

19  
265



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS DE  
SOLDADURA Y SOLDADORES.

TRABAJO MONOGRAFICO DE ACTUALIZACION

Que para obtener el Título de  
INGENIERO QUIMICO METALURGICO  
p r e s e n t a

GILBERTO MARTINEZ VALENCIA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

México, D. F.

1991



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CONTENIDO

	Pág.
I INTRODUCCION.....	1
II GENERALIDADES.....	2
a) PROCESOS DE SOLDADURA.....	2
b) PREPARACION DE LA UNION.....	22
c) DEFECTOS COMUNES.....	27
d) POSICIONES DE LA SOLDADURA.....	34
e) TIPOS DE PRUEBAS.....	37
III CRITERIOS PARA ELABORAR LA ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA WPS.....	42
IV CRITERIOS PARA ELABORAR LA ESPECIFICACION DE LA CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA PQR.....	50
V CRITERIOS PARA ELABORAR LA ESPECIFICACION DE LA CALIFICACION DE SOLDADORES Y OPERADORES DE MAQUINAS SOLDADORAS WPQ.....	58
VI DESARROLLO Y RESULTADOS DE LA CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA.....	67
ANEXO.....	84
VII CONCLUSIONES.....	86
VIII BIBLIOGRAFIA.....	87

En nuestro país la mayor parte de los bienes de capital que se emplean en los complejos industriales son de fabricación extranjera o han sido elaborados en México siguiendo normas y códigos de procedencia externa. Por esto se considera que la raíz de muchos de nuestros problemas de calidad, radican en nuestra dependencia durante el proceso de fabricación o de instalación de equipos y plantas que son terminados por SOLDADURA.

La calificación de Procedimientos de soldadura y soldadores es un conjunto de actividades cuyo fin es verificar que durante la fabricación, reparación de equipos o estructuras soldadas, se cumpla con las normas aplicables al proceso de soldadura y se satisfagan los requisitos de calidad especificados.

Por lo anterior es importante:

- 1.- Elaborar la especificación del procedimiento de soldadura (WPS).
- 2.- Elaborar la especificación para la calificación del procedimiento de soldadura (PQR).
- 3.- Elaborar la especificación para la calificación de soldadores y operadores de máquinas (WFO).

El presente trabajo trata los procesos de soldadura por arco eléctrico y se divide en su primera parte en la descripción de los procesos y sus fundamentos; así como la preparación de la unión, defectos de soldadura, posiciones de soldadura y tipos de pruebas. Para después enfocarse en los mecanismos a seguir en la elaboración de las especificaciones del procedimiento de soldadura, calificación del procedimiento y calificación de soldadores y operadores para todos los tipos de procesos de soldadura permitidos.

a) PROCESOS DE SOLDADURA

Este documento (monografía) cubra las relevancias de los procesos de soldadura, usados en la fabricación y montaje de componentes.

Los procesos de soldadura presentan factores limitantes que los hacen mejor sobre otros para algunas aplicaciones.

Usualmente la selección del proceso de soldadura es un compromiso dependiente por el costo y factores de calidad; además hay factores que influyen en la selección del proceso de soldadura:

- Dimensiones del material a soldar (espesor).
- La posición de soldadura que debe ser usada.
- Requisitos de la raíz en la unión.
- Accesibilidad.
- Preparación de la Unión.
- Disponibilidad del equipo de soldadura, fuentes de energía y accesorios.
- Nivel de calidad requerido.
- Economía.
- Seguridad.

El presente trabajo trata de los procesos de soldadura por arco eléctrico.- (El arco eléctrico o metálico es la manifestación de una emisión de electrones que provienen de un cátodo (-) incandescente bombardeando el ánodo (+) a gran velocidad, provocando la ionización por choque de las moléculas neutras originando una gran elevación de la temperatura.

SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON ELECTRODO REVESTIDO (SMAW) Fig. # 1

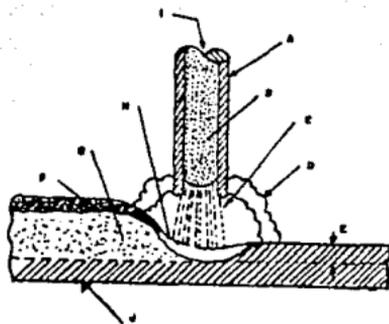


FIGURA No. 1

- |                                 |                          |
|---------------------------------|--------------------------|
| A.- Revestimiento del electrodo | B.- Núcleo del alambre   |
| C.- Flujo del arco              | D.- Atmósfera protectora |
| E.- Profundidad de penetración  | F.- Escoria              |
| G.- Soldadura depositada        | H.- Metal-liquido        |
| I.- Electrodo                   | J.- Metal Base           |

La soldadura de arco manual usa el calor de un arco eléctrico entre un electrodo de metal revestido y la pieza. La protección gaseosa viene de la descomposición del revestimiento del electrodo; el metal de aporte se proporciona por el electrodo y su recubrimiento.

Este proceso usualmente es manual, el equipo básico se compone de fuente de energía, cables, un porta electrodo, un broche de trabajo y el electrodo.

Los electrodos para la soldadura manual operan variadamente con corriente - alterna o corriente directa.

FUNCIONES DEL RECUBRIMIENTO DEL ELECTRODO.

- La estabilización del arco por elementos ionizados
- Forma una capa de escoria que protege el cordón de soldadura
- Evita el rápido enfriamiento del cordón de soldadura
- Actúa como limpiador y desoxidante del material base durante la soldadura

- Infiuye directamente en la penetración del cordón de soldadura
- Desoxidación de metal de soldadura depositado.
- Refuerza la soldadura proporcionada por elementos aleantes
- Aumento del rendimiento por la incorporación del polvo de hierro

### FACTORES LIMITANTES

Todas las manipulaciones de la soldadura están controladas por el soldador; la inclinación del electrodó, el largo del arco, la velocidad y la oscilación del electrodó, el largo del arco, la velocidad y la oscilación. El soldador debe poner el amperaje apropiado en su fuente de energía y seleccionar la polaridad señalada por el procedimiento de soldadura, el soldador necesita forzosamente ventilación ya que está trabajando en áreas confinadas.

**DISCONTINUIDADES.** Casi cualquier discontinuidad puede ser producida por el proceso de soldadura manual.

**LA POROSIDAD.** Es causada por el gas atrapado en la soldadura casi siempre es por una mala técnica, por metal base contaminado o por electrodó húmedo.

**LA POROSIDAD ACUMULADA.** Casi siempre ocurre al inicio o terminación del arco, corriendo el electrodó hacia atrás del inicio, permitiendo que el soldador experimentado refunda su área de inicio y que flote el gas fuera de la gota.

**LAS INCLUSIONES.** Son el resultado de que materiales sólidos quedan atrapados al solidificar el metal de aporte, estas son atrapadas por la mala manipulación del electrodó.

**LA FALTA DE FUSION.** Es el resultado de no haber fusión del metal de aporte con el material base se debe a la corriente de soldadura inadecuada o acceso difícil a la unión.

LA PENETRACION INADECUADA DE LA UNION. Se presenta cuando el material de aporte no penetra en toda la ranura, puede ser debido a un diseño impropio, requiere que el soldador funda demasiado metal en la raíz.

EL SOCAVADO. Discontinuidad superficial del metal base en la unión del mismo, con la soldadura.

TRASLAPE. Material encimado sin fusión entre cordón y cordón o entre material base y aporte.

GARGANTA INSUFICIENTE. Llenado incompleto de la ranura en la cara o raíz de la soldadura, se deben a los errores del soldador.

La soldadura manual puede agrietarse por fracturas en caliente o en frío. Las tensiones son altas por la entrada de calor concentrado del arco eléctrico.

## SOLDADURA DE ARCO CON GAS DE PROTECCION (GMAW) Fig. # 2

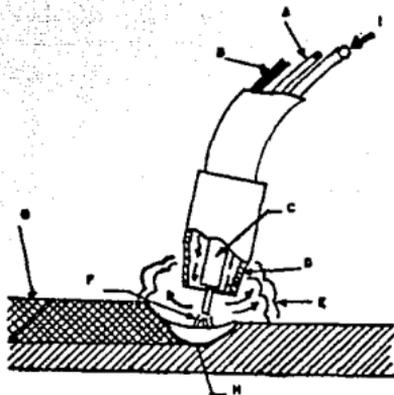


FIGURA No. 2

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| A.- Electrodo de alambre (microalambre)      | B.- Conductor de corriente     |
| c.- Guía del electrodo y extremo de contacto | D.- Boquilla de gas            |
| E.- Atmósfera protectora                     | F.- Arco                       |
| G.- Metal de Soldadura solidificado          | H.- Metal de soldadura fundido |
| I.- Gas protector                            |                                |

La soldadura de arco con gas de protección, también llamada soldadura con gas inerte o MIG (Metal Inert Gas) emplea el calor de un arco eléctrico generado entre un electrodo continuo de metal de aporte y la pieza a soldar. La protección se obtiene mediante un gas o mezcla de gases inyectado a la zona de trabajo.

Esto puede ser por medio de una máquina semi-automática o por procesos automáticos. En el tipo semi-automático, el soldador controla la inclinación, la distancia de su pistola a la pieza de trabajo, la velocidad de viaje y manipulación del arco.

Lo largo del arco y la alimentación del microalambre están controlados automáticamente por la fuente de energía y el alimentador de alambre.

Este proceso deposita el metal de soldadura en la unión por uno de los siguientes tipos de transferencia de corto circuito, transferencia globular y transferencia pulverizada.

#### TRANSFERENCIA POR CORTO CIRCUITO

En este tipo de transferencia se utilizan bajas intensidades de corriente.

Durante el instante del corto circuito la gota es arrancada del alambre por la fuerza magnética, el arco se restablece y se forma otra gota de metal fundido en el extremo del alambre. Esta secuencia se repite cerca de 200 veces por segundo y el proceso es apropiado para soldar láminas delgadas de metal. Esta transferencia produce poca acumulación del metal y rápido enfriamiento por la baja corriente utilizada.

#### TRANSFERENCIA GLOBULAR

Según se aumenta la corriente de soldadura y el voltaje arriba del máximo -- recomendado para la soldadura de corto circuito, la transferencia del metal comienza a tomar una apariencia diferente, conociéndose como Transferencia Globular.

En este tipo de transferencia normalmente las gotas del metal tienen un diámetro más grande que el propio alambre, las cuales al crecer caen debido a su propio peso, produciendo un derrame excesivo, se puede decir en general -- que esta transferencia es muy errática por las salpicaduras.

Esta transferencia solamente puede usarse en posición plana, ya que en otra posición la gota se caería antes de tocar el material de trabajo.

#### TRANSFERENCIA PULVERIZADA

Esta transferencia se presenta cuando se trabaja con altas intensidades de corriente por lo que se obtienen gotas pequeñísimas que se desplazan a gran velocidad entre el electrodo y el cráter formado por el arco.

Este tipo de transferencia es sin lugar a duda el mayor que se presenta en

aquellas aplicaciones de soldadura como son rellenos por capas en uniones con bisel de espesor relativamente grueso debido al uso de altos rangos de corriente de soldadura.

#### FACTORES LIMITANTES

Los mecanismos semi-automáticos de soldadura de arco de gas metal simplifican el entrenamiento del soldador y debiera hacer su trabajo más consistente. Pero el tipo de corto circuito puede guiarlos a una fusión incompleta.

#### DISCONTINUIDADES

La soldadura de arco con gas de protección puede presentar cualquiera de las discontinuidades más comunes, presentadas a continuación:

#### LAS POROSIDADES

Que son causadas por el gas atrapado en la soldadura, se produce por una protección de gas inapropiada. El gas de protección debe desplazar la atmósfera que contiene oxígeno y nitrógeno.

#### LAS INCLUSIONES DE ESCORIA

Pueden ocurrir en las soldaduras de arco de gas metal aún cuando el proceso no usa mezclas.

El oxígeno que se presenta en el metal base o el oxígeno atraído hacia el arco durante la soldadura bajo condiciones de protección pobre, formará óxidos en el charco fundido. Estos flotarán hacia arriba del charco en casi todas las soldaduras, la transferencia globular casi siempre atrapa escoria dentro de la soldadura.

#### LA FUSION INCOMPLETA

Es posible en soldaduras hechas con transferencia de corto circuito. Pueden ocurrir con transferencia globular o aún con transferencia pulverizada a corriente muy baja.

#### LA PENETRACION INADECUADA DE UNION

Es más común que ocurra con la transferencia globular y de corto circuito que con condiciones de rocío. El arco de rocío con argón resulta en buena penetración cuando está dirigida adecuadamente dentro de la unión.

#### EL SOCAVADO Y LA GARGANTA INSUFICIENTE

Reflejan una mala técnica por parte del soldador.

#### LOS TRASLAPES

Prevalcen más en la transferencia globular y en el arco de corto circuito.

Se pueden esperar fracturas en el metal de soldadura si no esta bien aplicada. Hay un tipo de fracturas de bajo cordón muy peculiar a la soldadura de arco con gas de protección.

SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON ELECTRODO DE TUNGSTENO Y GAS DE PROTECCION (GTAW).

Fig. # 3

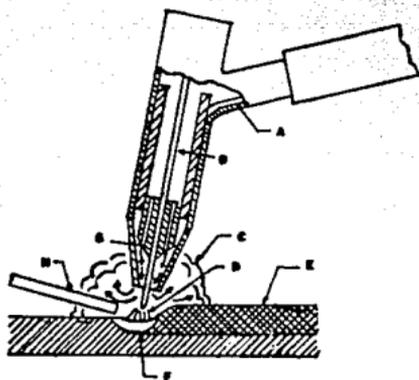


FIGURA No. 3

- |                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| A.- Conductor eléctrico | B.- Electrodo de tungsteno     |
| C.- Gas de protección   | D.- Arco                       |
| E.- Soldadura Terminada | F.- Metal de Soldadura fundido |
| G.- Paso de Gas         | H.- Varilla de aportación      |

La soldadura de arco con electrodo de tungsteno (también llamado TIG) usa un arco eléctrico entre un electrodo no consumible y la pieza. La protección se obtiene del gas inerte o mezcla de gases inertes. El metal de aporte se añade conforme se va necesitando. La antorcha usualmente se enfría con agua, pero puede ser enfriada por aire.

Soldar con electrodo no consumible de tungsteno, protegido virtualmente con gas inerte, es un proceso manual. Cuando se añade el metal de aporte, el proceso requiere una técnica de dos manos.

La entrada de calor en el proceso de soldadura de arco con electrodo de tungsteno precalienta al metal base, resultando en la reducción de tensiones inducidas térmicamente.

El electrodo de tungsteno no contribuye ni en la desoxidación así que es - bueno que la fusión sea esencialmente lenta y que casi todos los gases desarrollados puedan escapar del charco antes de que se solidifique.

Las barras de aporte que contienen los desoxidantes necesarios pueden ser - añadidos manualmente, pero se deben agregar regularmente.

Cuando están completamente resguardados por argón o helio, los electrodos de tungsteno no se consumen notablemente, aún cuando ocurre alguna evaporación mientras está caliente.

### FACTORES LIMITANTES

El mecanismo sobresaliente del proceso de soldadura de arco con electrodo de tungsteno es la limpieza excepcional que puede ser obtenida en los depósitos de soldadura, produciendo soldaduras libres de fracturas en aleaciones que - son difíciles de soldar por otros procesos. Pero el proceso tiene sus meca - nismos limitantes. Por ejemplo el NIVEL DE HABILIDAD necesario para produ - cir alta calidad, solamente se adquiere por experiencia y control en la cali - ficación del procedimiento y calificación del soldador.

### DISCONTINUIDADES

Todos los tipos comunes de discontinuidades son posibles con soldadura de ar - co con electrodo de tungsteno.

### LAS POROSIDADES

Son un defecto ocasional. Las impurezas en la superficie o dentro del metal base fácilmente producen porosidades si no se tienen desoxidantes o fundentes dentro del charco de soldadura.

Pueden provocarse Inclusiones de tungsteno al tocar accidentalmente el elec - trodo de tungsteno el charco de soldadura. La punta caliente puede tener - un punto fundido el cual está junto al charco y así se produce una inclusión de tungsteno en la soldadura.

Se puede encontrar fusión incompleta si la técnica del soldador es mala. La penetración del arco en la soldadura de gas-tungsteno es relativamente baja, por esta razón, solamente se pueden especificar aquellas preparaciones de unión especialmente diseñadas para soldadura de arco con electrodo tungsteno. Generalmente no se encuentran socavados, traslapes y problemas con laminaciones del metal y costuras.

Las grietas usualmente son fracturas calientes en soldadura de arco con electrodo de tungsteno. La fractura longitudinal puede ocurrir en depósitos realizados a alta velocidad. Las fracturas de cráter prevalecen debido al control inadecuado en la corriente de soldadura. En las soldaduras de tubos, la técnica de soldadura señala el rastreo del cordón hasta el esmerilado en la ranura para no dejar cráter.

SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON ELECTRODO DE ALAMERE TUBULAR CON O SIN GAS DE PROTECCION (FCAW). Fig. # 4

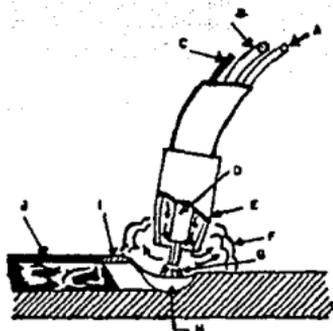


FIGURA No. 4

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| A.- Gas protector          | B.- Electrodo de Alambre Tubular       |
| C.- Conductor de Corriente | D.- Guía de electrodo                  |
| E.- Boquilla de Gas        | F.- Atmósfera protectora               |
| G.- Arco                   | H.- Metal de soldadura fundido         |
| I.- Escoria                | J.- Material de Soldadura solidificado |

La soldadura tubular usa el calor de un arco entre el electrodo de metal de aporte continuo y la pieza, como en la soldadura de arco con gas de protección. Pero se obtiene la protección parcial o total de una mezcla contenida dentro del electrodo.

Los electrodos con cubierta propia no requieren protección extra de gas. Otros electrodos tubulares usan protección externa adicional, comúnmente bióxido de carbono, proporcionado por medio de la pistola de soldadura.

El electrodo de soldadura tubular contiene fundente, desoxidantes, elementos de aporte dentro del alambre tubular. Si se provee protección externa, la-

selección de éste gas es usualmente bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) por su bajo costo. El bióxido de carbono es un gas activo (en lugar de ser inerte como el argón o helio); y deben estar presentes desoxidantes fuertes en el electrodo para producir una soldadura sana.

#### FACTORES LIMITANTES

Se requiere calidad uniforme en los electrodos tubulares. Cualquier irregularidad no deseada en la estructura de los electrodos introducirán fallas en el depósito de soldadura ya que el alambre es tubular y usualmente tiene una abertura de costura, es posible la absorción de humedad en el fundente, que resultará en porosidades en la soldadura, la evidencia de mal almacenaje de los alambres de aporte en planta deben ponerlo alerta a esta posibilidad.

#### DISCONTINUIDADES

Las discontinuidades principalmente involucran porosidad y escoria atrapada. Cualquier porosidad que no se espere o una irregularidad del cordón que el soldador no puede reconocer como su falla puede indicar un vacío en el corazón del fundente o la deficiencia de algún ingrediente en el mismo. La escoria producida por el fundente interno, naturalmente aumenta la probabilidad de atrapar escoria.

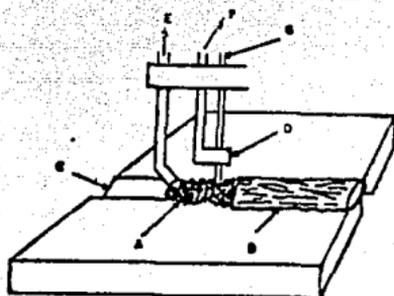


FIGURA No. 5

- |                                |                        |
|--------------------------------|------------------------|
| A.- Fundente fundido           | B.- Metal solidificado |
| C.- Preparación de la unión    | D.- Sistema de Control |
| E.- Material granular fundente | F.- Fuente de energía  |
| G.- Alimentador de alambre     |                        |

La soldadura de arco sumergido usa el calor de un arco eléctrico entre un electrodo de metal sin recubrimiento (alambre sólido) y la pieza de trabajo, todo enterrado bajo una capa protectora de material granular (fundente). - Soldar bajo un fundente granulado en un proceso semi-automático o automático en el cual la alimentación del electrodo y lo largo del arco están controlados por el alimentador de alambre y la fuente de energía.

El arco está oculto en la soldadura de arco sumergido, lo cual libra al soldador u operador de su careta, pero esconde el camino que debe seguir. Este proceso cuenta con penetración profunda por el arco, las uniones de tope pueden ser soldadas en piezas de 25mm de grueso (1 pulg.) en un sólo paso de cada lado con penetración completa.

La composición de la soldadura resulta de las contribuciones del metal fundido y el electrodo, modificado por reacciones químicas con el fundente y las mezclas añadidas durante la fusión. El fundente y el alambre de aporte son distribuidos independientemente en este proceso, es posible obtener mayor flexibilidad en propiedades de soldadura. Debe asegurarse que el alambre apropiado y la combinación de fundente se use para obtener la composición de soldadura correcta. El polvo del taller, la grasa o la humedad pueden contaminar el fundente ocasionando fracturas. Este problema es tan serio, que los talleres tienen tolvas calientes para asegurarse que el fundente este seco cuando se usa.

#### PREPARACION PREVIA

La limpieza de las superficies de trabajo y el alineamiento del viaje de la máquina con la unión, son particularmente importantes en las soldaduras de arco sumergido. El alineamiento inadecuado resultará en un cordón fuera de base con penetración de unión y fusión inadecuada en la raíz, el alineamiento inadecuado también puede causar fracturas, pueden resultar porosidades e inclusiones si durante la limpieza no se remueven los contaminantes.

#### FACTORES LIMITANTES

Se necesitan operadores de soldaduras que estén entrenados en controlar las variables en el proceso. Por ejemplo, un cambio en la proporción de fundente cambiará la composición de la soldadura.

#### DISCONTINUIDADES

Las soldaduras pueden exhibir todas las discontinuidades comunes:

Las porosidades frecuentemente se encuentran en el cordón de arco sumergido debido a la velocidad de viaje y a la rápida solidificación de la soldadura. Los defectos relativos, tal vez de poca importancia pero difíciles de pasar porque están tan visibles, son las burbujas de gas atrapadas bajo la esco-

ria; los cambios en la composición pueden eliminar estos defectos. El limpiar las superficies de trabajo, bajar la velocidad de viaje o usar un alambre altamente desoxidante puede eliminar las porosidades internas.

#### LAS INCLUSIONES DE ESCORIA

Se encuentran en muchas soldaduras de arco sumergido. Los cordones convexos dejan bolsas angostas contra cordones anteriores a lo largo de las caras de ranuras en las cuales la escoria se colgará o en la cual la escoria nueva será atrapada bajo el siguiente cordón.

#### LA FUSION INCOMPLETA

Puede ocurrir al tratar una soldadura muy grande con un solo paso o al soldar demasiado rápido. La penetración de unión incompleta ocurre cuando el arco de soldadura se alinea sin cuidado con la unión.

#### EL SOCAVADO

Es común en la soldadura de arco sumergido cuando se usan corrientes altas. Las fracturas en soldaduras de arco sumergido pueden ocurrir cuando el material está caliente o frío. Las fracturas de cráter pueden ser anticipadas a menos que el operador haya perfeccionado una técnica para rellenar cráteres. Los tabs comunmente se usan para dar comienzo y final fuera de un área crítica.

#### LAS FRACTURAS DE GARGANTA

En soldadura de paso de raíz entre secciones gruesas son típicas de un montaje restringido.

#### LAS FRACTURAS DE DEDO Y FRACTURAS DE RAIZ

Comunmente son una forma de fractura retrazada atribuida al hidrógeno. La humedad en el fundente es el primer sospechoso.

## SOLDADURA POR ESCORIA FUNDIDA (ESW) Fig. # 6

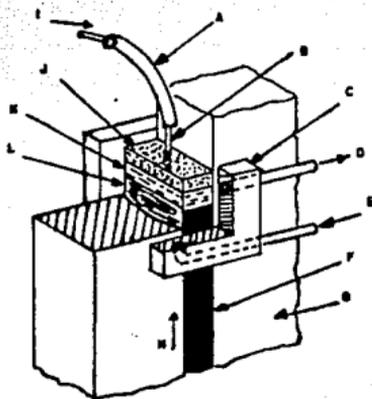


FIGURA No. 6

- |                                |                                     |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| A.- Tubo guía del electrodo    | B.- Electrodo                       |
| C.- Zapatas retenedoras        | D.- Salida de agua                  |
| E.- Entrada de agua            | F.- Soldadura terminada             |
| G.- Metal base                 | H.- Dirección                       |
| I.- Entrada del electrodo      | J.- Escoria fundida                 |
| K.- Metal de Soldadura fundido | L.- Metal de soldadura solidificado |

La soldadura electroslog usa un fundente metalúrgico fundido eléctricamente o escoria que funde el metal de aporte y las superficies del trabajo. El calor se crea por la resistencia eléctrica del fundente. No hay arco, excepto en el comienzo de la soldadura antes de que se derrita el fundente-granular y se llegue a ser conductor. La escoria se mantiene fundida por su resistencia al flujo de la corriente eléctrica que pasa entre el electrodo y la pieza de trabajo.

La soldadura de electroslog es puramente una máquina o un proceso automático. El metal base fundido, los electrodos,

y los tubos guía (en guías consumibles de soldadura) se juntan en el fondo del fundente. La soldadura se hace esencialmente en la posición vertical usando zapatas retenedoras con enfriamiento por agua en contacto con los lados de la unión para -- contener el metal de soldadura fundido y la escoria fundida. La superficie de la soldadura está fundida por el contorno de las zapatas. La posición vertical de soldadura ocasiona una solidificación direccional en el tanque fundido y la fácil - flotación de todas las impurezas no metálicas dentro de la - capa de escoria flotante. Conforme este metal de soldadura fundido se solidifica lentamente en progresión hacia arriba, une a las placas.

Dos factores metalúrgicos son importantes en la soldadura por electroslag: Los patrones simétricos de tensión sin distorsión y los granos de tamaño grande. La tensión inducida durante el enfriamiento lento de la soldadura es simétrico sin ninguna distorsión, como es una soldadura de paso único a -- través del espesor. Los granos grandes asociados con la soldadura electroslag están sujetos a separación de fisuras si se aplican tensiones altas.

La composición de la soldadura está controlada por la escoria fundida. La escoria usada en este proceso es un fundente metalúrgico que refina tanto el metal base fusionado y el metal de relleno. Conforme progresa la soldadura, la escoria también protege el charco de soldadura junto con la sección total de la unión.

Preparación Previa La preparación previa es simple. Las caras de la unión deben estar alineadas, pero esto no es crítico. Las orillas de la placa deben estar lisas para la posición adecuada de las zapatas retenedoras.

Factores limitantes La soldadura electroslag ahora tiene una reputación para producir el metal de soldadura más limpio, - se compara al acero refundido de arco al vacío. El único factor limitante notable es el nivel de habilidad requerido para preparar la máquina.

Discontinuidades Todas las discontinuidades comunes pueden aparecer en las soldaduras de electroslag.

La porosidad es usualmente gruesa cuando pasa, y en forma de agujeros de gusano. La fuente de gas muy bien puede haber sido un parche de asbesto húmedo emplastado contra la zapata -- que se está moviendo para cerrar la carrera del metal de soldadura o la escoria. Este defecto muy rara vez se encuentra en una soldadura de guía consumible ya que no hay zapatas móviles.

Las inclusiones No son comunes pero se pueden encontrar. - Largos no fusionados de alambre-electrodo pueden sobrevivir - si se empujan dentro del charco muy rápido por el alimentador de alambre. Las partes del equipo han sido encontrados en -- las soldaduras electroslag, tales como la punta de un tubo -- guía fundido por el calor del baño y las pruebas de profundidad perdidas por el operador.

Las inclusiones de escoria Pueden ocurrir si la soldadura - casi se pierde o se pierde y se vuelve a comenzar.

La fusión incompleta, a menudo ocurren en soldaduras con formas irregulares en la unión. Las soldaduras en placas gruesas en las cuales está distribuido el calor oscilando el electrodo (s) puede tener fusión incompleta en la porción central o cerca de las zapatas.

Las fracturas casi siempre severas, pueden ocurrir en la soldadura por electroslog, hechas en una abertura angosta y profunda con dendritas encontrándose a media distancia atrapando impurezas y creando un plano de debilidad.

Las fracturas frías no se encuentran en la soldadura con electroslog por el ciclo de calentamiento y de enfriamiento lento.

Puede haber fisuras. Este es un término usado para describir una discontinuidad que ocurre particularmente en estas soldaduras. Es una separación - pequeña o de tamaño moderado junto a los límites de grano. Es fácil de formarse aquí por el gran tamaño de los granos. Las altas tensiones restringidas causan la separación.

## b) PREPARACION DE LA UNION

Las uniones a ser soldadas deben estar preparadas de acuerdo al proceso de soldadura que será utilizado. La unión tiene influencia en la calidad de la soldadura. La preparación de unión incluye los contornos de la unión y las partes para soldar. Los factores que han de ser considerados en la preparación de unión incluyen lo siguiente:

- Contaminación
- Preparación de la junta
- Abertura de raíz y alineamiento
- Adecuación de la unión para soldar
- Accesibilidad
- Geometría

## C O N T A M I N A C I O N

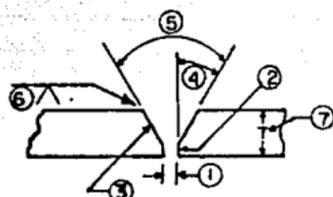
Las superficies de unión deben estar libres de impurezas que puedan afectar adversamente la soldadura. La limpieza de la unión para remover grasas, aceite, humedad y óxidos es necesaria para eliminar contaminantes que podrían causar porosidades, fusión incompleta o agrietamiento. Las sustancias nombradas pueden ser fuente de hidrógeno, un gas que reacciona adversamente con casi todos los metales fundidos.

## PREPARACION DE BORDES

Las tolerancias específicas están enlistadas para la preparación de bordes en todos los códigos y especificaciones.

Se deben checar las dimensiones de área de la cara de raíz y que el ángulo de bisel sea correcto.

El ángulo de la ranura debe ser lo suficientemente ancho para aceptar la fuente de calor. La soldadura con electrodo de tungsteno requiere un ángulo de --



SOLDADURA DE RANURA

FIGURA No. 7

SOLDADURA DE RANURA

1.- ABERTURA DE RAIZ

La separación entre los miembros que van a ser unidos en la raíz de la unión.

2.- CARA DE RAIZ

La cara de raíz adyacente a la raíz de la junta.

3.- CARA DE RANURA

La superficie de un miembro incluido en la ranura.

4.- ANGULO DE LA CARA DEL BISEL

En el ángulo formado entre la superficie preparada para la unión de un elemento y el plano perpendicular a la superficie del elemento a unir.

5.- ANGULO DE LA RANURA

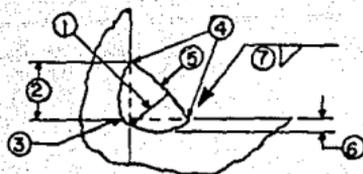
El ángulo total de la ranura incluido entre las partes a unirse por una soldadura de ranura.

6.- TAMAÑO DE SOLDADURA

La penetración de unión (profundidad de canal, más penetración de raíz cuando se especifica).

7.- ESPESOR DE PLACA

Espesor de la placa soldada.



SOLDADURA DE FILETE

FIGURA No. 8

SOLDADURA DE FILETE

- |   |  |
|---|--|
| 1.- GARGANTA DE UNA SOLDADURA DE FILETE | La distancia más corta de la raíz de la soldadura de filete hasta su cara. |
| 2.- PIERNA DE UNA SOLDADURA DE FILETE   | La distancia de la raíz de la unión a la punta de la soldadura de filete.  |
| 3.- RAIZ DE SOLDADURA                   | El punto más profundo de la penetración en una soldadura de filete.        |
| 4.- PUNTA DE LA SOLDADURA               | El punto de unión entre la cara de la soldadura y el metal base.           |
| 5.- CARA DE SOLDADURA                   | La superficie expuesta de una soldadura del lado en que se hizo la unión.  |
| 6.- PROFUNDIDAD DE LA FUSION            | La distancia que penetra la soldadura dentro del metal base.               |
| 7.- TAMAÑO DE SOLDADURA                 | Longitud de la pierna del filete.  |

ABERTURA DE RAIZ Y ALINEAMIENTO DE LA JUNTA

Viendo la unión sin soldar, debe observarse el alineamiento actual de las partes. El alineamiento y la abertura de raíz de una soldadura a tope son muy importantes. Separadores, refuerzos y soldadura por puntos deben ser usados para tener a la abertura dentro de la tolerancia. La abertura de raíz debe -

ser apropiada para la técnica de soldadura. Cuando la abertura es excesiva, puede ser difícil cerrar la ranura y cuando la abertura se cierra fuertemente, la penetración se hace un problema.

#### DISEÑO DE LA JUNTA

Para materiales gruesos, la preparación de la junta en "v" y de bisel doble - ahorran material de soldadura.

#### TAMAÑO DE SOLDADURA DE FILETE

El tamaño de la soldadura de filete debe ser controlada ya que doblar el tamaño de filete requiere cuatro veces más metal de soldadura.

#### EXCESO DE MATERIAL Y SOBRESPEJOR

El sobreespesor y exceso de material desperdician el metal de soldadura. La corona o refuerzo aumenta poco la fuerza de la soldadura.

#### POSICIONAMIENTO

La posición del trabajo para soldadura debe ser plana, si esto es posible. - Esta es la posición más eficiente permite el uso de electrodos mayores. Siendo más fácil y más confortable para el soldador.

#### ADECUACION DE LA JUNTA PARA SOLDADURA

Si una junta es adecuada para ser soldada con un proceso de soldadura determinado solamente se puede determinar durante la calificación del procedimiento de soldadura.

La gravedad es un factor principal al determinar la adecuación de una unión. La soldadura bajo techo o en vertical es diferente de soldar en horizontal o en plano debido al efecto de la gravedad.

#### ACCESIBILIDAD

Si no se provee una accesibilidad a la parte posterior de la unión (como en la soldadura de tubos). se requiere una maestría maravillosa para soldar al hacer un paso de raíz de la parte de enfrente. Este tipo de soldadura pue-

de presentar defectos como fusión incompleta. Normalmente para evitar estos defectos se usan anillos de respaldo o insertos consumibles.

#### GEOMETRIA DE LA UNION

Las soldaduras deben ser planificadas para compensar la contracción de la soldadura. La contracción de la soldadura puede resultar en distorsión y tensión inducida. Mientras más lejos esté la soldadura de su eje neutral en una sección, es más fácil su nivelación. En una sección que esté sujeta a problemas de distorsión y tensión inducida se puede cuidar el problema de deformación.

c) DEFECTOS COMUNES EN SOLDADURA La definición de defectos es:

"Cualquier discontinuidad cuyo tamaño, forma, orientación, localización la hagan ir en detrimento de las condiciones de servicio o cualquier discontinuidad que excede de los criterios de la aceptación o rechazo para un diseño dado."

Hay una tendencia a llamar discontinuidad a los DEFECTOS, pero es asunto de terminología. Un defecto es rechazable, una discontinuidad se hace defecto si excede los límites aceptables impuestos por normas de aceptación.

El criterio usado para analizar imperfecciones aceptadas y defectos está descrito en los siguientes términos:

- Tipo de Discontinuidad
- Tamaño de Discontinuidad
- Localización de la Discontinuidad

Los tres criterios deben considerarse para juzgar si una discontinuidad es lo suficientemente severa para ser un defecto.

TIPOS DE DISCONTINUIDADES Las podemos categorizar bajo los siguientes nueve tipos:

- Porosidades
- Inclusiones, tanto metálicas como no metálicas
- Garganta insuficiente
- Penetración incompleta de la raíz
- Fusión incompleta
- Traslape
- Socavado
- Laminación
- Grietas

**POROSIDADES** Cualquir agrupación de cavidades o poros dentro del material, se consideran como discontinuidades independientemente de su tamaño. Fig. # 9

Las porosidades resultan cuando quedan atrapados gases en el metal solidificado. Los gases atrapados vienen ya sea del gas usado en el proceso de soldadura o del gas liberado de las reacciones químicas que están ocurriendo durante el proceso de soldadura. La técnica de soldadura apropiada evita la formación de gases y que estos queden atrapados. Existe mayor posibilidad de atrapar gases si los materiales estan sucios o si la solidificación se produce muy rápidamente.

Las porosidades usualmente ocurren en forma de Patrón esférico, pero puede tomar la forma de un hoyo de patrón cilíndrico.

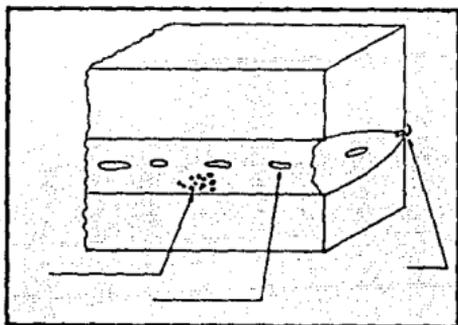


FIGURA No. 9

**INCLUSIONES** Se presentan cuando los materiales sólidos están atrapados en el metal solidificado. Las inclusiones interrumpen la continuidad de la soldadura, estas son de forma lineal y estan situadas paralelamente al eje de la soldadura. Fig. # 10

**INCLUSIONES NO METALICAS:** La escoria y los óxidos atrapados en el metal - solidificado, resultan de una técnica de soldadura defectuosa y de la falla del diseño para proveer el acceso apropiado dentro de la unión. La escoria fundida y los óxidos no fluirán a la parte superior, si se emplea una técnica inadecuada; proceden en la mayoría de los casos del recubrimiento de los electrodos consumibles, la excesiva velocidad de desplazamiento evita que la escoria fluya a la superficie y el enfriamiento rápido actúa de igual forma.

**LAS INCLUSIONES METALICAS:** Usualmente son partículas de tungsteno provenientes del electrodo en el caso del proceso TIG.

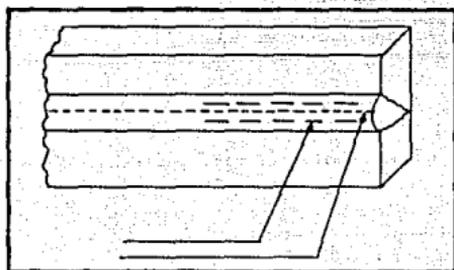


FIGURA No. 10

**GARGANTA INSUFICIENTE** Es una depresión en la cara de la soldadura o en la raíz de la superficie del metal base adjunto. La causa es debido a que el soldador u operador falló al llenar completamente de soldadura la unión.

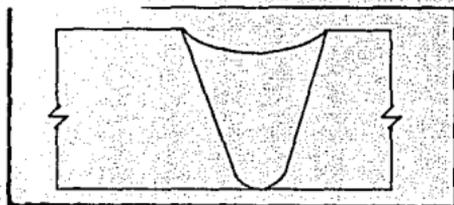


FIGURA No. 11

PENETRACION INCOMPLETA DE LA RAZ Falta de extensión en el metal de soldadura hacia la raíz de la unión, presentandose en la cara de la raíz excesivamente gruesa o una separación en la raíz insuficiente. Fig. # 12

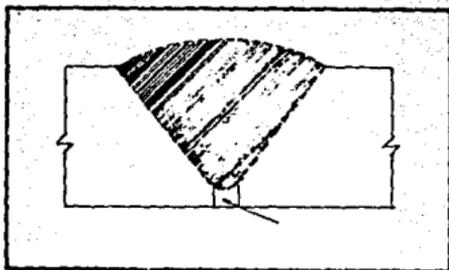


FIGURA No. 12

FUSION INCOMPLETA La falta de fusión entre la soldadura y el metal base es la falla en la que el metal de aporte se funde parcialmente con el metal de base. La fusión incompleta es causada principalmente por una aplicación insuficiente de calor en las caras de la unión o bien son causadas por la presencia de un metal base cuyo punto de fusión es más alto que el del metal de aporte inhibiendo así la fusión. Fig. # 13

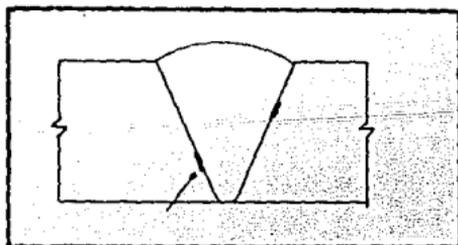


FIGURA No. 13

**TRASLAPE** Es una imperfección en la línea de fusión o en la raíz de una soldadura, causada por el metal que fluye sobre la superficie del metal base sin que lo funda. Esta discontinuidad es similar a la falta de fusión ya que en ambas hay fusión incompleta, sin embargo la diferencia radica en que la localización de ambas discontinuidades es diferente.

El traslape es causado por la imposibilidad del metal de aporte de fundirse con el metal base de la superficie, especialmente cuando los óxidos fuertemente adheridos cubren el metal base. Fig. # 14

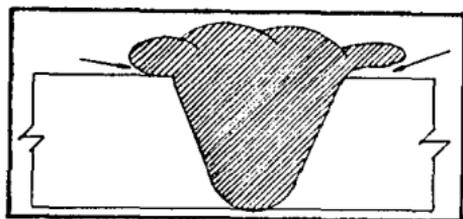


FIGURA No. 14

**SOCAVADO** Es una discontinuidad de superficie en una disminución del espesor del metal base en la unión de la soldadura. El socavado es causado por la aplicación de calor excesivo (corrientes de soldadura excesiva) que funde el metal base. Figs. 15 y 16

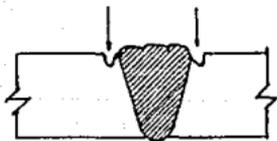


FIGURA No. 15

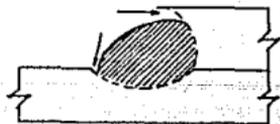


FIGURA No. 16

**GRIETAS** Ocurren en la soldadura y/o en el metal base cuando las tensiones localizadas exceden la resistencia del material. El agrietamiento generalmente está asociado con discontinuidades en soldaduras y metal base, con altas tensiones residuales, y fragilización por hidrógeno. Las grietas relacionadas con la soldadura se ven como si el metal fuera quebradizo. Las grietas en caliente se desarrollan a temperaturas altas, comúnmente aparecen durante la solidificación del metal.

Las grietas frías se desarrollan después de que la solidificación está completa, algunas grietas llamadas "retrasadas" son causadas por el hidrógeno.

**GRIETAS LONGITUDINALES:** Se encuentran paralelas a lo largo de la soldadura.

**GRIETAS TRANSVERSALES:** Son perpendiculares a lo largo de la soldadura, pueden permanecer dentro del metal de soldadura o se pueden extender a la zona afectada por el calor del metal base.

**LAS GRIETAS DE CRATER:** Son fracturas calientes poco profundas, ocurre en el cráter formado por la incorrecta terminación de un cordón de soldadura.

**GRIETA DE BORDE O DE ESQUINA:** Empiezan y crecen en el borde de la soldadura donde la tensión residual es más alta. Las grietas de esquina inician en forma normal a la superficie del metal base. Figs. # 17 y 18

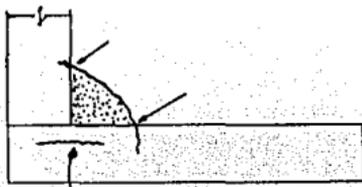


FIGURA No. 17

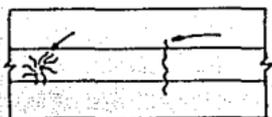


FIGURA No. 18

TAMAÑO DE LA DISCONTINUIDAD Debe ser considerada cuando se evalúan la -  
integridad estructural de toda la soldadura. Las normas de aceptación --  
especifican el tamaño permitido de la discontinuidad en términos de dimensio-  
nes lineales en pulgadas o milímetros.

LOCALIZACION DE LA DISCONTINUIDAD Puede sugerir la causa del problema, así  
como que tan serio es. La ubicación de discontinuidad puede identificar -  
en donde existe la contaminación. Deben considerarse la forma y orientación  
de la discontinuidad para determinar en que medida de capacidad del soporte  
de carga prevista se ve afectada por la aparición de una grieta.

d) POSICIONES DE LA SOLDADURA.

LA ORIENTACION DE SOLDADURAS ESTAN ILUSTRADAS EN LA FIGURA # 19

POSICIONES DE PRUEBA PARA SOLDADURAS DE RANURA

Las soldaduras de ranura pueden ser hechas en una probeta orientada en cualquiera de las posiciones de la figura y como se describen en los párrafos siguientes excepto que se permite durante el soldado una desviación angular de más o menos  $15^{\circ}$  de el plano horizontal y vertical especificado, y una desviación angular de más o menos  $5^{\circ}$  de el plano inclinado especificado.

POSICION DE PLACA:

POSICION PLANA (1G) Placa en un plano horizontal con metal de aporte depositado desde arriba.

POSICION HORIZONTAL (2G) Placa en un plano vertical con los ejes de la soldadura horizontal.

POSICION VERTICAL (3G) Placa en un plano vertical con los ejes de la soldadura vertical.

POSICION SOBRE CABEZA (4G) Placa en un plano horizontal con el metal de aporte depositado desde abajo.

POSICIONES DE TUBO:POSICION PLANA (1G)

El tubo con su eje horizontal y girando durante el soldado de manera que el metal de aporte sea depositado desde arriba.

POSICION HORIZONTAL (2G)

El tubo con su eje vertical y el eje de soldadura en el plano horizontal. -  
El tubo no debe ser girado durante el soldado.

#### POSICIONES MULTIPLES (6G)

El tubo con su eje indicado a  $45^{\circ}$  con el plano horizontal. La soldadura debe ser hecha sin girar el tubo.

#### POSICIONES DE PRUEBA PARA SOLDADURAS DE FILETE

Las soldaduras de filete pueden ser hechas en material de prueba orientado en cualquiera de las posiciones de la figura y como se describen en los siguientes párrafos, excepto que una desviación de más o menos  $15^{\circ}$  de los planos — vertical y horizontal especificados, se permite durante el soldado.

#### POSICIONES DE LA PLACA:

##### POSICION PLANA (1F)

Las placas colocadas de tal manera que la soldadura sea depositada con su eje horizontal y su garganta vertical.

##### POSICION HORIZONTAL (2F)

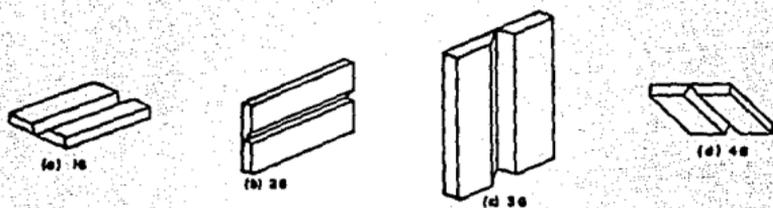
Las placas colocadas de tal manera que la soldadura sea depositada con su eje horizontal en el lado superior de la superficie horizontal y contra la superficie vertical.

##### POSICION VERTICAL (3F)

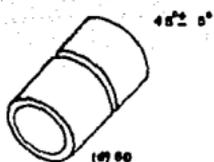
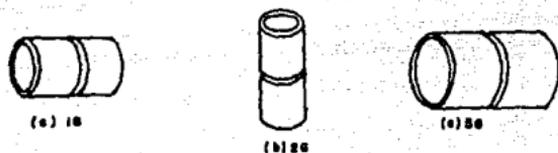
Las placas colocadas de tal manera que la soldadura sea depositada con su eje vertical.

##### POSICION SOBRE CABEZA (4F)

Las placas colocadas de tal manera que la soldadura sea depositada sobre su eje horizontal, en el lado inferior de la superficie horizontal y contra la superficie vertical.



SOLDADURA DE RANURA EN PLACAS



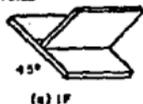
SOLDADURA DE RANURA EN TUBO

EJE DE SOLDADURA VERTICAL

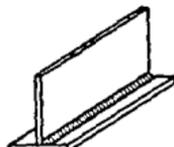
EJE DE SOLDADURA HORIZONTAL

EJE DE SOLDADURA HORIZONTAL

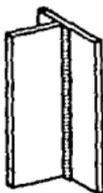
SARGANTA DE SOLDADURA VERTICAL



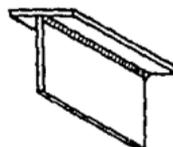
(a) 1F



(b) 2F



(c) 3F



(d) 4F

SOLDADURA DE FILETE

### e) TIPOS DE PRUEBAS

#### TIPOS Y PROPOSITOS DE LAS PRUEBAS Y EXAMENES

Las pruebas mecánicas usadas en los procedimientos o ejecuciones de la calificación permiten determinar el tamaño contorno, grado de solidez y tenacidad de los mismos.

#### LAS PRUEBAS RECOMENDADAS SON:

Pruebas de Tensión. Las pruebas de tensión son usadas para determinar la máxima resistencia de las juntas.

Pruebas de Doble Guiado. Son usadas para determinar el grado de solidez y ductilidad de las juntas en ranura.

Pruebas de Resistencia a la Fractura. Las pruebas son usadas para determinar la tenacidad del material soldado.

Exámenes Especiales. Los exámenes radiográficos pueden ser substituidos por las pruebas mecánicas para la calificación de las soldaduras.

Pruebas de Tensión. Las muestras de pruebas de tensión serán conforme dos tipos y deberán cumplir los requisitos.

Placa Sección Reducida. Las muestras de Sección reducida. Pueden ser usados para pruebas a la tensión en todos los espesores de placa.

- (a).- Una muestra simple de placa de espesor total, será usada para espesores hasta 2.54 cm (1").
- (b).- Para espesores de placa mayores a 2.54 cm (1"), muestras sencillas o múltiples pueden ser usadas, siempre y cuando se cumplan los requerimientos en (c) y (d).
- (c).- Cuando son usadas muestras múltiples, cada juego representará una prueba de tensión requerida.

(d).- Cuando son necesarias muestras múltiples, el espesor total será cortado mecánicamente dentro de un número mínimo de probetas aproximadamente igual a la medida que puede ser probada en el equipo disponible.

Cada muestra deberá probarse y cumplir con los criterios de aceptación.

Tubo Sección Reducida. Las muestras de sección reducida pueden ser usadas para pruebas a la tensión en todos los espesores de tubo teniendo un diámetro exterior mayor a 7.62 cm. (3").

(a).- Una muestra simple del espesor total del tubo será usada para espesores hasta 2.54 cm (1").

(b).- Para espesores de tubo mayores a 2.54 cm (1") muestra sencilla o múltiple puede ser usada cumpliendo con lo estipulado en (c) y (d).

(c).- Cuando son usadas muestras múltiples, cada juego representará una prueba de tensión requerida. Colectivamente todas las muestras para representar el espesor total de la soldadura en un punto, comprenderá un juego.

(d).- Cuando son necesarias muestras múltiples, el espesor total será cortado mecánicamente igual a la medida que pueda ser probada en el equipo disponible.

Cada muestra deberá ser probada y cumplir con los requisitos de criterios de aceptación.

Procedimiento de Pruebas a la Tensión. La muestra para prueba será fracturada bajo una carga a la tensión. La resistencia a la tensión. La resistencia a la tensión será calculada dividiendo la carga máxima entre el área mínima de corte seccional de la muestra medida, antes de aplicar la carga.

Criterio Aceptación - Prueba de Tensión. Resistencia a la tensión. Con objeto de pasar la prueba de tensión la muestra tendrá una resistencia a la -

tensión no menor a:

- (a).- La resistencia a la tensión mínima especificada del metal base.
- (b).- Resistencia a la tensión mínima especificada del metal más débil de los dos, si los metales base de diferente resistencia mínima a la tensión son usados.
- (c).- Resistencia a la tensión mínima especificada del metal a soldar cuando la sección aplicable del código indica para el uso de la soldadura teniendo una resistencia a la temperatura más baja que la del metal base.
- (d).- Si la muestra se agrieta en el metal base fuera de la soldadura, la prueba será aceptada cubriendo los requisitos, si la resistencia no es mayor al 5% abajo de la resistencia a la tensión mínima especificada por metal base.

#### Pruebas de Doblez Guiado.

Las muestras de prueba de doblez guiado serán preparadas cortando la placa o tubo de prueba para formar muestras rectangulares aproximadamente de corte transversal. Las superficies cortadas designarán los lados de la muestra, serán nombradas cara y raíz, la superficie de la cara tiene el mayor ancho de soldadura.

Dobleza sobre el lado Transversal: La soldadura es transversal al eje longitudinal de la muestra la cual es doblada así que una de las superficies laterales se convierte en la superficie convexa de la muestra doblada. Estas serán conforme a las dimensiones mostradas según código.

Las muestras de metal base de un espesor sobre 3.81 cm. (1 1/2") pueden cortarse en tiras aproximadamente iguales de 1.90 cm. (3/4") a 3.81 cm (1 1/2") de ancho para prueba.

Doblez sobre la cara transversal: La soldadura es transversal al eje longitudinal de la muestra, la que es doblada de tal manera que la superficie de la cara será convexa de la muestra doblada.

Doblez de Raíz Transversal: La soldadura es transversal al eje longitudinal de la muestra, la que es doblada de tal manera que la superficie del fondo - (raíz) será la superficie convexa de la muestra doblada.

Pruebas de Doble Longitudinal: La soldadura y la zona afectada por el calor de una muestra de doblez transversal, estará completamente dentro de la porción doblada de la muestra después de probada.

Las muestras de doblez guiado no deben tener defectos que excedan de 3.2mm - (/8") medido en cualquier dirección de la cara convexa de la muestra después de doblada excepto que aparecieran grietas en las esquinas de la muestra durante la prueba no será considerada, al menos si hay evidencia definida de que ellas resultan de la inclusión de escorias u otros defectos internos.

Pruebas de Tenacidad de la Ranura:

Pruebas Charpy de Tenacidad de la Ranura en V.

Generalidades.- Pruebas Charpy de Impacto de la Ranura V., serán hechas cuando sea requerido por otras secciones del Código.

Los procedimientos y aparatos de prueba serán conforme a los requisitos de SA-370.

Aceptación.- El criterio de aceptación será de acuerdo con la sección del Código especificando los requisitos de impacto.

Localización y orientación de muestra de Prueba.- La muestra de prueba al impacto, la orientación y localización de la ranura será dado en la sección del Código requerido.

Pruebas de Soldadura de Filete. Procedimiento y Cumplimiento de la Calificación de las muestras.

Las dimensiones y preparación de las muestras de prueba de soldadura de filete para el procedimiento y cumplimiento de calificación, serán conforme a los requisitos del Código. Las muestras de prueba no contendrán ninguna fractura visible. Estas serán cortadas transversalmente para proveer 5 secciones, cada una aproximadamente de 5.08 cm (2") longitud.

Pruebas de Fractura. Las dimensiones y preparación de la muestra de prueba de fractura, será conforme a los requisitos de Código. La carga será incrementada hasta que la muestra se fracture o dobe sobre si misma.

En la muestra fracturada, la superficie no debera mostrar evidencias de grietas o una fusión de raíz incompleta, la suma de las longitudes de las inclusiones y cavidades de gas visibles sobre la superficie fracturada no excederán 1.90 cm. (3/4") al pasar la prueba.

Macro Examinación-Procedimiento de muestras: Una cara de cada sección de corte transversal será pulida y atacada químicamente con una solución adecuada para dar una definición clara de la soldadura y la zona afectada por el calor.

La examinación visual de la sección de corte transversal de la soldadura y la zona afectada por calor mostrara una fusión completa libre de fracturas.

### III.- CRITERIOS PARA ELABORAR LA ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS.)

ALCANCE Cubre la elaboración de las especificaciones de procedimientos de soldadura y las variables que involucra, para los siguientes procesos de soldadura:

- SMAW. Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido.
- GMAW. Soldadura por arco eléctrico con microalambre y gas de protección.
- FCAW. Soldadura por arco eléctrico con alambre tubular, con y sin gas de protección.
- SAW. Soldadura de arco sumergido.
- PAW. Soldadura por arco plasma transferido.
- ESW. Soldadura por escoria fundida.
- GTAW. Soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno y gas de protección.

#### GENERALIDADES.

La especificación de procedimiento de soldadura WPS, debe enlistar en forma detallada el material de base a unir, el metal de aporte a ser empleado, las temperaturas de precalentamiento y de tratamiento térmico posterior a la soldadura, el espesor a soldar y todas las variables que son descritas en el Código ASME Sección IX bien sean variables esenciales o no esenciales.

Se pueden efectuar modificaciones de las variables no esenciales sin que se requiera recalificar la especificación, pero dichos cambios deben ser documentados.

Deberá demostrarse que cada procedimiento de soldadura ha sido asentados en el "Registro de Calificación de Procedimientos".

La especificación requiere de un soporte de uno o más procedimientos calificados.

Para soldar una junta, se pueden emplear uno o más procesos de soldadura, cada uno de ellos puede ser calificado por separado o en combinación con otros procesos.

#### Códigos Aplicables.

##### Código ANSI/ASME

Sección II Partes A, B y C

Sección V

Sección VIII Divisiones 1 y 2

Sección IX

AWS. D1.1

API 1104

ANSI B 31.1

Cuando no exista disposición aplicable en código antes citado, se deberán aplicar las normas o especificaciones de una sociedad reconocida o autorizada, tales como las que se enlistan a continuación:

La Sociedad Americana de Soldadura AWS.

( American Welding Society )

La Sociedad Americana de Ensayos no Destructivos ASNT

( American Society for Nondestructive Testing )

El Instituto Nacional Americano de Normas ANSI

( American National Standards Institute )

El Instituto Americano de Pruebas y Materiales ASTM

( American Society for Testings and Materials ).

El Instituto Americano del Petroleo API

( American Petroleum Institute )

Las Normas Oficiales Mexicanas NOM

El Instituto Internacional de Soldadura I I W

(International Institute Of Welding )

El Consejo Americano de Investigaciones en Soldadura WRC

(Welding Research Council )

#### INFORMACION GENERAL DE LOS WPS

La documentación de la información que debe contener el WPS sera:

Nombre y Dirección de la Compañía.

Identificación del WPS.

Fecha de emisión y de aprobación de la última revisión del WPS.

Número del WPS

Número de la revisión vigente

El proceso o procesos de soldadura que cubre el WPS.

El tipo de proceso que cubre el WPS.

#### INFORMACION DE LAS UNIONES

La información referente a este inciso, debe ser consultada en ASME Sec.

IX, QW-402.

Diseño de la ranura.- Se debe indicar la configuración de la preparación a soldar. Es una variable no esencial.

Placa de respaldo.- Se debe indicar el empleo de anillos o placas de respaldo. Es una variable no esencial.

Material de respaldo.- Se debe indicar la clase o material del que esta hecho el anillo o placa de respaldo.

Otros.- Se deben agregar los comentarios u observaciones pertinentes.

#### INFORMACION DE LOS METALES DE BASE

La información de este inciso debe ser consultada en ASME Sec. IX, QW-403.

Número P de los materiales base.- Se debe indicar el número o números P de los materiales base lo mismo que el grupo al que pertenecen, ver ASME - Sec. IX Tabla QW 422.

Clasificación.- Se debe indicar la especificación del metal de base y su clasificación; tipo y grado dentro de la misma, ver ASME Sec II partes A y B.

Límites de espesor a soldar.- Se debe indicar el espesor máximo y mínimo del material a soldar.

Límite del diámetro del tubo.- Se aplica cuando se sueldan tubos y se debe indicar el diámetro máximo y mínimo a ser soldado.

Otros.- Se debe emplear para los comentarios pertinentes al material base.

#### INFORMACION DEL MATERIAL DE APORTE

La información de este inciso debe ser consultada en ASME Sec IX en QW-404.

Número F (Filler) del metal de aporte.- Esta información se obtiene de la tabla QW-432 de ASME Sec. IX

Número A (Analysis) del metal de aporte.- Esta información se obtiene de la tabla QW-422 de ASME Sec. IX

Especificación SFA (Spec Of Filler A) del metal de aporte.

Esta información se obtiene de ASME Sec. II Parte C.

Número de clasificación de AWS del metal de aporte.- Esta información se encuentra en ASME Sec. II parte C.

Diámetro de los electrodos a emplear.- En caso de que se emplee más de un diámetro, la información se debe centrar en un cuadro general.

Diámetro del aporte.- Se aplica cuando se emplea una varilla de aporte.

Relación Alambre Fundente.- Se aplica cuando se emplea material de aporte para el proceso de arco sumergido.

Inserto consumible.- Se aplica cuando se emplean insertos consumibles durante el proceso de soldadura, de ser así, se debe indicar su denominación o su composición.

Otros.- Debe ser empleado para los comentarios referentes a los materiales de aporte.

#### INFORMACION DE LA POSICION EN LA QUE SE REALIZA LA SOLDADURA.

La información referente a este inciso se debe consultar en ASME Sec. IX QW-405.

Posición de la ranura.- Se debe establecer cual de las posiciones va a ser la más común, o en su defecto la más esencial solo si se efectúa la prueba de impacto.

Progresión de la soldadura.- Esta información se refiere a la forma del avance cuando se suelda en la posición vertical y en la cual la progresión de la soldadura puede ser ascendente o descendente.

Otro.- Se emplea para observaciones referentes a las posiciones en las cuales se efectúa una soldadura.

#### INFORMACION DEL PRECALENTAMIENTO.

La información de este inciso se debe consultar en ASME Sec. IX QW-406.

Temperatura de precalentamiento. Se debe indicar la temperatura máxima y mínima que debe tener la pieza a soldar. Es variable esencial si no se va a aplicar el tratamiento térmico posterior a la soldadura o si se debe calificar el procedimiento con prueba de impacto.

Temperatura de Interpasos.- Se debe indicar cual es la temperatura mínima y máxima que debe prevalecer durante el proceso de aplicación. Es variable esencial si no se va a aplicar el tratamiento térmico posterior a la soldadura o si se va a calificar el procedimiento con prueba de impacto.

Mantenimiento del precalentamiento. Se debe indicar la forma en que se va a mantener la temperatura de la pieza durante el proceso de soldadura.

Otros.- Se debe indicar la forma en que se mida la temperatura de interpasos y la de precalentamiento.

#### TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR

La información de este inciso debe ser consultada en ASME Sec. IX QW-407.

Temperatura.- Se debe indicar la temperatura del tratamiento térmico y la variación que se permite durante el enfriamiento.

Es variable esencial.

Tiempo de residencia.- Se debe indicar cuanto tiempo por pulgada de espesor, debe permanecer la pieza en el tratamiento térmico a la temperatura especificada en el inciso anterior.

Es variable esencial.

#### GASES

La información de este inciso se debe consultar en ASME Sec. IX QW-408.

Gases de protección. Se deben indicar los gases de protección que se deban emplear durante el proceso de soldadura.

Es una variable esencial.

Relación de la mezcla.- Se debe indicar cual es la relación, en por ciento de cada gas, cuando se emplean mezclas de gases para protección. Es una variable esencial.

Gasto.- Se debe indicar el gasto del gas de protección en litros/min.

Gas de soporte.- Se debe indicar el tipo de gas cuando sea requerido.

Otros.- Se emplea cuando se explican composiciones o mezclas especiales, o para nombres comerciales de gases.

### CARACTERISTICAS ELECTRICAS

La información de este inciso se debe consultar en ASME Sec. IX QW-409.

Tipo de corriente.- Definir si se emplea corriente continua (CC) o corriente alterna (CA). Es una variable esencial.

Polaridad.- Se debe indicar si el electrodo esta conectado al polo positivo en la máquina (polaridad invertida), o si esta conectado al polo negativo de la misma (polaridad directa).

Intensidad.- Se debe indicar la intensidad de la corriente en amperios. - En el caso de emplear varios diámetros del electrodo, o valores con variaciones mayores a un 10%, se deberán detallar las condiciones en un cuadro general.

Voltaje.- Se debe indicar el voltaje en voltios, en el caso de variaciones mayores a un 10%, se debiera detallar la información en un cuadro general.

Otros.- Se debe emplear para indicar el empleo de sobre voltajes generadores de alta frecuencia, etc.

### TECNICA DE APLICACION

La información de este inciso debe ser consultada en ASME Sec. IX QW-410.

Forma del cordón.- Se debe indicar si se permite la oscilación o si el cordón debe ser recto.

Tamaño de la copa de gas.- Se emplea cuando se suelda con gas de protección.

Limpieza inicial y de interpasos.- Se debe indicar claramente que tipo de limpieza se debe efectuar antes de iniciar la soldadura y entre cada paso de aplicación. Es importante este punto al soldar los aceros inoxidables.

Remoción del soporte.- Se debe indicar el método empleado para la remoción de las placas de soporte, o bien la forma de limpiar la raíz cuando se sueldan

los dos lados.

Oscilación.- Se debe indicar la amplitud de la oscilación. Para soldadura con electrodo recubierto, queda limitada a un valor máximo de tres veces el diámetro nominal de electrodo.

Distancia al tubo de contacto.- Se debe indicar la longitud permitida de alambre antes de hacer contacto.

Cantidad de pasos.- Define si es una operación en paso único o múltiple.

Electrodo sencillo o múltiple.- Se debe indicar si se emplea un electrodo o varios, esto es para las operaciones con máquina o equipo automático. Es una variable esencial cuando se requiere calificar el procedimiento con prueba de impacto.

Velocidad.- Se aplica cuando se suelda con máquina o equipo automático.

Tipo de proceso.- Se debe indicar si es de tipo manual, máquina, semiautomático o automático.

Otros.- Se emplea para comentarios sobre la técnica permitida para el procedimiento.

#### FIRMAS DE AUTORIZACION, REVISION Y ELABORACION.

Después de efectuada la documentación del WPS, se deberá proceder a llenar la forma que es la forma oficial para presentar los WPS.

Debe firmarlo la persona que elabora el WPS.

#### REVISIONES.

Las revisiones parciales de este procedimiento se deben de efectuar a la aparición de la agenda del código ASME, con el fin de actualizarlo y mantenerlo al corriente.

Cada tres años es necesario efectuar una revisión completa de este procedimiento y efectuar una nueva edición de ser necesario.

IV.- CRITERIOS PARA ELABORAR LA ESPECIFICACION DE LA CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR).

OBJETIVO Establecer los parametros y variables a seguir para la - calificación del procedimiento de soldadura (PQR).

Este (PQR) se realizará en base a una especificación del procedimiento de soldadura (WPS) escrita.

ALCANCE Este documento establece los criterios para calificar los procedimientos de soldadura de los siguientes procesos.

SMAW Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido.

GMAW Soldadura por arco eléctrico con micro alambre y gas de protección.

GTAW Soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno y gas de protección.

FCAW Soldadura por arco eléctrico con electrodo de alambre tubular con o sin gas de protección.

SAW Soldadura por arco sumergido.

PAW Soldadura por arco plasma transferido.

ESW Soldadura por escoria fundida.

Documentos Aplicables

Código	ANSI-ASME
	Sección II partes A, B y C
	Sección V
	Sección VIII Divisiones 1 y 2
	Sección IX
Código	A.W.S. D1.1
	Standar API 1104
	ANSI B31.1

### Definición

El PQR es la comprobación de las propiedades mecánicas obtenidas en una unión soldada bajo las condiciones establecidas en el WPS; enlistando las variables reales en que se efectuó la soldadura del ensamble de prueba, los resultados de los ensayos mecánicos, de las pruebas no destructivas, de los análisis químicos y metalográficos a los que fue sometida la unión soldada para la calificación y aceptación.

### Responsabilidad

Cada fabricante o contratista debe hacer una lista de los parámetros y variables aplicable a la soldadura que él práctica en la construcción de uniones soldadas en base a Código.

Estos parámetros deben enlistarse en un documento conocido "Especificación del Procedimiento de Soldadura (WPS)".

Cada fabricante o contratista debe calificar el (WPS) con una muestra de la soldadura y pruebas de las probetas de acuerdo a Código y registrando los datos de soldadura y resultados de las pruebas en un documento conocido como "Registro de Calificación de Procedimiento (PQR)".

### Generalidades

La calificación del procedimiento de soldadura (PQR) debe ser objeto de una especificación de procedimiento de soldadura (WPS) escrita y en la que se describen en detalle todas las variables esenciales y no esenciales empleadas en el mismo, solamente son requeridas para el PQR las variables esenciales.

Generalmente un PQR soporta uno o varios WPS y viceversa.

### Información general que debe contener el PQR

- Nombre y dirección de la Compañía.
- Identificación del PQR
- Fecha de emisión y aprobación del PQR
- Proceso o procesos de soldadura que cubre el WPS y que califican el PQR.  
El examen para la calificación se realizará con el proceso de soldeo determinado en el WPS.

-Tipo del proceso de soldadura (manual, semiautomático, automático).

Se pueden utilizar más de un proceso para una misma unión, en este caso cada proceso puede ser calificado, separadamente o en combinación con otros.

Cuando se realice el examen utilizando varios procesos, el espesor calificado con cada uno de ellos no se sumará al de los otros para determinar el máximo espesor calificado.

### Información de la unión que se emplea en la calificación del Proceso.

Ver código ASME, Sección IX QW-402

Se debe hacer un esquema del diseño de la ranura empleado en la prueba de calificación indicando ángulo, grosor, pasos, etc. (Incluyendo tipo de material de respaldo). Suele ser éste un punto bastante controvertido ya que el Código preconiza y no siempre es admitido que el tipo, forma y dimensión de las uniones no constituye una variable esencial.

Se supone que cualquier preparación ha de permitir un adecuado manejo del electrodo dentro de la misma, por lo tanto "la forma y dimensiones de biseseles y la posición de la junta", no constituyen variables fundamentales que den lugar a una nueva especificación (WPS) y consecuentemente calificación de procedimiento.

Información de los metales base que serán soldados con el procedimiento a calificar

Ver Código ASME, Sec. IX QW 403

- Indicar la clasificación tipo y grado del material para el ensamble de prueba según ASME y/o ASTM.
- Indicar los números P y el grupo de los materiales a soldar
- Espesor de los materiales empleados para el ensamble de prueba.
- Diámetro usado si aplica.

De acuerdo con los criterios generales, la soldabilidad de un acero está condicionada por su composición química por una parte y de forma primordial por su espesor, que juega un importante papel en el ciclo térmico final.

Bajo el punto de vista de la composición química, los aceros son agrupados en 10 grupos, llamados GRUPOS "P".

Información de los materiales de aporte que se emplearon para soldar el ensamble de prueba

Ver Código ASME, Sección IX, QW 404

- Indicar el análisis del metal de aporte (número A) según Código ASME, Sección IX, Tabla QW 442
- Indicar el diámetro o diámetros del electrodo de aporte
- Indicar el número F (Filler) del material de aporte. (ver Código ASME, Sección IX, Tabla QW 442
- Indicar la especificación SFA del material de aporte (ver Código ASME, Sección II, Parte C)
- Indicar la clasificación según AWS-ASME del material de aporte.

Información de la posición en que se efectuó el ensamble de prueba

Ver Código ASME, Sección IX, QW 405

-Se debe indicar en que posición se efectuó la soldadura del ensamble de prueba.

-Indicar cual es la dirección de la progresión de la soldadura

Desde el punto de vista del Código para efectos de calificación de un procedimiento de soldadura no considera la posición de la junta como variable fundamental.

Esto no deja de tener su parte lógica, ya que la soldabilidad del material no se modifica por el simple hecho de que varíe su posición, dependiendo únicamente de la habilidad del soldador.

La calificación en cualquier posición, califica el procedimiento para todas las posiciones.

#### Información del precalentamiento del ensamble de prueba

Ver Código ASME, Sección IX QW 406

-Indicar las temperaturas en la que se efectuó la soldadura del ensamble de prueba.

-Indicar cual fue el ámbito de las temperaturas de interpasos durante la soldadura del ensamble de prueba.

-Indicar como se midieron las temperaturas de precalentamiento y de interpasos.

La influencia de la temperatura de precalentamiento y de interpasos se considera como una variable fundamental de una especificación de procedimiento.

#### Información del tratamiento térmico posterior (TTP)

Aplicado al ensamble de prueba (ver Código ASME, Sección IX QW 407)

-Indicar el ámbito de temperaturas a las que se dió el TTP al ensamble de prueba.

-Indicar el tiempo real de TTP del ensamble de prueba.

En términos generales los aceros de mediana y alta aleación, presentan exigencias bien concretas, se requiere de una calificación de procedimiento - siempre y cuando se modifique la gama de temperatura del tratamiento térmico especificado y ello bajo las siguientes condiciones:

Quando no se utilice tratamiento térmico posterior a la soldadura.

Quando se utilice un tratamiento térmico posterior a la soldadura a temperatura inferior a la crítica inferior.

Quando se utilice un tratamiento térmico posterior a la soldadura a una temperatura más elevada que la crítica superior, sin ningún otro tratamiento posterior.

#### Información del gas o mezcla de gases de protección empleados en la soldadura del ensamble de prueba

Ver Código ASME, Sección IX, QW 408

-Mencionar el gas o mezcla de gases empleados en la soldadura del ensamble de prueba.

-Si es una mezcla de gases indicar la proporción de cada uno de ellos.

-Indicar el gasto del gas de protección durante la soldadura del ensamble.

#### Información de las características eléctricas del proceso durante la soldadura del ensamble de prueba

Ver Código ASME, Sección IX, QW 409

-Indicar si la corriente empleada es alterna (AC) o directa (DC).

-Indicar si la polaridad es directa (el electrodo está conectado al polo negativo) o polaridad invertida (el electrodo está conectado al polo positivo).

-Indicar el ámbito de amperaje durante la soldadura del ensamble de prueba.

-Indicar el ámbito de voltaje durante la soldadura del ensamble de prueba.

Información de la técnica seguida durante la soldadura del ensamble de prueba

Ver Código ASME, Sección IX QW 410

- Indicar cual fue la velocidad lineal de avance durante la soldadura del ensamble de prueba.
- Indicar si el cordón es llevado en forma lineal o con oscilación.
- Cuando se emplea la oscilación indicar cual es su amplitud y los ciclos por minuto.
- Indicar si la unión del ensamble de prueba se lleva en un solo paso o se requieren varios pasos superpuestos.
- Indicar si la unión del ensamble de prueba se lleva a efecto con electrodo sencillo o múltiple.

Información del ensayo de tensión de las probetas del ensamble de prueba

Ver Código ASME, Sección IX QW 150

- Indicar para cada probeta de tensión el número de identificación.
- Indicar para cada probeta de tensión el área de la probeta en  $\text{ln}^2$ .
- Indicar para cada probeta de tensión la carga máxima soportada en lbs.
- Indicar para cada probeta de tensión la resistencia máxima a la tensión en  $\text{lbs}/\text{ln}^2$ .
- Indicar para cada probeta de tensión el carácter de la falla y su localización.

Información del ensayo de doblé guiado de las probetas del ensamble de prueba

Ver Código ASME, Sección IX QW 160

- Indicar la identificación de cada probeta de doblé.
- Indicar el resultado del ensayo de cada probeta.

Información del ensayo de tenacidad o prueba de impacto

Ver Código ASME, Sección IX QW 170

- Indicar la identificación de cada probeta de impacto.
- Indicar la localización y el tipo de la entalla.
- Indicar la temperatura de la prueba de impacto.
- Indicar los valores en pies libras para cada probeta.
- Indicar los valores de expansión lateral para cada probeta.

Información del ensayo de soldadura de filete (QW-180)

- Indicar si los resultados de la prueba de soldadura de filete fueron satisfactorios.
- Indicar si la muestra penetró en la raíz.
- Indicar tipo y carácter de la falla de la prueba de doblez en raíz.
- Indicar análisis del metal soldado.

Evaluación de resultados

- Nombre del soldador que realizó la prueba
- Número de estampa del soldador.
- Nombre de la persona que supervisó las pruebas
- Número de pruebas de laboratorio
- Nombre del fabricante
- Fecha en que fué preparado el PQR
- El PQR deberá ser firmado por el responsable de su emisión y certificación.

V.-CRITERIOS PARA ELABORAR LA ESPECIFICACION DE LA CALIFICACION DE SOLDADORES

Y OPERADORES DE MAQUINAS SOLDADORAS WPO

OBJETIVO Establecer los parametros y variables a seguir para la calificación de los soldadores y operadores de máquinas soldadoras, con el fin de determinar la HABILIDAD de los soldadores.

ALCANCE Este documento establece los lineamientos para calificar a los soldadores en los siguientes procesos.

SMAW Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido.

GMAW Soldadura por arco eléctrico con micro alambre y gas de protección.

GTAW Soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno y gas de protección.

FCAW Soldadura por arco eléctrico con electrodo de alambre tubular - con o sin gas de protección.

A los operadores de máquina soldadora para los siguientes procesos.

SAW Soldadura por arco sumergido

PAW Soldadura por arco plasma transferido

ESW Soldadura por escoria fundida

Documentos Aplicables

Código ANSI-ASME  
 Sección II partes A, B y C  
 Sección V  
 Sección VIII Divisiones 1 y 2  
 Sección IX

Código A.W.S. D1.1  
 Standar API 1104  
 ANSI B31.1

### Responsabilidad

Cada fabricante o contratista deberá hacer un listado de los parámetros y variables para calificar a cada soldador u operador en cada proceso de soldadura a ser usado en producción, de acuerdo con una de sus especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS).

El Ingeniero o Inspector de soldadura, verificará que las pruebas de los soldadores se efectúen siguiendo el WPS indicado y que las pruebas no destructivas y destructivas que se requieran para calificar se lleven a cabo correctamente.

El Ingeniero elabora y autoriza el registro de calificación cuando el resultado de las pruebas sean aceptables.

### Generalidades

El registro de calificación de soldadores (WPQ) es un testimonio escrito que demuestra que el soldador posee habilidad para realizar uniones sanas.

El material del ensamble de prueba debe ser el que se indique en el WPS sobre el cual este calificando el soldador.

A opción y solicitud del Ingeniero las pruebas de calificación del ensamble, pueden ser ensayos mecánicos o examinación radiográfica.

Para cada ensamble de prueba será llenada una forma (WPQ), esta contiene el nombre, firma del responsable de la supervisión, con la información referente a el WPS empleado, los resultados de los ensayos destructivos y no destructivos que se efectuaron.

### INSTRUCCIONES ESPECIFICAS PARA LA CALIFICACION DEL ENSAMBLE DE PRUEBA

El material del ensamble de prueba será del mismo tipo y clasificación - que esta especificado en el WPS.

Los componentes del ensamble de prueba deberán estar limpios de grasa, - aceite, óxido o cualquier contaminante que pueda afectar la calidad de la unión soldada.

En el caso que se empleen placas para la prueba de calificación de los sol - dadores, estas serán de las dimensiones que se indican a continuación.

PROCESO	LARGO	ANCHO	ESPESOR
SMAW, SAW	14''	6''	1''
FCAW, GMAW	14''	6''	1''
ESH	20''	8''	1''
PAW, GTAW	*	*	*

\* Serán función del tipo de material.

En el caso que se emplee tubería para la prueba de calificación, tubos de - 6 in, 8in, 10in o diámetros mayores pueden ser utilizados.

La cantidad de ensambles de prueba a ser soldados será función del Código aplicable.

#### Preparación de la ranura

La Ranura para la prueba de los soldadores y operadores de máquina soldado - ra con los procesos: SMAW, SAW, GMAW, GTAW, PAW, será en V sencilla con un ángulo total de  $60^{\circ}$ , sin placa de respaldo, con una cara de raíz de  $1/8''$   $\pm 1/16''$  y con una separación de raíz de  $1/8''$   $\pm 1/16''$ .

#### Técnica a seguir por el soldador

El soldador u operador deberá apearse durante toda la prueba a las indica - ciones del WPS en el que se está calificando.

No podrá cambiar los parámetros de soldadura fuera de los límites especificados en el WPS.

No puede cambiar la posición del ensamble de prueba.

El ensamble de prueba se mantendrá todo el tiempo en la posición en la cual se está calificando al soldador.

#### Inspección del ensamble de prueba

Durante la ejecución de la soldadura del ensamble de prueba, el Ingeniero deberá anotar los valores reales de los parámetros de la misma, así como toda la información complementaria que se considere pertinente para el control de la prueba.

En caso de que la prueba sea suspendida deberá informar la causa.

Inspección visual, esta se efectuará una vez que esté frío el ensamble comprobándose los siguientes puntos:

- a) Que la raíz esté libre de porosidades, faltas de penetración, quemaduras o defectos no tolerados por el documento aplicable.
- b) Que la cara o superficie esté libre de socavaciones, falta de limpieza, falta de fusión, falta de llenado o defectos no tolerados por el documento aplicable.

#### Inspección no destructiva

Esta se efectuará cuando sean permitidas por los documentos aplicables, el criterio de aceptación será el indicado por el código aplicable.

Inspección radiográfica. Se deberá efectuar conforme lo establecido por el Código aplicable; la radiografía y el reporte de la interpretación serán anexados al Registro de calificación del soldador.

#### Muestreo de ensayos mecánicos

El ensamble de prueba se seccionará para la obtención de las probetas neces-

sarias de los ensayos mecánicos indicados en el documento aplicable.

La remoción de las probetas se efectuará por corte mecánico y de ninguna forma se aceptará el uso de corte por flama.

La operación de corte es responsabilidad del Ingeniero, así como del marcado de cada probeta con la letra, número o símbolo de identificación del soldador que se esta calificando, de tal forma que no se pierda la identificación durante el maquinado.

#### Ensayos mecánicos

Se deberán efectuar los ensayos destructivos de doblez solicitados para la calificación de los soldadores y operadores de las máquinas soldadoras.

#### Ensayo de doblez

Las probetas de ensayo de doblez, cuatro de cada ensamble de prueba deberán maquinarse a las dimensiones indicadas según código, teniendo cuidado de que el eje longitudinal coincida con el eje de soldadura de las placas; -- dos de las probetas deberán ser identificadas como prueba de raíz y dos como prueba de cara.

La soldadura y la zona afectada térmicamente de un espécimen transversal de doblez estarán completamente dentro de la porción doblada después de que se ha realizado la prueba.

#### Criterio de aceptación del ensayo de doblez

Los especímenes de doblez guiado no deberán presentar defectos abiertos que excedan de 1/8 pulgada (3.2 mm) medido en cualquier dirección sobre la superficie convexa después de la prueba de doblez, excepto las fracturas que aparezcan en las esquinas del espécimen durante la prueba, las cuales no deberán ser consideradas a menos que exista una evidencia definitiva de que son el resultado de inclusiones de escoria u otros defectos internos.

### Ensayo radiográfico

Cuando el soldador u operador de máquina es calificado por examen radiográfico, la mínima longitud a exáminar será de 6".

### Criterios de aceptación para la Inspección radiográfica

Las pruebas de calificación efectuadas por un soldador u operador, se considerán inaceptables cuando la radiografía del ensamble de prueba exhiba cualquier imperfección fuera de los límites que se especifican en el documento aplicable.

### Aprobación del soldador u operador de máquina soldadora

El Ingeniero en soldadura revisará e interpretará los resultados de todas las pruebas y de la información complementaria que haya sido reportada durante la prueba de calificación del soldador y si todos los resultados son aceptados se procederá a la emisión del Registro de calificación. (WPS)

### Vigencia de la calificación del soldador u operador de máquina soldadora

El soldador u operador de máquina soldadora deberá renovar su calificación, cuando en un período de tres meses no haya aplicado el proceso en que este calificado. Este período se pede extender hasta seis meses cuando haya estado trabajando con cualquier otro tipo de proceso.

El soldador u operador de máquina soldadora será recalificado cuando se cambien una o más variables esenciales de las listadas en el WPS en el que ha sido calificado.

La calificación quedará temporalmente sin efecto, cuando a juicio del Ingeniero en soldadura, se considere que no posee la habilidad para realizar soldaduras sanas. En este caso, el soldador deberá recalificarse y su examinación será obligatoriamente por ensayos destructivos.

### Recalificación del soldador u operador de máquina soldadora

Un soldador u operador de máquina soldadora deberá ser recalificado cuando:

- A juicio del Ingeniero en soldadura considere que no posee la habilidad para realizar soldaduras sanas.
- Haya transcurrido más tiempo de lo estipulado.
- Existan modificaciones de las variables esenciales en el WPS que se esta calificando.
- Haya reprobado su prueba de calificación.
- Tenga más de tres rechazos en el lapso de treinta días por inspección radiográfica.

La prueba de recalificación puede ser una de las siguientes:

- Hacer la soldadura de dos ensambles de prueba similares a los que reprobó, debiendo aprobar en los dos ensambles el examen no destructivo.
- Ser enviado a entrenamiento por espacio de 30 días y presentar un nuevo examen.

#### INFORMACIÓN GENERAL QUE DEBE CONTENER EL WPQ

- Nombre y dirección de la Compañía.
- Fecha de emisión del WPQ.
- Fecha de aplicación del WPQ.
- Nombre completo del soldador u operario.
- Identificación que va a usar en sus uniones.
- Categoría del soldador.
- Información del WPS que debe contener el WPQ.
- Número del WPS en que se calificó el soldador.
- Fecha de emisión del WPS aplicable.
- Revisión del WPS.
- Proceso de soldadura en que se calificó al soldador.

- Tipo de proceso en que se calificó el soldador.
- Clasificación del metal base de acuerdo al número y grupo P.
- Clasificación según ASME/ASTM del metal base.
- Espesor del ensamble de prueba.
- Diámetro del ensamble de prueba.
- Indicar el número F del material de aporte.
- Indicar el número A del material de aporte.
- Indicar el número SFA del material de aporte.
- Clasificación según el Código AWS.
- Indicar la posición en que se soldó el ensamble de prueba.
- Indicar la progresión en que se realiza el programa de la soldadura.
- Indicar si la corriente fue alterna (A.C.) o directa (D.C.).
- Indicar si la polaridad es directa (el electrodo está conectado al polo negativo) o polaridad invertida (el electrodo está conectado al polo positivo.)
- Indicar el ámbito del voltaje durante la soldadura del ensamble de prueba.
- Indicar el ámbito del amperaje durante la soldadura del ensamble de prueba.
- Indicar el tipo de gas empleado.
- Información de los consumibles que debe contener el WPO.
- Indicar el diámetro o diámetros del metal de aporte y su nombre comercial.
- Indicar el nombre comercial del gas de protección.
- Número de folio del laboratorio bajo el cual está registrado el ensamble de prueba.
- Información del ensayo de doblez que debe contener el WPO.
- Pruebas de doblez guiadas, tipo y número de figura.
- Resultado del ensayo de doblez.
- Información del ensayo radiográfico que debe contener el WPO.
- Número del reporte radiográfico que contiene el resultado del examen.

- Fecha de examen radiográfico.
- Indicar cual es el resultado del examen radiográfico.
- Describir la fractura de la prueba de doblez de la soldadura de filete.
- Defectos totales como porcentaje de la longitud de la prueba de doblez de la soldadura de filete.
- El Registro deberá ser firmado por el Ingeniero en Soldadura.

VI.- DESARROLLO Y RESULTADOS DE LA CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA.

La intención de esta monografía es la de ayudar a la comprensión de los Códigos y Normas que rigen en la calificación de los procedimientos de soldadura y soldadores.

Por lo anterior se desarrolló la calificación de dos procedimientos de soldadura bajo un control estricto.

Se realizaron las siguientes pruebas especificadas por ASME IX, API 6 A y NACE STANDARD MR - 0175.

Ensayos de Tensión:	QW-150, QW-151, QW-153, QW-153.1, QW-451.1
Ensayos de Doble:	QW-160, QW-161.1, QW-163.
Ensayos de Analisis Químicos:	API 6A, SECCION VI 503.3
Ensayos de Dureza:	En metal Base, Zona Termicamente afectada y metal de Soldadura, API 6A, SECCION VI 503.3 NACE-01-75 3.4.1; RC 22 Máximo.

ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA NO. PAM-052 POR NO. RAM-052

REVISIONES Original Original

PROCESO(S) DE SOLDADURA: ELECTRODO RECUBIERTO (SMAW) TIPO(S): Manual

UNIONES (QW-402)

DISEÑO DE LA JUNTA: Ranura, filete, excavación, reparación y reconstrucción.

RESPALDO: N.A. TIPO DEL MATERIAL DE RESPALDO: N. A.

ESQUEMAS, DETALLES Y/O DESCRIPCION DE LAS UNIONES: La configuración de la junta se indica en los dibujos de producción, para reparaciones la configuración es variable.

METALES DE BASE (QW-403)

P. No.	N.A.	Grupo No.	N.A.	A	P. No.	N.A.	Grupo No.	N.A.
ESPECIFICACION TIPO Y GRADO:		AISI 4140		A		A	AISI 4140	

ANALISIS QUIMICO Y PROPIEDADES MECANICAS:

Límite elástico mínimo 60 000 lb/pulg<sup>2</sup> (42.19 kg/mm<sup>2</sup>)

Resistencia a la tensión 85 000 lb/pulg<sup>2</sup> (59.7 kg/mm<sup>2</sup>)

AMBITO DE ESPESOR

- |                         |                                  |        |       |
|-------------------------|----------------------------------|--------|-------|
| a) METAL BASE:          | Ranura 3/16" -8" (4.7mm - 203mm) | FILETE | Todos |
| b) METAL DEPOSITADO:    | Ranura 3/16" -8" (4.7mm - 203mm) | FILETE | Todos |
| c) DIAMETRO DE TUBERIA: | Ranura 2 7/8" y Mayores          | FILETE | Todos |

OBSERVACIONES: Este procedimiento es aplicable para fabricación, reconstrucción y reparación de equipos y componentes AISI 4140

- Ningún paso de soldadura debe tener un espesor mayor 1/2" (12.7mm)

NOTA: Para reparaciones aplicar lo siguiente: dar tratamiento térmico posterior a la soldadura (PWHT) si la profundidad de la reparación excede 1/4" 6 si el área de la misma excede 6" pulg. 2

MATERIAL DE APORTE (QW-404)

F. No. 4 (cuatro) A No. 3 (tres)  
 Especificación No. (S F A) 5.5 Clasificación (A W S) E 8018-82  
 Diametros permitidos 1/8"; 5/32"; 3/16"; 1/4"; (3.2; 4.0; 4.8; 6.3mm)

POSICIONES DE APLICACION (QW-405)

Posiciones permitidas para ranuras 1G - 2G (Plano-horizontal)  
 Posiciones permitidas para filetes 1F - 2F (Plano-horizontal)  
 Progresión de soldadura N. A.

CONDICIONES DE PRECALENTAMIENTO (QW-406)

CONDICION	TEMPERATURA	ESPESOR
Temperatura mínima de Precalentamiento	180°C	Menor a 1 1/2"
	300°C	Mayores de 1 1/2"
Temperatura máxima de interpaso	400°C	Todos
Forma de mantenimiento de la temperatura	Mechero de gas	
Forma de enfriamiento despues de la soldadura	Al aire quieto	

COMENTARIOS: La temperatura de precalentamiento debera ser homogenea en por lo menos (3) pulgadas a cada lado de la unión.

La temperatura de interpasos debera ser medida a 1" pulgada de distancia de - la unión y sobre el metal base.

Utilizar crayones termicos de valor adecuado.

TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA (QW -407)

TIPO DE TRATAMIENTO TERMICO Relevado de esfuerzos  
 AMBITO DE TEMPERATURA 620°C - 670°C  
 TIEMPO DE RESIDENCIA 1 hora/pulgada de espesor

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)

TIPO DE CORRIENTE (CA o C.C.) Corriente continua (C.C.)

CONEXION DEL ELECTRODO AL BORNE Positivo

DIAMETRO	VARIACION AMPERAJE	VARIACION VOLTAJE	OBSERVACIONES
1/8" (3.2mm)	100-140	22-24	Mantener el arco lo mas
5/32" (4.0mm)	140-190	22-25	corto posible.
3/16" (4.8mm)	190-250	25-28	
1/4" (6.3mm)	260-340	25-28	

TECNICA A EMPLEAR (QW-410)

TIPO DE CORDON O CORDONES Rectos y oscilados

LIMPIEZA INICIAL Y DE INTERPASOS Esmerilado y/o cepillo de alambre

METODO DE LIMPIEZA DE RAIZ Esmerilado

PASO MULTIPLE O SENCILLO Multiple ELECTRODO MULTIPLE O SENCILLO sencillo

VELOCIDAD DE AVANCE N. A. OSCILACION Tres (3) veces diametro del electrodo (maximo)

ENDEREZADO POR MARTILLADO N.A.

CAPA	PROCESO	ELECTRODO CLASE	ELECTRODO DIAMETRO	CORRIENTE POLARIDAD	AMPS.	VOLTS	VELOCIDAD AVANCE
1-3	SAW	E 8018-B2	1/8"	POSITIVO	100-140	22-24	N.A.
Resto	SAW	E 8018-B2	5/32"	POSITIVO	140-190	22-25	N.A.
Resto	SAW	E 8018-B2	3/16"	POSITIVO	190-250	25-28	N.A.
Resto	SAW	E 8018-B2	1/4"	POSITIVO	260-340	25-28	N.A.

OBSERVACIONES ADICIONALES: Para la calificación de este WPS se realizaron las pruebas especificadas por ASME Sección IX, API 6A y NACE Standard MR-0175.

## CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR)

WPS No. PAM-052                      FECHA EMISION                      REVISION Original  
 PROCESO(S) DE SOLDADURA SMAW                      PQR: RAM-052  
 TIPOS (MANUAL, AUTOMATICO, SEMI-AUTO)                      Manual

UNIONES (QW-402) Fig. # 20

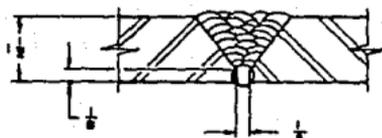


FIGURA No. 20

METALES BASE (QW-403)

TIPO O GRADO AISI 4140

P. No. N.A. a P. No. N.A.

ESPESOR CALIFICADO 1 1/2" (38.1mm)

Califica de 3/16" a 8"

METALES DE APORTE (QW-404)

ANALISIS DE METAL DE APORTE A No. 3

TAMAÑO DE ELECTRODO 1/8"; 5/32"; 3/16"

METAL DE APORTE F No. 4

ESPECIFICACION SFA 5.5

CLASIFICACION AWS E 8018-B2 (AGA)

POSICION (QW-405)

POSICION DE LA RANURA 2G(HORIZONTAL)

PRECALENTAMIENTO (QW-406)

TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO 310° C

TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR (QW-407)

TEMPERATURA 620°C

TIEMPO 2 horas 15 minutos

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)

CORRIENTE Continua

POLARIDAD Electrodo positivo

1/8" (100-130) AMPERS 23 Volts

5/32" (140-180) AMPERS 24 Volts

3/16" (180-200) AMPERS 25 Volts

TECNICA (QW-410)

FORMA DEL CORDON (AMPLITUD) recto

OSCILACION Maxima 3 veces D. electrodo

ELECTRODO SENCILLO O MULTIPLE sencillo

## ENSAYOS DE DOBLEZ (QW-160)

No. PROBETA	IDENTIFICACION	RESULTADO
1	PAM-052-B2	Satisfactorio
2	PAM-052-B2	Satisfactorio
3	PAM-052-B2	Satisfactorio
4	PAM-052-B2	Satisfactorio

## ENSAYO DE TENSION (QW-150)

VALORES ESPECIFICADOS (MINIMOS)		60 000	85 000	18	35		
No. PROBETA	MATERIAL	LIMITE ELASTICO Kg/mm <sup>2</sup> lb/pulg <sup>2</sup>		RESIST. A LA TENSION Kg/mm <sup>2</sup> lb/pulg <sup>2</sup>		% ELONG	% RED. AREA
5	AISI-4140	52.7	75 000	66.8	95 000	20	67
6	AISI-4140	52.7	75 000	66.8	95 000	20	64

## ANALISIS QUIMICOS (ELECTRODO)

VALORES ESPECIFICADOS		.05/.12	.040 MAX	.80 MAX	.90 MAX	.030 MAX	1.0/1.5	N/A	.40/.65
MATERIAL	IDENTIFICACION	% C.	% S	% SI	% Mn	% P	% Cr	% Ni	% Mo
E 8018-B2	PAM-052-B2	.053	.015	.34	.89	.013	1.26	.07	.54

## ANALISIS QUIMICOS (MATERIAL BASE)

VALORES ESPECIFICADOS		.38/.43	.040 MAX	.15/.30	.75/1.0	.035 MAX	.80/1.10	.25 MAX	.15/.25
MATERIAL	IDENTIFICACION	% c.	% S	% SI	% Mn	% P	% Cr	% NI	% Mo
4140	PAM-052-B2	.41	.010	.18	.88	.011	.89	.05	.18

## DUREZA



FIGURA No. 21

## LOCALIZACION DE LECTURAS DE DUREZA

1) 95 HRb	2) 93 HRb	3) 99 HRb	4) 97 HRb
5) 95 HRb	6) 21 HRc	7) 20 HRc	8) 20 HRc
9) 22 HRc	10) 21 HRc	11) 20 HRc	12) 20 HRc
13) 94 HRb	14) 95 HRb	15) 95 HRb	16) 94 HRb
17) 94 HRb	18) 95 HRb		

CERTIFICO QUE LA INFORMACION ASENTADA EN ESTE REGISTRO ES CORRECTA Y QUE LOS ENSAMBLES Y PRUEBAS SE PREPARARON, SOLDARON Y PROBARON DE ACUERDO A LOS REQUERIMIENTOS DEL CODIGO ASME SECCION IX.

RESPONSABLE: Gilberto Martínez Valencia.

## REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADORES Y OPERADORES (WFO)

NOMBRE DEL SOLDADOR:

NUMERO DE TARJETA:

IDENTIFICACION:

CATEGORIA:

CALIFICACION DE ACUERDO AL WFS: PAM-052 FECHA DE EMISION:

REVISION:

PROCESO DE SOLDADURA: SMAW

TIPO: Manual

METAL BASE (QW-403) P No. N.A. a P No. N.A.CLASIFICACION ASME/ASTM N.A. a N.A.ESPESOR DEL ENSAMBLE DE PRUEBA 1 1/2" (38.1mm)

METAL DE APORTE (QW-404) AWS: E 8018-B2

F No. 4(CUATRO) A No. 3(TRES) ESPEC. SFA No. 5.5

NOTA: Metal base AISI 4140

POSICION DE PRUEBA (QW-405) 2G PROGRESION: N.A.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)

CORRIENTE (AC, DC) Continua POLARIDAD INVERTIDA (ELECTRODO-POSITIVO).AMPERAJE 90-340 VOLTAJE 22-28RESULTADO DE LA PRUEBA DE DOBLEZ: Satisfactorio

NOTA: Soldador calificado al soldar el ensamble de prueba para la calificación del procedimiento de soldadura PAM-052 REV. original

VARIABLES DEL PROCESO	REGISTRO DE LOS PARAMETROS DE CALIFICACION	LIMITES EN LOS QUE QUEDAN CALIFICADOS
PROCESO	ARCO MANUAL (SMAW)	SMAW
TIPO DE PROCESO	MANUAL	MANUAL
RESPALDO	SIN RESPALDO	CON/SIN RESPALDO
METAL BASE	AISI 4140	AISI 4140
ESPESOR DE RANURA	1 1/2" (38.1mm)	3/16"-8"(4.7mm-203mm)
FILETE	N.A.	TODOS

VARIABLES DEL PROCESO	REGISTRO DE LOS PARAMETROS DE CALIFICACION	LIMITES EN LOS QUE QUEDAN CALIFICADOS
DIAMETRO/RANURA	N.A.	2 7/8" Y MAYORES
DIAMETRO/FILETE	N.A.	2 7/8" Y MAYORES
METAL DE APORTE ESPECIFICACION No.	5.5	5.1 Y 5.5
CLASIFICACION	E 8018-B2	E 8018-B2
No. F	4 (CUATRO)	F 4
ESPESOR/METAL DEPOSITADO/ RANURA	1 1/2" (38.1mm)	3/16"-8" (4.7mm 203mm).
ESPESOR/METAL DEPOSITADO/ FILETE	N.A.	N.A.
POSICION	2G	1F, 2F, 1G Y 2G
CORRIENTE	CONTINUA	CONTINUA
POLARIDAD	INVERTIDA ELECTRODO POSITIVO	INVERTIDA ELECTRODO POSITIVO

CERTIFICO QUE LA INFORMACION ASENTADA EN ESTE REGISTRO ES CORRECTA Y QUE LOS ENSAMBLES Y PRUEBAS SE PREPARARON, SOLDARON Y PROBARON DE ACUERDO A LOS REQUE RIMIENTOS DEL CODIGO ASME SECCION IX.

RESPONSABLE: Gilberto Martínez Valencia

ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA No. PAS-019 POR No. RAS-019

REVISIONES Original Original

PROCESO(S) DE SOLDADURA: ARCO SUMERGIDO (SAW) TIPO(S): SEMIAUTOMATICO

UNIONES (QW-402)

DISEÑO DE LA JUNTA: Ranura, cavidad, filete, excavación o reconstrucción.

RESPALDO: Si TIPO DEL MATERIAL DE RESPALDO: E 7018-A1.

ESQUEMAS, DETALLES Y/O DESCRIPCION DE LAS UNIONES: La configuración de la ranura o su preparación se indica en el dibujo de la pieza a soldar. para reparaciones, la preparación sera según sea necesario.

METALES DE BASE (QW-403)

P. No. 1 (UNO) Grupo No. 1 y 2 A P. No. 1(UNO) Grupo No. 1 y 2

ESPECIFICACION TIPO Y GRADO:

ASME SA 105, ASME SA 515 GRADO 70 A ASME SA 105, ASME SA 515 GRADO 70.

ANALISIS QUIMICO Y PROPIEDADES MECANICAS:

Acero al carbon con 70,000 PSI de resistencia a la tensión. A Acero al carbon con 70,000 PSI de resistencia a la tensión.

AMBITO DE ESPESOR

a) METAL BASE: RANURA	3/16" a 8" (4.8mm a 203mm)	FILETE	Todos
b) METAL DEPOSITADO: RANURA	3/16" a 8" (4.8mm a 203mm)	FILETE	Todos
c) DIAMETRO DE TUBERIA: RANURA	Limita el metal Base	FILETE	Todos

OBSERVACIONES: Este procedimiento se aplica a piezas de acero al carbon incluyendo a materiales P No. 1 Grupo 1 y 2.

Ningún paso de soldadura debera tener un espesor mayor de 1/2" (13mm)

MATERIAL DE APORTE (QW-404)

F. No. 6 (SEIS) A No. 1 (UNO)  
 ESPECIFICACION No. (SFA) 5.17 CLASIFICACION (AWS) EM 13K  
 DIAMETROS PERMITIDOS 3/32" (2.4mm), 1/8" (3.2mm), 5/32" (4.0mm) 3/16" (4.8mm)  
 CLASIFICACION FUNDENTE Y ELECTRODO (SAW) F6PO-EM13K  
 NOMBRE COMERCIAL DEL FUNDENTE PV-70-13 PV-60-3.

POSICIONES DE APLICACION (QW-405)

POSICIONES PERMITIDAS PARA RANURAS 1 G PLANA; 1 GR Plano rotado  
 POSICIONES PERMITIDAS PARA FILETES 1 F Plana  
 PROGRESION DE SOLDADURA N. A.

CONDICIONES DE PRECALENTAMIENTO (QW-406)

CONDICION	TEMPERATURA	ESPESOR
TEMPERATURA MINIMA DE PRECALENTAMIENTO	50°C	Menor a 1 1/2"
TEMPERATURA MAXIMA DE INTERPASE	100°C	Mayores de 1 1/2"
TEMPERATURA MAXIMA DE INTERPASE	350°C	Mayor de 1"
FORMA DE MANTENIMIENTO DE LA TEMPERATURA	Quemador de gas o en horno	
FORMA DE ENFRIAMIENTO DESPUES DE LA SOLDADURA	Aire quieto	

COMENTARIOS: La temperatura de precalentamiento debera ser homogenea a por lo menos 3" (tres) pulgadas a cada lado de la unión antes de soldar.

La temperatura maxima de interpasos debe ser medida a 1" (una) pulgada de distancia de la soldadura y sobre el metal Base.

Las temperaturas se deben medir con crayones termicos.

TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA (QW-407)

TIPO DE TRATAMIENTO TERMICO Relevado de esfuerzos  
 AMBITO DE TEMPERATURA 600°C - 650°C  
 TIEMPO DE RESIDENCIA 1 hora/ pulgada de espesor

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)

78

TIPO DE CORRIENTE (CA o C.C.) Continua  
 CONEXION DEL ELECTRODO AL BORNE Positivo (polaridad invertida).  
 DIAMETRO Y TIPO DEL ELECTRODO DE TUGSTENO N. A.

DIAMETRO	VARIACION AMPERAJE	VARIACION VOLTAJE	OBSERVACIONES
3/32" (2.4mm)	250/350	28-32	Se debe mantener la distancia a la punta de contacto constante para evitar variaciones de voltaje y amperaje.
1/8" (3.2mm)	350/450	28-32	
5/32" (4.0mm)	450/600	28-32	
3/16" (4.8mm)	550/700	28-32	

TECNICA A EMPLEAR (QW-410)

TIPO DE CORDON O CORDONES Pasos de relleno rectos  
 LIMPIEZA INICIA Y DE INTERPASOS Esmerilado, cincel, electrodo de carbono, cepillo de alambre.  
 METODO DE LIMPIEZA DE RAIZ Electrodo de carbono, esmerilado  
 LONGITUD DE LA PUNTA DE CONTACTO 7/8" a 1 1/2".  
 PASO MULTIPLE O SENCILLO Multiple ELECTRODO MULTIPLE O SENCILLO Sencillo  
 VELOCIDAD DE AVANCE 12-16 PULG/MIN. OSCILACION N. A.  
 ENDEREZADO POR MATILLADO No se permite el enderezado por martillado

CAPA	PROCESO	ELECTRODO CLASE	ELECTRODO DIAMETRO	CORRIENTE POLARIDAD	AMPS.	VOLTS	VELOCIDAD AVANCE
1)RAIZ	. SMAW	E 7018-A1	1/8"(3.2mm)	POSITIVA	90-125	20/30	N.A.
2)PASO CALIENTE	. SMAW	E 7018-A1	5/32"(4.0mm)	POSITIVA	150-200	20/30	N.A.
3) RELLENO y VISTA	SAW	F6PO-EM 13K	3/32"(3.0mm)	POSITIVA	250-350	28/32	12/16 pulg/min
	SAW	F6PO-EM 13K	1/8" (3.2mm)	POSITIVA	350-450	28/32	12/16 pulg/min
	SAW	F6PO-EM 13K	5/32"(4.0mm)	POSITIVA	450-600	28/32	12/16 pulg/min
	SAW	F6PO-EM 13	3/16"(4.8mm)	POSITIVA	550-700	28/32	12/16 pulg/min

OBSERVACIONES ADICIONALES: Para la calificación de este WPS se realizaran las pruebas especificas por ASME Sección IX, API 6A y NACE Standar MR-0175.

WPS No. PAS-019      FECHA EMISION      REVISION Original  
 PROCESO(S) DE SOLDADURA ARCO SUMERGIDO (SAW)      PQR: RAS-019-A  
 TIPOS (MANUAL, AUTOMATICO, SEMI-AUT.) Máquina (semiautomatica)  
UNIONES (QW-402) Fig. # 22

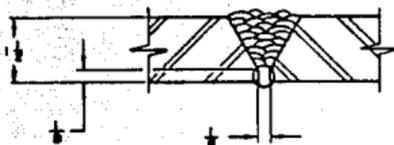


FIGURA No. 22

METALES BASE (QW-403)

ESPEC. DE MATERIAL: ASME SA 515

TIPO O GRADO 70

P. No. 1 Grupo 2 a P. No. 1 Grupo 2

ESPESOR CALIFICADO Probeta de 1 1/2"

Califica de 3/16" a 8" Pulg.(4.8 a 203mm)

METALES DE APORTE (QW-404)

ANALISIS DE METAL DE APORTE Al

TAMAÑO DE ELECTRODO 1/8"

METAL DE APORTE F No. 6

ESPECIFICACION SFA 5.17 (AWS A 5.17)

CLASIFICACION AWS F6PO E4-13K

El aporte de raíz se efectuó con

E 7018-Al

Se utilizó fundente aglomerado PV70-13

POSICION (QW-405)

POSICION DE LA RANURA 1G Plana

PRECALENTAMIENTO (QW-406)

Temperatura de Precalentamiento 100°C

Temperatura de interpaso 320°C

TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR (QW-407)

TEMPERATURA 620°C

TIEMPO 1 hr. 30 min.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)

CORRIENTE Continua

POLARIDAD Electrodo al Positivo

	AMPERS	VOLTS
(SMAW) 1/8"	100-120	24-26
(SMAW) 5/32"	150-200	24-26
(SAW) 1/8"	400-450	29-30

TECNICA (QW-410)

VELOCIDAD 14 pulg/min

FORMA DE CORDON (AMPLITUD) Recto

UN PASO O MULTIPASOS (POR LADO) Multiple

ENSAYOS DE DOBLEZ (QW-160)

80

No. PROBETA	IDENTIFICACION	RESULTADO
1	PV 70-13	Satisfactorio
2	PV 70-13	Satisfactorio
3	PV 70-13	Satisfactorio
4	PV 70-13	Satisfactorio

ENSAYO DE TENSION (QW-150)

VALORES ESPECIFICADOS (MINIMOS)                      60 000                      70 000/90 000                      21

No. PROBETA	MATERIAL	LIMITE ELASTICO		RESIST. A LA TENSION		% ELONG
		Kg/mm <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	Kg/mm <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	
5	A 515-70	34.1	48 500	55.2	78 500	22
6	A 515-70	35.86	51 000	55.9	79 500	21

ANALISIS QUIMICOS

VALORES ESPECIFICADOS		.07/.19	.035 MAX	.35/.75	.90/1.40	.035 MAX					.35 MAX
MATERIAL	IDENTIFICACION	% C.	% S	% SI	% Mn	% P	% Cr	% Ni	% Mo	% Cu	
EM13K + PV 70-13	RAS 019-A	.07	.012	.35	1.86	.011	.056	.037	.01	.06	

ENSAYOS DE TENACIDAD (QW-170)

No. PROBETA	TIPO DE ENTALLA	TEMP. DE PRUEBA	VALORES DE IMPACTO
7	"V"	-18°C	42
8	"V"	-18°C	43
9	"V"	-18°C	21
10	"V"	-18°C	70
11	"V"	-18°C	
PROMEDIO =			44 ft-lb

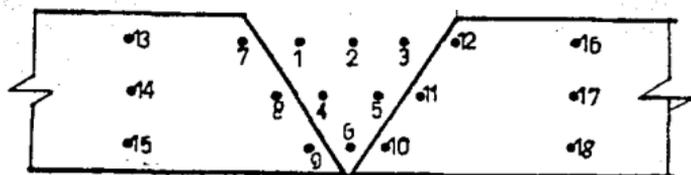


FIGURA No. 23

## LOCALIZACION DE LECTURAS DE DUREZA

1)	95 HRb	2)	96 HRb	3)	95 HRb	4)	97 HRb
5)	95 HRb	6)	99 HRb	7)	84 HRb	8)	85 HRb
9)	86 HRb	10)	84 HRb	11)	84 HRb	12)	84 HRb
13)	76 HRb	14)	75 HRb	15)	78 HRb	16)	77 HRb
17)	78 HRb	18)	79 HRb				

CERTIFICO QUE LA INFORMACION ASENTADA EN ESTE REGISTRO ES CORRECTA Y QUE LOS ENSAMBLES Y PRUEBAS SE PREPARARON, SOLDARON Y PROBARON DE ACUERDO A LOS REQUE~~R~~RIMIENTOS DEL CODIGO ASME SECCION IX.

RESPONSABLE: Gilberto Martínez Valencia.

NOMBRE DEL SOLDADOR:

NUMERO DE TARJETA:

IDENTIFICACION:

CATEGORIA:

CALIFICACION DE ACUERDO AL WPS: PAS-019 FECHA DE EMISION: REVISION:PROCESO DE SOLDADURA: ARCO SUMERGIDO TIPO: SemiautomaticoMETAL BASE (QW-403) P No. 1 (UNO) Grupo 2 A P No. 1 (UNO) Grupo 2CLASIFICACION ASME/ASTM SA 515 GRADO 70 A SA 515 GRADO 70ESPEJOR DEL ENSAMBLE DE PRUEBA 1 1/2" (38.1mm)METAL DE APORTE (QW-404) AWS: F6PO-EM13KF No. 6 (SEIS) A No. 1 (UNO) ESPEC. SFA No. 5.17POSICION DE PRUEBA (QW-405) 1 G PROGRESION: N.A.CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)CORRIENTE (AC, DC) Continua POLARIDAD INVERTIDA (ELECTRODO-POSITIVO).AMPERAJE 250-700 VOLTAJE 28-32RESULTADO DE LA PRUEBA DE DOBLEZ: Satisfactorio

NOTA: Soldador calificado al soldar el ensamble de prueba para la calificación del procedimiento de soldadura PAS-019 REV. Original

VARIABLES DEL PROCESO

REGISTRO DE LOS PARAMETROS DE CALIFICACION

LIMITES EN LOS QUE QUEDAN CALIFICADOS

PROCESO

ARCO SUMERGIDO (SAW)

ARCO SUMERGIDO (SAW)

TIPO DE PROCESO

SEMIAUTOMATICO

SEMIAUTOMATICO

RESPALDO

CON RESPALDO

CON RESPALDO

METAL BASE

SA 515 GRADO 70

SA 515 GRADO 70

ESPEJOR DE RANURA

1 1/2" (38.1mm)

3/16"-8(4.7mm-203mm)

FILETE

N. A.

TODOS

VARIABLES DEL PROCESO	REGISTRO DE LOS PARAMETROS DE CALIFICACION	LIMITES EN LOS QUE QUEDAN CALIFICADOS
DIAMETRO/RANURA	N. A.	2 7/8" Y MAYORES
DIAMETRO/RANURA	N. A.	2 7/8" Y MAYORES
METAL DE APORTE ESPECIFICACION No.	5.17	5.17
CLASIFICACION	F6PO-EM13K	F6PO-EM13k
No. F	6 (SEIS)	6 (SEIS)
ESPESOR/METAL DEPOSITADO/RANURA	1 1/2" (38.1mm)	3/16"-8" (4.7mm-203mm).
ESPESOR/METAL DEPOSITADO/FILETE	N. A.	N. A.
POSICION	1G (PLANA)	1G y 1F
CORRIENTE	CONTINUA	CONTINUA
POLARIDAD	INVERTIDA ELECTRODO POSITIVO	INVERTIDA ELECTRODO POSITIVO

CERTIFICO QUE LA INFORMACION ASENTADA EN ESTE REGISTRO ES CORRECTA Y QUE LOS ENSAMBLES Y PRUEBAS SE PREPARARON, SOLDARON Y PROBARON DE ACUERDO A LOS REQUE-  
RIMIENTOS DEL CODIGO ASME SECCION IX.

RESPONSABLE: Gilberto Martínez Valencia

- WPS Welding Procedure Specification  
Especificación de Procedimiento de Soldadura.
- PQR Procedure Qualification Record  
Calificación del Procedimiento de Soldadura.
- WPQ Welder/Welding Operator Performance Qualification  
Calificación de Soldadores y Operadores de Máquinas Soldadoras.
- SMAW Shielded Metal-Arc Welding  
Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido.
- GMAW Gas Metal-Arc Welding  
Soldadura por arco eléctrico con microalambre y gas de protección.
- FCAW Flux Cored Arc Welding  
Soldadura por arco eléctrico con alambre tubular, con y sin gas de protección.
- SAW Submerged Arc Welding  
Soldadura de arco sumergido.
- PAW Plasma Arc Welding  
Soldadura por arco plasma transferido.
- ESW Electroslag Welding  
Soldadura por escoria fundida.
- GTAW Gas Tungsten-Arc Welding  
Soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno y gas de protección.
- AWS American Welding Society  
Sociedad Americana de Soldadura.
- ASNT American Society for Nondestructive Testing  
Sociedad Americana de Ensayos No destructivos.
- ANSI American National Standards Institute  
Instituto Nacional Americano de Normas.
- ASTM American Society for Testings and Materials  
Instituto Americano de Pruebas y Materiales
- API American Petroleum Institute  
Instituto Americano del Petroleo
- IIW International Institute of Welding  
Instituto Internacional de Soldadura.

ASME American Society of Mechanical Engineers  
Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

SECTION IX Qualificación Standard for Welding and Brazing Procedures,  
Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators.

SECCION IX Estandares para calificación de procedimientos en Soldadura  
y Soldadura Fuerte, Soldadores, Soldadores especializados en  
Soldadura Fuerte y Operadores de Máquinas Automáticas de Sol-  
dar y especializados en Soldadura Fuerte.

SECTION II Material Specifications

Part A Ferrous Materials

Part B Nonferrous Materials

Part C Welding Rods, Electrodes and Filler Metals

SECCION II Especificación de Materiales

Parte A Materiales Ferrosos

Parte B Materiales no Ferrosos

Parte C Alambres de Soldadura, Electroodos y Metales de aporte.

No. F Grouping of Electrodes and Welding Rods for Qualification

No. A Classification of Ferrous Weld Metal Analysis for Procedure Qualifica-  
tion

SFA

## VII.- CONCLUSIONES

De acuerdo al Trabajo realizado se llegó a las siguientes conclusiones:

- La correcta aplicación de los criterios a seguir en el desarrollo de la especificación del procedimiento de soldadura (WPS), calificación del procedimiento de soldadura (PQR) y calificación del soldador u operador (WPQ), nos darán resultados confiables que ayudarán a satisfacer los requisitos de calidad especificados por los Códigos.
  
- Se desarrolló la calificación de dos procedimientos de soldadura y en base a los resultados de las pruebas obtenidas, nos permite afirmar que no se muestran variaciones fuera del Código, por lo anterior estos procedimientos son aplicables en las operaciones de soldadura, fabricación, reconstrucción y reparación de equipos y componentes para los materiales calificados.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- American Welding Society  
ANSI/AWS D1.1-90  
STRUCTURAL WELDING CODE STEEL  
Miami, Florida
- 2.- American Welding Society  
B 3.0-77  
WELDING PROCEDURE AND PERFORMANCE QUALIFICATION  
Miami, Florida
- 3.- American Petroleum Institute  
API Standard 1104  
1990  
STANDAR FOR WELDING PIPELINES  
AND RELATED FACILITIES  
Washington, D.C.
- 4.- AWS  
1980  
INTRODUCTORY WELDING METALLURGY  
Miami, Florida
- 5.- AWS QC 3-89  
STANDARD FOR AWS CERTIFIED WELDERS  
Miami, Florida
- 6.- AWS QC 4-89  
STANDARD FOR ACCREDITATION OF TEST FACILITIES  
FOR AWS CERTIFIED WELDER PROGRAM  
Miami, Florida
- 7.- AWS QC-1-88  
STANDARD FOR AWS CERTIFICATION OF WELDING INSPECTORS  
Miami, Florida
- 8.- AWS  
Welding Handbook  
1989  
WELDING TECHNOLOGY  
8o. Ed. Volumen 1  
Miami, Florida
- 9.- AWS  
Welding Handbook  
1989  
WELDING PROCESSES  
8o. Ed. Volumen 2  
Miami, Florida
- 10.- AWS  
Welding Handbook  
1989  
METALS AND THEIR WELDABILITY  
8o. Ed. Volumen 4  
Miami, Florida

- 11.- American Petroleum Institute  
API Specification 5L  
1990  
SPECIFICATION FOR LINE PIPE  
Washington, D.C.
- 12.- AWS  
ANSI/AWS B1.11-88  
GUIDE FOR THE VISUAL INSPECTION OF WELDS  
Miami, Florida
- 13.- AWS  
1980  
WELDING INSPECTION  
Miami, Florida Sda. Ed.
- 14.- AWS  
1988  
CERTIFICATION MANUAL FOR WELDING INSPECTORS  
Miami, Florida Sda. Ed.
- 15.- AWS  
1986  
WELDING INSPECTION TECHNOLOGY  
Miami, Florida
- 16.- ANSI/AWS A2.4-86  
STANDARD SYMBOLS FOR WELDING, BRAZING AND  
NONDESTRUCTIVE EXAMINATION  
Miami, Florida
- 17.- ANSI/AWS A3.0-89  
STANDARD WELDING TERMS AND DEFINITIONS  
Miami, Florida
- 18.- ANSI/AWS B1.10-86  
GUIDE FOR THE NONDESTRUCTIVE INSPECTION OF WELDS  
Miami, Florida
- 19.- AWS  
1989  
WELDING INSPECTION AND QUALITY CONTROL  
Miami, Florida
- 20.- ANSI/ASME B31.1  
POWER PIPING  
Washington, D. C.
- 21.- ANSI/ASME B31.3  
CHEMICAL PLANT AND PETROLEUM REFINERY PIPING  
Washington, D.C.
- 22.- ASME Boiler and Pressure Vessel Code  
SECTION IX  
WELDING AND BRASING QUALIFICATIONS  
Ed. 1990 New York, NY

- 23.- ASME Boiler and Pressure Vessel Code  
SECTION II "C"  
WELDING RODS, ELECTRODES AND FILLER METALS  
Ed. 1990 New York, NY
- 24.- A5.1-81  
COVERED CARBON STEEL ARC WELDING ELECTRODES,  
SPECIFICATION
- 25.- A5.5-81  
LOW ALLOY STEEL COVERED ARC WELDING ELECTRODES,  
SPECIFICATION
- 26.- A5.13-80  
SOLID SURFACING WELDING RODS AND ELECTRODES, SPECIFICATION
- 27.- A5.17-89  
CARBON STEEL ELECTRODES AND FLUXES FOR SUBMERGED  
ARC WELDING, SPECIFICATION FOR.
- 28.- A5.23-90  
LOW ALLOY STEEL ELECTRODES AND FLUXES FOR SUBMERGED ARC  
WELDING, SPECIFICATION FOR.
- 29.- A5.28-79  
LOW ALLOY STEEL FILLER METALS FOR GAS SHIELDED ARC  
WELDING SPECIFICATION FOR.