña y menos visible. Por esta razón, algunos procedimientos requieren tiempos de penetración muy largos, de 2 y hasta 4 horas, para la detección de grietas por corrosión íntergranular y por esfuerzos de corrosión.

	3. Si la discontinuidad contiene algún contaminante soluble en el penetrante, como por ejemplo aceite, agua o algún otro compuesto orgánico, el penetrante y el contaminante se mezclarán, provocando con esto una reducción en la velocidad de penetración o produciendo una indicación menos visible por lo que no proporcionará suficiente información acerca del tamaño de la discontinuidad.
Tamaño de la discontinuidad	El tiempo requerido para que el penetrante llene una discontinuidad depende en gran parte de su ancho y profundidad. El penetrante llena rápidamente discontinuidades abiertas y anchas, en cambio, le toma más tiempo llenar discontinuidades cerradas y apretadas. Por ejemplo, grietas por fatiga pueden requerir de 2 a 5 veces el tiempo requerido para una grieta de otro tipo.

6.1.3.2. Remoción del exceso de penetrante.

Después que el tiempo de penetración ha sido suficiente para permitir el atrapamiento del penetrante por las discontinuidades abiertas a la superficie, el exceso de penetrante sobre la superficie inspeccionada debe ser removido.

La remoción del exceso de penetrante es un paso crítico en el proceso de inspección, una remoción errónea puede producir malas interpretaciones o resultados incorrectos. Idealmente, todo el penetrante de la superficie deberá ser removido (incluyendo filetes, esquinas y huecos) sin que la remoción sea excesiva como para reducir o eliminar totalmente el penetrante atrapado en las discontinuidades.

Así también, una remoción incompleta puede producir un contraste residual que puede interferir con una adecuada interpretación de las indicaciones.

Por ejemplo, en componentes con superficies rugosas o porosas, estas irregularidades se comportan como discontinuidades por lo que atrapan y mantienen pequeñas cantidades de penetrante.

Si tales cantidades de penetrante atrapado no son removidas, formarán un efecto de fondo visible o fluorescente que reduce el contraste, que puede ocultar indicaciones de discontinuidades significativas o que puede interferir en la inspección.

Factores que afectan la remoción:

Condición de la superficie inspeccionada	La condición superficial afecta directamente la remoción del exceso de penetrante. Una superficie con buen acabado puede ser fácilmente procesada por cualquier método de remoción sin dejar contraste residual, en cambio, las superficies rugosas reducen la facilidad de remoción
Forma y geometría de la pieza inspeccionada	Una forma compleja de la pieza inspeccionada puede impedir el acceso a todas sus superficies
Tamaño de la pieza inspeccionada	El tamaño de la pieza puede complicar el proceso de remoción. En el caso de piezas de grandes dimensiones el tiempo para la remoción puede extenderse demasiado

6.1.3.3. Métodos de remoción:

6.1.3.3.1. Remoción de penetrantes lavables con agua.

El exceso de este penetrante se remueve directamente de la pieza por medio de un lavado con agua, por aspersión manual o automática, inmersión o, inclusive, con un trapo empapado con agua, esto gracias a que contiene un agente emulsificante como parte integral de su formulación, por lo que se conoce también como “autoemulsificante” y tiene gran aceptación.

El documento ASTM E-165 recomienda que:

- El tiempo de lavado no exceda de 120 s, a menos que se determine experimentalmente para una aplicación específica.
- La presión del agua no sea mayor de 280 kPa.
- La temperatura del agua sea relativamente constante y se mantenga en un rango de 10°C a 38°C (50 a 100°F).

6.1.3.3.2. Remoción de penetrantes post-emulsificables.

Los penetrantes post-emulsificables contienen una base aceitosa, son formulados para optimizar su capacidad de penetración y visibilidad.

Difieren de los penetrantes lavables con agua fundamentalmente porque no contienen un agente emulsificador, por lo que es requerido un proceso de emulsificación por separado.

Después de transcurrido el tiempo de penetración se aplica un material conocido como emulsificador.

La difusión del emulsificador en el penetrante resulta en una mezcla que puede ser removida con agua.

Entonces, el lavado con agua, igual que con penetrantes lavables con agua, remueve la mezcla de penetrante y emulsificador de la superficie de la pieza inspeccionada.

Los siguientes factores influyen en la selección del tiempo de emulsificación:

- El penetrante y el emulsificador que están siendo utilizados.
- La superficie que está siendo inspeccionada.
- La funcionalidad deseada.
- El tipo de lavado utilizado.

En función del tipo de emulsificador existen ciertas condiciones de uso:

- Emulsificador Lipofílico. Su modo básico de acción sobre el penetrante es por difusión y solubilidad. Puede ser aplicado por inmersión, vaciado o aspersión. No se recomienda usar brocha debido a que la aplicación del emulsificador y la mezcla con el penetrante es irregular.

  La rugosidad de la superficie es un factor muy importante para determinar el tiempo de emulsificación, por lo que debería establecerse por experimentación para cada tipo de pieza.

  La mayoría de procedimientos establecen tiempos máximos de emulsificación de 3 a 5 minutos, aunque los mejores resultados se obtienen con tiempos cortos.

- Emulsificador Hidrofílico. Funciona por medio de una acción detergente o de dilución, es algunas veces identificado como removedor o detergente de dilución. Puede ser aplicado por inmersión o aspersión.

  Antes de aplicar este tipo de emulsificador se requiere un lavado con agua para remover la mayor cantidad del exceso de penetrante y un periodo corto de escurrido.

  El rango de tiempo de emulsificación es desde 5 y hasta 20 minutos.

6.1.3.3.3. Remoción de penetrantes removibles con solvente.

Los materiales usados para remover el exceso de penetrante de la superficie son identificados como “removedores” o “limpiadores”, y son normalmente mezclas volátiles de hidrocarburos clorinados o compuestos alifáticos.

Cuando se utilizan penetrantes removibles con solvente nunca se debe aplicar el solvente directamente sobre el penetrante.

La remoción se lleva a cabo por disolución y dilución.

El procedimiento de remoción recomendado es limpiar el exceso de penetrante de la superficie con un trapo o paño limpio y seco, hasta que no pueda removerse más penetrante.

Entonces, se humedece un trapo o paño con solvente y se limpian los rastros de penetrante de la superficie.

Este procedimiento sirve para remover hasta la última película de exceso del penetrante para que no aparezca fondo innecesario cuando sea aplicado el revelador.

Este método de remoción, y en general el tipo de penetrante, es difícil de usar en piezas con superficie rugosa o en huecos como roscas o ranuras por la dificultad para limpiar el fondo.

6.1.4. SECADO.

El secado después de la remoción del exceso de penetrante depende del método de remoción y del revelador que será usado.

El secado después de la remoción con solvente se realiza solamente con aire o por evaporación normal.

El secado después de la remoción con agua requiere calentar para evaporar el agua, para expandir el penetrante y para reducir su viscosidad para proporcionar un mejor revelado.

El calor también es esencial cuando serán usados reveladores suspendidos en agua y solubles en agua, debido a que el agua del revelador debe ser evaporada.

Los secadores pueden ser de gas, eléctricos o con vapor, es esencial que el aire dentro del secador se encuentre circulando para reducir el tiempo de secado.

6.1.5. APLICACIÓN DEL REVELADOR.

La cantidad de penetrante que emerge desde las pequeñas discontinuidades es casi invisible, por lo tanto, es necesario realizar otra operación antes de poder observar las indicaciones de discontinuidades.

Los reveladores actúan de muchas formas, todas aumentando la visibilidad, por lo que puede considerarse que son los encargados de hacer visibles las indicaciones.

6.1.5.1. Tiempo de revelado.

El revelador debe permanecer sobre la superficie de la pieza inspeccionada durante un periodo de tiempo antes de realizar la inspección, a este periodo se le conoce como tiempo de revelado.

El tiempo requerido para que una indicación sea revelada o aparezca es inversamente proporcional al volumen de la discontinuidad.

Entre más grande sea la discontinuidad, el penetrante atrapado más rápidamente será extraído por el revelador, pero al contrario, es importante permitir el tiempo suficiente para la aparición de indicaciones diminutas de discontinuidades finas.

Para usar el tiempo necesario para el revelado de indicaciones, como una medición de la extensión de la discontinuidad, deben controlarse las siguientes variables:

- Tipo penetrante.
- Sensibilidad de la técnica.
- Temperatura de la pieza.
- El tiempo de penetración.
- Las condiciones de la inspección.

El tiempo de revelado inicia inmediatamente después de la aplicación del revelador seco y tan pronto como los reveladores húmedos (acuosos y no acuosos) se han secado.

El documento ASTM E-165 recomienda que el tiempo de revelado no sea menor de 10 minutos, y establece que el tiempo máximo de revelado permitido es de 2 horas para reveladores acuosos y de 1 hora para reveladores no acuosos.

Se considera una buena práctica, observar la superficie inspeccionada mientras se aplica el revelador y durante el tiempo de revelado como ayuda para la interpretación y evaluación de las indicaciones.

Características requeridas en los reveladores:

- Debe ser absorbente.
- Debe ser de grano fino y la forma de su partícula deberá producir indicaciones bien definidas.
- Debe producir un buen contraste.
- Debe ser fácil de aplicar.
- Debe ser fácil de remover.
- No debe contener elementos que afecten las características de las piezas inspeccionadas.
- No debe contener elementos que afecten al operador.

6.1.5.2. Selección del revelador.

Debido a que los reveladores juegan un papel importante en la inspección por líquidos penetrantes, se debe utilizar el revelador adecuado dependiendo el tipo de trabajo.

Las siguientes son reglas generales con respecto al uso de los reveladores:

- Es preferible usar reveladores húmedos a usar revelador seco en superficies tersas o pulidas.
- Es preferible usar revelador seco a usar reveladores húmedos en superficies muy rugosas.
- Los reveladores húmedos son más adecuados para la inspección de altas cantidades de piezas pequeñas en serie, por la facilidad y velocidad de aplicación.
- Los reveladores húmedos no pueden usarse con confianza donde pueda acumularse, como por ejemplo en filetes agudos, porque puede enmascarar indicaciones de discontinuidades.
- Los reveladores húmedos no acuosos son los más efectivos para revelar grietas finas y profundas, pero no son adecuados para revelar discontinuidades anchas y poco profundas.

6.1.5.3. Tipos de reveladores.

Revelador seco	Puede aplicarse por inmersión en tanques de revelador, procesadores automáticos, cámaras de neblina y pistolas electrostáticas. Son recomendados para usarse con penetrantes fluorescentes y deben ser aplicados cuando la superficie se encuentre completamente libre de humedad, por lo que producen mejores resultados en piezas que han sido calentadas. En la mayoría de los casos, la cantidad de revelador adherido a la superficie inspeccionada es tan pequeña que normalmente no es necesaria la limpieza posterior,
Revelador suspendido en agua	Puede ser aplicado por inmersión o aspersión. Este tipo de revelador permite realizar la inspección a granel en piezas de tamaño medio. A pesar que la mayor ventaja de este tipo de reveladores es porque son fácilmente aplicables, se debe tomar en cuenta que es necesario agitarlo antes de su aplicación, con la finalidad de que todas las partículas se encuentren en suspensión.
Revelador soluble en agua	Es un tipo de solución con agua. Puede ser aplicado por inmersión o aspersión. Las mezclas adecuadas son recomendadas por los fabricantes.
Revelador suspendido en solvente	Es aplicado normalmente por aspersión, con botes a presión, pistolas de aire comprimido y sistemas electrostáticos. El sitio donde se usa debe estar bien ventilado para eliminar los vapores del solvente. Debido a que el polvo se asienta rápidamente, es muy importante mantener el revelador agitado, por lo cual, los botes aspersores se deben agitar antes y durante la aplicación.
Revelador de película plástica	Es aplicado por aspersión, pero se requiere experiencia considerable en la técnica de aplicación para aplicarlo adecuadamente. Se deben aplicar capas muy delgadas, si se aplica demasiado revelador sin que seque provoca que el penetrante se disuelva en la película plástica y se difunda a través de la película. Un par de aplicaciones es suficiente si no es necesario obtener un registro. Para obtener un registro se requieren cerca de 8 capas lo que incrementa aún más los costos.

6.1.6. INSPECCIÓN.

La inspección es una parte crítica del proceso de inspección por líquidos penetrantes, pero no puede considerarse como más importante que el proceso, porque si el proceso es inadecuado no se producirán indicaciones que sean vistas a un nivel de sensibilidad adecuado, por lo que no podrán ser detectadas por el inspector.

Se requiere iluminación adecuada para asegurar que no exista pérdida en la sensibilidad durante la inspección.

Inspección de penetrantes visibles	Las indicaciones de penetrantes visibles son de color rojo sobre un fondo blanco, y cuyo tamaño está cercanamente relacionado con el volumen de penetrante atrapado. Pueden ser examinadas con luz de día (natural) o luz blanca artificial (focos o lámparas). De acuerdo con ASTM E-165, la intensidad mínima de luz recomendada sobre la superficie de interés es de 1000 luxes. (100 pies candela)
Inspección de penetrantes fluorescentes	El documento ASTM E-165 recomienda que la luz visible ambiental no exceda de 20 luxes (2 pies candela) y que la medición de la intensidad se realice con un medidor adecuado de luz visible sobre la superficie que está siendo inspeccionada. En general, en conjunto las lámparas de luz negra usan filtros de vidrio, con el fin de separar y eliminar prácticamente toda la luz visible y al mismo tiempo toda la radiación de longitud de onda que no corresponda a la de la luz negra. Se recomienda verificar diariamente la integridad de los filtros y limpiarlos, además, reemplazar inmediatamente los filtros rotos o agrietados.

6.1.6.1. INTERPRETACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS INDICACIONES.

Los términos interpretación y evaluación se refieren a dos pasos completamente separados y distintos de la inspección.

6.1.6.1.1. MInterpretar.

Es el hecho de determinar que condición está causando las indicaciones obtenidas; en otras palabras, es la acción de decidir si las indicaciones obtenidas son falsas, no relevantes o relevantes (verdaderas de discontinuidad). En ocasiones, además, es necesario determinar qué tipo de discontinuidad ha generado la indicación.

Para recordar, mencionaremos nuevamente las siguientes definiciones con algunos aspectos importantes relacionados con la interpretación.

Indicación: Es la respuesta que se obtiene al aplicar alguna prueba no destructiva, que requiere ser interpretada para determinar su significado.

Existen tres tipos de indicaciones:
Indicaciones falsas: Se presentan debido a una aplicación incorrecta de la prueba. La causa más común por la que se producen estas indicaciones es por una remoción deficiente del penetrante.

Las fuentes más comunes de indicaciones falsas son:

- Penetrante en las manos del técnico
- Contaminación del revelador
- Pelusa con penetrante
- Puntos de penetrante sobre la mesa de inspección

Indicaciones no relevantes: Son producidas por la construcción o configuración del material y por el acabado superficial.

Causan una reacción del material de la misma manera que lo haría una discontinuidad verdadera.

Este tipo de indicaciones incluye a aquellas que aparecen sobre artículos que son ajustados a presión, estirados, ranurados, barrenados o punteados.

Indicaciones relevantes (verdaderas): Son aquellas que se producen por una discontinuidad.

Para determinar si una indicación es verdadera se requiere de un conocimiento previo del proceso empleado para la fabricación del artículo o el conocimiento de su funcionamiento y las condiciones a las que ha estado sometido.

6.1.6.1.2. Evaluar.

Es la acción de determinar o decidir si una indicación verdadera se acepta o se rechaza.

La evaluación se realiza basándose en un criterio de aceptación y rechazo, el cual, normalmente forma parte de los documentos que rigen y son aplicables al componente que está siendo inspeccionado.

Este criterio de aceptación y rechazo considera el efecto que la discontinuidad tendrá en el servicio o funcionamiento del componente.

Si una indicación relevante es evaluada como rechazada, entonces pasa a ser considerada como defecto. En este momento cabe recordar la definición de defecto.

Defecto: Una discontinuidad cuya dimensión, forma, orientación o localización excede los criterios de aceptación establecidos, o que podría generar que el material o equipo falle cuando sea puesto en servicio o durante su funcionamiento.

No todas las discontinuidades son necesariamente defectos porque pueden no afectar el funcionamiento de la pieza en la cual se encuentran.

6.1.7. APARIENCIA DE INDICACIONES PRODUCIDAS EN LÍQUIDOS PENETRANTES.

Varios factores influyen en la apariencia exacta de indicaciones individuales. Sin embargo, existen ciertas tendencias generales que se mantienen para todas las formas y clases de materiales.

Las siguientes descripciones aplican para piezas ferrosas y no ferrosas, grandes y pequeñas.

Las indicaciones son caracterizadas por el tipo de discontinuidad que las produce.

La apariencia de una indicación puede ser usada para evaluar el tipo de discontinuidad que la causa.

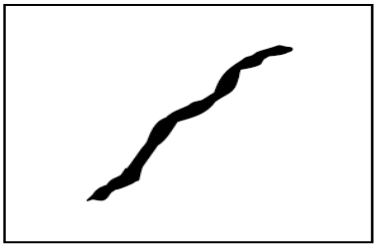
6.1.7.1. Interpretación de indicaciones en forma de líneas continúas.

Normalmente una grieta aparece como una indicación en forma de línea continua, ver figura, La línea puede ser recta, irregular o dentada, ya que sigue la intersección de la grieta con la superficie.

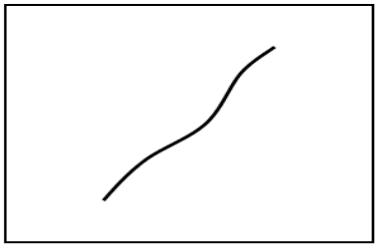
Un traslape en frío de una fundición también aparece como una línea continua generalmente angosta.

Debido a que el traslape en frío es originado por una fusión imperfecta en donde dos corrientes de metal se encuentran pero no se fusionan, la indicación es bien delineada, no aparece como dentada.

Un traslape de forja también puede producir una indicación en forma de línea continua.



Grieta grande



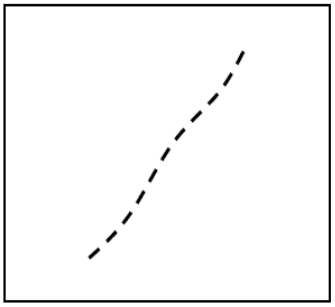
Grieta estrecha o
Traslape en frió

6.1.7.2. Interpretación de indicaciones en forma de líneas intermitentes.

Muchos traslapes de forja son parcialmente soldados durante golpes posteriores del martillo o la prensa de forja.

La indicación originada por el traslape es, por lo tanto, una indicación lineal intermitente.

Una grieta subsuperficial cuya longitud total no alcanza la superficie, o una costura que está parcialmente llena, también producen indicaciones lineales intermitentes, ver figura.



6.1.7.3. Interpretación de indicaciones de áreas redondeadas.

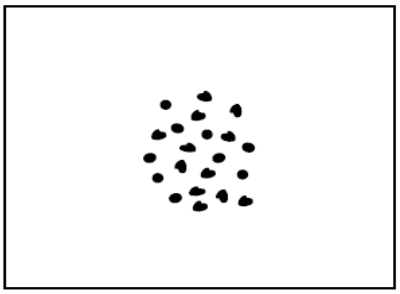
Este tipo de indicaciones significa la presencia de agujeros por gas (porosidad) o agujeros tipo alfiler en fundiciones, o áreas relativamente grandes con falta de solidez en cualquier forma de metal.

Las indicaciones aparecen redondeadas debido al volumen de penetrante atrapado, por lo que pueden ser producidas por discontinuidades de forma irregular, por ejemplo grietas de cráter profundas en soldaduras frecuentemente producen indicaciones redondeadas, debido a que hay una gran cantidad de penetrante atrapado.

6.1.7.4. Interpretación de indicaciones de puntos pequeños.

Las indicaciones en forma de puntos pequeños, ver figura, resultan de una condición porosa.

Tales indicaciones pueden ser causadas por agujeros tipo alfiler o grano excesivamente burdo en fundiciones, o por contracciones (rechupes), en este caso se nota una configuración de la indicación con contornos dendríticos.



Picaduras o porosidad

6.1.7.5. Interpretación de indicaciones difusas.

En algunas ocasiones un área grande puede presentar una apariencia difusa. Si son utilizados penetrantes fluorescentes, la superficie total puede brillar débilmente; si son empleados penetrantes visibles, el fondo se tornará rosa en lugar de blanco.

Esta condición difusa puede resultar de una porosidad muy fina dispersada o muy difundida, tal como microcontracciones en piezas de magnesio.

También puede ser causada por una limpieza insuficiente antes de la inspección, por una remoción incompleta del exceso de penetrante, por una capa gruesa de revelador o por una superficie porosa.

Si indicaciones débiles se extienden en un área extensa se debería juzgar como sospechosa.

Se considera bastante acertado repetir la inspección, con el objeto de eliminar cualquier indicación falsa debido a una técnica errónea, antes de intentar la evaluación inmediata de una indicación difusa.

6.1.7.6. Nitidez de las indicaciones.

La definición de las indicaciones es afectada por el volumen de líquido penetrante retenido en la discontinuidad, así como las condiciones de la inspección tales como la temperatura y el tiempo permitido para que sean revelados las indicaciones, y el tipo de penetrante.

Generalmente, las indicaciones bien definidas o claras provienen de discontinuidades lineales angostas.

6.1.7.7. Brillantez y extensión de las indicaciones.

El color o la brillantez fluorescente de las indicaciones pueden ser muy útil al estimar la severidad de la discontinuidad.

La brillantez está directamente relacionada con la cantidad de penetrante presente y, por lo tanto, con el tamaño de la discontinuidad.

Es difícil para el ojo humano detectar diferencias pequeñas en el color de los penetrantes visibles o en la brillantez de la fluorescencia.

Ciertas pruebas han demostrado que aunque los instrumentos pueden registrar diferencias de hasta 4% en la brillantez, el ojo humano no puede detectar menos del 10% de diferencia.

Afortunadamente las discontinuidades grandes por lo general producen indicaciones grandes además del incremento de brillantez.

6.1.7.8. Persistencia de las indicaciones.

Una buena forma de estimar el tamaño de una discontinuidad es por la persistencia de la indicación. Si reaparece después que ha sido removido y reaplicado, es porque está una reserva de penetrante en la discontinuidad.

6.1.8. REGISTRO DE INDICACIONES.

En muchas ocasiones es conveniente registrar las indicaciones para reportarlas o durante la evaluación.

En inspecciones para detectar discontinuidades en servicio, algunas de ellas pueden ser toleradas si no exceden una longitud específica o si no se han propagado.

La longitud de la discontinuidad debe ser registrada en los registros que serán mantenidos para que pueda determinarse el crecimiento o la propagación que se ha presentado en inspecciones subsecuentes.

Los siguientes son algunos métodos de registro de indicaciones que pueden ser utilizados durante la inspección, en función de las posibilidades.

6.1.8.1. Dibujos o croquis.

Es el método más simple para el registro de indicaciones.

El dibujo o croquis debe incluir una marca fácil de reconocer y rastrear sobre el área inspeccionada para que la indicación pueda ser localizada y orientada adecuadamente.

Las dimensiones y orientación de la indicación, con relación a la pieza, deben ser bastante exactas debido a que ello puede originar una evaluación enfática o acentuada, de ser necesario.

También, debe acompañar al dibujo o croquis la descripción del tipo de indicación para indicar si fue grande, una línea fina, brillante o sin brillo, indicaciones pequeñas alineadas y su semejanza.

Este tipo de descripción es importante como parte del registro.

6.1.8.2. Técnicas para recoger indicaciones.

Las tres técnicas principales son transferencia con cinta adhesiva transparente, el uso de revelador de película plástica y el uso de cinta para réplica.

.

a. La técnica más sencilla es la de transferencia con cinta adhesiva transparente. El área que rodea a la indicación se limpia y se seca, puede usarse una brocha para remover el exceso de revelador de esa área.

   Usando cinta adhesiva transparente de 3/4 de pulgada o más ancha, un extremo se pega a la superficie y la cinta se baja y es colocada levemente sobre la indicación.

   Se presiona firmemente sobre ambos lados de la indicación, si se presiona demasiado sobre la indicación puede distorsionarse su ancho y forma.

   Cuidadosamente despegue la cinta de la superficie y colóquela sobre una hoja de papel, en el formato de reporte o en un libro de registros.

   Si los extremos de la cinta tienen demasiado revelador no podrán adherirse al papel, entonces puede ser necesario agregar pedazos de cinta en cada extremo para fijar la cinta en el papel.

b. Los reveladores de película plástica son excelentes para indicaciones ligeras. En lugar de aplicar capas adicionales de plástico o laca, puede ser usada la técnica de transferencia con cinta sobre la capa de revelador para retirar la indicación de la superficie.

c. La cinta para réplica, usada para obtener réplicas para análisis de metalografías para microscopios electrónicos, puede ser usada para registrar indicaciones muy pequeñas o muy finas.

   La cinta se corta y se coloca sobre la indicación presionando fuertemente con el dedo pulgar. Se aplica acetona alrededor del dedo y se mantiene la presión hasta que seque la acetona.

6.1.8.3. Fotografía.

El mejor método para registrar indicaciones es utilizando fotografía. La fotografía proporcionará la localización y orientación de la discontinuidad en relación con las piezas, así como también su dimensión.

La fotografía en blanco y negro con frecuencia puede revelar las indicaciones con buen contraste, en cambio, la fotografía de color es más difícil debido a que el color real es difícil de reproducir. Sin embargo, pueden obtenerse muy buenas fotografías si se desarrolla una buena técnica.

En el caso de la fotografía de líquidos fluorescentes son muy importantes los filtros utilizados, esto se debe a que la luz ultravioleta utilizada para la iluminación de las indicaciones podría no llegar a la película.

Además, debido a la baja brillantez, la fotografía de indicaciones fluorescentes requiere el uso de tiempos de exposición.

6.1.9. LIMPIEZA POSTERIOR.

La limpieza posterior normalmente no es necesaria si ha sido usado revelador seco, pero, los reveladores acuosos y no acuosos deben ser removidos.

La limpieza con rocío de agua normalmente es suficiente y, en el campo, puede ser usado un desengrasante o solvente.

Es preferible que el revelador sea removido tan pronto como sea posible después de la inspección, esto se debe a que algunos tipos de reveladores son más difíciles de remover conforme pasa el tiempo.

El revelador que sea más difícil de remover puede ser restregado con una brocha o cepillo y detergente.

6.2. PARTICULAS MAGNETICAS (MT).

Este particular método de ensayo no destructivo es principalmente usado para descubrir discontinuidades superficiales en materiales ferromagnéticos. Si bien pueden observarse discontinuidades sub superficiales muy cercanas a la superficie, son muy difíciles de interpretar, y generalmente son ignoradas.

Para la detección e interpretación de discontinuidades sub superficiales son generalmente requeridas otras técnicas de NDE.

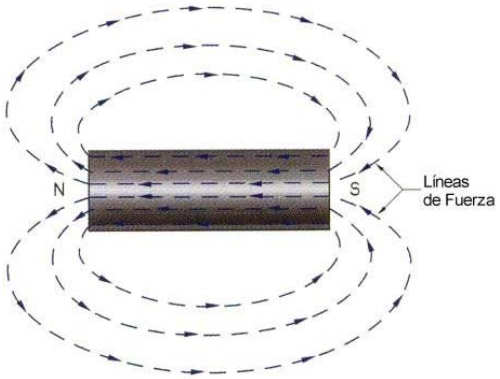
De todas maneras las discontinuidades superficiales presentes en una pieza magnetizada van a causar que el campo magnético aplicado cree polos en cada extremo de la discontinuidad, creando una fuerza de atracción para las partículas de hierro.

Si las partículas de hierro, que son partículas magnetizables debido a que pueden magnetizarse, son arrojadas sobre la superficie, pueden ser sostenidas o acomodadas en el lugar por este campo atractivo para producir una acumulación de partículas de hierro y de esta manera una indicación visual.

Si bien existen distintos tipos de ensayos de partículas magnetizables, todos basan su funcionamiento en el mismo principio general.

Por esto, todos estos ensayos van a ser realizados mediante la creación de un campo magnético en una parte y aplicando partículas de hierro sobre la superficie a ensayar.

Para entender el ensayo de partículas magnetizables es necesario tener una noción básica de magnetismo; por esto es apropiado describir algunas de sus características importantes. Para empezar esta discusión, mire la figura:



Aquí se muestra un diagrama del campo magnético asociado con la barra magnética.

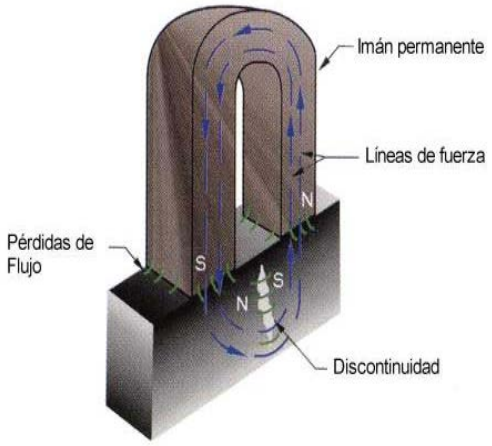
Mirando este diagrama, hay varios principios del magnetismo que son demostrados. Primero, hay líneas magnéticas de fuerza, o líneas de flujo magnético, que tienden a viajar desde un extremo (o polo) del imán hacia el extremo opuesto (el otro polo).

Estos polos son designados como polo norte y polo sur. Las líneas de flujo magnético forman lazos continuos que viajan desde un polo hacia el otro en una dirección.

Estas líneas siempre permanecen virtualmente paralelas una a la otra y nunca se cruzan entre sí.

Por último, la fuerza de estas líneas de flujo (y a raíz de esto la intensidad del campo magnético resultante) es mayor cuando están totalmente contenidas adentro de un material magnético o ferroso.

Aunque van a viajar a través de algunas separaciones rellenas con aire, su intensidad es reducida significantemente a medida que la longitud de la separación aumenta. Como se ve en esta figura.



Todavía hay líneas de fuerza magnéticas viajando en lazos continuos desde un polo hacia el otro. De todos modos, ahora la pieza de acero ha sido colocada cruzada respecto de los extremos de un imán para proveer un camino magnético continuo para las líneas de fuerza.

Si bien hay algunas pérdidas de flujo en las pequeñas separaciones o espacios rellenos con aire entre los extremos del imán y la pieza de acero, el campo magnético permanece relativamente fuerte debido a la continuidad del camino magnético.

Consideremos ahora la discontinuidad que está presente en la barra de acero; en la vecindad de esa discontinuidad, hay campos magnéticos de signo opuesto creados en los extremos opuestos de la separación de aire presente en la discontinuidad.

Estos polos de signo opuesto tienen una fuerza atractiva entre ellos, y si el área es rociada con partículas de hierro, estas partículas van a ser atraídas y sostenidas en el lugar de la discontinuidad.

Por esto para realizar un ensayo de partículas magnetizables, debe haber algunas muestras de generación de un campo magnético en la pieza a ensayar.

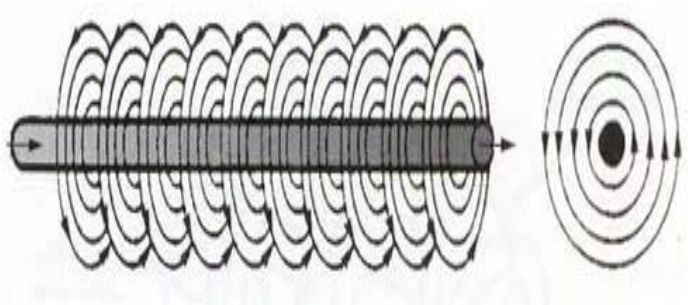
Una vez que la parte ha sido magnetizada, las partículas de hierro son rociadas sobre la superficie.

Si las discontinuidades están presentes, estas partículas van a ser atraídas y sostenidas en el lugar para proveer una indicación visual.

Los ejemplos discutidos hasta aquí han descripto imanes permanentes.

No obstante, el uso de imanes permanentes para ensayos de partículas magnetizables es poco frecuente; la mayoría de los ensayos de partículas magnetizables usan un equipo electromagnético.

Un electroimán se basa en el principio de que hay un campo magnético asociado con cualquier conductor eléctrico, como se muestra en la figura.



Cuando pasa electricidad a través de un conductor, el campo magnético que se desarrolla se orienta perpendicular a la dirección de la electricidad.

Hay dos tipos básicos de campos magnéticos que son creados en los objetos a ensayar usado un electroimán, longitudinal y circular.

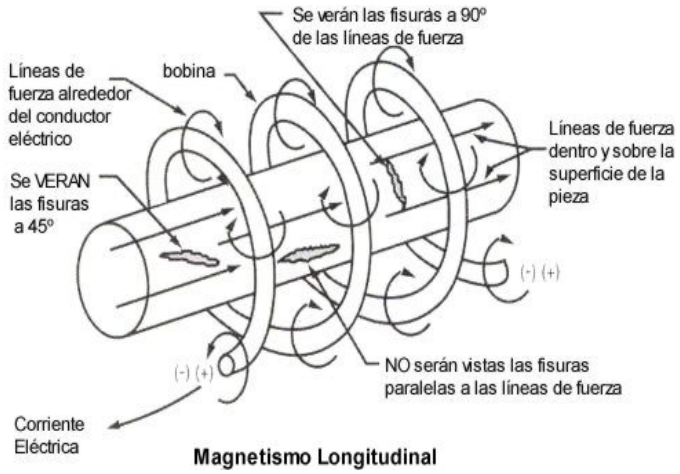
Los tipos son denominados pro la dirección del campo magnético que es generado en la pieza.

Cuando el campo magnético se orienta a lo largo del eje de la pieza, es conocido como magnetismo longitudinal.

De la misma manera, cuando el campo magnético es perpendicular al eje de la pieza, es llamado magnetismo circular.

Hay varias formas en las que puede crearse estos dos tipos de magnetismo en una pieza de ensayo.

Aquí mostramos un típico campo magnético longitudinal.



Magnetismo Longitudinal

Este campo es creado envolviendo la pieza con un conductor eléctrico arrollado.

Cuando se usa una máquina de partículas magnetizables fija, esto puede conocerse como una bobina “coil shot”.

Cuando pasa la electricidad a través del conductor, se crea un campo magnético.

Con este campo magnético, aquellas discontinuidades que se encuentren perpendiculares a las líneas de fuerza van a ser fácilmente revelados.

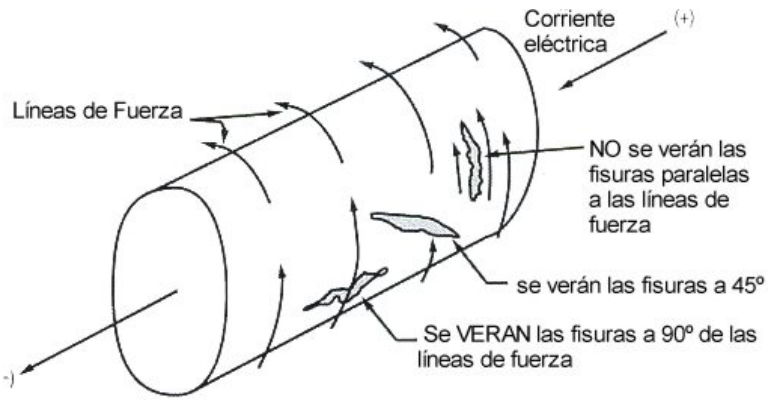
Aquellas que se encuentren a 45° con respecto al campo también van a ser revelados, pero si la discontinuidad se encuentra paralelo al campo magnético inducido, no va a ser revelada.

El otro tipo de campo magnético es conocido como magnetismo circular.

Para crear este tipo de campo magnético, la pieza a ser ensayada se vuelve el conductor eléctrico de manera que el campo magnético inducido tiende a encerrar la parte perpendicular a su eje longitudinal.

En una máquina de ensayo estacionaria, esto podría ser llamado “head shot”.

Esto es mostrado en la siguiente figura:



Magnetismo Circular

Con magnetismo circular, las discontinuidades longitudinales van a ser reveladas mientras que aquellas discontinuidades transversales no van a ser reveladas.

Aquellas que estén aproximadamente a 45° también van a ser reveladas.

Un aspecto importante del campo magnético circular es que el magnetismo es totalmente contenido adentro del material ferromagnético mientras que el campo magnético longitudinal es inducido en la pieza por el conductor eléctrico que lo envuelve.

Por esta razón, el campo magnético circulares generalmente considerado más potente, haciendo que el magnetismo circular sea más sensible para un nivel dado de corriente eléctrica.

Cuando se trata de determinar la orientación de las discontinuidades que pueden generar una indicación, se debe empezar por determinar la dirección de la corriente eléctrica, luego considerar la dirección del campo magnético inducido y después determinar la orientación de la discontinuidad que va a dar la sensibilidad óptima.

Ambos tipos de campos magnéticos pueden ser generados en una pieza o parte empleando equipamiento portátil.

Un campo longitudinal resulta cuando se usa el método de “yugo”, como se muestra en la figura.



Una unidad de yugo es un electroimán, y está hecho arrollamiento de alambre conductor alrededor de un núcleo de un material magnético blando.

La corriente que fluye a través del alambre induce un campo magnético que fluye a través del objeto a ensayar entre los extremos del yugo.

Para producir un campo magnético circular con una unidad portátil, se usa la técnica de “prod”. El uso de este método para ensayos de soldadura es ilustrado en la figura.



Puede ser usado para crear un campo magnético con corriente alterna (AC) o con corriente continua (DC).

El campo creado con corriente alterna es más fuerte en la superficie del objeto a ensayar.

La corriente alterna va a proveer también una mayor movilidad de las partículas en la superficie de la pieza permitiendo a las partículas moverse más libremente, lo que ayuda en la detección de discontinuidades, aún cuando la superficie de la pieza sea rugosa e irregular.

La corriente continua induce campos magnéticos con mayor poder de penetración y pueden ser usados para detectar discontinuidades cerca de la superficie. Aunque estas indicaciones son muy difíciles de interpretar.

Un tercer tipo de corriente eléctrica es conocida como corriente alterna rectificada de media onda y puede ser pensada como una mezcla de corriente alterna con corriente continua.

Con este tipo de corriente se pueden alcanzar los beneficios de ambos tipos de corrientes.

Fue destacado que el ensayo de partículas magnetizables es más sensible frente a las discontinuidades perpendiculares a las líneas de flujo magnético y que las discontinuidades paralelas a las líneas de flujo no son detectadas.

Con ángulos que varían entre estos extremos, hay un área gris. En general, si el ángulo agudo formado entre el eje de la discontinuidad y las líneas de flujo magnético es mayor de 45, la discontinuidad va a formar una indicación.

Con ángulos menores de 45 la discontinuidad puede no ser detectada.

Por esto, para proveer una evaluación completa de la pieza para localizar discontinuidades en todas las direcciones es necesario aplicar el campo magnético en dos direcciones perpendiculares.

Las aplicaciones de la inspección por partículas magnetizables incluye la evaluación de materiales que son considerados magnéticos a la temperatura de ensayo.

Estos materiales incluyen acero, acero fundido, algunos de los aceros inoxidables (exceptuando los austeníticos) y níquel. No puede ser ensayado el aluminio, el cobre u otro material que no pueda ser magnetizado.

Adecuadamente aplicado, este método puede detectar discontinuidades superficiales muy finas y va a dar indicaciones borrosas de discontinuidades sub superficiales grandes.
El equipamiento usado con este método varía en tamaño, portabilidad y costo.

Las unidades yugo de corriente alterna son muy portátiles y útiles para inspeccionar objetos muy grandes para ensayar de otra forma

6.3. ENSAYO RADIOGRÁFICO (RT).

La radiografía es un método de ensayos no destructivos basado en el principio de transmisión o absorción de radiación preferencial.

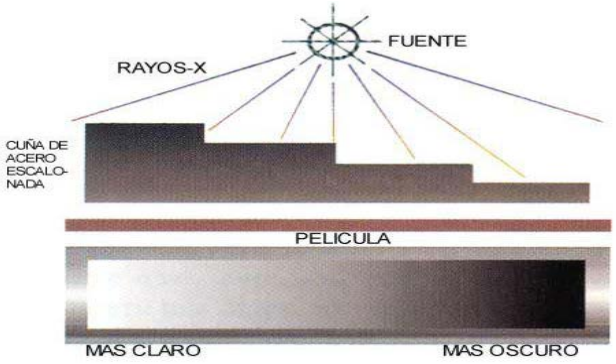
Las áreas de espesor reducido o menor densidad transmiten más, y en consecuencia absorben menos radiación.

La radiación que pasa a través del objeto de ensayo, formará una imagen contrastante en una película que recibe la radiación.

Las áreas de alta transmisión de radiación, o baja absorción, en la película revelada aparecen como áreas negras.

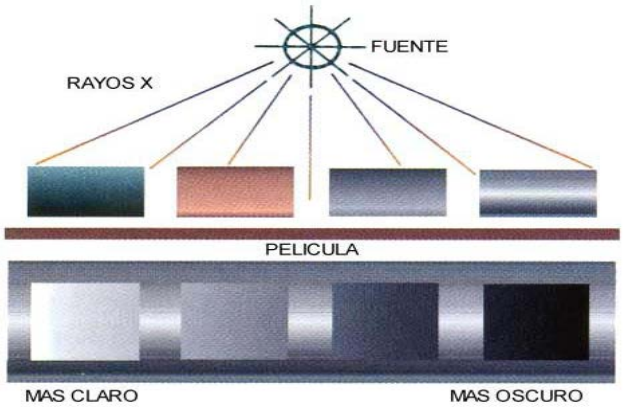
Las áreas de baja transmisión de radiación, o alta absorción, en las películas reveladas aparecen como áreas claras.

La Figura muestra el efecto del espesor en la oscuridad de la película.



El área de menor espesor del objeto de ensayo produce un área más oscura en la película debido a que se transmite más radiación a la película.

El área de mayor espesor del objeto de ensayo produce el área más clara porque el objeto absorbe más radiación y se transmite menos.
La Figura muestra el efecto de la densidad del material en la oscuridad de la película.



La radiación de baja energía, que no sea de partículas, se da en la forma de radiación gamma o rayos X. Los rayos gamma son el resultado de la desintegración de los materiales radioactivos; las fuentes radioactivas incluyen al:

- **Iridio 192,**
- **Cesio 137 y**
- **Cobalto 60.**

Estas fuentes emiten radiación en forma constante y deben mantenerse en un contenedor de almacenamiento protegido, conocido como “cámara gamma”, cuando no está en uso. Estos contenedores frecuentemente emplean protecciones de plomo y acero.

Los rayos X fabricados artificialmente; se producen cuando los electrones, viajando a altas velocidades, chocan con la materia. La conversión de energía eléctrica en radiación X se alcanza en un tubo de vacío.

Se pasa una corriente baja a través de un filamento incandescente para producir electrones.

La aplicación de alto potencial (voltaje) entre el filamento y el metal de objetivo acelera los electrones a través de este potencial diferencial.

La acción de un flujo de electrones que golpean contra el objetivo produce rayos X. Sólo se produce radiación cuando se aplica el voltaje a un tubo de rayos X.

Usando tanto fuentes de rayos X o gamma, la pieza no continúa siendo radioactiva seguido al ensayo.

Las discontinuidades por debajo de la superficie que son detectadas fácilmente por este método son las que tienen una densidad distinta al material que se está radiando. Estas incluyen huecos, inclusiones metálicas y no metálicas, y fisuras y faltas de fusión alineadas en forma favorable.

Los huecos tales como porosidad, producen áreas oscuras en la película, debido a que representan una pérdida significativa de densidad del material. Las inclusiones metálicas producen áreas claras en la película si tienen mayor densidad que la del objeto de ensayo.

Por ejemplo, las inclusiones de tungsteno en las soldaduras de aluminio, producidas por una técnica inapropiada de soldadura por arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa, aparecen en la película como áreas muy claras, la densidad del tungsteno es de 19.3 g/cc.

Las inclusiones no metálicas, tales como la escoria, producen frecuentemente áreas oscuras en la película; sin embargo, algunos electrodos contienen revestimientos que producen escoria de una densidad similar a la del metal de soldadura depositado y la escoria producida por ellos es muy difícil de encontrar e interpretar.

Las fisuras y fusiones incompletas deben estar alineadas de forma tal que la profundidad de las discontinuidades sea casi paralela al haz de radiación para que sean detectadas.

Las discontinuidades superficiales también aparecerán en la película; sin embargo, no se recomienda el uso del ensayo de radiación, debido a que la inspección visual es mucho más económica.

Algunas de estas discontinuidades son la socavación, excesivo sobre-espesor, falta de fusión, y sobre-espesor de raíz por penetración. El ensayo radiográfico es muy versátil y puede ser usado para inspeccionar todos los materiales de ingeniería.

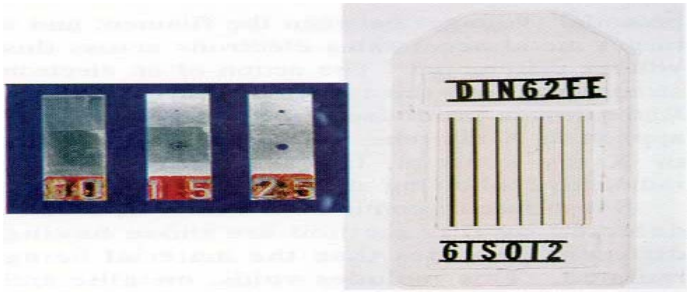
El equipo requerido para realizar los ensayos radiográficos comienza con una fuente de radiación; esta fuente puede ser tanto una máquina de rayos X, que requiere una alimentación eléctrica, o un isótopo radioactivo que produce radiación gamma.

Los isótopos ofrecen frecuentemente facilidad para su transporte. Cualquiera de los tipos de radiación requieren películas, porta películas hermético a la luz, y se usan letras de plomo para identificar el objeto de ensayo.

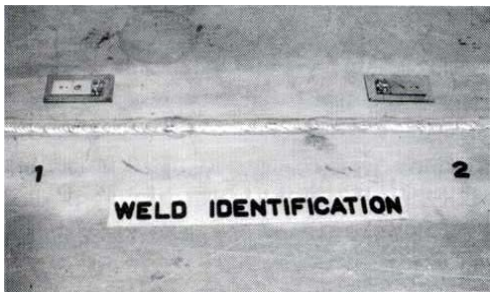
Debido a la alta densidad del plomo, y el espesor incrementado en forma local, estas letras forman áreas claras en la película revelada.

Los Indicadores de Calidad de Imagen (ICI (IQI)), o penetrámetros (‘pennys’) se usan para verificar la resolución de sensibilidad del ensayo. Estos ICI (IQI) normalmente son de dos tipos; ‘cuñas’ o ‘alambre’. Ambos tipos están especificados por tipo de material; además, los de tipo cuña tendrán espesor especificado e incluyen agujeros de distinto tamaño, mientras que los alambres tendrán diámetros especificados.

La sensibilidad se verifica por la habilidad de detectar una diferencia dada en densidad debido al espesor del ICI (IQI) o el diámetro del agujero, o el diámetro del alambre. La Figura muestra ambos tipos de ICI (IQI) o penetrámetros.

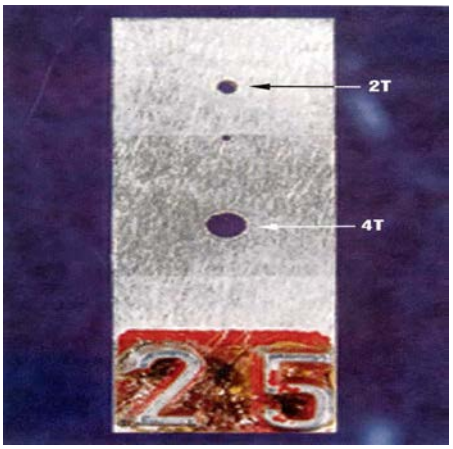


La siguiente figura muestra la ubicación de los ICI (IQI) tipo cuña en una chapa soldada previa a la radiografía.



Los ICI (IQI) de cuña varían en espesor y en diámetro de los agujeros dependiendo del espesor del metal que se está radiografiando.

La siguiente figura muestra los aspectos esenciales de un ICI (IQI) #25 usado por el código ASME;



En la figura se nota su espesor y la dimensión de los agujeros. Aquí el espesor del ICI (IQI) es de 0.025 in., de aquí la designación #25, para un espesor de cuña en milésimos de pulgada (un #10 tiene un espesor de 0.010, un #50 tiene 0.050 in. de espesor, etc.).

Los diámetros y posiciones se especifican, y se marcan en como múltiplos del espesor individual de la cuña.

El mayor agujero en una cuña #25 es 0.100 in., y se llama agujero 4T, debido a que es igual a cuatro veces el espesor de la cuña, y se ubica más cerca del número de plomo del ICI (IQI).

Un agujero ‘2T’ (0.050 in.) se posiciona como el más lejano al número de plomo 25, y es igual a dos veces el espesor de la cuña.

El agujero más pequeño que 4T y 2T es un agujero ‘1T’ y es exactamente igual al espesor de la cuña, 0.025 in.

Dichos agujeros se usan para verificar la sensibilidad de resolución, que normalmente se especifica como un 2% del espesor de la soldadura. Sin embargo, también se puede especificar una sensibilidad del 1%, pero es más difícil de obtener.

Se requiere un equipo de procesamiento para revelar la película expuesta y es mejor un negatoscopio con iluminación de alta intensidad para una mejor interpretación de la película.

Debido a los peligros potenciales de la exposición a la radiación para las personas, normalmente se requiere un equipo de monitoreo de la radiación.

La mayor ventaja de este método de ensayo es que puede detectar discontinuidades por debajo de la superficie en todos los metales comunes de la ingeniería.

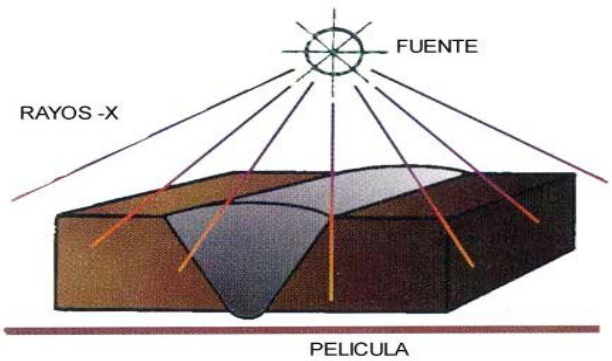
Una ventaja posterior es que las películas reveladas sirven como un registro permanente excelente del ensayo, si se almacena apropiadamente lejos de un calor y luz excesivos.

Junto con estas ventajas hay varias desventajas. Una de ellas es el riesgo impuesto a las personas por una exposición excesiva a la radiación.

Se requieren muchas horas de entrenamiento en seguridad sobre radiación para garantizar la seguridad tanto del personal que realiza el ensayo radiográfico como de otro personal en la vecindad del ensayo.

Por esta razón, el ensayo se debe realizar sólo después que se evacuó el área de ensayo, que puede presentar problemas de cronograma.

La interpretación de películas debe realizarse por aquellos certificados actualmente como mínimo con Nivel II por SNT TC-1A de ASNT.



Otra desventaja del ensayo radiográfico es que puede no detectar las fallas que están consideradas como más críticas (ej. fisuras y falta de fusión) salvo que la

fuente de radiación esté orientada preferentemente con respecto a la dirección de la discontinuidad.

Además, las configuraciones de algunos objetos de ensayo (ej. soldadura de componentes secundarios o de filete) pueden hacer tanto la realización como la interpretación del ensayo más difíciles.

Sin embargo, el personal de ensayo con experiencia puede obtener radiografías de estas geometrías más complicadas e interpretarlas con alto grado de precisión.

6.4. ENSAYOS DESTRUCTIVOS.

Una vez que es reconocido que las propiedades metálicas son importantes para la conveniencia de un metal o una soldadura, es necesario determinar los valores reales.

Esto es, ahora el diseñador puede querer poner un número en cada una de esas importantes propiedades de manera que él o ella puedan efectivamente diseñar una estructura usando materiales teniendo las características deseadas.

Hay numerosos ensayos usados para determinar las varias propiedades mecánicas y químicas de los metales.

Mientras que algunos de esos ensayos proveen valores para más de una propiedad, la mayoría son diseñados para determinar el valor de una característica específica.

Por esto, puede ser necesario realizar varios ensayos diferentes para determinar toda la información deseada.

Es importante para el inspector de soldadura entender cada uno de estos ensayos.

El inspector debe saber cuándo es aplicable un ensayo, que resultados van a proveer y como determinar si los resultados cumplen con la especificación.

También puede ser de ayuda si el inspector de soldadura entienda algunos de los métodos usados en los ensayos, aún si no está directamente involucrado con el ensayo.

Los métodos de ensayo son generalmente agrupados en dos clases, destructivos y no destructivos. Los ensayos destructivos dejan al material o parte fuera de uso para servicio una vez que se realiza el ensayo.

Estos ensayos determinan como el material se comporta cuando es cargado a rotura. Los ensayos no destructivos no afectan a la pieza o componente para su posterior uso.

En toda esta discusión, no va a considerarse el ensayo destructivo específico usado para determinar una propiedad de un metal base o de un metal de soldadura.

Para la mayor parte, esto no representa un cambio significativo en la manera en la cual el ensayo es realizado.

Habrá ocasiones cuando un ensayo es realizado para ensayar específicamente al metal base o al metal de soldadura, pero la mecánica de la operación del ensayo va a variar muy poco o nada.

6.4.1. ENSAYO DE TRACCIÓN.

La primera propiedad revisada fue la resistencia, de manera que el primer método de ensayo destructivo va a ser el ensayo de tracción.

Este ensayo nos provee una gran cantidad de información acerca de un metal. Alguna de las propiedades que pueden ser determinadas como el resultado del ensayo de tracción incluyen:

Resistencia a la Rotura.
Resistencia a la Fluencia.
Ductilidad.
Alargamiento Porcentual.
Reducción Porcentual de Área.
Módulo de Elasticidad.
Límite Elástico.
Límite Proporcional.
Tenacidad.

Algunos valores del ensayo de tracción pueden determinarse por lectura directa de una galga.

Otros pueden ser cuantificados solamente después del análisis del diagrama de tensión deformación que es producido durante el ensayo.

Los valores para ductilidad pueden hallarse mediante mediciones comparativas de la probeta de tracción antes y después del ensayo. El porcentaje de esa diferencia describe el valor de la ductilidad presente.

Cuando se realiza un ensayo de tracción, uno de los aspectos más importantes es que el ensayo involucra la preparación de la probeta de tracción. Si esta parte del ensayo es realizada con poco cuidado, la validez de los resultados del ensayo se ven severamente reducidas.

Pequeñas imperfecciones en la terminación superficial, por ejemplo, pueden resultar en reducciones significativas de la resistencia aparente y de la ductilidad de la probeta.

Algunas veces, el solo propósito del ensayo de tracción de una probeta soldada es para mostrar simplemente si la zona soldada va a desempeñarse de la misma manera que el metal base.

Para este tipo de evaluación, solamente es necesario remover una probeta transversal al eje longitudinal de la soldadura, con la soldadura groseramente centrada en la probeta.

Los dos extremos cortados deben ser paralelos usando un serrucho u oxicorte, pero no es necesario ningún tratamiento superficial ni la remoción de los sobre espesores de soldadura. De todos modos, generalmente los sobre espesores de soldadura son de terminación plana.

Este enfoque es usado para ensayar procedimientos y calificación de soldadores de acuerdo con API 1104. Un ensayo de tracción exitoso hecho de acuerdo con esta especificación es descripto con una probeta que falla en el metal base, o en el metal de soldadura si la resistencia del metal base está por encima.

Para la mayoría de los casos en los cuales el ensayo de tracción es requerido, de todos modos, hay una necesidad para determinar el valor actual de la resistencia y otras propiedades de ese metal, no solamente si la soldadura es tan resistente como el metal base.

Cuando la determinación de estos valores es necesaria, la probeta debe ser preparada en una configuración que provea una sección reducida en alguna parte cerca del centro de la longitud de la probeta, como se muestra en la figura.



Esta sección reducida es dónde se pretende que se localice la rotura.

De otro modo la rotura puede tender a ocurrir preferentemente cerca de la zona de agarre de la probeta, haciendo más difíciles las mediciones.

También esta sección reducida resulta en un incremento de la uniformidad de las tensiones a través de la sección transversal de la probeta.

Esta sección transversal debe exhibir los siguientes tres aspectos para que puedan obtenerse resultados válidos:

1. La longitud completa de la sección reducida debe ser una sección transversal uniforme.

2. La sección transversal debe ser de una forma que pueda ser fácilmente medida de manera que el área de la sección pueda ser calculada.

3. Las superficies de la sección reducida deben estar libres de irregularidades superficiales, especialmente si son perpendiculares al eje longitudinal de la probeta.

Por estas razones, así como también la mecánica para preparar una probeta, las dos formas más comunes para las secciones transversales son la circular y la rectangular.

Amabas son rápidamente preparadas y medidas.

Si es requerido para realizar un ensayo de tracción, el inspector de soldadura debe estar capacitado para calcular el área de la sección transversal reducida de la probeta.

Los ejemplos mostrados abajo muestran como estos cálculos son hechos para ambas secciones transversales.

ÁREA DE UNA SECCIÓN TRANSVERSAL CIRCULAR	ÁREA DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR
Área (círculo)= pixr2 o, pixd2/4 Diámetro de la probeta, d=0.555 in. (medido) Radio de la probeta, r=d/2=0.2525 in. Área=3.1416x.25252 Área=0.2 in.2	Ancho medido, w=1.5 in. Espesor medido, t=0.5 in. Área=wXt Área=0.75 in.2

La determinación de esta área previa al ensayo es crítica porque este valor va a ser usado para finalmente determinar la resistencia del metal. La resistencia va a ser calculada dividiendo la carga aplicada sobre el área de la sección transversal original.

El siguiente ejemplo muestra este cálculo para la probeta de sección transversal circular usada en el ejemplo 1.

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA ROTURA
Carga=12500 lb para la rotura de la probeta Área= 0.2 in2 (ver ejemplo 1) Resistencia a la Rotura=Carga/Área Resistencia a la Rotura=12500/0.2 Resistencia a la Rotura=62500 psi (lb/in.2)

El ejemplo previo muestra un cálculo típico de resistencia a la rotura para una probeta standard circular. Esta es una probeta standard porque tiene un área de exactamente 0.2 in.2.

Esto es conveniente dado que dividiendo un número por 0.2 es lo mismo que multiplicar dicho número por 5. Por esto, si es usada la probeta standard, el cálculo para resistencia a la rotura puede ser realizado de una manera muy simple, como se muestra en el ejemplo 4.

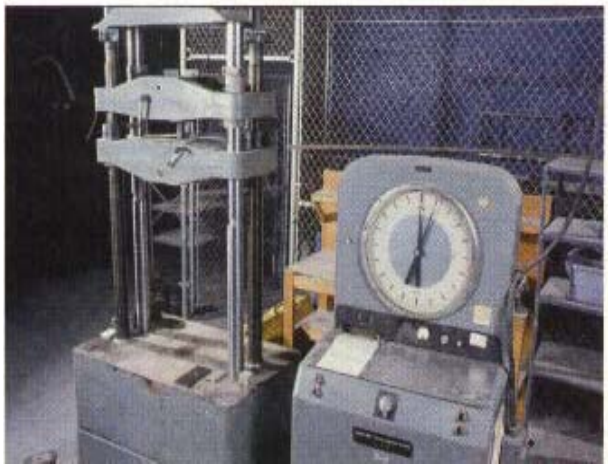
Cuando una probeta dúctil es sometida al ensayo de tracción, una parte de ella va a exhibir “una estricción”, como resultado de la aplicación de la carga longitudinal de tracción.

Si nosotros volvemos a medir y a calcular el área final de esta región más pequeña (con estricción), restándola del área de la sección transversal original, dividiendo el resultado por el área original y multiplicando el resultado por 100, esto va a dar el valor porcentual de reducción de área.

Un ejemplo de la reducción porcentual de área (RA) es el siguiente:

Área de la Sección Transversal Original de 0.2 pulgadas
Área de la Sección Transversal Final de 0.1 pulgada
Porcentual RA=0.2-0.1/0.2x100=50%

Una vez que fue medida y marcada apropiadamente, la probeta es colocada firmemente en las mordazas apropiadas fijas de la máquina de tracción y moviendo las cabezas. Como se muestra en la figura:



Una vez colocada, la carga de tracción es aplicada a una velocidad determinada.

Diferencias en esta velocidad de aplicación de la carga pueden resultar en un ensayo inconsistente.

Antes de la aplicación de la carga, es conectado a la probeta en las marcas de un dispositivo conocido como extensómetro.

Durante la aplicación de la carga, el extensómetro va a medir el alargamiento que resulta de la carga aplicada.

Tanto la carga como el alargamiento son leídos y grabados para hacer un gráfico de la variación del alargamiento en función de la carga aplicada.

Esto es graficado como carga versus deflexión de la curva.

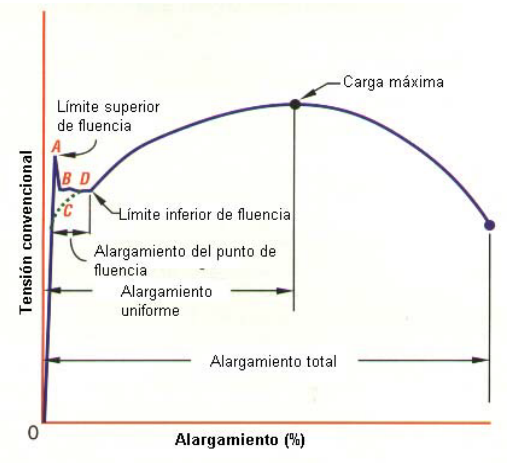
De todos modos, nosotros normalmente vemos los resultados del ensayo de tracción expresados en términos de tensión y deformación.

La tensión es proporcional a la resistencia, dado que es la carga aplicada en cualquier instante dividido el área de la sección transversal. La deformación es simplemente el valor del alargamiento aparente sobre una longitud dada.

La tensión es expresada en psi (lb/in.2) mientras que la deformación es un valor adimensional expresado como in/in.

Cuando estos valores son graficados para un acero dulce típico.

El resultado que puede aparecer es como el de la figura.



El diagrama de tensión deformación exhibe varios aspectos importantes que serán discutidos. El ensayo comienza con tensión y deformación cero.

A medida que la carga es aplicada, el valor de la deformación aumenta linealmente con la tensión. Esta área muestra lo que previamente fue denominado comportamiento elástico, donde la tensión y la deformación son proporcionales. Para cualquier material dado, la tangente de esta línea es un valor conocido.

Esta pendiente es el módulo de elasticidad.

Para el acero, el módulo de elasticidad (o módulo de Young) a temperatura ambiente es aproximadamente igual a 30000000 de psi, y para el aluminio es 10500000 psi. Este número define la rigidez del metal. Esto es, cuánto más alto es el módulo de elasticidad, más rígido es el metal.

Eventualmente, la deformación va a empezar a aumentar más rápido que la tensión, significando que el metal se está alargando más para un valor de carga aplicada.

Este cambio maraca el final del comportamiento elástico y el comienzo del período plástico, o de deformación permanente. El punto sobre la curva que muestra el fin del comportamiento lineal es conocido como límite elástico o proporcional.

Si la carga es removida en cualquier instante hasta este punto, la probeta va a retornar a su longitud original.

Muchos metales tienden a exhibir una partida drástica desde el comportamiento inicial elástico.

Como puede ser visto en la figura anterior no solamente las tensiones y las deformaciones no son más proporcionales, sino que las tensiones pueden caer o permanecer al mismo valor mientras que la deformación aumenta.

Este fenómeno es característico de la fluencia en los aceros dúctiles. Las tensiones aumentan hasta algún límite máximo y después caen hasta algún límite mínimo.

Estos valores son conocidos como los límites superior e inferior **de** fluencia, respectivamente.

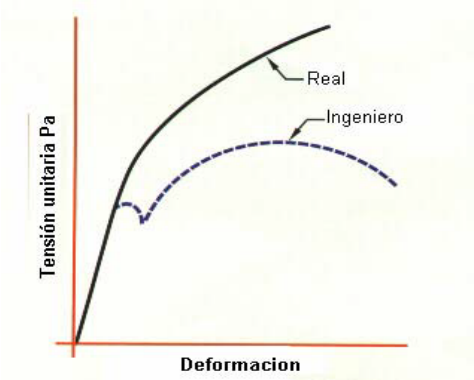
El punto superior es la tensión a la cual hay un aumento notable de la deformación o deformación plástica, sin un aumento en la tensión.

La tensión luego cae y se mantiene relativamente constante en el punto inferior de fluencia mientras que la deformación continúa aumentando durante lo que es conocido como punto de alargamiento en fluencia, sección resistente original.

Dado que la tensión es calculada en base a la sección del área transversal original, esto da el aspecto de que la carga está disminuyendo cuando en realidad sigue aumentando.

Si un ensayo de tracción es realizado donde las tensiones son calculadas continuamente en base al área real que resiste la carga aplicada, puede ser graficado el diagrama real de tensiones deformaciones.

Una comparación entre esta curva y la curva del ingeniero discutida previamente es mostrada en la figura:

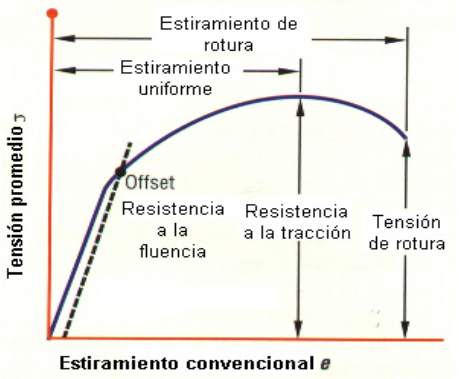


Ésta muestra que la deformación de la probeta continúa aumentando con el aumento de la tensión. Esta curva verdadera muestra que la rotura ocurre a la máxima tensión y a la máxima deformación.

Para metales menos dúctiles, puede no haber un cambio pronunciada en el comportamiento entre la deformación plástica y la elástica. Por eso el método drop beam no puede ser utilizado para determinar la resistencia a la fluencia.

Un método alternativo es conocido como el método offset (o método límite 0.2).

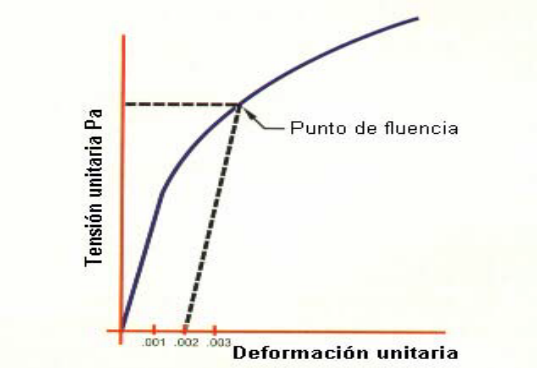
La figura muestra el comportamiento típico tensión deformación para un metal menos dúctil.



Cuando es empleado el método offset (o método límite 0.2), es dibujada una línea paralela al módulo de elasticidad para alguna deformación preestablecida.

El valor de deformación es generalmente descripto en términos de algún porcentaje. Un valor común es 0.2% (0.002) de la deformación; de todos modos otros valores pueden ser también especificados.

La figura muestra como es dibujada la línea paralela para dar este valor.



La tensión correspondiente a la intersección de esta línea de offset (o método límite 0.2) con la curva de tensión deformación es la resistencia a la fluencia.

Debe ser anotada como una resistencia a la fluencia 0.2% de manera que otras personas sepan cómo fue determinada.

La última información que puede ser obtenida del diagrama de tensión deformación es la tenacidad del metal. Usted recuerda que la tenacidad es una medida de la capacidad del metal para absorber energía.

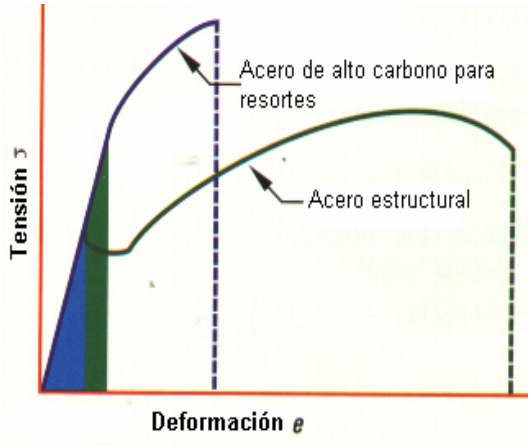
Usted también aprendió que para velocidades de aplicación de carga lentas, la tenacidad puede ser determinada por el área bajo la curva de tensión deformación.

Por eso, un metal que tiene valores altos de tensión y deformación es considerado más tenaz que uno con valores bajos.

La figura muestra una comparación entre los diagramas tensión deformación para un acero de alto carbono para resortes y un acero estructural.

Si las áreas bajo las dos curvas son comparadas, es evidente que el área bajo la curva del acero estructural es mayor debido al gran alargamiento aunque el acero del resorte muestre una alta resistencia a la tracción.

Por eso, el acero estructural es un metal más dúctil.



Siguiendo el ensayo de tracción, es ahora necesario hacer una determinación de la ductilidad del metal.

Esto es expresado en una de estas dos formas; o como alargamiento porcentual o como reducción porcentual de área. Ambos métodos involucran mediciones antes y después del ensayo.

Para determinar el alargamiento porcentual, es necesario haber marcado la probeta antes de pulirla. Después de que la probeta haya fallado, las dos piezas son colocadas juntas y la nueva distancia entre esas marcas es medida. Con la información original y la longitud final entre las galgas marcadas, es posible calcular el alargamiento porcentual como se muestra en el ejemplo.

DETERMINACIÓN DEL ALARGAMIENTO PORCENTUAL
Longitud original de la galga=2.0 in Longitud final de la galga=2.6 in Alargamiento%=longitud final-longitud inicial/longitud finalx100 Alargamiento porcentual=2.6-2.0/2.6x100 Alargamiento porcentual=0.6/2.0x100 Alargamiento porcentual=30%

La ductilidad también puede ser expresada en términos de la estricción que se produce durante el ensayo de tracción.

Esto es conocido como reducción porcentual de área, donde las áreas iniciales y final de la probeta de tracción son medidas y calculadas por comparación.

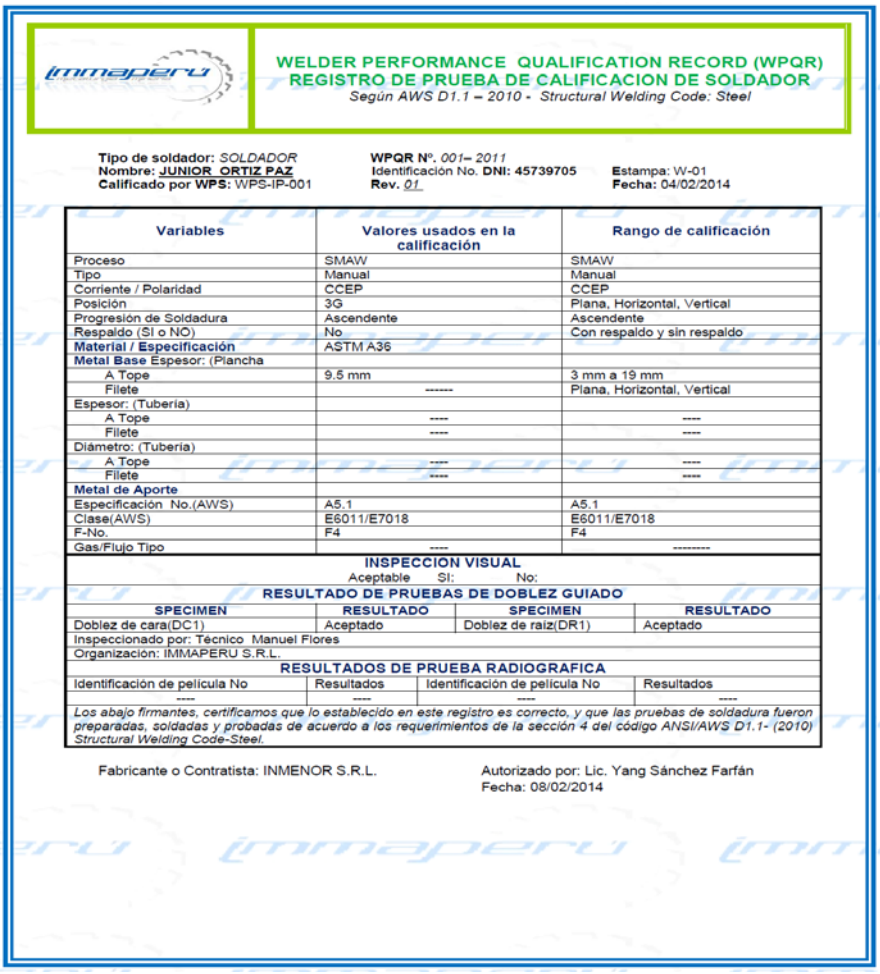
El siguiente ejemplo muestra este cálculo.

DETERMINACIÓN DE LA REDUCCIÓN PORCENTUAL DE ÁREA (%RA)
Área original=0.2 in.2 Área final=0.1 in.2 Reducción porcentual de área=área original-área final/área originalx100 %RA=0.2-0.1/0.2x100 %RA=0.1/0.2x100 %RA=50%

Tanto el alargamiento porcentual como la reducción porcentual de área representan expresiones para el valor de ductilidad de una probeta de tracción, estos valores rara vez, o nunca van a ser iguales.

Generalmente, la reducción porcentual de área va a ser aproximadamente el doble del valor del alargamiento porcentual.

La reducción porcentual de área está pensada para ser una expresión representativa para la determinación de la ductilidad de un metal en presencia de alguna entalla.



WELDER PERFORMANCE QUALIFICATION RECORD (WPQR)
REGISTRO DE PRUEBA DE CALIFICACION DE SOLDADOR
Según AWS D1.1 – 2010 - Structural Welding Code: Steel

Tipo de soldador: *SOLDADOR*
Nombre: JUNIOR ORTIZ PAZ
Calificado por WPS: WPS-IP-001

WPQR N°. *001– 2011*
Identificación No. **DNI:** 45739705
Rev. *01*

Estampa: W-01
Fecha: 04/02/2014

Variables	Valores usados en la calificación	Rango de calificación
Proceso	SMAW	SMAW
Tipo	Manual	Manual
Corriente / Polaridad	CCEP	CCEP
Posición	3G	Plana, Horizontal, Vertical
Progresión de Soldadura	Ascendente	Ascendente
Respaldo (SI o NO)	No	Con respaldo y sin respaldo
Material / Especificación	ASTM A36	
Metal Base Espesor: (Plancha		
A Tope	9.5 mm	3 mm a 19 mm
Filete	------	Plana, Horizontal, Vertical
Espesor: (Tubería)		
A Tope	----	----
Filete	----	----
Diámetro: (Tubería)		
A Tope	----	----
Filete	----	----
Metal de Aporte		
Especificación No.(AWS)	A5.1	A5.1
Clase(AWS)	E6011/E7018	E6011/E7018
F-No.	F4	F4
Gas/Flujo Tipo	----	--------

INSPECCION VISUAL
Aceptable SI: No:

RESULTADO DE PRUEBAS DE DOBLEZ GUIADO

SPECIMEN	RESULTADO	SPECIMEN	RESULTADO
Doblez de cara(DC1)	Aceptado	Doblez de raiz(DR1)	Aceptado

Inspeccionado por: Técnico Manuel Flores
Organización: IMMAPERU S.R.L.

RESULTADOS DE PRUEBA RADIOGRAFICA

Identificación de película No	Resultados	Identificación de película No	Resultados
----	----	----	----

Los abajo firmantes, certificamos que lo establecido en este registro es correcto, y que las pruebas de soldadura fueron preparadas, soldadas y probadas de acuerdo a los requerimientos de la sección 4 del código ANSI/AWS D1.1- (2010) Structural Welding Code-Steel.

Fabricante o Contratista: INMENOR S.R.L.

Autorizado por: Lic. Yang Sánchez Farfán
Fecha: 08/02/2014

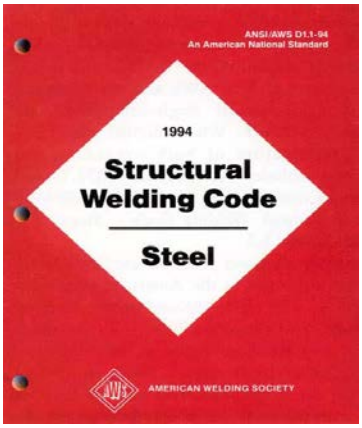
N°	ORDEN DE EJECUCION	HERRAMIENTAS/INSTRUMENTOS
01 02	Elaborar registro de calificaciones del soldador (WPQ) según norma y/o código AWS D1.1. Elaborar registro de calificación del soldador (WPQ) según norma y/o código ASME IX.	Hojas A4 Juego de escuadras Lápices de dibujo Borrador

01	05	Hoja bond A4		
PZA.	CANT.	DENOMINACION-NORMA/DIMENSIONES	MATERIAL	OBSERVACIONES
		REGISTRO DE CALIFICACIÓN DEL SOLDADOR WPQ	HT. 01 SE.	REF.
			TIEMPO:	HOJA: 1 /1
		SOLDADOR UNIVERSAL	ESCALA: S.E.	AÑO: 2014

3.1. ELABORAR REGISTRO DE CALIFICACIONES DEL SOLDADOR (WPQ) SEGÚN NORMA Y/O CÓDIGO AWS D1.1

Es una operación que consiste en la elaboración del registro de calificación del soldador WPQ según AWS D1.1 para realizar posteriormente soldaduras de producción sanas.

PROCESO DE EJECUCIÓN:



1° Paso. Utilice la norma D1.1.

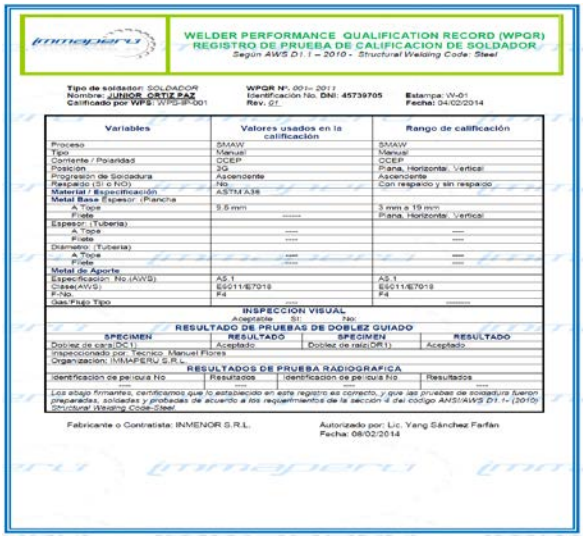
a) Siga los procedimientos de la norma sin desviaciones.

OBSERVACIÓN.
Verifique que la versión de la norma a utilizar sea el adecuado al solicitado.

2° Paso. Administre WPQ y verifique las variables de acuerdo a AWS D1.1.

b) Utilice todas las variables usadas en su prueba.

c) Verifique los registros de los ensayos.


WELDER PERFORMANCE QUALIFICATION RECORD (WPQR)
REGISTRO DE PRUEBA DE CALIFICACION DE SOLDADOR
Segun AWS D1.1 – 2010 - Structural Welding Code- Steel

Variables	Valores usados en la calificación	Rango de calificación
Proceso	SMAW	SMAW
Tipo	Manual	Manual
Corriente / Polaridad	CCEP	CCEP
Posición	3G	Plana, Horizontal, Vertical
Progresión de Soldadura	Ascendente	Ascendente
Respaldo (Si o NO)	No	Con respaldo y sin respaldo
Material / Especificación	ASTM A36	
Metal Base Espesor (Plancha		
A Tope	9.5 mm	3 mm a 19 mm
Filete	------	Plana, Horizontal, Vertical
Espesor (Tuberia)		
A Tope	----	----
Filete	----	----
Diametro (Tuberia)		
A Tope	----	----
Filete	----	----
Metal de Aporte		
Especificación No.(AWS)	A5.1	A5.1
Clase(AWS)	E6011/E7018	E6011/E7018
F-No.	F4	F4
Gas/Flujo Tipo	------	------

INSPECCION VISUAL
Aceptable: SI: No:

RESULTADO DE PRUEBAS DE DOBLEZ GUIADO

ESPECIMEN	RESULTADO	ESPECIMEN	RESULTADO
Doblez de cara(DC1)	Aceptado	Doblez de raiz(DR1)	Aceptado

Inspeccionado por: Tecnico Manuel Flores
Organizacion: INMAPERU S.R.L.

RESULTADOS DE PRUEBA RADIOGRAFICA

Identificacion de pelicula No	Resultados	Identificacion de pelicula No	Resultados
----	----	----	----

Los abajo firmantes, certificamos que lo establecido en este registro es correcto, y que las pruebas de soldadura fueron preparadas, soldadas y probadas de acuerdo a los requerimientos de la sección 4 del código ANSI/AWS D1.1- (2010) Structural Welding Code-Steel

Fabricante o Contratista: INMENOR S.R.L.
Autorizado por: Lic. Yang Sánchez Farfán
Fecha: 08/02/2014

3° Paso. Elabore su WPQ según AWS D1.1.

OBSERVACIÓN.
Adjunte los registros de los ensayos

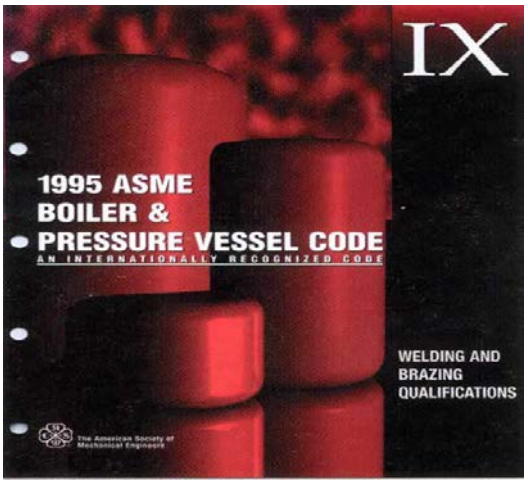
3.2. ELABORAR REGISTRO DE CALIFICACIONES DEL SOLDADOR (WPQ) SEGÚN NORMA Y/O CÓDIGO AWS D1.1

Es una operación que consiste en la elaboración del registro de calificación del soldador WPQ según ASME IX, para realizar posteriormente soldaduras de producción sanas.

PROCESO DE EJECUCION:

1° Paso. Utilice norma ASME IX

a) Siga los procedimientos de la norma sin desviaciones.



OBSERVACIÓN.

Verifique que la versión de la norma a utilizar sea el adecuado al solicitado.

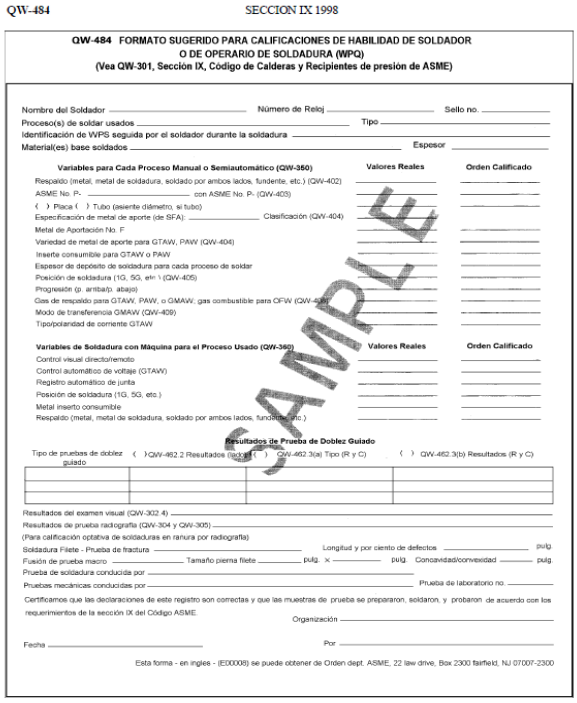
2° Paso. Realice el procedimiento y verifique las variables de acuerdo a ASME IX.

b) Utilice todas las variables usadas en su prueba.

c) Verifique los registros de los ensayos.

3° Paso. Elabore su WPQ según ASME IX.

d) Adjunte los registros de los ensayos.



QW-484 SECCION IX 1998

QW-484 FORMATO SUGERIDO PARA CALIFICACIONES DE HABILIDAD DE SOLDADOR O DE OPERARIO DE SOLDADURA (WPQ)
(Vea QW-301, Sección IX, Código de Calderas y Recipientes de presión de ASME)

Nombre del Soldador _____ Número de Reloj _____ Sello no. _____
Proceso(s) de soldar usados _____ Tipo _____
Identificación de WPS seguida por el soldador durante la soldadura _____
Material(es) base soldados _____ Espesor _____

Variables para Cada Proceso Manual o Semiautomático (QW-350)	Valores Reales	Orden Calificado
Respaldo (metal, metal de soldadura, soldado por ambos lados, fundente, etc.) (QW-402)		
ASME No. P- _____ con ASME No. P- (QW-403)		
( ) Placa ( ) Tubo (asiente diámetro, si tubo)		
Especificación de metal de aporte (de SFA) _____ Clasificación (QW-404)		
Metal de Aportación No. F		
Variedad de metal de aporte para GTAW, PAW (QW-404)		
Inserte consumible para GTAW o PAW		
Espesor de depósito de soldadura para cada proceso de soldar		
Posición de soldadura (1G, 5G, etc.) (QW-405)		
Progresión (p. arriba/p. abajo)		
Gas de respaldo para GTAW, PAW, o GMAW; gas combustible para OFW (QW-408)		
Modo de transferencia GMAW (QW-409)		
Tipo/polaridad de corriente GTAW		

Variables de Soldadura con Máquina para el Proceso Usado (QW-360)	Valores Reales	Orden Calificado
Control visual directo/remoto		
Control automático de voltaje (GTAW)		
Registro automático de junta		
Posición de soldadura (1G, 5G, etc.)		
Metal inserto consumible		
Respaldo (metal, metal de soldadura, soldado por ambos lados, fundente, etc.)		

Resultados de Prueba de Doblez Guiado

Tipo de pruebas de doblez guiado ( ) QW-462.2 Resultados (lado/cara) ( ) QW-462.3(a) Tipo (R y C) ( ) QW-462.3(b) Resultados (R y C)

Resultados del examen visual (QW-302.4) _____
Resultados de prueba radiografía (QW-304 y QW-305) _____
(Para calificación optativa de soldaduras en ranura por radiografía)
Soldadura Filete - Prueba de fractura _____ Longitud y por ciento de defectos _____ pulg.
Fusión de prueba macro _____ Tamaño pierna filete _____ pulg. × _____ pulg. Concavidad/convexidad _____ pulg.
Prueba de soldadura conducida por _____
Pruebas mecánicas conducidas por _____ Prueba de laboratorio no. _____
Certificamos que las declaraciones de este registro son correctas y que las muestras de prueba se prepararon, soldaron, y probaron de acuerdo con los requerimientos de la sección IX del Código ASME.
Organización _____
Fecha _____ Por _____

Esta forma - en inglés - (E00008) se puede obtener de Orden dept. ASME, 22 law drive, Box 2300 fairfield, NJ 07007-2300

SAMPLE

FUNDAMENTO TEÓRICO.

7. FORMATOS PARA LA ELABORACIÓN DEL WPQ.

7.1. SEGÚN AWS D1.1.

WELDER PERFORMANCE QUALIFICATION RECORD (WPQR)
REGISTRO DE PRUEBA DE CALIFICACION DE SOLDADOR

Según AWS D1.1 – 2010 - Structural Welding Code: Steel

Tipo de soldador: *SOLDADOR*
Nombre: **JUNIOR ORTIZ PAZ**
Calificado por WPS: WPS-IP-001

WPQR Nº. *001– 2011*
Identificación No. **DNI: 45739705**
Rev. *01*

Estampa: W-01
Fecha: 04/02/2014

Variables	Valores usados en la calificación	Rango de calificación
Proceso	SMAW	SMAW
Tipo	Manual	Manual
Corriente / Polaridad	CCEP	CCEP
Posición	3G	Plana, Horizontal, Vertical
Progresión de Soldadura	Ascendente	Ascendente
Respaldo (SI o NO)	No	Con respaldo y sin respaldo
Material / Especificación	ASTM A36	
Metal Base Espesor: (Plancha		
A Tope	9.5 mm	3 mm a 19 mm
Filete	------	Plana, Horizontal, Vertical
Espesor: (Tubería)		
A Tope	----	----
Filete	----	----
Diámetro: (Tubería)		
A Tope	----	----
Filete	----	----
Metal de Aporte		
Especificación No.(AWS)	A5.1	A5.1
Clase(AWS)	E6011/E7018	E6011/E7018
F-No.	F4	F4
Gas/Flujo Tipo	----	--------

INSPECCION VISUAL

Aceptable SI: No:

RESULTADO DE PRUEBAS DE DOBLEZ GUIADO

SPECIMEN	RESULTADO	SPECIMEN	RESULTADO
Doblez de cara(DC1)	Aceptado	Doblez de raíz(DR1)	Aceptado

Inspeccionado por: Técnico Manuel Flores

Organización: IMMAPERU S.R.L.

RESULTADOS DE PRUEBA RADIOGRAFICA

Identificación de película No	Resultados	Identificación de película No	Resultados
----	----	----	----

Los abajo firmantes, certificamos que lo establecido en este registro es correcto, y que las pruebas de soldadura fueron preparadas, soldadas y probadas de acuerdo a los requerimientos de la sección 4 del código ANSI/AWS D1.1- (2010) Structural Welding Code-Steel.

Fabricante o Contratista: INMENOR S.R.L.

Autorizado por: Lic. Yang Sánchez Farfán
Fecha: 08/02/2014

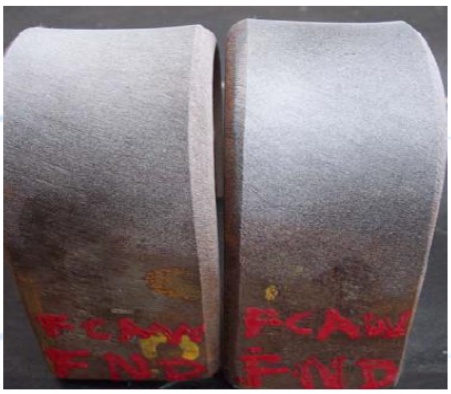
	REPORTE DE ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO	**REPORTE: N°: 001**
	CLIENTE: INMENOR S.R.L.	
	SOLDADOR: JUNIOR ORTIZ PAZ	
	FECHA DE PRUEBA: 07/02/2014	**Lugar. AREQUIPA**

INFORMACION TECNICA

Procedimiento de Ensayo	VT	Técnica de examen	Inspección visual directa
Revisión:001	001	Fuente de iluminación	Luz natural
WPS	WPS-IP-001	Condición de superficie	Esmerilado
Norma de ensayo	AWSD1.1-2010	Instrumentos:	Galga multiuso, Bridge cam Gauge
Norma de calificación	AWSD1.1-2010		Vernier , Lupa
Posición calificada	3G		Máquina de doblez guiado

RESULTADOS

SPECIMEN N°	***DISCONTINUIDADES***	SI	NO	DIMENSION	CONDICION	OBSERVACION	01
DOBLEZ DE CARA (DC1)	Fisuras / grietas		X		ACEPTADO		02
	Porosidad		X		ACEPTADO		03
	Acumulación		X		ACEPTADO		04
	Falta de fusión		X		ACEPTADO		05
	Otros defectos		X		ACEPTADO		06
DOBLEZ DE RAIZ (DR1)	Fisuras / grietas		X		ACEPTADO		07
	Porosidad		X		ACEPTADO		08
	Acumulación		X		ACEPTADO		09
	Falta de fusión		X		ACEPTADO		10
	Otros defectos		X		ACEPTADO		11
							12



FECHA DE REPORTE:_____

INSPECCIONADO POR:	SUPERVISADO POR:	AUTORIZADO POR EL CLIENTE
	IMMAPERU S.R.L.	

7.2. SEGÚN ASME SECCION IX.

QW-484 SECCION IX 1998

QW-484 FORMATO SUGERIDO PARA CALIFICACIONES DE HABILIDAD DE SOLDADOR O DE OPERARIO DE SOLDADURA (WPQ)
(Vea QW-301, Sección IX, Código de Calderas y Recipientes de presión de ASME)

Nombre del Soldador _____ Número de Reloj _____ Sello no. _____
Proceso(s) de soldar usados _____ Tipo _____
Identificación de WPS seguida por el soldador durante la soldadura _____
Material(es) base soldados _____ Espesor _____

Variables para Cada Proceso Manual o Semiautomático (QW-350)	Valores Reales	Orden Calificado
Respaldo (metal, metal de soldadura, soldado por ambos lados, fundente, etc.) (QW-402)		
ASME No. P- _____ con ASME No. P- (QW-403)		
( ) Placa ( ) Tubo (asiente diámetro, si tubo)		
Especificación de metal de aporte (de SFA): _____ Clasificación (QW-404)		
Metal de Aportación No. F		
Variedad de metal de aporte para GTAW, PAW (QW-404)		
Inserte consumible para GTAW o PAW		
Espesor de depósito de soldadura para cada proceso de soldar		
Posición de soldadura (1G, 5G, etc.) (QW-405)		
Progresión (p. arriba/p. abajo)		
Gas de respaldo para GTAW, PAW, o GMAW; gas combustible para OFW (QW-408)		
Modo de transferencia GMAW (QW-409)		
Tipo/polaridad de corriente GTAW		

Variables de Soldadura con Máquina para el Proceso Usado (QW-360)	Valores Reales	Orden Calificado
Control visual directo/remoto		
Control automático de voltaje (GTAW)		
Registro automático de junta		
Posición de soldadura (1G, 5G, etc.)		
Metal inserto consumible		
Respaldo (metal, metal de soldadura, soldado por ambos lados, fundente, etc.)		

Resultados de Prueba de Doblez Guiado

Tipo de pruebas de doblez guiado ( ) QW-462.2 Resultados (lado) ( ) QW-462.3(a) Tipo (R y C) ( ) QW-462.3(b) Resultados (R y C)

Resultados del examen visual (QW-302.4) _____
Resultados de prueba radiografía (QW-304 y QW-305) _____
(Para calificación optativa de soldaduras en ranura por radiografía)
Soldadura Filete - Prueba de fractura _____ Longitud y por ciento de defectos _____ pulg.
Fusión de prueba macro _____ Tamaño pierna filete _____ pulg. × _____ pulg. Concavidad/convexidad _____ pulg.
Prueba de soldadura conducida por _____
Pruebas mecánicas conducidas por _____ Prueba de laboratorio no. _____

Certificamos que las declaraciones de este registro son correctas y que las muestras de prueba se prepararon, soldaron, y probaron de acuerdo con los requerimientos de la sección IX del Código ASME.

Organización _____

Fecha _____ Por _____

Esta forma - en inglés - (E00008) se puede obtener de Orden dept. ASME, 22 law drive, Box 2300 fairfield, NJ 07007-2300

SAMPLE

8. VARIABLES Y RANGOS DE CALIFICACIÓN SEGÚN AWS D1.1 Y ASME IXC

8.1. SEGÚN AWS D1.1

8.1.1. 4.22 Variables esenciales.

Los cambios más allá de la limitación de variables esenciales para los soldadores, operadores de soldadura o apuntaladores que aparecen en la Tabla 4.11 deberán requerir recalificación.

Tabla 4.11 – Cambios en Variables Esenciales en el Comportamiento (Performance) del personal de Soldadura que requiere recalificación (Ver 4.22)

Cambios en Variables Esenciales para la recalificación que requieren WPQR	Personal de Soldadura		
	Soldadores	Operadores de Soldaduras[2,3]	Pinchadores
(1) Para un proceso no calificado (GMAW-S se considera un proceso separado) (2)	X	X	X
(2) Para un electrodo SMAW con un número –F (Ver Tabla 4.12) más alto que el electrodo WPQR con un número F (Ver Tabla 4.12)	X		X
(3) Para una combinación media de protección y de un electrodo no aprobado por un documento AWS A5	X	X	X
(3) Para una posición no calificada (4)	X	X	X
(5) Para un diámetro o espesor no calificado (6)	X	X	
(6) Para una progresión de soldadura vertical no calificada (ascendente o descendente)	X		
(7) La omisión de "backing" metálico (si se utiliza en la prueba WPQR) (8)	X	X	
(8) Para electrodos múltiples (si se utilizara un solo electrodo en la prueba WPQR), pero no viceversa		X[1]	

Notas Generales:

- Una "x" indica la aplicabilidad de soldadura para el personal de soldadura; un área sombreada indica no aplicabilidad.
- WPQR = Registro de Calificación (de performance) del Comportamiento de Soldadura
- Ver Tabla 4.9 para posiciones calificadas por el soldador WPQR
- Ver Tabla 4.10 para rangos de diámetros o espesores calificados

Notas:

1. No para procesos ESW o EGW
2. Los soldadores calificados para los procesos GMAW, FCAW o GTAW deberán considerarse como operadores de soldadura calificados en el (los) mismo (s) proceso (s), sujetos a las limitaciones de variables esenciales del soldador, y siempre que los soldadores reciban capacitación y demuestren su habilidad para producir soldaduras satisfactorias.
3. Una soldadura de ranura califica una soldadura tipo tapón alargado para la posición WPQR y los rangos de espesor que se muestran en la Tabla 4.10.

8.1.2. 4.23 Soldaduras de ranura de penetración completa para conexiones no tubulares.

Ver Tabla 4.9 para los requerimientos de la calificación del soldador o del operador de soldadura en conexiones no tubulares. Tome en cuenta que la calificación en uniones con "backing" califica para uniones de producción de soldaduras que son torchadas y soldadas desde el segundo lado.

TABLA 4.9

Calificación del Soldador - Posiciones de Producción de Soldaduras Calificadas mediante Pruebas de Planchas, Cañería y Tuberías Rectangulares (Ver 4.18.1.1)

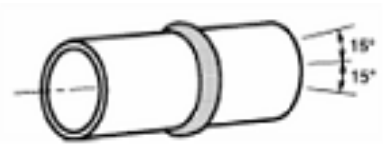
Prueba de Calificación			Producción de Soldadura de Plancha Calificada			Producción de Soldadura de Cañería Calificada					Producción de Soldadura tubular rectangular calificada				
	Tipo de Soldadura	Posiciones[1]	Soldadura de Ranura de penetración completa	Soldadura de Ranura de penetración parcial	Soldadura de Filete	Ranurada a tope		Ranurada en T-,Y-,K-		Soldadura de Filete	Ranurada a tope		Ranurada en T-,Y-,K-		Soldadura de Filete
						CJP	PJP	CJP	PJP		CJP	PJP	CJP	PJP	
PLACA	De ranura[2]	1G 2G 3G 4G 3G + 4G	F F, H F, H, V F, OH Todas	F F, H F, H, V F, OH Todas	F, H F, H F, H, V F, H, OH Todas (Nota 8)	F F, H F, H, V F, OH Todas (Nota 3)	F F, H F, H, V F, OH Todas (Nota 3)		F F, H F, H, V F, OH Todas (Notas 3,5)	F, H F, H F, H, V F, H, OH Todas (Nota 8)	F F, H F, H, V F, OH Todas (Nota 4)	F F, H F, H, V F, OH Todas		F F, H F, H, V F, OH Todas (Nota 5)	F, H F, H F, H, V F, H, OH Todas (Nota 8)
	De filete	1F 2F 3F 4F 3F + 4F			F F, H F, H, V F, H, OH All (Nota 8)					F F, H F, H, V F, H, OH Todas (Nota 8)					F F, H F, H, V F, H, OH Todas (Nota 8)
	Tipo tapón redondo	Califica Soldaduras tipo tapón redondo y tipo tapón alargado sólo para las posiciones testeadas													
TUBULAR	De ranura2 (cañería o tubular)	1G Rotado 2G 5G 6G 2G + 5G (Nota 9)	F F, H F, V, OH Todas Todas	F F, H F, V, OH Todas Todas	F, H F, H F, V, OH Todas Todas (Nota 8)	F F, H F, V, OH Todas Todas (Nota 6)	F F, H F, V, OH Todas Todas (Nota 6)		F F, H F, V, OH Todas Todas (Notas 5,6)	F, H F, H F, V, OH Todas Todas (Nota 8)	F F, H F, V, OH Todas Todas	F F, H F, V, OH Todas Todas		F F, H F, V, OH Todas Todas (Nota 5)	F, H F, H F, V, OH Todas Todas (Nota 8)
		6GR (Fig. 4.27)	Todas	Todas	Todas (Nota 8)	Todas (Notas 4,6)	Todas (Note 6)	Todas (Notas 5,6)	Todas (Notas 5,6)	Todas (Nota 8)	Todas (Nota 4)	Todas		Todas (Nota 5)	Todas (Nota 8)
		6GR (Fig. 4.27 & 4.28)	Todas	Todas	Todas (Nota 8)	Todas (Notas 4,6)	Todas (Nota 6)	Todas (Notas 5,6)	Todas (Notas 5,6)	Todas (Nota 9)	Todas (Nota 4)	Todas	Todas (Notas 5,7)	Todas (Nota 5)	Todas (Nota 8)
	Cañería Filete	1F Rotado 2F 2F Rotado 4F 5F			F F, H F, H F, H, OH Todas (Nota 8)					F F, H F, H F, H, OH Todas (Nota 8)					F F, H F, H F, H, OH Todas (Nota 8)

CJP – Unión de Penetración Completa; PJP - Unión de Penetración Parcial

Nota General : No aplicable para la calificación del operador de soldadura (Ver Tabla 4.11)

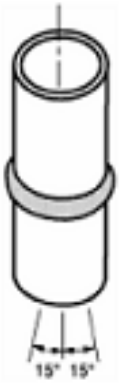
Notas (Las Notas que se muestran en la base del casillero de la columna se aplica para todas las cifras) .

1. Ver Figuras 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6
2. La calificación de las soldaduras de ranura también deberán calificar las soldaduras tipo tapón redondo y tipo tapón alargado para las posiciones indicadas para la prueba.
3. Solo calificadas para tubería mayor que 24 pulgadas [600 mm] de diámetro con "backing" metálico, torchado o ambos.
4. No calificadas para uniones soldadas de un lado sin "backing" metálico, o soldadas de ambos lados sin torchado.
5. No calificadas para soldaduras que tengan ángulos de ranura menores que 30° (Ver 4.12.4.2)
6. La calificación que utiliza la tubería rectangular (Fig. 4.27) también califica soldadura de cañería mayor que 24 pulgadas [600 mm] de diámetro.
7. La cañería o tubería rectangular se requiere para la calificación 6GR (Figura 4.27) . Si se utiliza la tubería rectangular según Fig. 4.27, la prueba de macrografía puede efectuarse en las esquinas del espécimen de prueba (similar a Fig. 4.28).
8. Ver 4.25 y 4.28 sobre las restricciones del ángulo diedro para las uniones de placa y para las conexiones tubulares en T, Y y K.
9. La calificación para la producción de soldaduras de unión sin "backing" metálico o torchado requerirán del uso de detalle de unión de la Fig. 4.24 . Para la producción de soldaduras de unión con "backing" metálico o torchado, pueden utilizarse para califiación, ya sea, la Fig. 4.24 o Fig. 4.25 sobre el detalle de la unión.

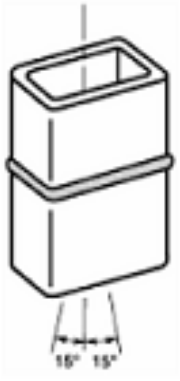


Cañería horizontal y rotada
Soldadura plana (+15) depósito
Metal de aporte en o casi al tope (parte superior)

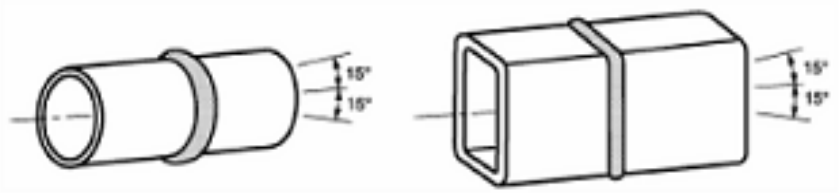
A) Posición 1G de prueba de soldadura plana rotada



Cañería o tubería vertical y no rotada durante la soldadura.
Soldaura horizontal



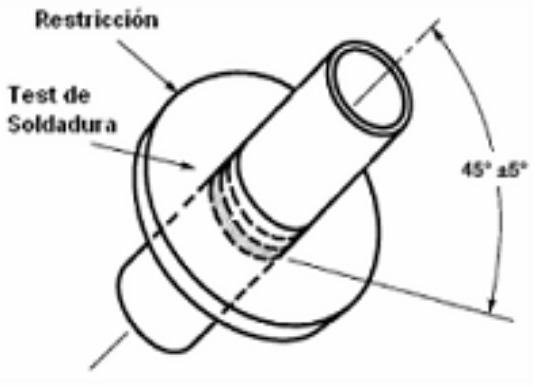
B) Posición 2G de prueba de soldadura horizontal



Cañería o tubería vertical fija (+15) y no rotada durante la soldadura. Soldadura plana, vertical, sobre cabeza. segmento de restricción

C) Posición 5G de prueba de soldadura múltiple



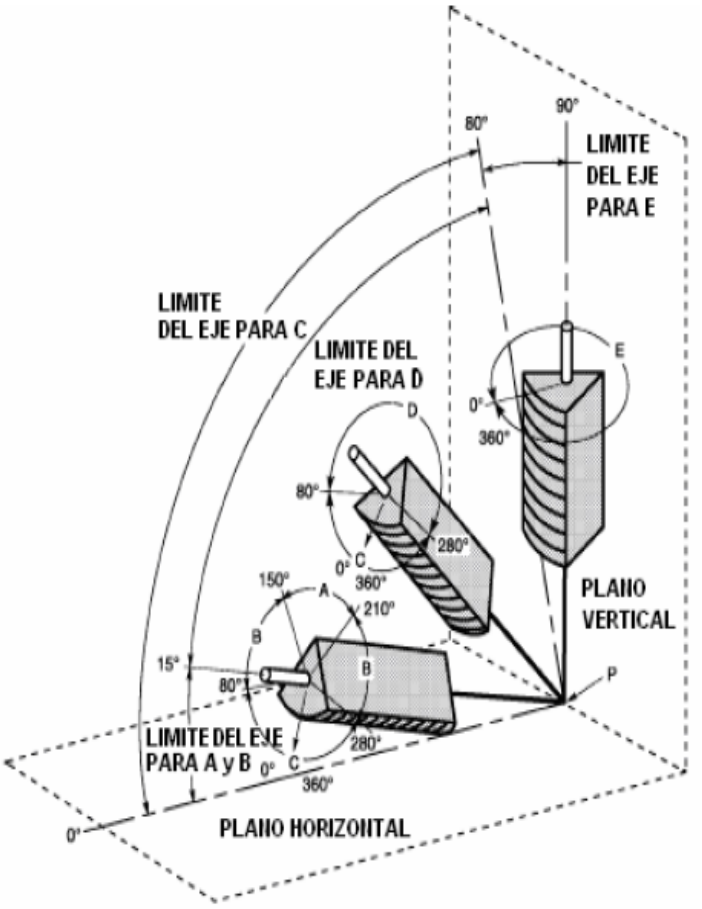


D) Posición 6G de prueba de soldadura múltiple

E) Posición 6GR de prueba de soldadura múltiple 6GR con segmento de restricción (Conexiones en T, Y y K)

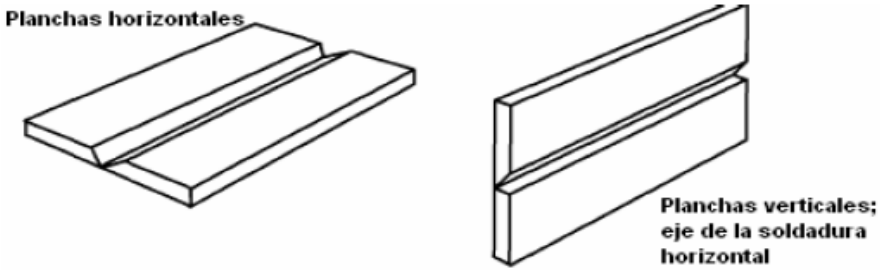
– Posiciones de cañería o tubería de prueba para soldaduras de ranura

Tabulación de Posiciones de Soldaduras de Ranura			
Posición	Diagrama de Referencia	Inclinación del Eje	Rotación de cara
Plana	A	0° a 15°	150° a 210°
Horizontal	B	0° a 15°	80° a 150° 210° a 280°
Sobre - cabeza	C	0° a 80°	0° a 80° 280° a 360°
Vertical	D E	15° a 80° 80° a 90°	80° a 280° 0° a 360°



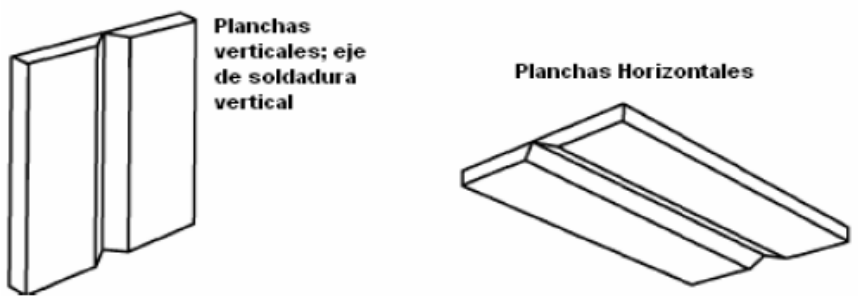
Notas Generales:

- El plano de referencia horizontal siempre deberá tomarse para que quede debajo de la soldadura en consideración.
- La inclinación del eje deberá medirse desde el plano de referencia horizontal hacia el plano de referencia vertical.
- El ángulo de rotación de la cara deberá determinarse por una línea perpendicular a la cara teórica de la soldadura, la cual pasa a través del eje de la soldadura. La posición de referencia (0°) de rotación de la cara, invariablemente indica en la dirección opuesta a la cual aumenta el ángulo del eje. Cuando miramos al punto P, el ángulo de rotación de la cara de la soldadura deberá medirse en dirección horaria a partir de la posición de referencia (0°).



A) Posición 1G de Prueba de soldadura plana

B) Posición 2G de prueba de soldadura horizontal



C) Posición 3G de prueba de soldadura vertical

D) 4G = Posición 4G de prueba de soldadura de sobre – cabeza

Figura 4.3 –

Posiciones de planchas de prueba para soldaduras de ranura

8.2. SEGÚN ASME SECCION IX.

8.2.1. QW-350 VARIABLES DE SOLDADURA PARA SOLDADORES

Un soldador será recalificado cuando quiera que se hace un cambio en uno o más de las variables esenciales puestas en lista para cada proceso de soldar.

En donde se requiere una combinación de procesos de soldar para hacer un conjunto soldado, cada soldador será calificado para el proceso o procesos de soldar particulares que se requerirá que use él en soldadura de producción. Un soldador puede ser calificado con hacer pruebas con cada proceso de soldar individual, o con una combinación de procesos de soldar en una muestra simple de prueba.

Los límites de espesor de metal de soldadura depositado para el cual él estará calificado son dependientes del espesor de la soldadura que él deposite con cada proceso de soldar, exclusive de cualquier refuerzo de soldadura, este espesor se considerará el espesor de la muestra de prueba como se da en QW- 452.

En cualquier conjunto de piezas soldadas de producción, los soldadores no pueden depositar un espesor mayor que aquel permitido por QW-452 para cada proceso de soldar en el cual ellos estén calificados.

VARIABLES DE SOLDADURA
Habilidad de Soldador

Párrafo[1]		Resumen de Variables	Esenciales					
			OFW QW-352	SMAW QW-353	SAW QW-354	GMAW[2] QW-355	GTAW QW-356	PAW QW-357
Juntas QW-403	.4	– Respaldo		x		x	x	x
	.7	+ Respaldo	x					
QW-403 Metales Base	.2	Máximo calificado	x					
	.16	φ Diámetro tubo		x	x	x	x	x
	.18	φ Número P	x	x	x	x	x	x
QW-404 Metales de Aporte	.14	± Aporte	x				x	x
	.15	φ Número F	x	x	x	x	x	x
	.22	± Met. Insertos					x	x
	.23	Sólidos o con núcleo Metálico a con núcleo de fundente					x	x
	.30	φ *t* Depósito de soldadura		x	x	x	x	x
	.31	φ *t* Depósito de soldadura	x					
	.32	φ *t* Límite (arco. c. circ.)				x		
Posiciones QW-405	.1	+ Posición	x	x	x	x	x	x
	.3	φ ↑↓ Soldadura vertical		x		x	x	x
Gas QW-408	.7	φ Tipo de gas combustible	x					
	.8	– Respaldo inerte				x	x	x
Eléctricas QW-409	.2	φ Modo de transferencia				x		
	.4	φ Corriente o polaridad					x	

Procesos de Soldadura:

OFW	Soldadura por soplete de oxígeno y gas combustible
SMAW	Soldadura de arco metálico protegido
SAW	Soldadura de arco sumergido
GMAW	Soldadura de arco metálico con gas
GTAW	Soldadura de arco de plasma

Leyenda:

φ	Cambio	*t*	Espesor
+	Adición	↑	Para arriba
–	Eliminación	↓	Para abajo

NOTAS:
(1) Para descripción, vea sección IV.
(2) Soldadura de arco con núcleo de fundente como se muestra en QW-355, con o sin protección adicional de un gas o una mezcla de gases suministrado externamente, es incluida.

QW-461 Posiciones (Cont'n)

QW-461.9
CALIFICACION DE HABILIDAD — LIMITACIONES DE POSICION Y DIAMETRO
(Dentro de las Otras Limitaciones de QW-303)

Prueba de Calificación		Posición y Tipo Soldadura Calificada [Nota (1)]		
		Ranura		Filete
Soldadura	Posición	Placa y Tubo Arriba de 24 pulg. D.F.	Tubo ≤ 24 pulg. D.E.	Placa y Tubo
Placa - Ranura	1G	F	F [Nota (2)]	F
	2G	F,H	F,H [Nota (2)]	F,H
	3G	F,V	F [Nota (2)]	F,H,V
	4G	F,O	F [Nota (2)]	F,H,O
	3G y 4G	F,V,O	F [Nota (2)]	Todas
	2G, 3G, y 4G	Todas	F,H [Nota (2)]	Todas
	Posiciones Especiales(SP)	SP,F	SP,F	SP,F
Placa - Filete	1F	. . .	. . .	F [Nota (2)]
	2F	. . .	. . .	F,H [Nota (2)]
	3F	. . .	. . .	F,H,V [Nota (2)]
	4F	. . .	. . .	F,H,O [Nota (2)]
	3F and 4F	. . .	. . .	Todas[Nota (2)]
	Special Positions (SP)	. . .	. . .	SP,F [Nota (2)]
Tubo - Ranura [Nota (3)]	1G	F	F	F
	2G	F,H	F,H	F,H
	5G	F,V,O	F,V,O,	Todas
	6G	Todas	Todas	Todas
	2G y 5G	Todas	Todas	Todas
	Posiciones Especiales(SP)	SP,F	SP,F	SP,F
Tubo - Filete [Nota (3)]	1F	. . .	. . .	F
	2F	. . .	. . .	F,H
	2FR	. . .	. . .	F,H
	4F	. . .	. . .	F,H,O
	5F	. . .	. . .	Todas
	Posiciones Especiales(SP)	. . .	. . .	SP,F

NOTAS:
(1) Posiciones de soldadura como se muestran en QW-461.1 y QW-461.2.
F = Plana
H = Horizontal
V = Vertical
O = Sobrecabeza
(2) Tubo de 2 7/8 pulg. de D. E. y de más.
(3) Vea restricciones de diámetro en QW-452.3, QW-452.4, y QW-452.6.

BIBLIOGRAFÍA

1) AWS D1.1 – 2010 POR ANSI – AWS.

2) ASME SECCIÓN IX 2010. POR ANSI- ASME.

3) FUNDAMENTOS DE LA SOLDADURA I. POR AWS VERSIÓN 2010.

4) PRUEBAS DESTRUCTIVAS. POR EIS – UNL.

5) PARTICULAS MAGNÉTICAS I. POR ATAC – SAC.

6) LÍQUIDOS PENETRANTES I. POR ATAC – SAC.

7) RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL I. POR ATAC SAC.