

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA



GUIA DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA
SOLDADORES Y OPERADORES DE SOLDADURA DE ACUERDO A
LAS NORMAS ASME IX Y AWS D1.1

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
POR

ALVARO RAUL GAITAN CEREZO

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO

GUATEMALA, MAYO DE 1,995

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

09
T(3648)
504

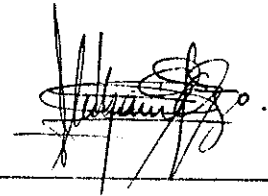
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

GUIA DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA,
SOLDADORES Y OPERADORES DE SOLDADURA DE ACUERDO A
LAS NORMAS ASME IX Y AWS D1.1

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 30 de Septiembre de 1991.

Br. _____



Alvaro Raul Gaitán Cerezo
Estudiante

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. JULIO ISMAEL GONZALES PODSZUECK
VOCAL 1	ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ GUERRA
VOCAL 2	ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORIZANO
VOCAL 3	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRÍA MENDEZ
VOCAL 4	BR. FREDY RODRIGUEZ QUEZADA
VOCAL 5	BR. MARIO N. MORALES SOLIS
SECRETARIO	ING. FRANCISCO JAVIER GONZALES LOPEZ

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

DECANO	ING. ROBERTO MAYORGA ROUGE
EXAMINADOR	ING. ALFONZO RENE AGUILAR MARROQUIN
EXAMINADOR	ING. EDGAR AGUSTIN CACERES CIFUENTES
EXAMINADOR	ING. RODOLFO GUILLERMO SANCHEZ MENDOZA
SECRETARIO	ING. FRANCISCO JAVIER GONZALES LOPEZ

Guatemala, 7 de mayo de 1994

Ingeniero
Miquel Angel Zetina T.
Coordinador Carrera de Ingeniería Mecánica,
Pte.

Ingeniero Zetina

Por medio de la presente me permito informar que ya he revisado el trabajo de tesis titulado "GUIA DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA, SOLDADORES Y OPERADORES DE SOLDADURA DE ACUERDO A LAS NORMAS ASME IX Y AWS D1.1", previo a optar por el título de Ingeniero Mecánico.

El trabajo presentado por el estudiante universitario ALVARO RAUI, GAITAN CEREZO, cumple con los objetivos de su programación, después de revisarlo le he dado la aprobación correspondiente en mi calidad de asesor.

Hago constar que los conceptos vertidos en este trabajo de tesis son responsabilidad del estudiante y del asesor.

Atentamente

Ingeniero Hector Alarcón Caceros
Colq. No 2540
Asesor



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela Técnica, Ingeniería en Sistemas Ingeniería Electrónica y Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.

Apartado Postal 217-1-01-907, Guatemala
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador del área Materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del asesor, y, habiendo revisado en su totalidad el trabajo titulado Guía de Calificación de Procedimiento de Soldadura, Soldadores y Operadores de Soldadura de Acuerdo a las Normas ASME IX y AWS D1.1, del estudiante Alvaro Raúl Gaitán Cerezo, recomienda la autorización.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Héctor Alfredo Alarcón Caceros

Coordinador de Area

Guatemala, septiembre de 1,994.

/bedei.



FACULTAD DE INGENIERIA

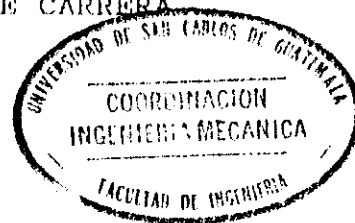
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela Técnica, Ingeniería en Sistemas Ingeniería Electrónica y Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.
Apartado Postal 217-I-01-907, Guatemala
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de área al trabajo de tesis titulado Guía de Calificación de Procedimiento de Soldadura Soldadores y Operadores de Soldadura de Acuerdo a las Normas ASME IX y AWS D1.1, del estudiante Alvaro Raúl Gaitán Cerezo, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Miguel Angel Zetina Toralla

COORDINADOR DE CARRERA



Guatemala, septiembre de 1,994.

/bedei.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela Técnica, Ingeniería en Sistemas Ingeniería Electrónica y Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.
Apartado Postal 217-1-01-907, Guatemala
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Coordinador de la Carrera de Ingeniería Mecánica, Ingeniero Miguel Angel Zetina Toralla, al trabajo de tesis Guía de Calificación de Procedimiento de Soldadura Soldadores y Operadores de Soldadura de Acuerdo a las Normas ASME IX y AWS D1.1, del estudiante universitario Alvaro Raul Gaitán Cerezo, procede a la autorización del mismo.

IMPRIMASE

ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK

DECANO



Guatemala, septiembre de 1,934.

/bedei.

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis:

A DIOS TODOPODEROSO

A MI MADRE:

MARCIA CIRA CEREZO FLORES

Con amor muy especialmente por su sacrificio,
enseñanza y educación continua.

A MI TIO:

RENE CEREZO

Por su apoyo

A MIS HERMANOS:

Javier	Gladys
Heidy	Silvia
Cira Victoria	Marcia
Edda Lilliana	

A LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA:

AGRADECIMIENTO

AL ING. HECTOR ALARCON:

Mi agradecimiento por su asesoría en el
presente trabajo.

A MIS COMPAÑEROS:

Por su amistad y colaboración

ALVARO RAUL GAITAN CEREZO

INDICE

	<u>PAGINA</u>
Lista de Figuras	I
Lista de cuadros y registros	II
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	3
 CAPITULO I	
1.0	Variables esenciales 4
1.1	Cómo afectan las variables en las juntas para su calificación 4
1.2	Tipos de variables para especificación de procedimientos de soldadura 5
1.2.1	Juntas 5
1.2.2	Metal base 7
1.2.3	Metal de aporte 7
1.2.4	Posiciones 7
1.2.4.1	Posiciones de chapa con chaflán 8
1.2.4.2	Posiciones de soldadura de filete 8
1.2.4.3	Posiciones de tubería con soldadura de filete 11
1.2.4.4	Posiciones de soldadura de tubería con chaflán 13
1.2.5	Precalentamiento 15
1.2.6	Tratamiento técnico post-soldadura 15
1.2.7	Gas 15
1.2.8	Técnica 15
1.2.9	Características eléctricas 15
1.3	Procesos de soldadura 16
1.3.1	Soldadura de arco metálico protegido 16
1.3.2	Soldadura de arco con núcleo de fundente 17
1.3.3	Soldadura de arco sumergido 17
1.3.4	Soldadura de arco protegido con gas 17
1.3.5	Soldadura de arco de tungsteno protegido con gas 17
1.4	Variables esenciales de AWS de cada proceso para calificación de procedimientos 18
1.4.1	Soldadura de arco metálico protegido 18
1.4.2	Soldadura de arco con núcleo de fundente 19
1.4.3	Soldadura de arco sumergido 20
1.4.4	Soldadura de arco protegido con gas 22

1.4.5	Soldadura de arco tungsteno protegido con gas	23
1.5	Variable de ASME IX de cada proceso	24
1.5.1	Juntas	24
1.5.2	Metal base	24
1.5.3	Metal de aporte	25
1.5.4	Posiciones	27
1.5.5	Pre calentamiento	27
1.5.6	Tratamiento técnico post soldadura	27
1.5.7	Gas	28
1.5.8	Características eléctricas	28
1.5.9	Técnica	29
1.6	Procedimientos precalificados de soldadura	33

CAPITULO II

2.0	Calificación de procedimientos de soldadura	34
2.1	Probetas	34
2.1.1	Localización de probetas de ensayo	40
2.2	Ensayos Mecánicos	22
2.2.0	Ensayos para Juntas	42
2.2.1	Ensayo de tensión en sección reducida	42
2.2.1.1	Probeta de tensión en sección reducida	43
2.2.2	Ensayo de doblado de raíz	46
2.2.3	Ensayo de doblado de cara	46
2.2.3.1	Probeta para doblado de cara y raíz	46
2.2.4	Ensayo de doblado de costado	48
2.2.4.1	Probeta de doblado de costado	49
2.2.5	Ensayo de doblado transversal	50
2.2.5.1	Probeta de doblado Transversal de cara y raíz	50
2.2.6	Ensayo de doblado longitudinal	51
2.2.6.1	Probeta de doblado longitudinal de cara y raíz	51
2.2.7	Dispositivo de doblado guiado	52
2.2.7.1	Procedimiento para el ensayo de doblado	53
2.2.8	Ensayo de corte	53
2.2.9	Ensayo para soldadura de filete	54
2.2.9.1	Ensayo de macrografía	55
2.2.9.2	Ensayo de corte a filete	56
2.2.9.2.1	Probeta para ensayo de corte a filete	56
2.2.9.3	Ensayo de soldadura de tubería a filete	56

2.2.9.3.1	Probeta de soldadura de tubería a filete	57
2.2.9.4	Ensayo de fractura	58
2.2.9.4.1	Probeta para ensayo de fractura	58
2.3	Ensayos no destructivos	58
2.3.1	Ensayo de radiografía	59
2.3.1.1	Sensibilidad radiografía	60
2.3.1.2	Profundidad de defectos	61
2.3.2	Ensayo de ultrasonido	61
2.3.2.1	Generación de ultrasonido	61
2.3.2.2	Tipos de vibraciones	62
2.3.2.3	Equipo de ensayo	62
2.3.2.4	Identificación de efectos	64
2.3.2.5	Procedimientos de inspección	64
2.3.2.6	Precauciones	65

CAPITULO III

CALIFICACION SOLDADURA Y OPERADORES DE SOLDADURA

3.1	Soldadores	66
3.1.1	Variables esenciales	66
3.1.2	Procesos	72
3.1.3	Ensayos	72
3.1.3.1	Probeta de ensayo de calificación con chaflán soldado para chapas de espesor limitado	72
3.1.3.1.2	Probeta de ensayo de chaflán soldado para calificación de placas de espesor ilimitado de placas de espesor ilimitado	74
3.1.3.1.3	Probeta de ensayo para calificación de soldadura a filete	75
3.1.4	Procedimiento de calificación para chapas estructurales y tuberías.	79
3.1.4.1	Tuberías redondas	79
3.1.4.2	Tubería cuadrada o rectangular	79
3.1.5	Límites para calificación de posiciones	81
3.1.5.1	Posiciones de ensayo de chapas soldadas con chaflán	81
3.1.5.2	Posiciones de ensayo de tubería con chaflán	81
3.1.5.3	Posiciones de ensayo de chapas soldadas a filete	82

3.1.5.4	Posiciones de ensayo de tubería a filete	82
3.2	Operadores de soldadura	85
3.2.1	Variables esenciales	86
3.2.2	Procesos	86
3.3	Ensayos	86
3.3.1	Prueba de chapa estructural	87
3.3.2	Prueba de calificación de procedimiento en placa con chaflán	88
3.3.3	Prueba de ensayo para cañería y tubería	88
3.3.4	Prueba para calificación de chapas aplicadas a tubería y cañería	88
3.3.5	Prueba para la calificación de soldadura de filete	88
3.4	Validez de la calificación	90
3.5	Re-ensayo	90
3.6	Período de efectividad	90

CAPITULO IV

CRITERIOS DE ACEPTACION

4.1	Para calificación de procedimientos de soldadura	91
4.1.1	Criterios de aceptación para la prueba de tensión	91
4.1.2	Criterios de aceptación para ensayo de doblado de raíz, cara y costado	91
4.1.3	Criterios de aceptación del ensayo de soldadura de filete	92
4.1.4	Criterio de aceptación del ensayo de macrografía.	93
4.1.5	Criterio de aceptación para la inspección visual de cañería y tubería	93
4.1.6	Criterios de aceptación radiográfico	94
4.1.7	Criterios de aceptación ultrasónico	94
4.1.8	Criterio de aceptación de imperfecciones en soldadura	95

CAPITULO V

REGISTROS DE CALIFICACION

5.1	Modelo de boleta de procedimiento de soldadura	100
5.2	Procedimiento de soldadura	102
5.3	Modelo del registro de calificación de procedimiento	104
5.4	Registro de calificación de procedimiento	106

LISTA DE FIGURAS

PAGINA

CAPITULO I:

FIGURA	1.1	Tipo de juntas, uniones y posiciones para soldar	6
FIGURA	1.2	Posiciones de chapa con chaflán	9
FIGURA	1.3	Posiciones de soldadura de filete para chapas	10
FIGURA	1.4	Posición de tubería con soldadura de filete	12
FIGURA	1.5	Posiciones de tubería con soldadura de chaflán	14

CAPITULO II:

FIGURA	2.1	Chapas de ensayo sugeridas para probetas	40
FIGURA	2.2	Esquema de una prueba a tensión	42
FIGURA	2.3	Probetas de tensión en sección reducida de AWS D1.1	43
FIGURA	2.4	Probeta de tensión en sección reducida para tubería de ASME IX.	44
FIGURA	2.5	Probeta de doblado de cara de AWS D1.1	46
FIGURA	2.6	Probeta de doblado de raíz de AWS D1.1	47
FIGURA	2.7	Probeta para doblado de costado de AWS D1.1	48
FIGURA	2.8	Probeta de doblado de costado de ASME IX	49
FIGURA	2.9	Probeta de doblado transversal de cara y raíz de ASME IX	50
FIGURA	2.10	Probeta de doblado longitudinal de cara y raíz de ASME IX	51
FIGURA	2.11	Máquina estándar para prueba de doblado guiado de AWS D1.1	52

FIGURA	2.12	Probeta para ensayo de corte con chafilán	54
FIGURA	2.13	Probeta para ensayo de corte a filete	56
FIGURA	2.14	Ensayo para soldadura de filete procedimiento de calificación de AWS D1.1	57
FIGURA	2.15	Espécimen usado en el ensayo de fractura de AWS D1.1	58
FIGURA	2.16	Penetrámetro de AWS D1.1	60
FIGURA	2.17	Diagrama de bloques de un detector de defectos del tipo pulso seco	63
CAPITULO III:			
FIGURA	3.1	Placa de ensayo para espesor limitado para todas posiciones Para calificación de soldadura	73
FIGURA	3.2	Placa de ensayo opcional para espesor limitado para posición horizontal para calificación de soldadura	73
FIGURA	3.3	Placa de ensayo para espesor ilimitado para calificación del soldador	75
FIGURA	3.4	Ensayo de placa opcional para espesor ilimitado. Para calificación de soldador. Posición horizontal	75
FIGURA	3.5	Soldadura de filete	76
FIGURA	3.6	Soldadura de filete para ensayo de doblado	77
FIGURA	3.7	Junta a tope en tubería, calificación de soldador sin respaldo	78
FIGURA	3.8	Junta a tope en tubería, calificación de soldadura con respaldo	78
FIGURA	3.9	Ensayo de junta para conexiones T Y y K sobre tubería cuadrada rectangular	80
FIGURA	3.10	Localización de ensayos para soldadura en tubería redonda y cuadrada	80

FIGURA	3.11	Prueba de chapa ilimitado para calificación de operadores de soldadura	87
FIGURA	3.12	Corte de soldadura y prueba de ensayo de macrografía para calificación de operadores de soldadura	89
FIGURA	3.13	Probeta de ensayos de espesor ilimitado para calificación de operadores de soldadura	90
CAPITULO IV:			
FIGURA	4.5	Características de indicaciones circulares	99

LISTA DE CUADROS Y REGISTROS

PAGINA

CAPITULO I:	
CUADRO 1:	Tabla resumen de las variables esenciales y no esenciales, ver sus procesos de soldadura de la norma ASME sec. IX. 31
CAPITULO II:	
CUADRO 2.1	Comparación entre cantidad de ensayos requeridos de las normas ASME IX y AWS D1.1 para calificación de procedimiento de soldadura 36
CUADRO 2.2	Límites de la posición de la soldadura para la calificación de procedimiento de soldadura según la norma AWS D1.1. 37
CUADRO 2.3	Número, tipo y rango de espesores de probetas a calificar para calificación de soldadores y operadores de soldadura. 38
CAPITULO III	
CUADRO 3.1	Número, tipo y rango de espesores de probetas a calificar para calificación de soldadores y operadores de soldadura. 62
CUADRO 3.2	Comparación entre los ensayos requeridos por las normas AWS D1.1 y ASME sec. IX para la calificación de soldadores 70
CUADRO 3.3	Influencia del diámetro y espesor del tubo de ensayo en la validez de la calificación de soldadores, ASME sec. IX 71
CUADRO 3.4	Tipos y posiciones de soldadura para calificación de soldadores 84
CAPITULO IV:	
REGISTRO 5.1	Registro de procedimiento de soldadura 101

PAGINA

REGISTRO 5.2	Modelo de registro de procedimiento de soldadura	103
REGISTRO 5.3	Registro de calificación de procedimiento	105
REGISTRO 5.4	Modelo de registro de calificación de procedimiento	107
REGISTRO 5.5	Registro de calificación de soldadores y operadores de soldadura	109
REGISTRO 5.6	Modelo del registro de calificación de soldadores y operadores de soldadura	110

INTRODUCCION

En la industria de la construcción soldada, cada día se realizan proyectos y obras con características tecnológicas que requieren ser evaluadas en cada etapa de dicha construcción, a fin de verificar la calidad alcanzada, que es la base para garantizar su adecuado desempeño.

La ola mundial, en el control de calidad de uniones soldadas, reviste mucha importancia porque cada día se sueldan metales más resistentes y se conoce de nueva tecnología en los materiales de aporte con el consiguiente efecto; se mejoran los procesos de soldadura, etc., haciendo bastante difícil el controlar tantos parámetros, que bien orientados y conocidos, convergen para producir uniones soldadas de óptima calidad.

La experiencia que han tenido otros países en la construcción con soldadura, ha demostrado que una calificación previa del procedimiento de soldadura y de los soldadores ha evitado riesgos por fallas técnicas en la construcción, lo cual si no se toma en cuenta puede tener consecuencias graves.

En Guatemala se está trabajando, actualmente, en la construcción de algunos recipientes a presión, tanques de almacenamiento, montajes de tuberías y estructuras en general que son parte de la construcción de fábricas, puentes y todo tipo de edificio construido de acero soldado, sin tener en cuenta, lamentablemente, en la mayoría de los casos, el efecto que tiene sobre la soldadura un procedimiento de soldadura realizado por un soldador o bien operadores calificados, los cuales, complementados por una adecuada inspección de las uniones soldadas, producen juntas garantizadas de acuerdo a normas técnicas que se utilizan.

La presente guía, que está fundamentada en el código ASME sección IX, año 1981, de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos y el AWS D1.1, año 1,986 de la Sociedad Americana de Soldadura, se reúnen todas aquellas aplicaciones que se dan en Guatemala en la industria de la construcción soldada y se presenta para instruir, orientar y mejorar todos los trabajos y personas involucradas en el área de soldadura, sin calificación, así como también el tratamiento que se le da a los soldadores y operadores de soldadura.

Este trabajo de tesis viene a llenar una parte del vacío que existe a nivel nacional, de conocimiento técnico de inspectores, supervisores, soldadores, estudiantes y profesores que de una u otra forma están relacionados con la tecnología de garantía de la calidad de la soldadura.

Esta guía está estructurada de forma que da a conocer las variables de los procedimientos de soldadura, los ensayos, probetas, criterios de aceptación de los resultados de los ensayos, así como también presenta modelos para la documentación de la calificación de la soldadura.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Hacer una guía adecuada que sirva para mejorar la calificación del procedimiento de ejecución de la soldadura como la calificación de los soldadores, previo a empezar los trabajos de soldadura que más se realizan en el área de trabajo y lograr la mejor calidad a través de la aplicación de diversos criterios técnicos a diferentes niveles de operación.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

A través de esta guía, mejorar los aspectos técnicos del procedimiento, lo cual es de suma importancia para la calidad de un buen trabajo.

Unificar criterios en los diferentes niveles de trabajo de soldadura, para tener operadores calificados objetivamente.

Mediante este trabajo, proporcionar una guía de como se debe realizar una calificación de procedimiento, dependiendo de las variables de soldadura.

Normar, por medio de este trabajo, los requerimientos mínimos que deben tener los laboratorios y empresas, para las prácticas de calificación de procedimiento de soldadores y operadores de soldadura.

Proporcionar una guía de referencia para industrias, laboratorios, profesores del área, estudiantes, diseñadores y supervisores de soldadura, sobre las distintas etapas que se deben considerar en la calificación de procedimientos de soldadura, soldadores y operadores de soldadura.

Este capítulo trata sobre las variables esenciales de cada proceso, que se deben tomar en cuenta para la calificación de procedimiento, involucrando aspectos de los procesos de soldadura que son los que se utilizan comúnmente en la industria para conectar miembros de aceros estructurales. Se mencionan porque son ellos a las que las normas hacen referencia para hacer un procedimiento de calificación.

1.0 VARIABLES ESENCIALES:

Son condiciones básicas que tienen un valor constante en cada procedimiento de soldadura y cualquier cambio en alguna de ellas, implica una recalificación del procedimiento de soldadura, la calificación de soldadores u operadores de soldadura.

Estos parámetros esenciales son propios de cada proceso de soldadura y se tiene que cumplir para obtener los resultados especificados.

Las variables de soldadura son requeridas para cada proceso de soldadura, estas variables están subdivididas en dos grupos designados como: a) variables esenciales y b) variables no esenciales.

- a) Variables esenciales: Son aquellas cuya variación específica afecta directamente las propiedades mecánicas de la soldadura y requiere una recalificación de la especificación de procedimiento de soldadura. Por ejemplo: Un cambio en el metal base, proceso de soldadura, metal de aporte, electrodo, precalentamiento o un tratamiento térmico post-soldadura. Solo a este tiempo de variable se hará referencia en este trabajo.
- b) Variables no esenciales: Las variables no esenciales son aquellas en las cuales un cambio en la especificación del procedimiento de soldadura no requiere recalificación, como por ejemplo: Un diseño de junta, una soldadura garantizada con penetración completa o el método de limpieza de la soldadura, etc.

1.1 Cómo afectan las variables esenciales en las juntas soldadas para su calificación

Las variables esenciales en una junta soldada, tienen influencia en las propiedades mecánicas de los materiales utilizados en una unión soldada, por eso, cualquier cambio en alguna de ellas puede producir situaciones no esperadas en el comportamiento de las uniones ya en servicio, en la calificación de procedimiento o calificación de soldadores u operadores de soldadura.

De lo anterior, la importancia de que estén bien definidas, pudiendo controlar cualquier cambio en ellas, cuando los especímenes o las juntas son sometidos a calificación o a servicio.

Cada junta soldada con un proceso de soldadura particular, es analizada a través de las variables esenciales; de allí, la necesidad de conocer cuáles son las variables esenciales que cada proceso de soldadura tiene.

1.2 Tipos de variables para especificaciones de procedimiento de soldadura

1.2.1 JUNTAS

Son modelos de uniones que se usan para preparar dos metales base a soldarse.

Las especificaciones que se deben considerar al evaluar la unión de juntas incluyen: El espesor de placas a unir, las tolerancias de separación de raíz, el ángulo de bisel. La representación gráfica de los diferentes tipos de uniones soldadas se presentan en la fig. 1.1.

Los materiales y procedimientos necesarios para preparar las juntas y las especificaciones de acabado, deben estar incluidos en la especificación de procedimiento. Un ejemplo de preparación podría ser el corte con oxígeno, seguido de esmerilado o pulido y finalmente, una limpieza de la superficie.

Al evaluar las juntas debe considerarse: El tamaño del electrodo, la unión de la junta, la posición de soldadura, el espesor y ancho de los pases, rangos de corrientes a usar, dependiendo de cada electrodo y el proceso de soldadura para soldar las juntas.

Las juntas soldadas que son variables de uso común en el proceso de soldadura, pueden tener una diferencia de tipo de unión, tipo de soldadura y la preparación para efectuar la soldadura. La naturaleza de la unión depende de la clase y tamaño del material, del procedimiento y de la resistencia que se exija, por ejemplo: Una unión soldada puede quedar sujeta por una soldadura de filete, tapón o ranura y una junta en T puede quedar sujeta por una soldadura de filete o chaflán.

Las uniones a tope se preparan para aceros de alta resistencia porque es más fácil inspeccionarlas, interviniendo patrones de esfuerzos más sencillos en las juntas soldadas.

Las uniones solapadas son las más apropiadas para todas las operaciones de soldadura a presión y resistencia efectuadas sobre lámina.

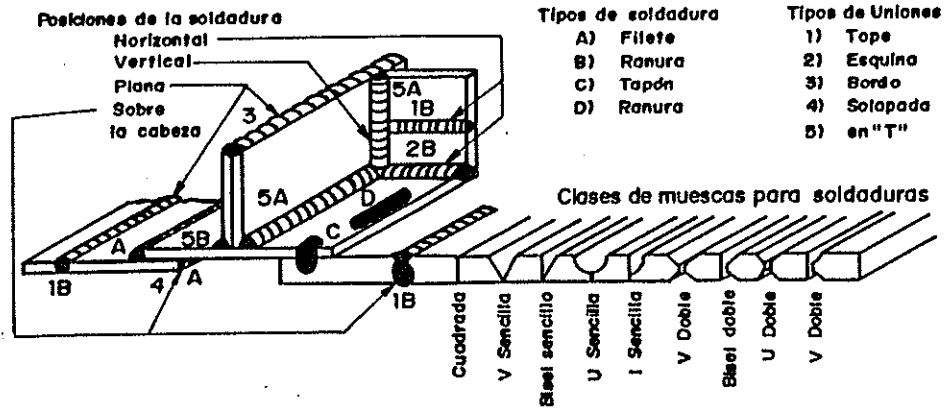


Fig. 1.1 Tipo de juntas, uniones y posiciones

1.2.2 METAL BASE:

El metal base son las piezas donde se desarrolla la soldadura, como un acero o un acero aleado.

Al evaluar el metal a utilizar en la soldadura debe conocerse su composición química, las indicaciones reconocidas, para su uso así como cualquier tratamiento térmico que deba dársele antes de soldarlo. En el anexo "A" se presentan los metales base más utilizados en este medio, designándolos como P-No. según el código A.S.M.E.

1.2.3 METAL DE APORTE:

Es el metal que sirve para aumentar la cantidad de hierro entre la junta de los metales base que se van a unir.

El tipo de electrodo a usar en la unión de partes de acero debe especificar su composición química, la cantidad de hierro incluido y los rangos de corriente a usar. Deben seguirse todas las especificaciones de uso, manipulación y almacenamiento que recomienda el fabricante para un buen rendimiento del electrodo. En el anexo "B", se presenta la clasificación del metal de aporte según el código A.S.M.E.

1.2.4 POSICIONES:

Se refiere a las posiciones de cada una de las piezas a soldar para realizar una soldadura óptima. Incluyendo tanto la posición de los metales a unir como la dirección y sentido en que se efectúa la soldadura. En las figuras 1.2, fig. 1.3, fig. 1.4 y 1.5 se presentan las posiciones para la calificación de procedimiento.

POSICIONES PARA PRUEBA DE SOLDADURA:

Todas las soldaduras que se encuentran en la construcción actual, se clasifican como (1) plana, (2) horizontal, (3) vertical, (4) sobre cabeza, de acuerdo con la posición dada en los incisos siguientes. Cada procedimiento se ensaya en la manera que se encuentra cada posición a la cual se ha de calificar.

1.2.4.1 POSICIONES DE CHAPA CON CHAFLAN:

Para hacer un ensayo para calificar chaflanes soldados en ensayos de chapas, se debe soldar en las siguientes posiciones:

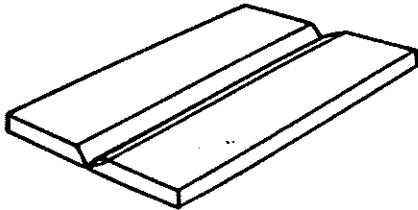
- (1) posición 1G (Plana) - El ensayo de chapa se tiene que colocar, aproximadamente, en un plano horizontal y el metal de soldadura se deposita desde el lado superior, ver figura 1.2 (A),
- (2) posición 2G (horizontal) - El ensayo de chapa se tiene que colocar aproximadamente en un plano vertical con el chaflán, aproximadamente, horizontal, ver figura 1.2 (B),
- (3) posición 3G (Vertical) - El ensayo de chapa se debe colocar en una forma, aproximadamente, vertical, con el chaflán vertical, ver figura 1.2 (C) puede ser ascendente o descendente,
- (4) posición 4G (Sobre cabeza) - El ensayo de chapa se debe colocar en un plano, aproximadamente, horizontal y el metal de soldadura se deposita desde el lado de abajo, ver figura 1.2 (D),

1.2.4.2 POSICIONES DE SOLDADURA DE FILETE:

Para hacer el ensayo de soldadura, las chapas se soldarán en las posiciones descritas en las líneas siguientes:

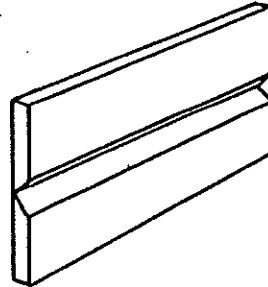
- (1) posición 1F (Plana) - El ensayo de chapa se colocará la soldadura de filete con el eje aproximadamente horizontal y su garganta (unión) aproximadamente vertical, ver figura 1.3 (A).
- (2) posición 2F (Horizontal) - El ensayo de chapa se debe colocar en un lugar, en el cual cada soldadura de filete es depositada, sobre el lado superior de la superficie horizontal y junto a la superficie vertical, ver figura 1.3 (B).
- (3) posición 3F (Vertical) - El ensayo de chapa se debe colocar en un plano aproximadamente vertical y cada soldadura de filete depositada sobre la superficie vertical, ver figura 1.3 (C) y puede ser vertical ascendente o descendente.

Placa horizontal



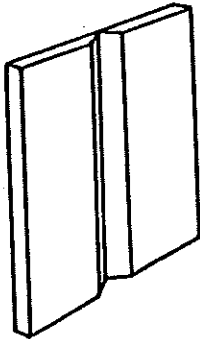
(A) Posición 1G

Placa vertical; eje de soldadura horizontal



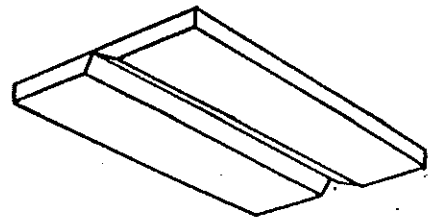
(B) Posición 2G

Placa vertical eje de soldadura vertical



(C) Posición 3G

Placa horizontal

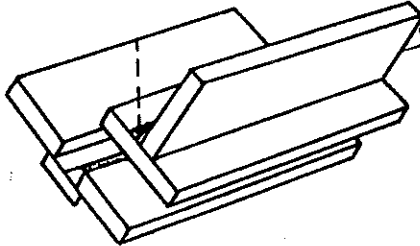


(D) Posición 4G

Fig. 1.2 Posiciones de chapas con cañón

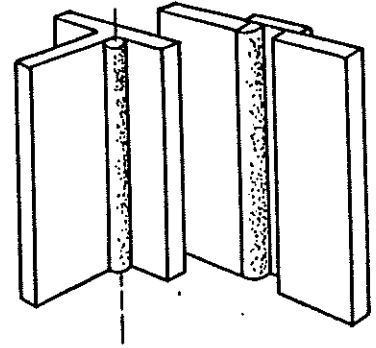
Garganta de soldura vertical

Eje de soldadura horizontal



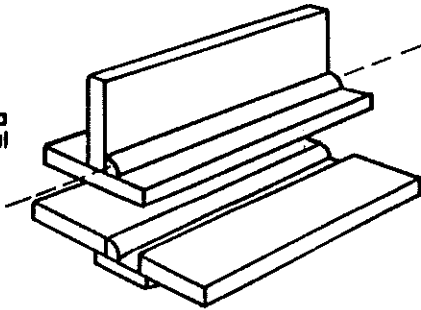
(A) Posición Plana 1F

Eje de soldadura vertical



(C) Posición vertical 3F

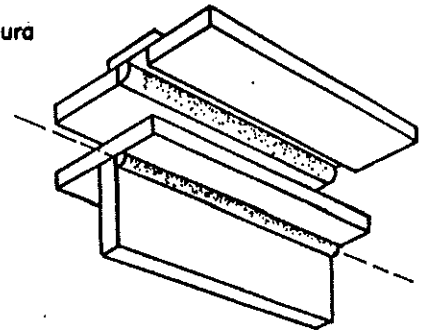
Eje de soldadura horizontal



Nota: Una placa debera estar horizontal

(B) Posición horizontal 2F

Eje de soldadura horizontal



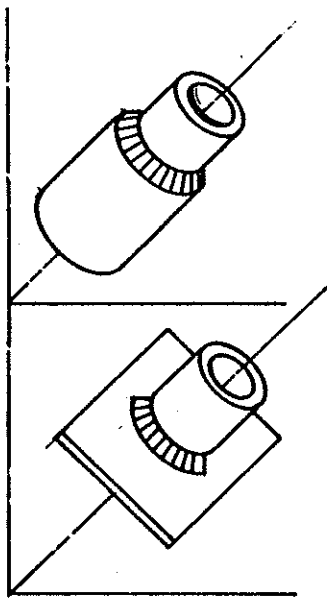
Nota: Una placa debera estar horizontal

(D) Posición Sobre-cabeza. 4F

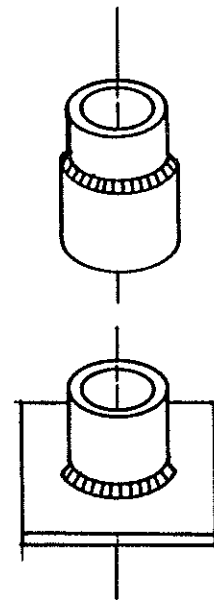
Fig. 1.3 Posiciones de soldadura de Filete para chapas

1.2.4.3 POSICIONES DE TUBERIA CON SOLDADURA DE FILETE:

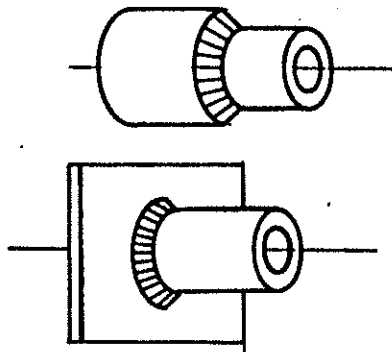
- (1) Posición 1F (Plana) - La tubería debe colocarse con su eje inclinado 45° de la horizontal y rotando durante la soldadura. El metal de soldadura es depositado sobre el punto de deposición, el eje de la soldadura es horizontal y la garganta (unión) vertical, ver figura 1.4 (A).
- (2) Posición 2F y 2FR (Horizontal)
 - a) La posición 2F para tubería se debe colocar con su eje vertical, donde la soldadura es depositada sobre el lado de arriba de la superficie horizontal y junto a la superficie vertical. El eje de la soldadura estará horizontal y la tubería no estará rotando durante el depósito de soldadura, ver figura 1.4 (B).
 - b) La posición de ensayo 2FR de tubería que se debe colocar con el eje horizontal y el eje de la soldadura depositada, en el plano vertical. La tubería está rotando durante la soldadura, ver figura 1.4 (C).
- (3) Posición 4F (Sobre cabeza) - El ensayo de tubería deberá hacerse en un lugar con el eje vertical y la soldadura depositada del lado de abajo de la superficie horizontal, junto a la superficie vertical. El eje de la soldadura deberá estar horizontal y la tubería no estará rotando durante la soldadura, ver figura 1.4 (D).
- (4) Posición 5F (Múltiple) - El ensayo en tubería debe de hacerse en un lugar con su eje horizontal y el eje de la soldadura depositada en un plano vertical. La tubería no está rotando durante la soldadura, ver figura 1.4 (E).



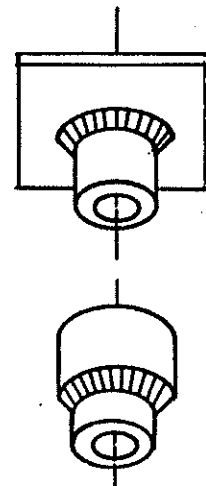
(A) Posición 1F
Para posición plana (rotando)



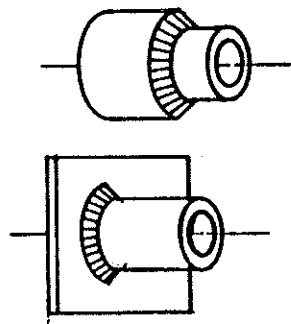
(B) Posición 2F
Para posición horizontal (fija)



(C) Posición 2FR
Rodando para posición horizontal (rotando)



(D) Posición 4F
Para posición sobre-cabeza (fija)



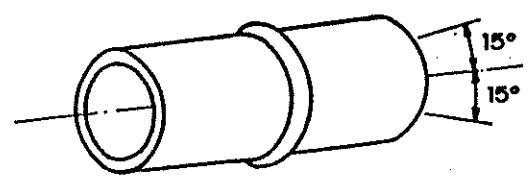
(E) Posición 5F
Para múltiple posición (fija)

Fig. 1.4 Posiciones de Tubería con soldadura de Filete

1.2.4.4 POSICION DE SOLDADURA DE TUBERIA CON CHAFLAN

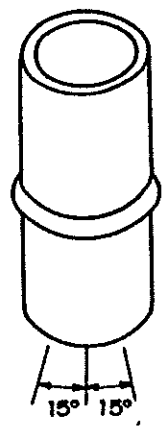
Para hacer soldaduras que califiquen, deberán de realizarse como se indica en las siguientes posiciones.

- (1) Posición 1G (Tubería horizontal rotada) - La soldadura de tubería debe ser hecha en un lugar con su eje horizontal y el chaflán, aproximadamente, vertical. La tubería debe ser rotada durante la soldadura. De modo que el metal de soldadura deberá ser depositada desde el lado de arriba, ver figura 1.5 (A).
- (2) Posición 2G (Tubería vertical) - La soldadura de tubería debe ser en un lugar con su eje vertical y la soldadura de chaflán, aproximadamente, horizontal. La tubería no se rotará durante la soldadura, ver figura 1.5 (B).
- (3) Posición 5G (Tubería horizontal fija) - La soldadura de tubería debe ser en un lugar con su eje horizontal y el chaflán, aproximadamente, vertical. La tubería no está rotando durante la soldadura, ver figura 1.5 (C).
- (4) Posición 6G (Tubería inclinada fija) - La soldadura de tubería debe estar inclinada a 45° de la horizontal. La tubería no está rotando durante la soldadura, ver figura 1.5 (D).
- (5) Posición 6GR (Tubería de juntas soldadas de penetración completa de conexiones tubulares en T, Y y K) - La soldadura de tubería debe inclinarse a 45° con la horizontal. La tubería o tubo no está rotando durante la soldadura, ver figura 1.5 (E).

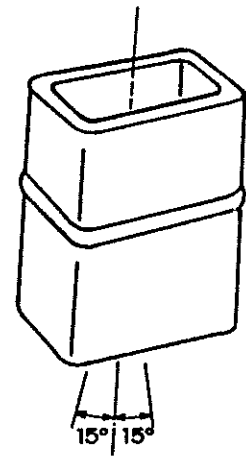


Tubería horizontal rotando soldadura plana (+/- 15°). Deposito de metal de aporte en la superficie o cerca de ella.

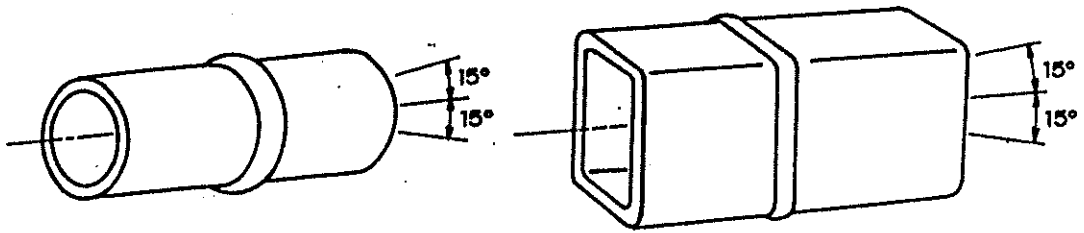
(A) Posición 1G



Tubería o cañería vertical y no esta rotando durante la soldadura. Soldadura horizontal (+/- 15°)

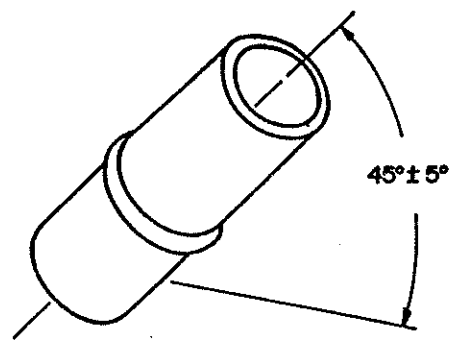


(B) Posición 2G



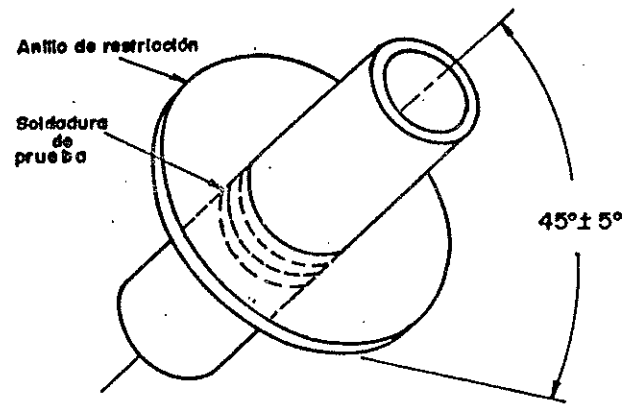
Tubería y cañería horizontal fija (+/- 15°) y no esta rotando durante la soldadura. Soldadura plana, vertical, sobre-cabeza.

(C) Posición 5G



Tubería fija inclinada (45° +/- 5°) y no esta rotando durante la soldadura.

(D) Posición 6G



(E) Posición 6GR
(conexiones T, Y o k)

Fig. 1.5 Posiciones de Tubería con soldadura de chaflán

1.2.5 PRECALENTAMIENTO:

15

Se refiere a la indicación de si antes de la soldadura se debe precalentar el metal base a unir y a las especificaciones de precalentamiento propias de cada metal. Para evaluar esta variable de soldadura se debe especificar el espesor y el análisis químico del metal que se ha de soldar; por lo regular, se usa en aleaciones ferrosas, que contienen más de 0.22% de carbono antes de soldarse.

El propósito del precalentamiento es minimizar el agrietamiento de las soldaduras en los metales ferrosos al soldar sobre otra soldadura realizada anteriormente.

1.2.6 TRATAMIENTO TERMICO POST-SOLDADURA:

Se usa como alivio de tensiones residuales; el calentamiento debe ser uniforme y a una temperatura adecuada, inferior al intervalo crítico del metal base, seguido de un enfriamiento uniforme y lento. En los diferentes pases de soldadura para rellenos de juntas el calor producido por la soldadura está, hasta cierto grado bajo el control del operador, quien manipula el electrodo para evitar la formación de zonas duras en el metal a soldar.

1.2.7 GAS:

Los gases de protección que se utilizan son el helio, argón y el CO₂ y se usan como protección del arco formado, para evitar la formación de óxido en el metal a soldar. La diferencia con el fundente es que el uso del gas de protección no forma escoria y se evita la limpieza de la soldadura realizada.

1.2.8 TECNICA:

Es una parte de las variables de soldadura que indica la habilidad de soldar para realizar soldaduras sanas y las características del avance y las manipulaciones del electrodo en diferentes posiciones, tiene que estar definido para cada tipo particular de la junta a soldar. Tanto el soldador como el operador de soldadura tiene que conocer bien los equipos que utilizan para soldar. El supervisor tiene que tener conocimiento de la técnicas usadas para cada proceo para dirigir los procedimientos de soldadura.

1.2.9 CARACTERISTICAS ELECTRICAS:

Las características eléctricas se refieren a la conductibilidad de los metales y a la polaridad de corriente usada en la soldadura, la distancia a la fuente de poder y el tipo de cable utilizado para la alimentación de la máquina, así como a la intensidad de corriente utilizada en el electrodo, la cual está especificada en los manuales del fabricante.

1.3 PROCESOS DE SOLDADURA:

Un proceso de soldadura se define como un método para soldar con características estrictamente definidas.

Las características de cada método lo distinguen entre las características de cada uno de los demás, entre las que se mencionan por ejemplo: El electrodo usado, el voltaje, la protección del cordón de soldadura y la forma en que se realiza la transferencia de material de aporte al metal base.

Los procesos de soldadura que a continuación se describe son los más usados en nuestro medio por la industria de la construcción de elementos soldados.

1.3.1 SOLDADURA DE ARCO METALICO PROTEGIDO:

Es el proceso de soldadura en donde el arco eléctrico, formado por una diferencia de voltaje, produce calor para fundir tanto el electrodo de metal consumible con revestimiento como las piezas a soldar. (metal base).

En este proceso, el arco acarrea en realidad pequeñísimas gotitas de metal fundido, procedentes de la punta del electrodo, hacia la zona fundida. El principio básico de este proceso es la protección, que es evitar que en la zona fundida no se impregnen contaminantes atmosféricos, las cuales dañan la calidad de la soldadura, la cual se obtiene por la descomposición del recubrimiento del electrodo en el arco. Este proceso solo es empleado en soldadura manual, el recubrimiento desempeña las funciones de protección siguiente:

a) La creación de una atmósfera inerte que protege al metal fundido del contacto con el oxígeno y el nitrógeno u otros contaminantes del aire, para tener una elongación y tenacidad adecuada en el cordón de soldadura.

b) La formación de una película de escoria procedente del recubrimiento del electrodo, la cual está para que el calor no se disipe rápidamente.

Para la mejor ejecución de este proceso, se han desarrollado diversos electrodos con recubrimientos cada uno para problemas específicos de soldadura. Toca al supervisor como al soldador calificado seleccionar el electrodo correcto, ajustar la máquina al amperaje adecuado, hacer que se establezca y mantenga el arco y poder soldar en la posición apropiada para el trabajo.

Los electrodos usados en estos procesos tienen que estar garantizados de fábrica. Quien verifique el proceso a ejecutar así como quien realiza el trabajo, debe seguir las instrucciones de almacenaje y uso de los electrodos para un buen aprovechamiento de los mismos.

1.3.2 SOLDADURA DE ARCO CON NUCLEO DE FUNDENTE:

En este proceso la fusión es producida por calentamiento realizada con un arco eléctrico, se caracteriza por usar un electrodo tipo espagueti, que consiste de un alambre continuo hueco relleno de fundente alimentado automáticamente.

Este tipo de electrodo es utilizado en soldadura semi-automática y automática. El arco se protege mediante el suministro independiente de un fundente granular, el cual forma una cubierta sobre el electrodo. No hay evidencia visible del arco en este proceso, porque está completamente sumergido en el fundente conductor de alta resistencia. Este tipo de proceso es conveniente para hacer soldaduras a altas velocidades, obteniéndose gran penetración (*) debido al calor concentrado.

1.3.3 SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO

La función es producida por calentamiento debido a un arco eléctrico y utiliza un electródo sin revestimiento, macizo y continuo el cual es suministrado semiautomático o automático. El arco se protege mediante el suministro independiente de un fundente granular, el cual forma una cubierta sobre el electródo. No hay evidencia visible del arco en este proceso porque está completamente sumergido en el fundente conductor de alta resistencia. Este tipo de proceso es conveniente para hacer soldaduras a altas velocidades obteniéndose gran penetración (*) debido al calor concentrado.

1.3.4 SOLDADURA DE ARCO PROTEGIDO CON GAS:

También conocido como proceso MIG, proceso con gas CO₂. En este proceso la fundición del electrodo consumible y de las piezas que se van a unir debido al calor del arco eléctrico suministrado. El electrodo es suministrado simultáneamente con el CO₂ proporcionando el gas la protección como revestimiento, esta protección es muy económica para la soldadura semiautomática y automática.

1.3.5 SOLDADURA DE ARCO DE TUNGSTENO PROTEGIDO CON GAS:

Proceso conocido comunmente como TIG, utiliza un electrodo de tungsteno practicamente inconsumible y una atmósfera protectora de gas inerte, generalmente, de helio o argón.

(*) Penetración: es la capacidad del electrodo de socavar las piezas a ser unidas y obtener una mejor soldadura.

Puede usarse presión sobre la varilla de tungsteno y puede añadirse metal de aportación, aleación de hierro granulado, como el electrodo de tungsteno no se consume a pesar de la gran intensidad de corriente utilizada, el calor concentrado hace posible obtener altas velocidades y soldaduras con mucha penetración y poca deformación del metal base.

También se aplica en metales no ferrosos, como aluminio, acero inoxidable, magnesio, cobre, obteniéndose soldaduras con propiedades químicas, metalúrgicas y físicas iguales a las del metal base. Es utilizado en procesos industriales automáticos y semiautomáticos.

1.4 VARIABLES ESENCIALES DE AWS DE CADA PROCESO PARA CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO:

Las condiciones que a continuación se presentan deberán considerarse variables esenciales en el proceso particular de soldadura y deberán establecerse nuevos requerimientos de procedimiento para calificación. Cuando se usa una combinación de procesos de soldadura las variables de cada proceso deberán aplicarse.

1.4.1 SOLDADURA DE ARCO METALICO PROTEGIDO:

Un cambio de electrodo de E70xx a E80XX se puede hacer, pero no puede hacerse el cambio a la inversa. Además, puede hacerse un cambio de un tipo de electrodo de bajo hidrógeno aun tipo de electrodo que no sea de bajo hidrógeno, pero no puede hacerse el cambio a la inversa.

Un incremento en el diámetro del electrodo por más de 1/32 plg. usado sobre el procedimiento de calificación, exige recalificación del procedimiento. Como también lo exige un cambio en los valores de amperaje y voltaje del electrodo que estén fuera de los rangos recomendados por los fabricantes.

Por una especificación con preparación de la junta, un cambio de más de +/- 25% en el número especificado de pasadas es permitido si el área de la junta es cambiada, se acepta un cambio en el número de pasadas en la proporción del área. Un cambio en la posición también exige recalificación del procedimiento.

Un cambio en el tipo de preparación o en las dimensiones de la misma, también exige recalificación del procedimiento, ejemplo: Un cambio de una preparación en "V" a una en "U".

- a) Una disminución en el ángulo de chaflán.
- b) Una disminución en la abertura de la raíz.

- c) Una disminución en la cara de chafilán.
- d) Omitir el metal de respaldo.

Una disminución de más de 25° F (13.9 °C) respecto a la especificación de precalentamiento o temperatura de los pases internos.

En la soldadura vertical, un cambio en el seguimiento especificado para cualquier pase hacia arriba o hacia abajo o viceversa.

Exige recalificación si ya se omitió una preparación de la parte posterior, pero no cuando ya se incluyo.

La adición o eliminación de tratamiento térmico post-soldadura.

1.4.2 SOLDADURA DE ARCO CON NUCLEO DE FUNDENTE:

Para este proceso son variables esenciales las siguientes:

Cambio del electrodo y del método de protección.

Aumento en el nivel de resistencia del metal de aporte, por ejemplo: Se permite cambiar de un E70T a un E80T, pero no se permite el cambio a la inversa.

Un cambio de un gas a cualquier otro gas o mezcla de gases; o un cambio en el porcentaje de la mezcla de gas.

Un cambio de más de 10' % sobre o debajo del amperaje especificado para cada tamaño de electrodo usado.(*).

Un cambio de más de 7 % sobre o debajo del amperaje especificado para cada tamaño de electrodo usado.(*).

Un cambio de más de 10% por encima o por debajo de la velocidad de recorrido especificado.

Un aumento del 25 % o más o una disminución del 10% o más del flujo de gas o mezcla de gases de protección.

Para un chafilán especificado, un cambio de más de 25 % en el número especificado de pasadas se acepta si el área de la cara del chafilán es cambiada proporcionalmente al número de pasadas del área.

(*) Cuando se suelde acero templado y acero aleado, cualquier cambio dentro de los límites de las variables no deberá incrementar la temperatura suministrada más allá de la recomendada por fabricantes de acero.

Un aumento del 25% o más o una disminución del 10% o más del flujo de gas o mezcla de gases de protección.

Para un chaflán especificado, un cambio de más de 25% en el número especificado de pasadas se acepta si el área de la cara del chaflán es cambiada proporcionalmente al número de pasadas del área.

Un cambio en la posición de soldadura.

Un cambio en el tipo de chaflán, por ejemplo: de una unión en "V" a una unión en "U".

Un cambio excediendo las tolerancias del chaflán, como las condiciones siguientes:

- a) una disminución en el ángulo incluido del chaflán,
- b) una disminución en la abertura de la raíz del chaflán,
- c) un aumento en la cara de raíz del chaflán,
- d) la omisión del respaldo, excepto cuando ya se realizó el recalificado del chaflán posterior o chaflán de raíz.

Las tolerancias se aplican para juntas completas con preparación en soldaduras tubulares en juntas a tope, hechas desde un lado sin respaldo.

En la soldadura vertical, un cambio en la progresión especificada para cualquier pase hacia arriba, hacia abajo o viceversa.

Las tolerancias se aplican para juntas completas con preparación en soldaduras tubulares en juntas a tope, hechas desde un lado sin respaldo.

Un cambio en el tipo de corriente de soldadura (AC o DC), o en la polaridad de la misma.

La adición o la supresión de un tratamiento térmico post-soldadura.

1.4.3 SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO

Para este proceso son variables esenciales las siguientes.

- un cambio en el electrodo y/o una combinación del fundente,
- un incremento en el nivel de resistencia del metal de aporte, por ejemplo: se permite un cambio de F80 a F90 pero no viceversa,

- un cambio en el diámetro del electrodo cuando se usa un fundente aleado. El fundente aleado es aquel en el cual las características del fundente están mejoradas con aleaciones que ayudan a la protección de la soldadura,
- un cambio en el número del electrodo usado,
- un cambio en el tipo de corriente (AC o DC) o en la polaridad de dicha corriente; si se usa soldadura en acero templado y/o acero aleado o cuando se usa un fundente aleado,
- un cambio de más de 10% por arriba o por debajo del amperaje especificado en cada diámetro de electrodo usado,
- un cambio de más del 7% por encima o por debajo del arco formado por el voltaje especificado para cada diámetro de electrodo especificado,
- cuando se suelde acero templado y acero aleado cualquier cambio dentro de los límites de las variables no deberá incrementarse la temperatura suministrada más allá de las recomendadas por el fabricante de aceros,
- un cambio de más de 15% por encima o por debajo de la velocidad de aporte del fundente,
- un cambio de más de 10% o de 1/8 plg. el que sea más grande, en el espaciado longitudinal de los arcos eléctricos formados entre el,
- un cambio de más del 10% o de 1/16 plg. el que sea más grande, en el espacio lateral de los arcos,
- un cambio en la posición angular de ± 10 usando cualquier electrodo,
- un cambio en el ángulo de los electrodos usados en la máquina o en la soldadura automática, con las siguientes características:
 - a) ± 3 grados en la dirección del avance.
 - b) ± 5 grados de la normal, en la dirección del avance.

Para un chaflán especificado es una variable esencial, un cambio mayor de $\pm 25\%$ en el número especificado de pasadas. Si el área del chaflán es cambiada, entonces se permite un cambio en el número de pasadas proporcional al cambio en el área del chaflán,

- un cambio en la posición en que la soldadura debe ser ejecutada,
- un cambio en el tipo de chaflán, por ejemplo de un chaflán en V a un chaflán en U,
- un cambio en las tolerancias de la unión como:

- a) una disminución en el ángulo incluido en el chaflán,
 - b) una disminución en la abertura de la raíz del chaflán,
 - c) un aumento del tamaño de la cara de raíz del chaflán.
- una disminución de más de 25 F (13.9 C) en la temperatura de precalentamiento, o en la temperatura de una pasada a otra,
 - un aumento en el diámetro del electrodo usado, sobre el diámetro indicado en la especificación de procedimiento.

El contenido de aleación en el metal de soldadura depende de la composición del metal de aporte en polvo. Cualquier cambio en el procedimiento de la junta soldada, resultaría en que los elementos aleados importantes en el metal de soldadura no llenen los requerimientos químicos dados para la especificación de procedimiento de soldadura.

La omisión del respaldo excepto cuando ya se realizó el rectificado del chaflán.

El agregar o eliminar un tratamiento térmico post-soldadura.

1.4.4 SOLDADURA DE ARCO PROTEGIDO CON GAS:

Para este proceso, se consideran variables esenciales las siguientes:

- un cambio que incremente el nivel de resistencia del metal de aporte,
- un cambio en el diámetro del electrodo,
- un cambio en el número del electrodo usado,
- un cambio de un gas a cualquier otro gas simple o a una combinación de gases, o un cambio en el porcentaje especificado en la composición de la mezcla de gases. Para ampliar consulte la norma AWS 5.18 y AWS 5.28,
- un cambio de más del 10% encima o por debajo del amperaje especificado para cada diámetro de electrodo usado,
- un cambio de más de 7% encima o por debajo del voltaje del arco especificado para cada diámetro de electrodo usado,

- un cambio de más del 10% encima o por debajo de la velocidad de avance especificada,
- un incremento del 25% o más o una disminución del 10% o más en la velocidad de flujo del gas o mezcla de gases de protección,

Para un chaflán específico, un cambio mayor de +/- 25% en el número especificado de pasadas. Si el área del chaflán cambia, entonces se permite un cambio en el número de pasadas proporcional al cambio en el área del chaflán,

- un cambio en la posición en la cual la soldadura debe ser ejecutada,
- un cambio en el tipo de chaflán por ejemplo de un chaflán en "V" a un chaflán en "U",
- un cambio, que excede las tolerancias con las siguientes condiciones:
 - a) una disminución en el ángulo incluido del chaflán,
 - b) una disminución en la abertura de la raíz del chaflán,
 - c) un incremento en la cara de raíz del chaflán,
 - d) la omisión del respaldo, excepto cuando ya se realizó el rectificado del chaflán posterior o chaflán de raíz,
- una disminución de más de 25° F (13.9 °C) en la especificación de precalentamiento de temperatura de los pases.

En la soldadura vertical, un cambio en la progresión especificada para cualquier pase hacia arriba o hacia abajo o viceversa,

- un cambio en el tipo de polaridad de corriente de soldadura de (AC o DC); o en la modalidad de la transferencia de metal a través del arco.

La adición de ó la supresión de un tratamiento térmico post-soldadura.

1.4.5 SOLDADURA DE ARCO DE TUNGSTENO PROTEGIDO CON GAS:

AWS D1.1 no cubre las variables esenciales para este proceso.

1.5 VARIABLES DE ASME IX DE CADA PROCESO PARA LA CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO.

En la norma ASME IX se incluye un cuadro resumen indicando los procesos y sus respectivas variables esenciales y no esenciales. Éste cuadro es el 1.1 de este trabajo, por lo que se va nombrando por variables las indicaciones siguientes que requieren calificación.

1.5.1 JUNTAS:

- a) Un cambio en el tipo de chaflán.
- b) La eliminación del respaldo con un cordón único de soldadura en junta a tope.
- c) La colocación de un respaldo o soldadura.
- d) Un cambio en la separación de raíz especificada.
- e) La colocación o la eliminación de retenedores no metálicos o retenedores metálicos no fundibles.

1.5.2 METAL BASE:

Son variables esenciales para los cinco procesos, las siguientes situaciones:

- a) Para los múltiples procesos como arco metálico protegido, arco sumergido, arco de tungsteno protegido con gas y arco metálico protegido con gas, el máximo espesor para calificar será $2T$, donde T es el espesor de probetas de ensayo, debe ser de $\frac{5}{8}$ plg.

Para espesores mayores que el anterior, el procedimiento para probetas de ensayo, no deben ser mayores que el anterior, el procedimiento para probetas de ensayo, no debe ser menores que los espesores de las juntas que se soldarán divididas por 1.1 y el rango de espesor para calificarlo es de $\frac{5}{8}$ plg. a $1.1 T$.

- b) Un cambio en el espesor del metal base, requiere calificación del procedimiento:

- c) Para la soldadura de un único pase o de múltiples pases en la cual cualquier pasada es mayor que $\frac{1}{2}$ plg., un incremento en el espesor más allá de 1.1 veces que el espesor de la probeta de ensayo a calificar requiere recalificación, sólo para los procesos de soldadura de arco con núcleo de fundente y soldadura de arco protegido con gas son variables esenciales.

d) Para el tipo de arco de bajo voltaje en corto circuito del proceso de arco metálico protegido con gas, un incremento más allá de 1.1 veces el espesor, que la probeta de ensayo a calificar, requiererecalificación.

e) Un incremento de un metal base listado a cualquier otro metal base (*) requiere recalificación. Cuando las juntas son hechas entre dos metales base que tienen diferente P-No., la recalificación es requerida, no importando que dos metales base hayan tenido una calificación independiente para usarse en el mismo procedimiento. Pero para metales base de P-No. 1, 3, 4 y 5 que contienen un máximo de 3% Cr, un cambio de metal base de un P-No. mayor a un P-No. menor requiere recalificación, pero no así de un P-No. menor a uno mayor.

f) Un cambio de un P-No. 9A a un P-No. 9B requiere recalificación, pero no el cambio realizado a la inversa. Un cambio de un subgrupo de P-No. 10 a cualquier otro subgrupo de P-No. 10 requiere recalificación también.

g) También necesita recalificación del procedimiento un cambio en el espesor del metal base o en el diámetro de la tubería, más allá del rango de calificación contenida en pruebas de ensayo de probetas.

1.5.3 METAL DE APORTE

a) Un cambio del F-No. (¶) de metal de aporte a cualquier otro metal de aporte o un cambio en la cantidad del metal de aporte recomendado.

b) Un cambio en la composición química de la soldadura de un A-No. (***) a cualquier otro A-No.

(*) El metal base es el acero o acero aleado u otro material donde se trabaja y se deposita la soldadura. El apéndice incluye las especificaciones de los diferentes metales base y se definen en la norma ASME IX como P-No.

(¶) Este código nombra al metal de aporte con una designación de F-No. el apéndice B trata sobre la especificación del metal de aporte.

(***) Este código nombra a la composición química del metal de aporte como A-No. el apéndice C trata sobre la especificación de la composición química del metal de aporte.

c) Un cambio en el electrodo recomendado o electrodos en la especificación del procedimiento de soldadura es una variable no esencial, pero dado su importancia en el proceso de soldadura podría considerarse en algunas ocasiones en una variable esencial.

d) Un cambio en la clasificación del fundente utilizado. La presencia o ausencia de un 0.5% de molibdeno en la combinación del electrodo y el fundente no requerirá recalificación, porque es una variable esencial para el proceso de soldadura de arco sumergido.

e) La aleación contenida en el metal de soldadura, es dependiente de la composición del fundente, cualquier cambio en el procedimiento de soldadura, resultaría en importantes alteraciones químicas en la aleación del metal de soldadura. Si hay evidencia de que la soldadura no fue hecha de acuerdo con una especificación de procedimiento, el inspector puede requerir que una revisión de la composición química del metal de soldadura sea realizada.

Tal revisión sería preferible hacerla durante la realización de la soldadura, porque es una variable esencial para el proceso de soldadura de arco sumergido.

f) Un cambio de metal de aporte o en la composición del metal de aporte, exceptuando aceros al carbón y aceros de bajas aleaciones o un cambio en el revestimiento de bajo hidrógeno, por ejemplo, entre EXX15 a un EXX18. Se considera como variable no esencial, pero dado los múltiples aceros para soldar y los diferentes metales de aporte podría considerarse una variable esencial en algunas situaciones.

g) La aportación o eliminación de fundente consumible o un cambio en la composición del fundente consumible más allá de lo que se califica en la especificación de procedimiento. La soldadura única en junta a tope, con o sin un fundente consumible, califica para soldadura a filete y soldadura única en junta a tope con respaldo o una soldadura doble en junta a tope, es una variable esencial para el proceso de soldadura de arco de tungsteno protegido con gas.

h) La eliminación o adición del metal de aporte.

i) Un cambio en el tipo de electrodo, por ejemplo desde un electrodo consumible desnudo (macizo) a uno con núcleo de fundente, o a uno con recubrimiento de fundente, o un cambio de cualquiera de uno de estos tres tipos podría requerir recalificación.

- j) El agregar o eliminar metal de aporte suplementario.
- k) El agregar o eliminar metal de aporte pulverizado suplementario.
- l) Incrementar la cantidad suplementaria de metal de aporte en polvo.
- m) Donde el contenido de aleación de la soldadura metálica depende ampliamente de la composición del metal de aporte en polvo suplementario, cualquier cambio en cualquier parte del procedimiento de soldadura podría resultar en cambios en los elementos aleantes, los cuales podrían estar fuera del rango de especificación química, normado en el procedimiento de soldadura.
- n) Un cambio en el número y el nombre comercial y designación del fundente, es una variable no esenciales para el proceso de soldadura de arco sumergido.

1.5.4 POSICIONES

- a) La edición de otras posiciones de soldadura para juntas de chaflán y de filete soldadas, excepto los cambios angulares de $\pm 15^\circ$ de posiciones de planos específicos horizontales y una desviación angular de $\pm 5^\circ$ desde planos específicos inclinados que están permitidos durante la soldadura.
- b) Un cambio de posición diferente de la posición vertical con un avance ascendente. El avance vertical califica para todas la posiciones.

1.5.5 PRECALENTAMIENTO

- a) Una disminución de más de 100° F (56° C) en la temperatura de precalentamiento calificada, requiere calificación. El mínimo de temperatura para soldar debe aparecer en la especificación del procedimiento de soldadura.
- b) Un cambio en el mantenimiento o reducción del precalentamiento al completar la soldadura previamente hecha a cualquier requerimiento de tratamiento térmico post-soldadura.

1.5.6 TRATAMIENTO TERMICO POST-SOLDADURA

- a) Una separación de calificación de procedimiento es requerida, para cada una de las condiciones de tratamiento térmico post-soldadura mencionada, en la especificación de procedimiento de soldadura.

- Eliminación del tratamiento termico post-soldadura
- Tratamiento termico post-soldadura por debajo del rango crítico.
- Tratamiento termico post-soldadura sobre el rango crítico por ejemplo: el normalizado.

b) Para un metal con P-No. 8 es necesario la adición o eliminación de un tratamiento termico estabilizante.

c) Para probetas, receptora de un tratamiento termico post-soldadura en la cual es excedido el rango de temperatura crítica el máximo de la soldadura para calificar no debe ser mayor de 1.1 veces el espesor de la probeta de ensayo.

1.5.7 GAS

a) El agregar o eliminar una protección de gas continuo o un cambio en la composición del gas.

b) Un cambio de un gas simple a un gas compuesto o un cambio en el porcentaje de la composición del gas, o omisión de la protección de gas.

c) Una disminución del 10% o más en la velocidad de flujo de la protección de gas simple o mezcal. La protección del flujo de gas, puede no ser satisfactoria en todas las aplicaciones, a menos que la soldadura en el área soldada este apropiadamente protegido de una influencia atmosférica.

d) El agregar o eliminar el gas de protección, o un cambio en la velocidad de flujo del gas de protección o la omisión del gas inerte, excepto cuando la recalificación es cambiada para el respaldo de gas inerte y este procedimiento se usa para una soldadura simple en junta a tope con un respaldo de hembra plana, o doble soldadura en junta o tope o para una soldadura de filete.

e) Para metales con P-No.4X, P-No.5X, P-No.6X y P-No.10I, la aportación o eliminación de gas de respaldo; un cambio en la velocidad de flujo del gas de protección o composición será una variable esencial.

1.5.8 CARACTERISTICAS ELECTRICAS

a) Un cambio en el tipo de corriente o polaridad, o un incremento en la temperatura agregada o un incremento en el volumen del metal de soldadura depositada por unidad de longitud arriba de lo calificado, se considera una variable esencial por la importancia que reviste. El incremento puede ser medido por cualquiera de las siguientes condiciones:

- Temperatura suministrada (J/plg.)

$$\frac{\text{Voltaje} \times \text{Amperaje} \times 60}{\text{Velocidad de Movimiento (plg/min)}}$$

- Volúmen de metal de soldadura es igual a un incremento en el tamaño del cordón, o una disminución en la longitud del cordón a una disminución en la velocidad de movimiento.

- b) La adición o eliminación de corriente pulsante con una fuente de fuerza de corriente directa.
- c) Un cambio en el tipo de corriente o polaridad, o un cambio en el rango del amperaje o voltaje. Un cambio en el rango de la velocidad de alimentación de electrodo de alambre puede ser usado como una alternativa para graduar el amperaje.
- d) Un cambio en el tipo o tamaño del electrodo de tungsteno.

1.5.9 TECNICA

- a) Un cambio de la tecnica de cordones a la tecnica de entrelazamiento de cordones o viceversa.
- b) Un cambio en el orificio de la boquilla solo para el proceso de soldadura de arco de tungsteno protegido con gas.
- c) Un cambio en el metodo de limpieza inicial como cepillado, esmerilado, etc.
- d) Un cambio en el metodo de la remoción del metal de soldadura y la base del metal desde el otro lado de la pieza de una soldadura, para asegurar una penetración completa a pesar de las subsecuentes soldaduras.
- e) Un cambio en el ancho, frecuencia o espaciamiento de tiempo de la soldadura.
- f) Un cambio en el tubo de contacto para trabajo a distancia.
- g) Un cambio de multiples pases por lado a un pase único por lado.
- h) Un cambio desde un electrodo simple a electrodo múltiple o viceversa.
- i) Un cambio de soldadura con antorcha, de un Área cerrada a una Área dada con los metales P-No.5X, pero no viceversa.

- j) Un cambio en la separación del electrodo con el metal base.
- k) Un cambio de una soldadura manual a una semiautomática
- l) El agregado o eliminado de una boquilla. Es una variable no esencial que en circunstancias muy particulares podría ser considerados.

TABLA RESUMEN
 VARIABLES ESENCIALES Y NO ESENCIALES
 Vrs.
 PROCESOS DE SOLDADURA DE LA NORMA ASME Sec. IX

		VARIABLES ESENCIALES					VARIABLES NO ESENCIALES				
		SMAW	FCAW	SAW	GMAW	GTAW	SMAW	FCAW	SAW	GMAW	GTAW
JUNTAS	a)						■	■	■	■	■
	b)						■	■	■	■	■
	c)						■	■	■	■	■
	d)						■	■	■	■	■
	e)						■	■	■	■	■
METAL BASE	a)	■	■	■	■	■					
	b)	■	■	■	■	■					
	c)	■	■	■	■	■					
	d)	■	■	■	■	■					
	e)	■	■	■	■	■					
	f)	■	■	■	■	■					
METAL DE APORTE	a)	■	■	■	■	■					
	b)	■	■	■	■	■					
	c)	■	■	■	■	■					
	d)			■			■	■	■	■	
	e)			■							
	f)			■							
	g)					■		■	■	■	■
	h)					■					
	i)		■		■						
	j)		■		■						
	k)			■				■	■	■	
	l)			■							
	m)			■							
	n)			■					■		
POSICION	a)						■	■	■	■	■
	b)						■	■	■	■	■
	a)	■	■	■	■	■					
	b)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PRECALENTAMIENTO	a)	■	■	■	■	■					
	b)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
TRATAMIENTO TERMICO POST-SOLDADURA	a)	■	■	■	■	■					
	b)	■	■	■	■	■					
	c)	■	■	■	■	■					

Continúa .

NOTA: Elaborado en base al numeral 1.5.

CUADRO 1.1.
(Continuación)

		VARIABLES ESENCIALES					VARIABLES NO ESENCIALES				
		SMAW	FCAW	SAW	GMAW	GTAW	SMAW	FCAW	SAW	GMAW	GTAW
GAS	a)										
	b)		■		■	■		■		■	■
	c)		■		■	■		■		■	■
	d)							■		■	■
	e)		■		■	■		■		■	■
CARACTERISTICAS ELECTRICAS	a)										
	b)							■		■	■
	c)						■	■	■	■	■
	d)						■	■	■	■	■
TECNICA	a)	■	■	■	■	■					
	b)	■	■	■	■	■					
	c)	■	■	■	■	■					
	d)	■	■	■	■	■					
	e)	■	■	■	■	■					
	f)		■	■	■	■					
	g)		■	■	■	■					
	h)		■	■	■	■					
	i)		■	■	■	■					
	j)		■	■	■	■	■	■	■	■	■
	k)	■	■	■	■	■					
l)	■	■	■	■	■						

PROCESOS:

SMAW: Shield Metal Arc Welding. Soldadura de Arco Metálico Protegido.
 SAW: Submerged Arc Welding. Soldadura de Arco Sumergido.
 GMAW: Gas Metal Arc Welding. Soldadura de Arco Protegido con Gas.
 FCAW: Flux Cored Arc Welding. Soldadura de Arco con Núcleo de Fundente.

1.6 PROCEDIMIENTOS PRECALIFICADOS DE SOLDADURA

Todos los procedimientos de juntas soldadas precalificadas que se usan, se preparan anticipadamente por el fabricante, inspector o constructor, como un ejemplo en la especificación de procedimiento de soldadura y disponible para aquellos autorizados en supervisar o examinar a los soldadores.

Los procedimientos precalificados, se pueden utilizar cuando la experiencia y familiarización con ciertos metales base y materiales de aporte, han sido probados y adecuados a un procedimiento específico, a través de servicios ejecutados en una largo período de tiempo. El uso de estos procedimientos es hecho cuando es permitido usarlos por la norma de calificación de procedimiento, especificación, normas de fabricación, etc.

Para los procedimientos pre-calificados no es necesario la ejecución de los ensayos de calificación.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Los tipos de las piezas de ensayo pueden ser un tubo, una chapa o una combinación de éstos. El tipo no es siempre considerado como variable esencial; esto es una variable que implica recalificación en caso de alguna alteración. En general, las piezas de ensayo deben ser representativas del trabajo a ser ejecutado. Si la calificación es destinada para la soldadura de tubo, posiblemente la pieza de ensayo deberá ser un tubo, de modo de reducir el número de piezas de ensayos necesarios.

El material de la pieza de ensayo, debe ser del mismo material de la estructura. Para disminuir el número de pieza por calificación, las normas definen excepción que siempre que sea posible, deben de ser adoptadas.

Por ejemplo: según ASME sección IX, menciona que la pieza de ensayo debe ser del mismo F-número materiales de la misma soldabilidad) que son agrupados con el mismo número que la estructura.

La escogencia del material debe ser siempre basada en los requisitos de la norma y dentro de las excepciones permitidas, en función de la disponibilidad y el costo del material.

Las probetas requeridas para calificación de procedimiento se mencionan en los cuadros que describiremos a continuación.

En el cuadro 2.1 se presenta una comparación entre cantidades de probetas requeridas de acuerdo a las normas ASME IX y AWS D1.1 para la calificación de procedimiento de soldadura.

De acuerdo a la norma AWS D1.1 los límites de las posiciones de las placas y tuberías para calificación de procedimiento de soldadura, se presentan en el cuadro 2.2 y los dibujos de las posiciones se encuentran en el Capítulo 1, Figura 1.1.

CUADRO 2.1.1.
COMPARACION ENTRE CANTIDAD DE ENSAYOS REQUERIDOS
DE LAS NORMAS ASME IX Y AWS D1.1 PARA LA
CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA.

NORMA	CUERPOS DE PRUEBA			CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO			
	Ensayo de Tracción	Ensayo de doblado	Ensayo de corte con Chaflán	Ensayo de Radio-gráfico	Ensayo Macro-gráfico	Ensayo de tracción metal de soldadura	Ensayo de Corte
ASME IX							
Soldadura con Chaflán Soldadura en ángulo	2 [†]	4	-----	N.R. ^{**} N.R.	5 fases	-----	----- 1
AWS D1.1							
Soldadura con Chaflán Soldadura en ángulo	2	4 2	-----	Si N.R.	3 fases	-----	-----

† Cantidad de cuerpos de prueba
 ** N.R. = No Requerido

LIMITES DE LA POSICION DE LA SOLDADURA
 PARA LA CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS
 DE SOLDADURA SEGUN LA NORMA AWS D1.1.

CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO-LIMITACION DEL TIPO Y POSICION					
ENSAYO DE CALIFICACION		TIPO Y POSICION DE SOLDADURA CALIFICADA†			
		CHAPA		TUBO	
SOLDADURA	Posicion de Chapa o Tubo	Con chaflán	En ángulo	Con chaflán	En ángulo
Chapa con chaflán Junta de penetración completa	1G	F		F N.1	
	2G	H		H N.1	
	3G	V			
	4G	OH			
Chapa con chaflán Junta de penetración parcial	1G	F		F N.1	
	2G	H		H N.1	
	3G	V			
	4G	OH			
Chapa en ángulo	1F		F		
	2F		H		
	3F		V		
	4F		OH		
Tubo con chaflán Junta de penetración completa	1G	F		F	F
	2G	F,H		F,H	F,H
	5G	F,V,OH		F,V,OH	F,V,OH
	6G	F,H,V,OH		F,H,V,OH	F,H,V,OH
	Uniones T, Y y K	Todas		Todas N.3	Todas

† Posiciones de soldadura: F = Plana, H = Horizontal
 V = Vertical, OH = Sobre-cabeza

1. Calificado para soldaduras de tubos mayores de 24 plg. de diámetro.
2. Calificado para soldaduras de juntas de penetración completa con chaflán, excepto uniones tipo T, Y y K.
3. Calificado para uniones tipo T, Y y K sujeto a limitaciones de Requerimientos de juntas tubulares y para soldaduras con chaflán en juntas con penetración completa en todas las posiciones.

CUADRO 2.3.

NUMERO Y TIPO DE PROBETAS DE ENSAYO Y RANGO DE ESPESORES A CALIFICAR PARA PROCEDIMIENTO DE CALIFICACION; EN JUNTAS DE PENETRACION COMPLETA CON CHAFLAN SEGUN ASME Sec. IX

ENSAYO SOBRE CHAPA

Espesor de chapa (T) ensayada plg.	Número de prueba por posición	END [†] N.1	Tensión en sección reducida	Doblado de raíz	Doblado de cara	Doblado de lado	Espesor de Chapa (T) calificada máximos plg. N.2
1/8 T 3/8	1	Si	2	2	2	---	1/8 a 2T
3/8	1	Si	2	2	2	---	3/4
3/8 T 1	1	Si	2	---	---	4	2T
1 y Mayores	1	Si	2	---	---	4	Ilimitado

[†] Ensayo No Destructivo

NOTAS:

1. Todas las soldaduras en chapas deberán inspeccionarse visualmente.
2. Para chaflán cuadrado soldado, el máximo espesor calificado deberá ser limitado por la probeta a ensayar.

CUADRO 2.3.
(Continuación)

ENSAYO SOBRE TUBERIA

Tamaño de Tub. a soldar		Número de prueba por posición	END	Tensión en sección reducida	Doblado de raíz	Doblado de cara de lado	Doblado de lado	Tamaño Tub. Calificada	
Diam. plg,	Espesor de pared T							Diámetro plg.	Espesor Pared plg. Mínimo Máximo
2 o 3	Cd. 80 Cd. 40	2	Si	2	2	---	---	3/4 a 4	0.125 0.674
6 a 8	Cd. 120 Cd. 80	1	Si	2	---	---	4	4 a mayores	0.187 Cualq.
Diam.	Espesor T								
< 24"	1/8 ≤ T ≤ 3/8"	1	Si	2	2	---	---	Diámetro de prueba y	1/8 2T T/2 2T 0.375 Cualq.
	3/8 < T < 3/4"	1	Si	2	---	4	4		
	T ≥ 3/4"	1	Si	2	---	4	4		
≥ 24"	1/8 ≤ T ≤ 3/8"	1	Si	2	2	---	---	mayores 24 y >	1/8 2T T/2 2T 0.375 Cualq.
	3/8 < T < 3/4"	1	Si	2	---	4	4		
	T ≥ 3/4"	1	Si	2	---	4	4		

NOTAS:

1. Todas las soldaduras a ensayarse deberán tener inspección visual.
2. Para tuberías que tengan soldadura circunferencial deberán ensayarse por radiografía o por ultrasonido previo al ensayo mecánico.

2.1.1 LOCALIZACION DE PROBETAS DE ENSAYO

Las probetas ensambladas con soldadura se ensayan mecánicamente, como placas y tuberías soldadas con chaflán o filete cuando se requiere, según las normas deberá prepararse de acuerdo a la figura siguiente:

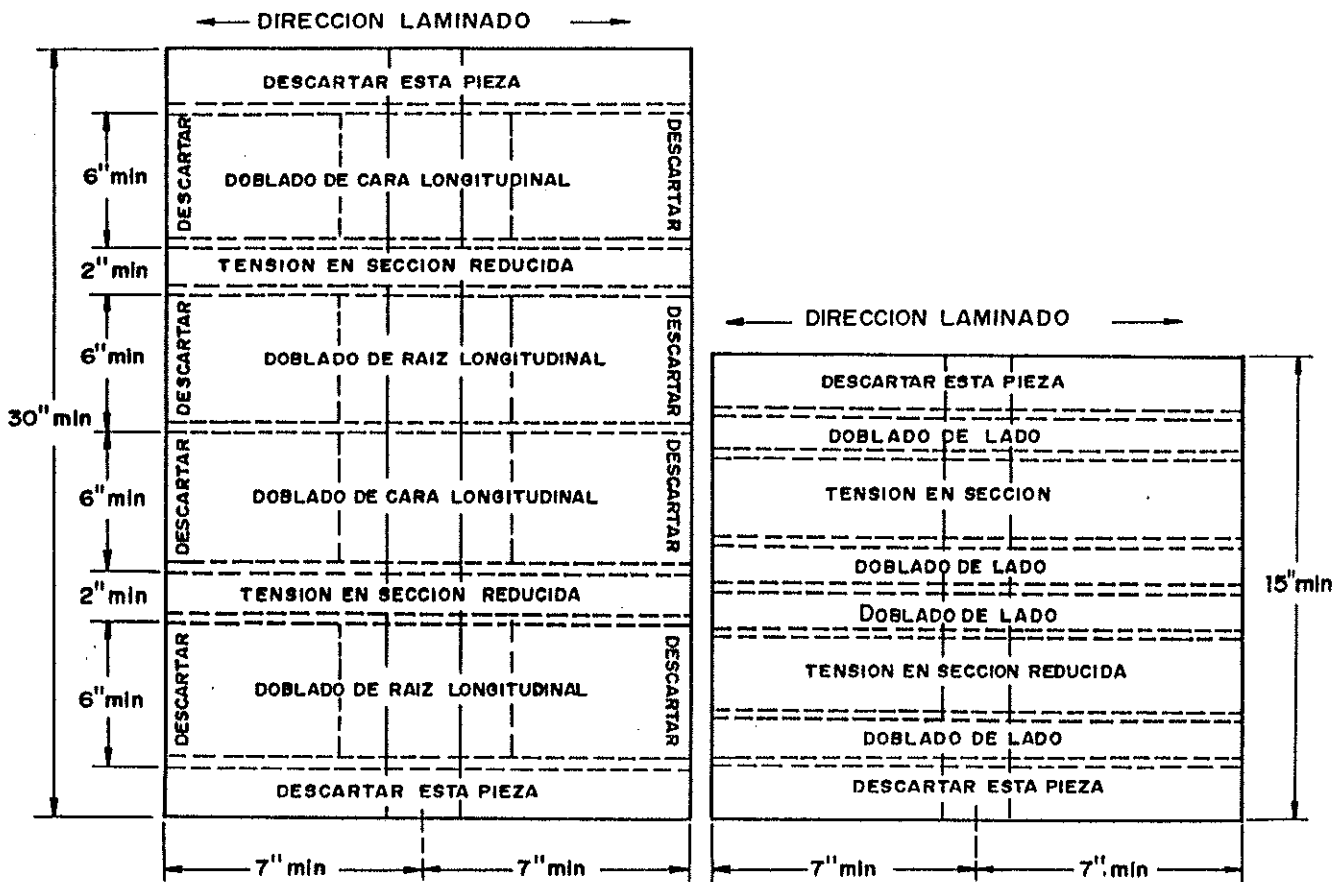


Fig. 2.1 Chapas de ensayo sugerida para probetas.

2.2 ENSAYOS MECANICOS

La calidad de las juntas soldadas depende en gran escala de una competente inspección y de un chequeo a través de ensayos adecuados. Se ha podido comprobar que los ensayos mecánicos utilizados para determinar la resistencia de las soldaduras y otras propiedades se pueden utilizar con confianza, para establecer la calidad de las soldaduras. En adición otros ensayos, tanto destructivos, como no destructivos pueden usarse.

Los ensayos mecánicos para soldaduras son similares a los ensayos mecánicos que se aplican al metal base, como son las placas o planchas, tubos, etc., con la modificación necesaria para determinar las propiedades de la soldadura.

Cuando se incluyen requisitos de ensayos mecánicos como parte de una especificación para fabricación de una estructura soldada, es conveniente indicar claramente:

- cuáles son los ensayos requeridos,
- las especificaciones de AWS, ASME IX o cualquier otra norma aplicable, la cual dictará el procedimiento de ensayo.
- los valores de las propiedades investigadas y si estos valores son mínimos o máximos,
- la interpretación, si hay alguna de las propiedades determinadas.

Los ensayos que a continuación se describen, son para determinar las propiedades mecánicas del metal de soldadura y de las juntas soldadas. Si hay especificaciones respecto al metal base, los ensayos deben realizarse de acuerdo a estas especificaciones.

El término sanidad usado en relación a los ensayos mecánicos significa el grado de libertad de defectos discernibles por medio de inspección visual de cualquier superficie expuesta de metal de soldadura.

Ya que gran parte del diseño estructural de la junta soldada está basado en su propias propiedades a tensión, es importante que tales propiedades de tensión en el metal base, metal de soldadura, la unión entre estos y la zona afectada por el calor, esten de acuerdo a las consideraciones de diseño del ensamble. En las soldaduras a tope, el metal de soldadura debe desarrollar aproximadamente las mismas propiedades a tensión que el metal base. En el caso de soldadura de filete, la resistencia al corte es un factor significativo.

Los ensayos que se describirán por el tipo de unión requerido por la construcción, para la calificación de procedimiento son:

Ensayo para juntas a tope soldadas, ver inciso 2.2.1

Ensayo de doblado, ver inciso 2.2.2 y 2.2.3

Ensayo para soldadura a filete, ver inciso 2.2.9.

2.2.0 ENSAYO PARA JUNTAS A TOPE SOLDADAS

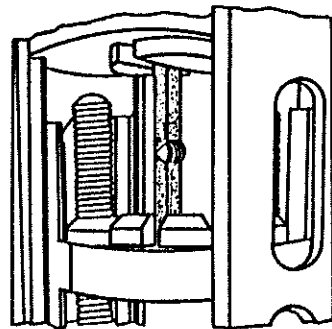
Todos los ensayos que se describen a continuación como: tensión en sección reducida y de doblado están unidas por juntas a tope con diferente chaflán.

2.2.1 ENSAYO DE TENSION EN SECCION REDUCIDA

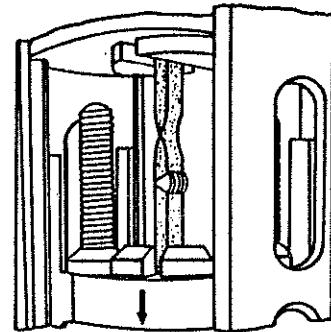
Se requiere para probar la resistencia a la tensión de una chapa de acero soldada y calcular la carga que puede soportar el área de la sección reducida y la soldadura.

La resistencia del metal a tensión en lb/plg², puede calcularse dividiéndose la carga máxima en libras entre el área de la sección transversal en plg., cuadradas. Los datos del área para la prueba se toma de la sección reducida. Esta prueba se realiza en una máquina universal a tensión.

Los dibujos de las probetas de sección reducida de chapa y tubería, se encuentran en el inciso 2.2.1.1 y el ensayo a tensión se muestra en las siguientes figuras.



Probeta de placa soldada para prueba de tensión colocada en posición en una máquina universal de pruebas.

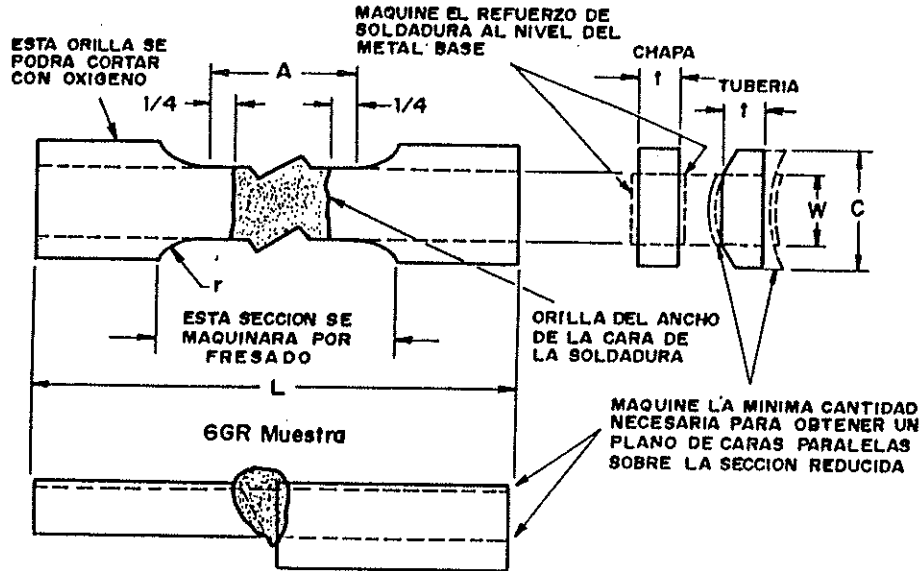


Probeta de placa soldada en la que se aprecian la estricción y la falla.

Fig. 2.2 Esquemas de una prueba a Tensión.

2.2.1.1 PROBETA DE TENSION EN SECCION REDUCIDA

A continuación se presentan las dimensiones y los rangos de espesores para la probeta de tensión en sección reducida de chapa y tubería, como los diámetros de dichas tuberías. Los dibujos de AWS D1.1 y ASME IX se presentan a continuación.



DIMENSIONES						
ENSAYO DE CHAPA	ENSAYO DE TUBERIA					
	DIAMETRO 2" y 3"	DIAMETRO O LARGO DE LA TUBERIA 6" y 8"				
	$T_p \leq 1"$	$1 < T_p < 1/2"$	$T_p \geq 1/2"$			
A- LONGITUD DE LA SECCION REDUCIDA	ANCHO DE LA CARA SOLDADA + 1/2", 2 1/4" min REQUERIDO POR EL EQUIPO DE ENSAYO					
L- LONGITUD TOTAL, MIN (NOTA 2)						
W- ANCHO DE LA SECCION REDUCIDA ANCHO DE LA SECCION DE	$1 1/2 \pm 0.01$	1 ± 0.01	1 ± 0.01	$1/2 \pm 0.01$	$3/4 \pm 0.01$	
C- AGARRE (NOTA 4, 5)	2	1 1/2	1 1/2	1 APROX.	1 1/4 APROX.	
t- ESPESOR DE PROBETA (NOTA 6, 7)	T_p	T_p	T_p/n (NOTA 7)	EL MAXIMO POSIBLE CON EL PLANO PARALELO DE LA CARA A		
r- RADIO DEL FILETE, MIN	1/2	1/2	1/2	1	1	

Fig. 2.3 Probeta de tensión en sección reducida de AWS D1.1.

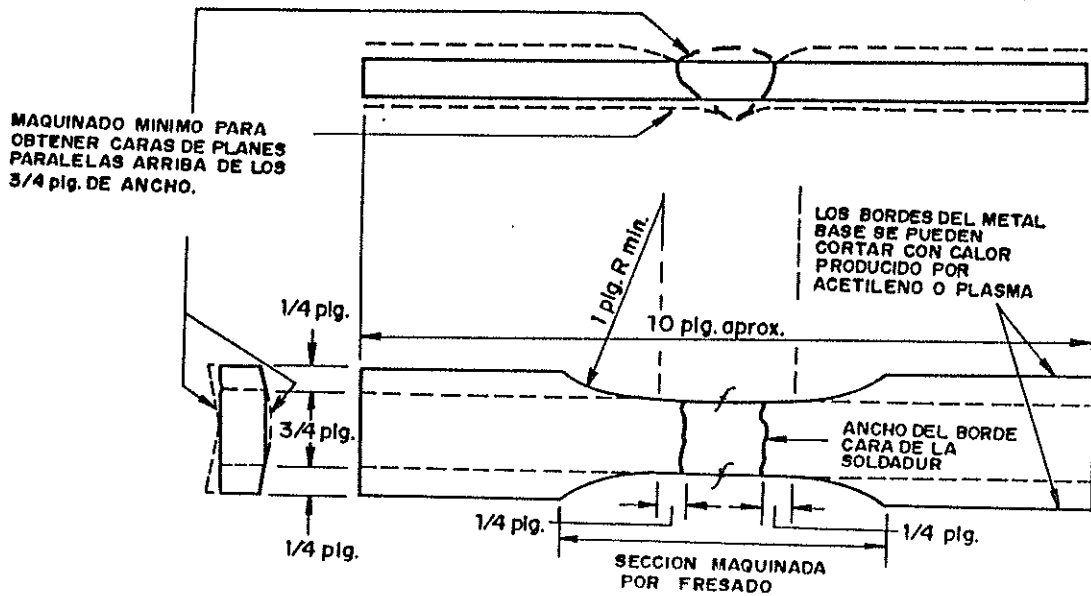
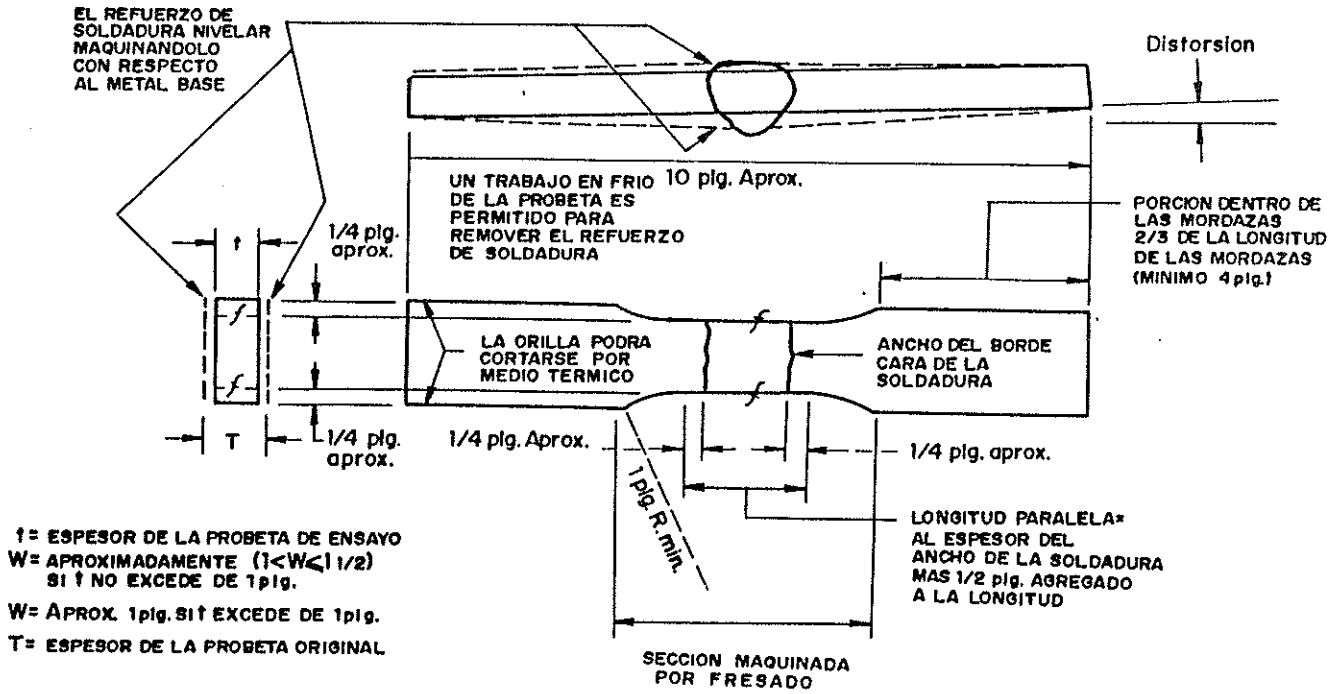


Fig. 2.4 Probeta de tensión en sección reducida para tuberías
 Probeta de la norma ASME IX

Notas de Probeta de tensión en sección reducida de AWS
D1.1

- 1) T_p = espesor de placa.
- 2) Si es conveniente y posible que la longitud de la sección de agarre sea suficientemente grande, para permitir estirar la probeta dentro de la distancia de las mordazas, tienen que tener una longitud de dos terceras partes o más de la distancia de las mordazas.
- 3) La terminación de la sección reducida no deberá ser diferente de su anchura en más de 0.004 plg.

Además, se va disminuyendo gradualmente en la anchura del extremo para el centro, pero el espesor de uno y otro extremo no deberá ser mayor que 0.015 plg. que el espesor del centro.

- 4) La anchura w y c se usan cuando son necesarios y en tales casos, la anchura de la sección reducida deberá ser permitido ensayarla dependiendo de la anchura del material. Si el espesor del material es menor que w , los lados que son paralelos deberán serlo a todo lo largo de la probeta.
- 5) Para los tipos de probetas de placa estándar, los extremos de las probetas deberán ser simétricas respecto al centro de la línea de la sección reducida que es de 0.25 plg. exceptuando como en otro tipo de probeta en la cual los finales de las probetas deberán ser simétricas respecto al centro de la línea de la sección reducida que es de 0.10 plg.
- 6) La dimensión t es el espesor de la probeta y está incluida en la especificación del material. El ancho mínimo nominal deberá ser de 3/16 plg. excepto lo permitido en la construcción.
- 7) Para placas arriba de 1 1/2 plg., espesor y las probetas que se cortan dentro de un rango mínimo y con un rectificado que no exceda de 1 1/2 plg. de espesor.

Los esquemas para la elaboración de los cuerpos de prueba de doblado longitudinal y del doblado transversal se presentan a continuación.

2.2.2 ENSAYO DE DOBLADO DE RAIZ

El ensayo de doblado de raíz se hace en una máquina de doblado guiado, la probeta para dicho ensayo se dispone con la raíz de la soldadura hacia la boca de la guía.

Se usa este ensayo para comprobar la ductilidad (deformación del metal sin romperse o sin fallar) y la sanidad de la soldadura. La probeta para dicho ensayo se encuentra en el inciso 2.2.7 DISPOSITIVO DE DOBLADO GUIADO.

2.2.3 ENSAYO DE DOBLADO DE CARA

Este ensayo también se realiza en una máquina de doblado guiado, con la diferencia que la cara de la soldadura se coloca dirigida hacia la boca de la guía, hasta conseguir una U de la probeta para dicho ensayo se encuentra en el inciso 2.2.7 DISPOSITIVO DE DOBLADO GUIADO.

2.2.3.1. PROBETA PARA DOBLADO DE CARA Y RAIZ:

En estos esquemas de las probetas, se dan las dimensiones y las medidas de espesores para placas y tuberías, los cuales se presentan a continuación.

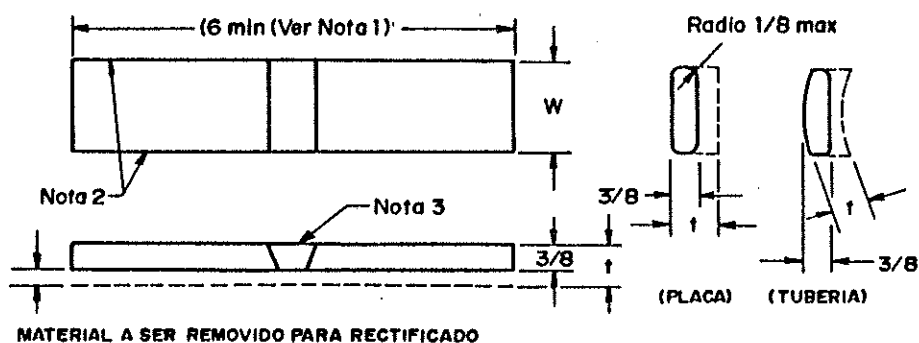


Fig. 2.5 Probeta Doblado de cara

Fuente norma AWS D1.1

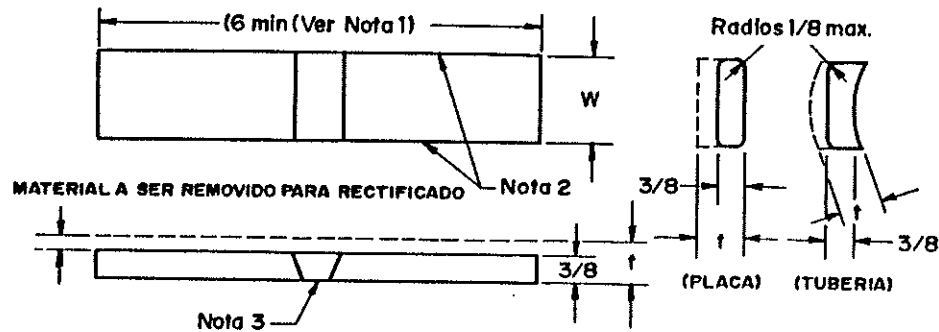


Fig. 2.6 Probeta Doblado de raíz

Fuente norma AWS D1.1

DIMENSIONES

Probetas a soldar	Ancho de Probeta (w)
Placa	1 1/2 plg.
Tubería 2 plg. y 3 plg. de diam.	1 plg.
Tubería 6 plg. y 8 plg. de diam.	1 1/2 plg.

Notas de las probetas de cara y raíz.

- 1) A lo largo de la probeta se usa un tipo de capa alrededor de la pieza, en la instalación del doblado o cuando el ensayo tenga una resistencia de fluencia de 90 Psi o más.
- 2) La orilla se puede cortar con oxígeno y se puede maquinarse.
- 3) La soldadura de refuerzo y respaldo, deberá ser removida y nivelada con un alisado superficial de la probeta. Si se elimina el respaldo que se está usando, la superficie se deberá maquinar; el espesor de los finales de las probetas deberán de estar dentro de la especificación para alisarse o bien para pulirse.
- 4) T₀ al espesor de placa o tubería.

2.2.4 ENSAYO DE DOBLADO DE COSTADO

Se realiza en una máquina de doblado guiado, donde la probeta se coloca con el lado que muestre mayor defecto, de existir dirigido hacia abajo. La figura se encuentra en el inciso.

2.2.4.1 PROBETA DE DOBLADO DE COSTADO

En este esquema de la probeta de doblado de costado, se da las dimensiones y los rangos de medidas de los espesores.

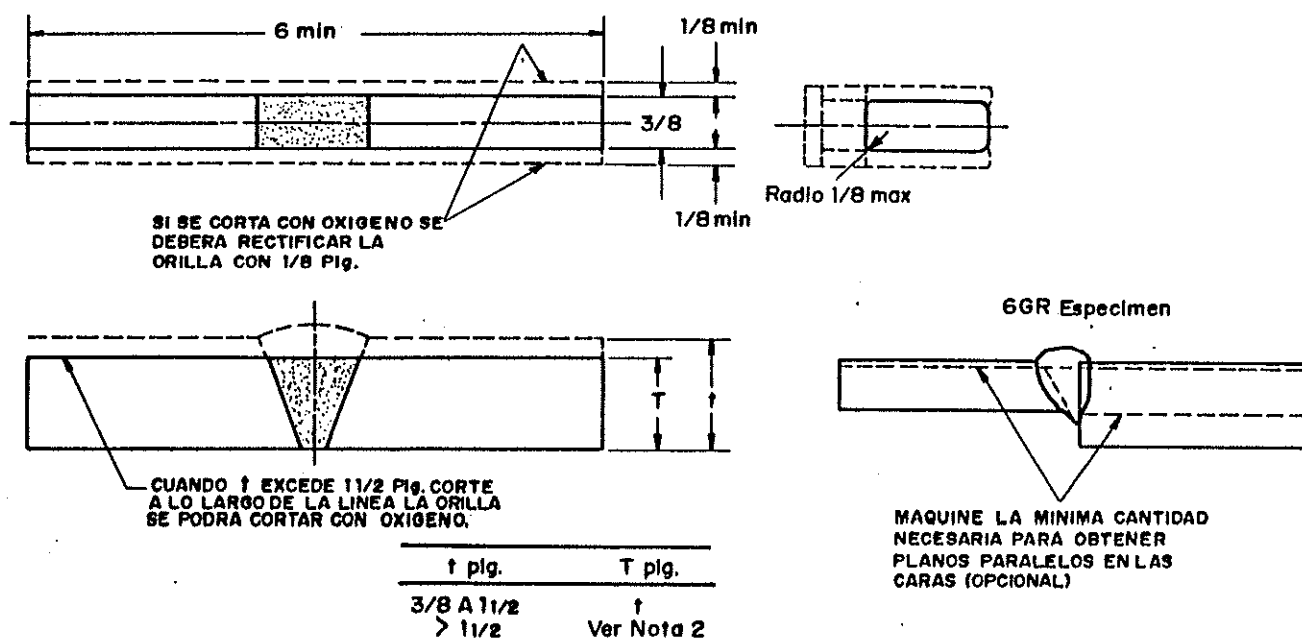


Fig. 2.7 Probeta para doblado de costado, según AWS D1.1

NOTA:

El refuerzo de soldadura y el anillo de refuerzo, deberá ser removido al mismo nivel que la superficie de la probeta. Si se quita el anillo usado, la superficie deberá alinearse del espécimen maquinándolo. No se deberá cortar con acetileno material no ferroso. Si la tubería ensayada es de 3 plg. o menos, el grosor de la probeta de doblado deberá ser de $\frac{3}{4}$ plg. medido alrededor de la superficie externa.

Doblado de Costado

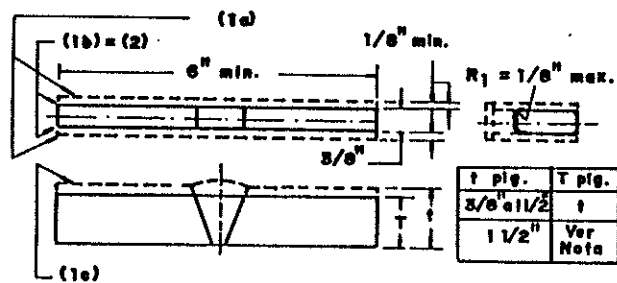


Fig. 2.8 Probeta de doblado de costado
Fuente ASME IX

NOTAS:

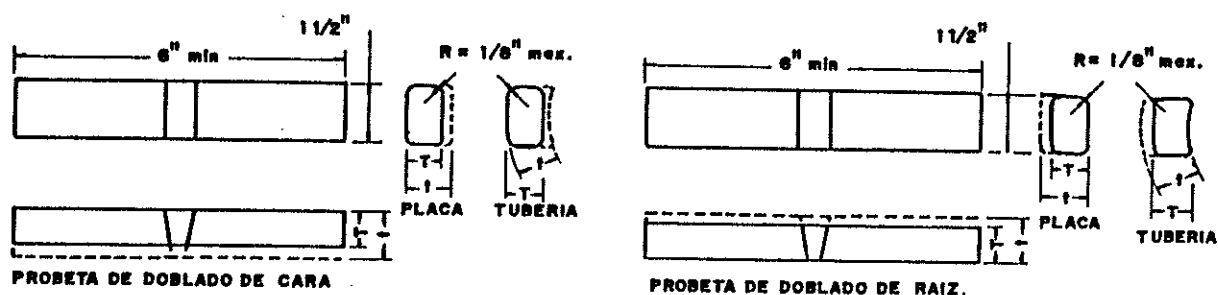
- 1) El tamaño de la longitud de la probeta se considera esencial cuando se usa un tipo de capa alrededor del doblado fijo o cuando el ensayo del material tenga un punto de fluencia de 30 Psi.
- 2) Para placas arriba de 1 1/2 plg. de espesor, el corte de la probeta tiene que ser, aproximadamente, igual a T, entre 3/4 plg. y 1 1/2 plg.
- 3) t= al espesor de placa o tubería.

2.2.5 ENSAYO DE DOBLADO TRANSVERSAL

También se realiza en una máquina de doblado guiado, con la diferencia que, con el ensayo de doblado de cara, la raíz de la soldadura de refuerzo y el respaldo deberán ser removidos y alisarse.

Existe el doblado de cara y raíz transversal.

2.2.5.1 PROBETA DE DOBLADO TRANSVERSAL DE CARA Y RAIZ



f. Plg.	T, Plg.	
	METALES CON P-No.	PARA OTROS METALES.
1/16" - 1/8"	†	†
1/8" - 3/8"	1/8"	†
> 3/8"	1/8"	3/8"

Fig. 2.9 Probeta de doblado Transversal de cara y raíz. Fuente ASME IX

NOTAS:

- 1.a) Para la calificación de procedimiento con un acero de P-No. 1. El alisamiento de la probeta de ensayo de doblado se hace en forma maquinada o fresaada, no deberá ser menor de 1/8 plg. en los bordes.
- 1.b) Tal renovación no es requerida por un acero de P-No.1, pero cualquier resultado de asperezas deberá ser arreglado por maquinado o fresaado.

1.c) Cuando t excede de $1\ 1/2$ plg. referirse a lo siguientes:

- c.1) corte a lo largo de la línea indicada por la flecha. El borde se corta con acetileno y se hará o no maquinado;
- c.2) para la calificación de procedimiento en todos los materiales dados en P-No. ver anexo A. Un corte en la probeta de doblado de costado con gas que resulte con asperezas, deberá arreglarse por maquinado o frenado.

Las probetas que serán cortadas para desvastar una superficie, deberán estar entre $3/4$ plg. y $1\ 1/2$ plg. de ancho para el ensayo la probeta deberá ser doblada complementamente en su anchura, ver los requerimientos de la anchura de la guía.

2.2.6 ENSAYO DE DOBLADO LONGITUDINAL

También se realiza dicho ensayo en una máquina de doblado guiado con las características que la soldadura está a lo largo de la probeta que se va a ensayar, siempre doblándola hasta llegar a formar una U para ver el estiramiento de la soldadura y observar si existen defectos superficiales o internos. La figura en el inciso 2.2.6.1 muestra la probeta para ensayo de doblado longitudinal.

2.2.6.1 PROBETA DE DOBLADO LONGITUDINAL DE CARA Y RAIZ

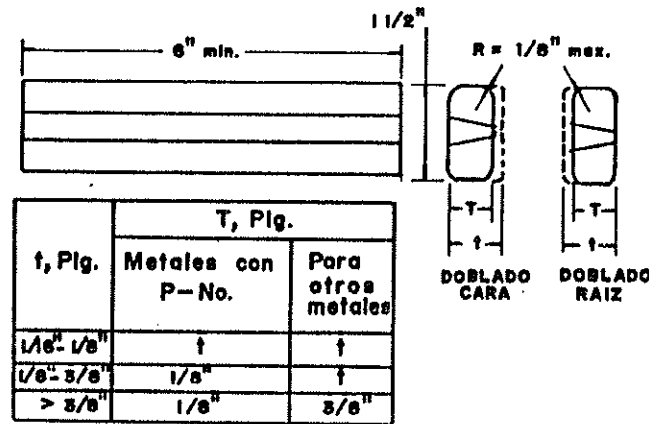


Fig.2.10 Probeta de doblado longitudinal de cara y raiz. ASME IX

Nota :

La soldadura de refuerzo o el respaldo y el anillo de refuerzo, tendrá que ser removido hasta un nivel adecuado sin cambiar el alisamiento del metal base. Si se suspende el desgaste de la superficie de la probeta, deberá ser maquinado a un grueso que no exceda el grosor de la profundidad para remover la corteza, excepto en aquellos casos en que el grosor de los extremos de la probeta estén ya especificados.

2.2.7 DISPOSITIVO DE DOBLADO GUIADO

Como se ha explicado, en cinco ensayos de doblado, se utiliza una máquina de doblado para realizar los ensayos.

Las probetas de doblado mencionadas se ensayan en un dispositivo de doblado guiado, el cual es de suma importancia tenerlo en el taller de soldadura para la prueba de ensayo.

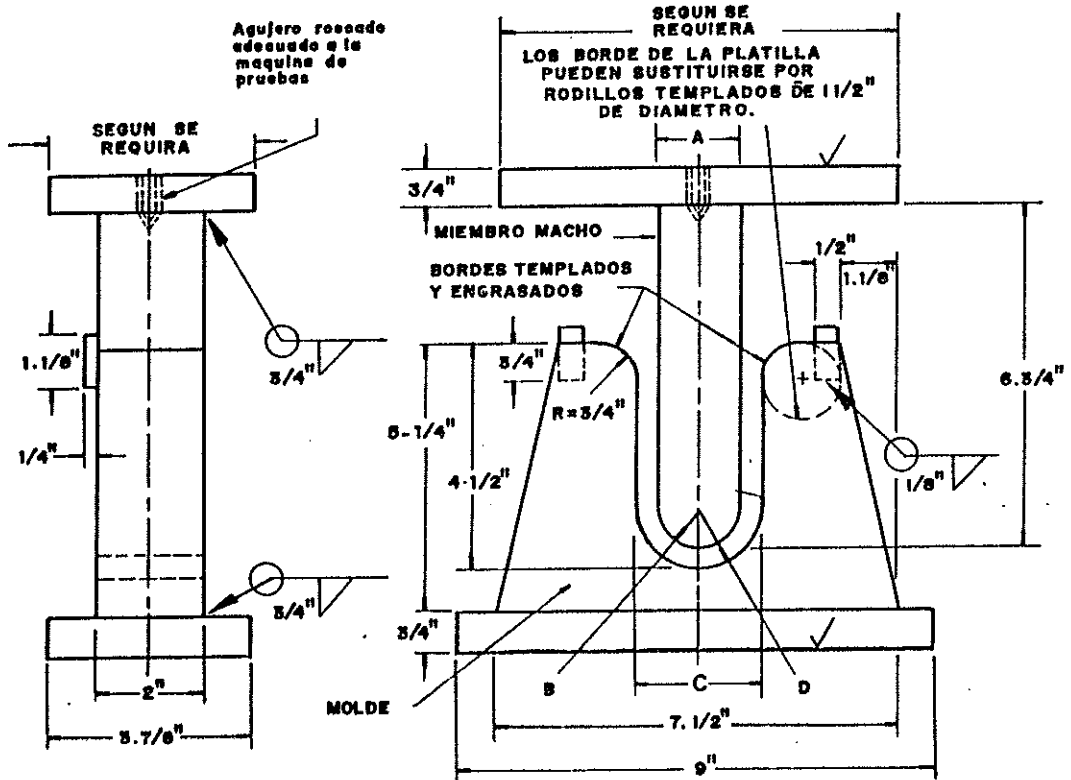


Fig. 2.11 Máquina estándar para prueba de doblado guiado, según AWS D1.1

Resistencia a la tensión del metal base	A plg.	B plg.	C plg.	D plg.
50,000 & menor	2 1/2	3/4	2 3/8	1 3/16
De 50,000 a 90,000	2	1	2 7/8	1 7/16
90,000 & mayor	2 1/2	1 1/4	3 3/8	1 11/16

2.2.7.1. PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO DE DOBLADO

Las probetas a ensayar se doblan en una guía con el contorno igual o sustancialmente parecido, al mostrado en la figura. Aceros u otros materiales con una resistencia a la tensión mayor de 10,000 psi., requerirán el uso de rodillos en vez de los hombros de la guía. Pueden usarse cualquier medio conveniente para mover el miembro macho en relación la miembro hembra que forma la guía de doblado.

El ensayo se ejecuta colocando el espécimen sobre hombros o rodillos de la guía, con la soldadura al centro de la luz.

Los dos miembros de la guía, macho y hembra se unen, aplicando una carga, con la probeta colocada en medio, hasta que ésta alcance el ángulo especificado de doblado, hasta que resulta imposible introducir un alambre de 1/32 plg. de diámetro entre la probeta y el punzón.

Aceros con 2% de elementos de aleación o con resistencia a la tensión mayores de 100,000 psi., muy pocas veces tienen suficiente ductilidad como para formar una U sin fracturarse antes.

En la figura 2.10 se indica las medidas, el tipo de soldadura ha usar para la construcción del dispositivo de doblado guiado.

2.2.8 ENSAYO DE CORTE

Este ensayo no se considera en las normas ASME IX AWS D1.1 indispensable solo cuando la norma lo requiera para la calificación de procedimiento de soldadura, pero por su importancia se describe a continuación. En la soldadura a tope se puede realizar un ensayo de corte para comprobar la resistencia al corte en la soldadura y la sanidad de la misma como la resistencia de la unión de la soldadura y el metal base. La probeta y las fuerzas aplicadas se presentan a continuación.

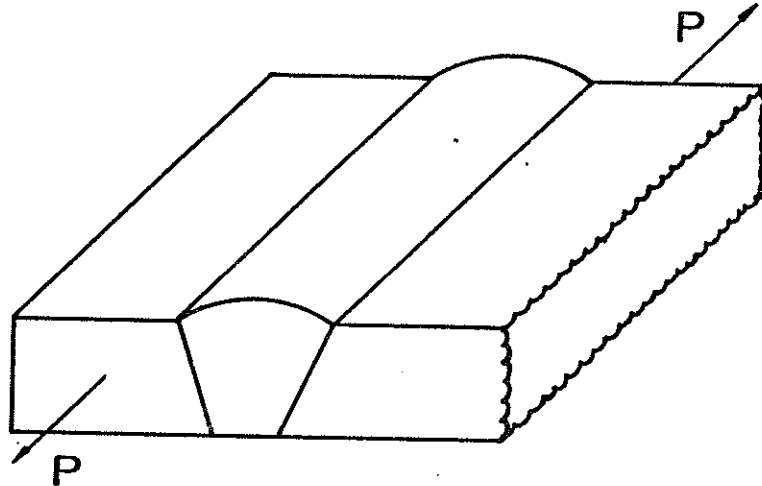


Fig. 2.12 Probeta para ensayo de corte con chaflán

2.2.9 ENSAYO PARA SOLDADURA DE FILETE

Como parte de los ensayos mecánicos, los ensayos para soldaduras a filete se deben realizar para comprobar la sanidad de la soldadura en planchas y tuberías.

Los ensayos para la soldadura de filete más comunmente usados son:

- El ensayo de macrografía ver inciso 2.2.9.1
- El ensayo de corte, ver inciso 2.2.9.2
- El ensayo de fractura, ver inciso 2.2.9.4

2.2.9.1 ENSAYO DE MACROGRAFIA

Es otro de los métodos para ver si una soldadura está libre de defectos. Este se refiere a los ensayos metalográficos. La metalografía es la rama de la metalurgia que estudia la constitución estructural y propiedades de los metales y sus aleaciones, mediante el microscopio o la fotografía. En el microscopio óptico se observa por reflexión, por lo que la superficie metálica ha de pulirse cuidadosamente, además de ser tratada con reactivos adecuados.

Los ensayos metalográficos se pueden usar para determinar:

- la sanidad de la soldadura,
- distribución de inclusiones no metálicas en la soldadura,
- el número de pases de soldadura,
- la estructura metalúrgica de la zona afectada por el calor,
- la extensión y la estructura metalúrgica de la zona fundida,
- la localización y profundidad de penetración de la soldadura.

Este ensayo implica un examen visual sencillo (a simple vista) o con instrumentos ópticos de baja amplificación. Las muestras que se examinan, llamadas ~ macroprobetas~ se pulen y tratan con reactivos para resaltar la estructura gruesa del metal llamada macroestructura.

Las probetas pueden obtenerse por seccionamiento de una soldadura de ensayo o de soldaduras de producción, por medio de un barreno saca testigos o un trepano. En los dos últimos casos, el agujero que queda puede volverse a soldar a fin de habilitar el ensamble.

Para el examen macroscópico de soldadura de aceros al carbono, la superficie a ser examinada puede ser preparada por alguno de los siguientes métodos.

a) Sin requerir acabado especial u otra preparación, se coloca la probeta en una solución al 50% de ácido clorhídrico que se encuentra en ebullición, hasta que exista una clara definición de la macroestructura de la soldadura, esto requerirá aproximadamente 1/2 hora de inmersión.

b) Para acabado especial bruñir y pulir las probetas con esmeril o papel lija y luego tratar con una solución de una parte de persulfato de amonio (sólido) y nueve partes de agua por peso. La solución debe usarse a la temperatura ambiente y se aplica frotando vigorosamente, con un algodón saturado con la solución, la superficie a ser tratada. El proceso de pulido se continua hasta que haya una clara definición de la macroestructura de la soldadura.

Después del pulido, los especímenes se lavan en agua limpia, se remueve el exceso de agua y se sumergen en alcohol etílico, secándose después. La superficie pulida se preserva aplicándole una delgada capa de laca. Las especificaciones bajo las cuales se construye el ensamble definirán el tipo, tamaño y número de defectos permisibles, puestos en evidencia por el examen metalográfico en la junta soldada.

El ensayo de metalografía es utilizado para la calificación de un procedimiento de soldado. Las macroprobecas sirven para determinar la sanidad de las soldaduras de filete en juntas soldadas, ejecutadas bajo una especificación de procedimiento dada.

2.2.9.1 ENSAYO DE CORTE A FILETE

En la soldadura a filete se realiza un ensayo de corte a fin de determinar la sanidad de la soldadura. El metal base, metal de soldadura y la técnica deben estar de acuerdo al procedimiento de soldado que se va a ensayar. En la figura 2.13 se presenta el ensayo de corte para soldadura de filete.

2.2.9.2 PROBETA PARA ENSAYO DE CORTE A FILETE

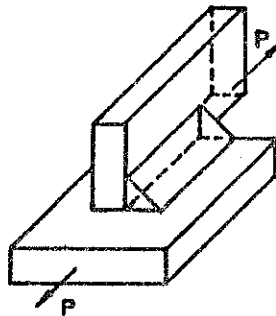


Fig. 2.13 Probeta para ensayo de corte a filete

2.2.9.3 ENSAYO DE SOLDADURA DE TUBERIA A FILETE

Para este ensayo se toma como referencia lo escrito en el ensayo de macrografía, el cual hace referencia a las soldaduras de filete, por lo que para las soldaduras de tuberías se deberá hacer dicho examen.

A continuación se presentan las probetas para soldadura de filete de tubería.

2.19.3.1 Probeta de soldadura de tubería a filete

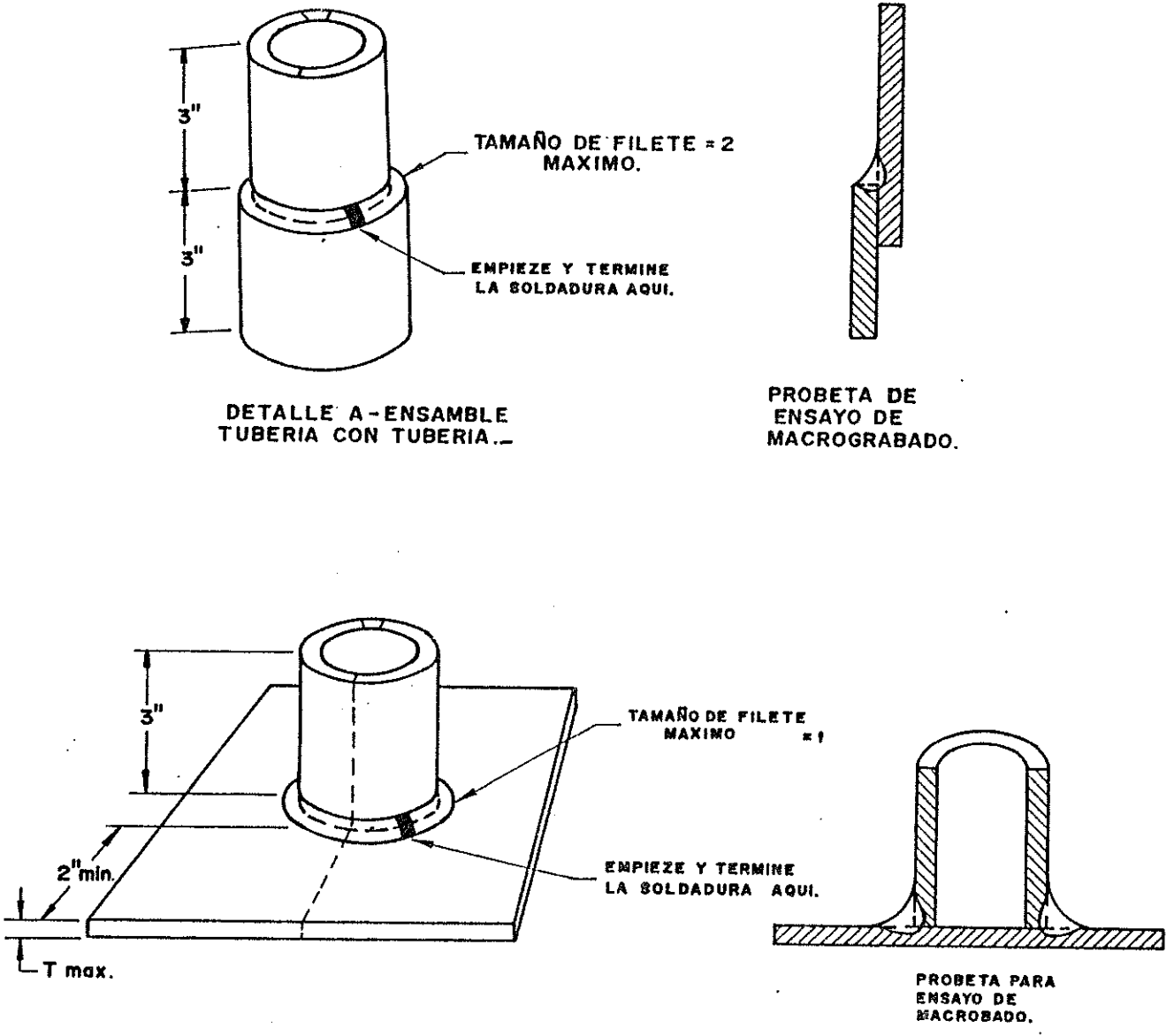


Fig. 2.14 Ensayo para soldadura de filete
 Procedimiento de calificación según
 AWS D1.1

2.2.9.4 ENSAYO DE FRACTURA

Alternativo con el ensayo de corte la soldadura de filete también se prueba con un ensayo de fractura para determinar la sanidad de la soldadura. Una carga F se aplica hasta que ocurre su ruptura. La carga puede aplicarse por medio de una prensa, máquina de ensayos o golpes de martillo. La superficie donde ocurre la fractura se examina para determinar su sanidad.

2.2.9.4.1 PROBETA PARA ENSAYO DE FRACTURA

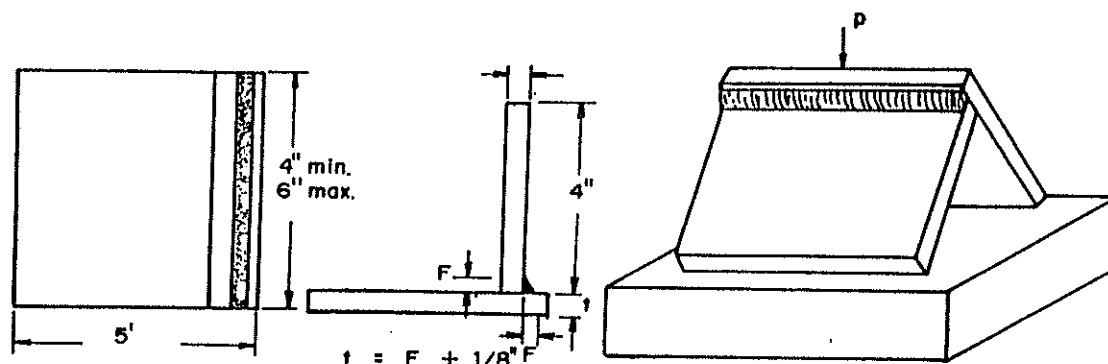


Fig. 2.15 Especimen usado en el ensayo de fractura.
Tomado de AWS D1.1

2.3 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Los ensayos no destructivos se caracterizan por no afectar de ningún modo a las probetas sin destruirlas, por lo que se puede comprobar la sanidad de una soldadura directamente en el lugar del trabajo, lo cual no ocurre con los ensayos mecánicos.

Los ensayos no destructivos a que se refieren las normas para la calificación de procedimiento son dos:

- el ensayo de radiografía, ver inciso 2.3.1 y
- el ensayo de ultrasonido, ver inciso 2.3.2

2.3.1. ENSAYO DE RADIOGRAFIA

La radiografía industrial es uno de los métodos de ensayo no destructivos para detectar la presencia y localización de cavidades y otras discontinuidades en materiales como aceros, los cuales representan un cambio de espesor y en densidad. Como medio de penetración, el método radiográfico emplea radiaciones electromagnéticas, ya sea rayos X o rayos gamma. Algunas de las propiedades de estas radiaciones son importantes para el examen, tales como:

- su longitud de onda es más pequeña que la de la luz,
- a menor longitud de onda, mayor poder de penetración,
- se propaga en línea recta y capaz de afectar una emulsión fotográfica sensible,
- la longitud de la absorción es función de la densidad y del espesor de la soldadura.

Cuando un haz de radiación se dirige normal a la superficie de una masa de sección gradualmente variable, tal como una cuña metálica, un gran porcentaje de la radiación incidente penetrará la parte delgada de la cuña y emergerá del otro lado. Conforme la sección de la cuña aumenta, irá disminuyendo la cantidad de radiación transmitida, hasta alcanzar un punto en que prácticamente toda la radiación incidente será absorbida.

Si la probeta examinada es de sección constante, toda la radiación transmitida será de igual intensidad. Sin embargo, si la probeta contiene una cavidad, protuberancia, ranura o un cambio similar en la sección, o si contiene un material de diferente composición, resultará una variación en la transmisión de la radiación de estos puntos, es esta variación en la radiación emergente la que hace posible la detección de discontinuidades internas en los materiales.

En la calificación de procedimientos de soldadura así como el control de fabricación de estructuras soldadas, el método más usado es el que utiliza películas radiográficas fotosensibles. Los rayos X y gamma tienen el mismo efecto en una emulsión fotosensible que la luz solar. Entre mayor es la intensidad de la radiación, mayor es la densidad obtenida en la película. La imagen de una cavidad dentro de la probeta aparecerá más oscura que el área adyacente, debido al mayor poder de penetración de la radiación en este punto. La posición o la profundidad de la cavidad no tiene ningún efecto sobre la imagen resultante.

Una buena radiografía es aquella que fielmente grabe la imagen de los rayos X de manera que permita establecer la presencia o ausencia de un defecto de soldadura y si la hay, definir claramente su tamaño, forma y ubicación.

2.3.1.1 SENSIBILIDAD RADIOGRAFICA

Es una medida expresada en porcentaje del cambio mínimo en espesor del material que la imagen radiográfica es capaz de poner en evidencia. La práctica normal requiere que las radiografías muestren evidencia de una sensibilidad mínima de 2%. Es decir, si una chapa de una pulgada de espesor es radiografiada, cualquier incremento o disminución de sección igual o mayor que 0.02 plg., debe ser visible en la película. Para comprobar si el requerimiento de sensibilidad se ha cumplido, se coloca sobre la probeta y del lado de la fuente, una delgada tira de metal que tiene un espesor igual al 2% de la sección examinada. Si la imagen de la tira, llamada penetrámetro se proyecta a través de la probeta y queda registrada en la película. Los penetrámetros estándar tienen agujeros, generalmente tres, cuyos diámetros son iguales a dos, tres y cuatro veces el espesor del penetrámetro. Las imágenes de todos los agujeros deben ser visibles para satisfacer los requerimientos de buen detalle o resolución de la película resultante, los penetrámetros deben hacerse del mismo material que el metal base radiografiado.

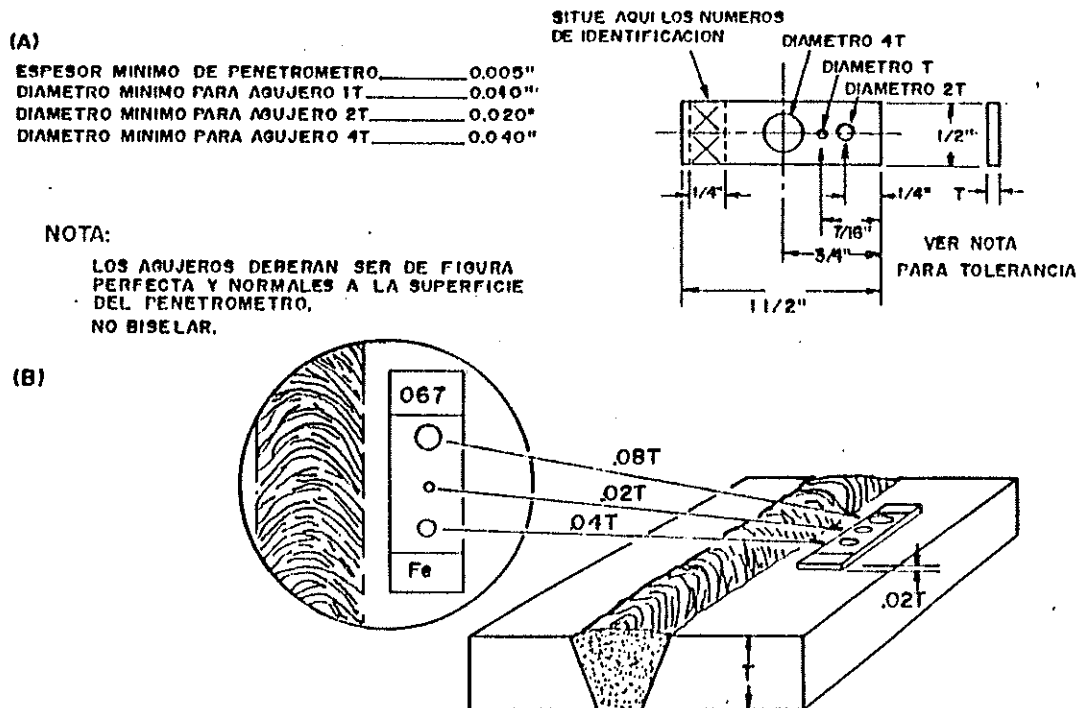


Fig. 2.16 Penetrámetro
Tomado de AWS D1.1

2.3.1.2 PROFUNDIDAD DE DEFECTOS

La profundidad de localización de los defectos se puede determinar por la técnica de doble exposición en película simple; después de localizar la discontinuidad en una película por simple exposición, se mueve la fuente una corta distancia y se hace una doble exposición de la misma área. Se coloca una marca de plomo en la superficie de la probeta del lado de la fuente, y así mismo otra del lado de la película. El efectuar la doble exposición, la imagen de la marca superficial se desplaza una distancia 'a' y la imagen del defecto una distancia 'b' que la anterior. La profundidad del defecto se encuentra por la relación b/a por el espesor de la plancha.

Cálculos similares se hacen sin el uso de marcas de plomo. Se debe conocer la distancia que la fuente es desplazada para la otra exposición y la distancia de la fuente a la película.

2.3.2 ENSAYO DE ULTRASONIDO

Los ultrasonidos son vibraciones mecánicas (ondas vibratorias de partículas) de baja energía y alta frecuencia, similares a las ondas sonoras, pero más allá del límite de la audición humana.

Estas ondas son atenuadas rápidamente en el aire y gases, viajando mejor en la mayoría de los líquidos y sólidos. El ensayo de ultrasonido de juntas electrosoldadas permite localizar discontinuidades internas o superficiales y áreas no homogéneas en los materiales, determinar diferencias en estructuras y propiedades físicas, medir el espesor de metales desde un lado, identificar y medir los defectos presentes en la soldadura.

2.3.2.1 GENERACION DE ULTRASONIDO

Los transductores piezoeléctricos son los medios más prácticos de generar vibraciones ultrasónicas en materiales y detectar la parte transmitida o reflejada del rayo. La mayoría de los transductores consisten en un pequeño elemento piezoeléctrico que tiene la propiedad de transformar los impulsos eléctricos generados por el instrumento de prueba, en vibraciones mecánicas o ultrasonidos y viceversa. Se usan generalmente cristales de cuarzo que se montan en un material aislante con contactos eléctricos adecuados para conectar el circuito eléctrico a través de cables coaxiales.

La frecuencia máxima de las ondas de sonido utilizadas en la inspección de soldadura es del orden de 10 MHz., la mayoría de los ensayos emplea una frecuencia de 2.25 MHz.

recibir y exhibir señales electrónicas y una sonda transductora para convertir la energía en vibraciones mecánicas. El instrumento ayuda a detectar, localizar, identificar y medir límites; tanto las geométricas del ensamble como aquellas introducidas en el material por defectos internos.

Los componentes fundamentales del equipo ultrasónico son: un circuito sincronizador básico para activar a varios elementos. Una señal del circuito sincronizador dispara el pulsador, el cual a la vez envía al transductor que se encuentra acoplado a la pieza examinada a través de una delgada película de líquido acoplador, convierte la señal eléctrica en vibraciones mecánicas o ultrasónicas. El sonido se refleja en los diversos límites y regresa al transductor después de un corto período. El transductor convierte las vibraciones mecánicas en una señal eléctrica, la cual se pasa a un receptor amplificador. Finalmente la señal amplificada se presenta en una pantalla de rayos catódicos en forma de una deflexión vertical (pico), al mismo tiempo el circuito del sincronizador inicia el circuito barredor del osciloscopio, provocándose así una deflexión horizontal en la pantalla que es proporcional al tiempo o la distancia.

A continuación se presenta un diagrama del bloque de los componentes de un sistema de ultrasonido.

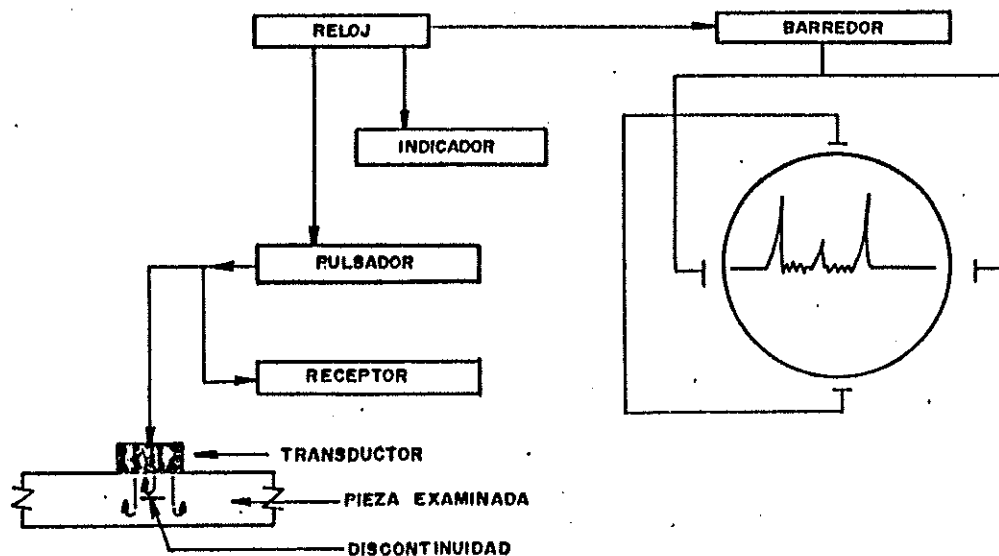


Fig. 2.17 Diagrama de Bloques de un detector de defectos del tipo impulso-eco.

Las reflexiones verticales (picos) que aparecen en la pantalla dan la información necesaria para la evaluación de defectos. La amplitud de la señal es función proporcional de la energía reflejada que ha regresado al transductor. Esta energía depende del tamaño, naturaleza, orientación, forma o aspereza de la superficie reflectora. Es entonces la amplitud de la señal el criterio de aceptación o rechazo de una soldadura.

Se usan chapas que tienen simulado un defecto, estos defectos simulados pueden ser perforaciones verticales de aproximadamente 1/16 plg., perforaciones longitudinales que tienen más semejanza con las inclusiones de escoria, ranuras superficiales que producen superficies reflectoras similares a las grietas. Estos agujeros se usan como superficies reflectoras de referencia. Deben producir niveles de sensibilidad aproximadamente equivalente a los standar de aceptación dados para este tipo de ensayo. Existen bloques patrón para calibración aprobados por instituciones técnicas como ASTM.

2.3.2.5 PROCEDIMIENTO DE INSPECCION

La evaluación completa de un área sospechosa puede requerir varios rastros. El área debe ser chequeada usando varios ángulos, diferentes frecuencias y tamaños de transductores con el fin de definir el defecto completamente.

Estos son algunos de los pasos para aplicar la técnica de ultrasonido.

- a) Definir el problema de ensayo.
Geometría de la junta; una sección transversal a escala es útil. Áreas críticas; áreas de máximo esfuerzo.
Defectos sospechados; tipo, tamaño, localización y orientación. Criterios de aceptación y rechazo; especificaciones, normas de referencia.
- b) Seleccionar una técnica ultrasónica.
Rayo recto o rayo angular. Tamaño y frecuencia de transductor. Procedimiento de rastreo; rutas de rastreo, porcentaje de cobertura, técnicas múltiples.
- c) Ensayos de producción.
Rastros del ensamble soldado. Registro de resultados, marcaje, planos mostrando localizaciones, extensión y tipo probable de defectos. Corroboración con ensayos destructivos (preparación de la junta a reparar) o no destructivos la correlación del ensayo. Modificar la técnica o criterios de aceptación, es necesario. Comunicar los resultados al taller para reducir problemas.

2.3.2.6 PRECAUCIONES

Para llevar a cabo, adecuadamente, la insección, el sonido debe ser introducido uniformemente en el ensamble para pasar a través de la soldadura, reflejarse en las superficies reflectoras y regresar al transductor. Los factores a controlar que pueden afectarse el pase de los rayos son:

- la superficie del ensamble donde se hace el contacto debe ser relativamente lisa y libre de costras, salpicaduras de soldadura y suciedad,
- la estructura metalúrgica granular gruesa (algunas aleaciones no ferrosas) pueden causar distorsiones del sonido y reflejos más definidos en los defectos,
- el refuerzo de la soldadura puede llevar a malas interpretaciones, porque puede producir reflejos, si su superficie contiene irregularidades que quedan atrapar al sonido, ésto se evita alisando la superficie del refuerzo,
- soporte en la junta puede causar los mismos efectos que el refuerzo.

CAPITULO III

CALIFICACION DE SOLDADORES Y OPERADORES DE SOLDADURA

Este capítulo trata sobre las consideraciones de ensayos, que se deben tomar en cuenta para la calificación de soldadores y operadores de soldadura, a fin de comprobar su habilidad como tales. Se detallan las probetas a realizar por el soldador y el operador de soldadura, dependiendo del tipo de unión; a tope o a filete, en chapa o tubería.

3.1 SOLDADORES

Los requisitos de resistencia mecánica, establecidos por los proyectistas de uniones soldadas, se basan en la inexistencia de defectos o en una existencia de discontinuidades en cantidades, tipos y dimensiones aceptable en estas juntas.

Ocurre que la calidad de las juntas dependen, entre otros factores, de la habilidad del elemento humano que ejecuta la soldadura, en tal sentido, es necesario conocer la habilidad con cierta destreza.

Para poder determinar el nivel de competencia de cada soldador en la producción de soldadura, varios ensayos se han desarrollado. Estos ensayos son llamados ensayos de calificación de soldadores, la calificación del soldador demuestra la habilidad de producir soldaduras aceptables de acuerdo a un procedimiento de soldadura.

Durante la ejecución de la soldadura, el soldador debe ser acompañado por el inspector de soldadura, quien verifica que la soldadura está siendo ejecutada de acuerdo al procedimiento de soldadura establecido y de acuerdo con los requisitos mínimos de la norma.

3.1.1 VARIABLES ESENCIALES

Para la calificación de soldadores se evalúan las siguientes variables esenciales.

- La calificación se efectúa con uno solo de los aceros permitidos, más deberá ser considerado extensible para cualquier acero.
- El soldador deberá ser calificado para el proceso de arco metálico protegido con un solo electrodo de los identificados en la siguiente tabla, más la calificación será extensiva para la soldadura con cualquier otro electrodo en el mismo grupo de designación y con cualquier otro electrodo listado en un grupo numericamente menor.

DESIGNACION DE GRUPO	CLASIFICACION DE ELECTRODOS AWS
F4	EXX15, EXX16, EXX18
F3	EXX10, EXX11
F2	EXX12, EXX13, EXX14
F1	EXX20, EXX24, EXX27, EXX28

Las letras "XX" usadas en la clasificación del metal de aporte usados para varios esfuerzos (60, 70, 87, 90, 100, 110, y 120).

- La calificación de un soldador con un electrodo aprobado y con una protección combinada media, deberá ser considerado como una calificación para soldadura, con cualquier otro electrodo aprobado y una combinación media de protección, para el proceso usado en la calificación, deberá ser requerida una recalificación.
- Un cambio de diámetro de la tubería a cualquier otro diámetro, deberá requerir recalificación.
- Cuando una chapa está en la posición vertical, o la tubería está en la posición 5G o 6G, un cambio en la dirección de soldadura requiere una recalificación.
- La omisión del material de respaldo, en una penetración completa de junta soldada desde uno de los lados, deberá requerir recalificación.

IDENTIFICACION DE CUADROS

El cuadro 3.1 se presenta para dos tipos de ensayo: para placa o chapa y tubería. En el primero se incluye el tipo de unión, los rangos de espesores y el número de probetas a realizar dependiendo del ensayo requerido. En el segundo se incluye, el tipo de unión, diámetro de la tubería y rango de espesores de soldadura, los ensayos de doblado mencionados en los cuadros son los mismos que se requieren para la calificación de procedimiento de procedimiento, dados en el capítulo 2.

El cuadro 3.2 ilustra los ensayos necesarios para calificación de soldadores y operadores de soldadura, y compara las cantidades de probetas necesarias a ensayar y el tipo de ensayo entre la norma ASME sec. IX y AWS D1.1

El cuadro 3.3 ilustra los diferentes diámetros de tubos para ensayo, como el diámetro externo y los rangos de espesores de material de soldadura depositada y el tipo y cantidad de ensayos de doblado requerido, para calificación de soldadores según la norma ASME sec. IX.

CUADRO 3-1-

NUMERO Y TIPO DE PROBETA Y RANGO DE ESPESORES A CALCULAR
PARA CALIFICACION DE SOLDADORES Y OPERADORES DE SOLDADURA

ENSAYO SOBRE PLACA

Tipo de soldadura	Espesor de Placa (T) plg.	Inspección visual	Numero de Probetas					Espesor de placa para calificar plg.
			Ensayo de Doblado		Quebrado de junta en T	Ensayo de macografía		
			Cara	Raiz			Lado	
Chaflán	3/8	Si	1	1	--	--	3/4 max.	
Chaflán	3/8 T 1	Si	--	--	2	--	T/2 - 2T	
Chaflán		Si	--	--	2	--	Ilimitado	
Filete Opción 1		Si	--	--	--	1	Ilimitado	
Filete Opción 2		Si	--	2	--	--	Ilimitado	

1. Ver Fig. 3.5.

2. Ver Fig. 3.6.

3. También califica para soldadura de filete sobre materiale de espesor ilimitado.
El exámen radiográfico para un operador o soldador de soldadura en prueba de placa se deberá hacer en lugar de la prueba de doblado.
No es aplicable para calificación de operadores de soldadura.

CUADRO 3.1.
(Continuación)

ENSAYO SOBRE TUBERIA

Tipo de Soldadura	Tamaño de Tubería		I.V.	Numero de Probetas						Tamaño de soldadura para calificar	Espesores de pared para calificar placas o tuberías		
	Diam.	Espesor nominal		Todas excepto 5G&6G		Solo posición 5G&6G		min.	max.				
				D.C.	D.R.	D.L.	D.C.				D.R.	D.L.	
Chafilán	2 plg. o 3 plg.	Cd.80	Si	1	1	--	2	2	--	4	0 o más pequeños	0.125	0.674
	6 plg. a 8 plg.	Cd.120	Si	--	--	2	--	--	4	4	0 o más grande	0.187	Ilimit.
Chafilán	Ver Fig. 3.9		Si	--	--	--	--	--	4	Conexión T, Y, K			Ilimitado
Chafilán	Ver Fig. 3.11		Si	--	--	--	--	--	4	Idem.			Ilimitado
	Diam.	Espesor pared											
Chafilán	≤4 plg.	Cualq.	Si	1	1	--	2	2	--	3/4 hasta 4		0.125	0.674
Chafilán	>4 plg.	Cualq.	Si	--	--	2	--	--	4	1/2 diam. o 4 min.		0.187	Ilimit.

1. El ensayo radiográfico para soldadores y operadores de soldadura se hace en vez de la prueba de doblado.
2. También califica para soldadura de filéte sobre materiales de espesor ilimitado.
3. El tamaño mínimo de tubería calificada deberá ser mayor que 4 plg. o 1/2d cualquiera que sea mayor, donde d es el diámetro de la tubería de la prueba.
4. Solamente 3 pruebas de macrografía son requeridas: D.C. = Doblado de Cara; D.R. = Doblado de Raíz; D.L. = Doblado de Lado.

CUADRO 3.2.

El cuadro siguiente ilustra los ensayos requeridos para la calificación de soldadores y operadores de soldadura.

COMPARACION ENTRE LOS ENSAYOS REQUERIDOS POR LAS NORMAS AWS D1.1. y ASME Sec. IX PARA LA CALIFICACION DE SOLDADORES.

	Ensayo de Tensión	Ensayo de Doblado	Ensayo Macrográfico	Ensayo de Fractura	Ensayo Radiográfico	Ensayo visual
ASME IX Soldadura con chaflán	---	2	----	--	Alternativa con doblado	--
Soldadura en ángulo	---	---	1	1	----	--
ASW D1.1 Soldadura con chaflán	---	2	----	--	Alternativa con doblado	Si
Soldadura en ángulo	---	---	1	1	----	Si
Soldadura con chaflán como alternativa para ensayo en ángulo	---	2	----	--	Alternativa con doblado	Si

CUADRO 3.3.

INFLUENCIA DEL DIAMETRO Y ESPESOR DEL TUBO DE ENSAYO
EN LA VALIDEZ DE LA CALIFICACION DE SOLDADORES,
ASME Sec. IX.

Diámetro del tubo de ensayo	Diámetro externo calificado mm. (no hay límite máximo)	Rango de espesores de material de soldadura depositada calificados, mm.		Tipo y cantidad de ensayos requeridos Ensayo de doblamiento guiado.		
		Mínimo	Máximo	D.L.	D.C.	D.R.
Menor que 19 mm.	Mínimo no menor que la dimensión soldada	1.6	2t	---	1	1
19 mm. a 51 mm.	Arriba de 25.4 mm.	1.6	2t	2	1	1
Arriba de 51 mm. t = 1.6 a 19 mm.	73 mm. y arriba	1.6	2t	2	1	1
Arriba de 50.8 mm. t = 19 mm. y arriba	73 mm. y arriba	4.8	máximo a ser soldado	2	---	---

D.L. = Doblado Lateral

D.C. = Doblado de Cara

D.R. = Doblado de Raíz

3.1.2 PROCESOS

Los procesos de soldadura que se utilizan para la calificación de soldadores son: proceso de soldadura manual con arco metálico protegido, donde debe usarse la clasificación apropiada de electrodos, proceso de soldadura manual con arco protegido con gas, debe usarse el gas apropiado para el tipo de electrodo y el proceso de soldadura con núcleo de fundente; estos procesos fueron explicados en el capítulo 1.

3.1.3 ENSAYOS

Los ensayos que se requieren para calificar a un soldador son los siguientes: ensayo de tensión y los ensayos de doblado de costado, cara y raíz, el ensayo radiográfico, la inspección visual y el ensayo macrográfico, todos estos ensayos son aplicados a placas o chapas y tuberías. Los diferentes ensayos fueron mencionados en el capítulo 2.

Los ensayos que, frecuentemente, cubren una especificación de calificación de soldadores son:

- soldadura de placas y miembros estructurales ver incisos 3.1.3.1,
- soldadura de tuberías ver inciso 3.1.4.1

3.1.3.1 PROBETA DE ENSAYO DE CALIFICACION CON CHAFLAN SOLDADO PARA CHAPAS DE ESPESOR LIMITADO

El detalle de la preparación deberá ser para la posición plana de: 3/8 plg. (9.5 mm) de espesor de chapa, con chaflán simple en V, incluyendo un ángulo de 45° grados en la abertura de raíz con respaldo de 1/4 plg. (6.4 mm) ver figura 3.1. Para la calificación de posición horizontal, el detalle de la junta deberá requerir la opinión del supervisor, como un chaflán en V con un ángulo de 45° grados y una raíz abierta con respaldo de 1/4 plg. ver figura 3.2. El respaldo deberá ser de 1/4 plg. mínimo a 3/8 plg. máximo por 3 plg. mínimo. El ensayo radiográfico es usado sin remoción del respaldo, para ensayos mecánicos, se deberá hacer después de ser removido el respaldo y éste deberá ser de 1/4 plg. mínimo a 3/8 plg. máximo por 1 plg. El mínimo de la longitud de la soldadura con chaflán deberá ser de 7 plg. ver figura a continuación.

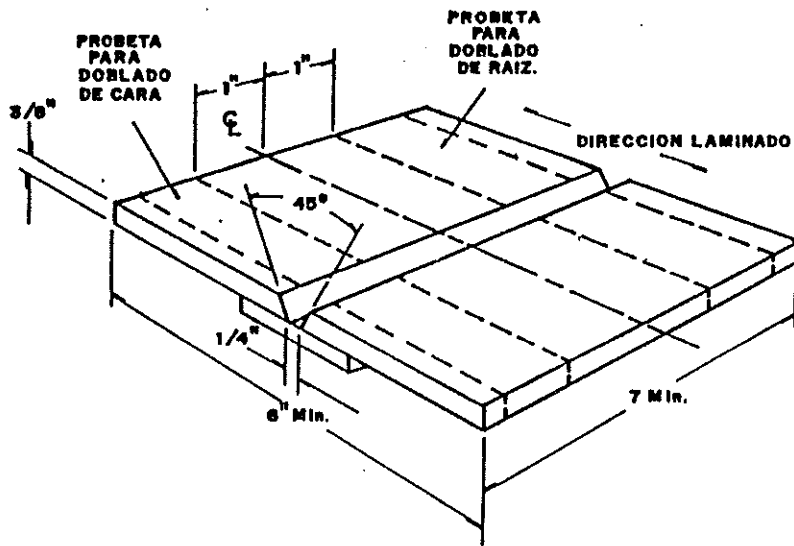


FIG. 3.1

PLACA DE ENSAYO PARA
 ESPESOR LIMITADO.
 PARA TODAS POSICIONES
 PARA CALIFICACION DE
 SOLDADOR.

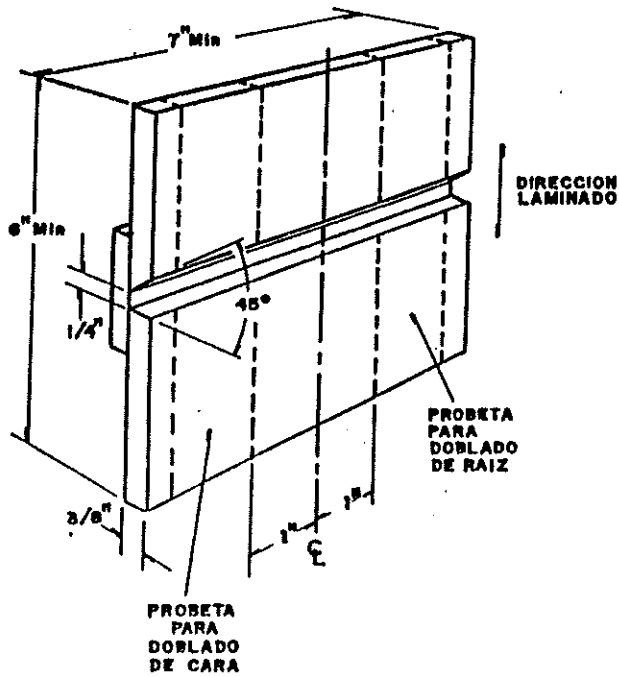


FIG. 3.2

PLACA DE ENSAYO OPCIONAL
 PARA ESPESOR LIMITADO
 PARA POSICION HORIZONTAL
 PARA CALIFICACION DE
 SOLDADOR.

Notas:

1. Cuando se usa radiografía para el ensayo, no dañar la soldadura en el área donde se va a probar la soldadura.
2. El respaldo cierra la abertura de 1/4 plg. min. a 3/8 plg. máx.; el cierre del respaldo deberá ser de 3 plg. min. no se remueve el respaldo por el ensayo de radiografía, por otro lado, las placas podrían ser de 1 plg.

Direction of Rolling: Dirección de Laminado
(Codigo de soldadura estructural AWS D1.1)

3.1.3.1.2 PROBETA DE ENSAYO CON CHAFLAN SOLDADO PARA LA CALIFICACION DE PLACAS DE ESPESOR ILIMITADO

Los detalles de las juntas deberán ser como los siguientes parámetros: de 1 plg. para placa, con chaflán en simple V, incluyendo un ángulo de 45 grados y una raíz abierta con respaldo de 1/4 plg. ver figura 3.3; para calificación de posición horizontal. El detalle de la junta deberá requerir la opinión del supervisor en los siguientes datos: chaflán simple en V y un ángulo de chaflán de 45 grados con una raíz abierta con respaldo de 1/4 plg., ver figura 3.4. El respaldo deberá ser de 1/4 plg., mínimo a 3/8 plg., por 3 plg. El ensayo de radiografía se hace sin remoción del respaldo. Para ensayos mecánicos deberán hacerse después de remover el respaldo. El respaldo deberá ser de 1/4 plg., mínimo a 3/8 plg., máximo por 1 plg., mínimo. El mínimo de longitud de la soldadura con chaflán deberá ser de 5 plg.

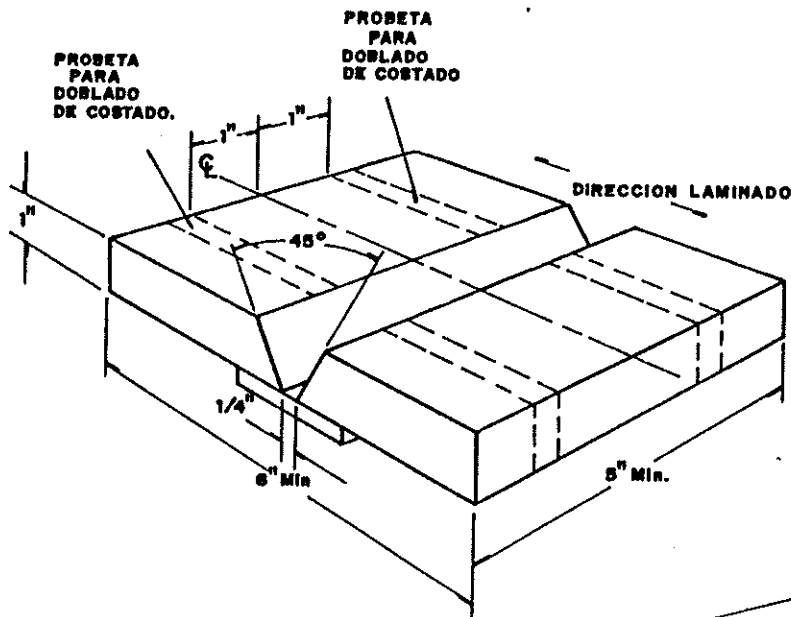
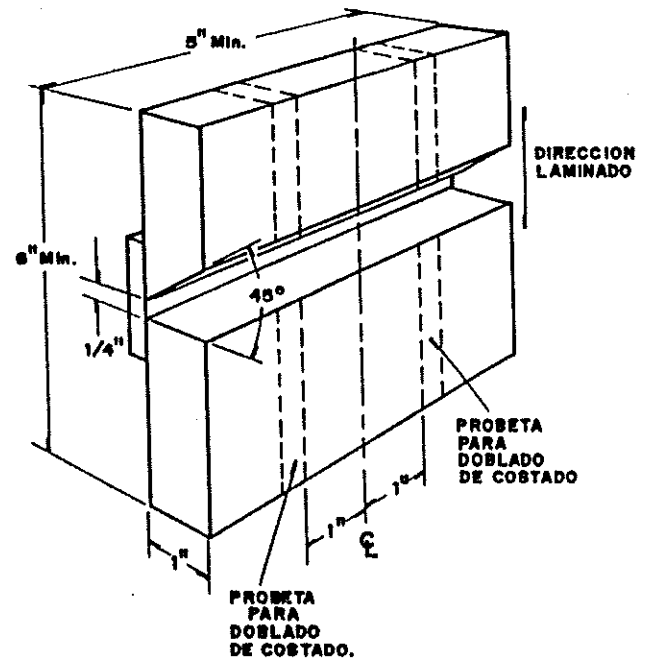


Fig. 3.3
PLACA DE ENSAYO PARA
ESPESOR ILIMITADO
PARA CALIFICACION
DE SOLDADOR

Fig. 3.4
ENSAYO DE PLACA OPCIONAL
PARA ESPESOR ILIMITADO
PARA CALIFICACION
DE SOLDADOR
POSICION HORIZONTAL



3.1.3.1.3 PROBETA DE ENSAYO PARA CALIFICACION DE SOLDADURA A FILETE

Se consideran dos probetas: para chapas y tuberías.

- Para chapas:

Para soldadura de filete que tenga un ángulo (φ) de 60 grados o menor, el soldador deberá soldar un chaflán de prueba para chapa como lo requerido en 3.1.3.1 y 3.1.3.2. Esta calificación deberá ser válida para juntas que tengan un ángulo de 60 o mayores.

Para juntas que tengan un ángulo (φ) de 60 grados o mayores, pero que no excedan de 135 grados, el soldador deberá soldar una chapa de acuerdo a la opción 1 o la opción; dependiendo de la alternativa seguida por el supervisor.

- a) OPCION 1. Soldadura de prueba en T con chapa de acuerdo con la figura siguiente.

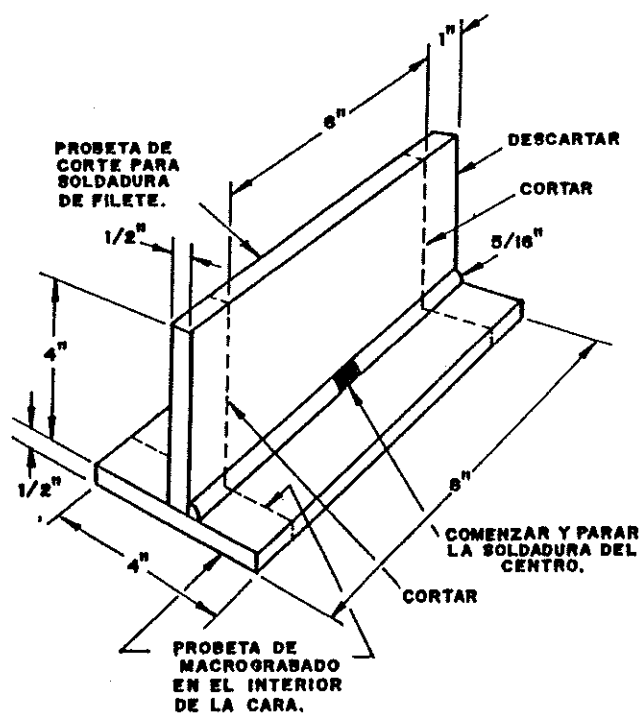


Fig. 3.5 Soldadura de filete
Tomado de norma AWS D1.1

Prueba de quebrado y macrografía de placa para calificación de soldado. Opción 1

Nota: Los espesores y dimensiones de placa son mínimos.
(Tomado del código de soldadura estructural AWS D1.1)

- b) OPCION 2. Soldadura de prueba con chapa de acuerdo con la figura siguiente.

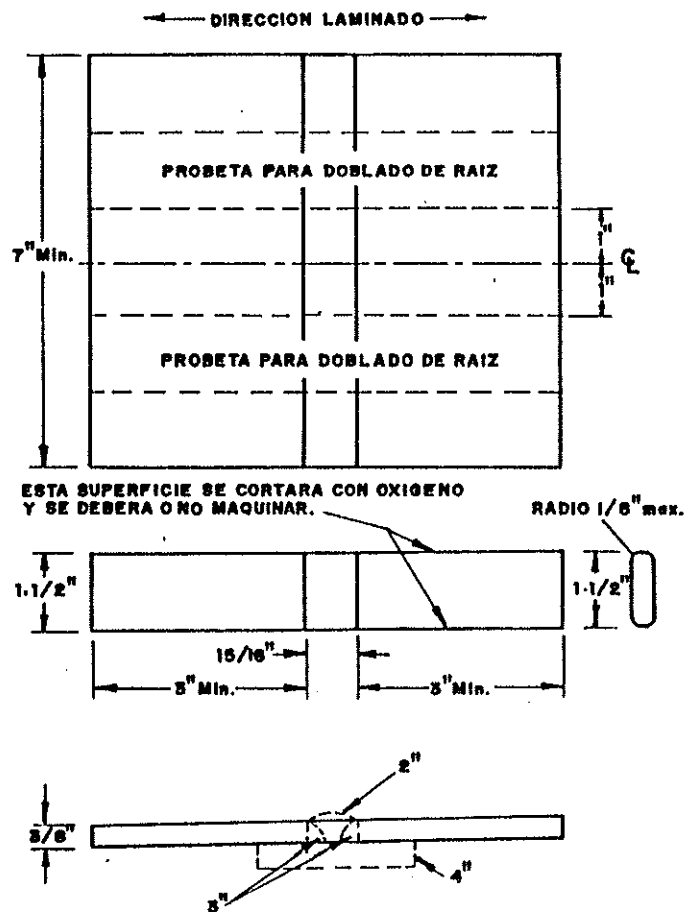


Fig. 3.6 Soldadura de Filete para ensayo de doblado de placa.
Tomado de norma AWS D1.1

1. Estos extremos se deberán cortar con oxiacetileno y se deberá o no maquinar.
2. La porción entre la soldadura de filete se deberá soldar en cualquier posición.
3. La soldadura de filete de un simple pase máximo será de $3/8$ plg.
4. El tamaño de $3/8 \times 2$ plg. Si la radiografía es usada entonces se usará un respaldo de $3/8 \times 3$ plg.

PARA TUBERIAS

Se construirá una probeta de ensayo para la calificación en chapa soldada para juntas a tope sobre tubería cuadrada o rectangular.

Para soldaduras de filete con conexión T, Y o K que tengan un ángulo (ϕ) menor que 60° la prueba de calificación deberá estar requerida por el párrafo siguiente, en la posición 5G.

El detalle de las juntas, deberá verse en la calificación de juntas soldadas en la especificación de procedimiento, para una junta a tope simple soldada en tubería, deberá tomarse en cuenta lo siguiente: la soldadura depende del diámetro de la tubería y el espesor de la pared, como se requiere, con un chaflán simple en V, incluyendo un ángulo de 60° grados y una abertura en la cara de la raíz de $1/8$ plg. máximo, sin respaldo, ver figura 3.7; o chaflán simple en V, incluyendo un ángulo de 60° grados y una abertura apropiada de raíz con respaldo, ver figura 3.8.

La calificación deberá ser válida para conexiones que tengan un ángulo (ϕ) de 60° grados y mayores.

Para las conexiones T, Y o K que tengan un ángulo (ϕ) de 60° grados o mayores, el soldador deberá soldar placas en la posición 3F y 4F de acuerdo a la opción 2 del inciso 3.1.3.1.3.

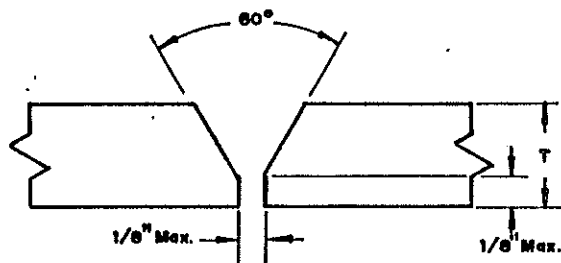


Fig. 3.7 Junta a tope en tubería.
Calificación de soldador.
Sin respaldo.

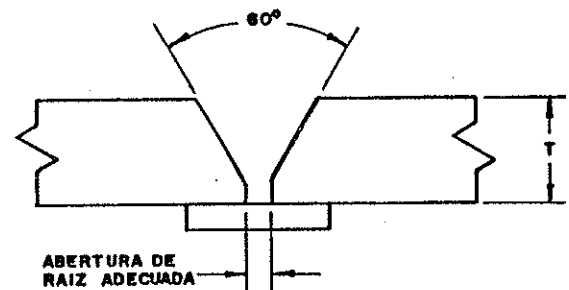


Fig. 3.8 Junta a tope en tubería.
Calificación de soldador.
Con respaldo.

Nota:

El respaldo tiene que estar en contacto directo con el metal base. El refuerzo de soldadura y el respaldo deberá emparejarse con el metal base. Corte con oxígeno se deberá usar para remover la mayor parte del respaldo, probablemente de $1/8$ plg. del espesor y se deberá remover por maquinado o esmerilado.

3.1.4 PROCEDIMIENTO DE CALIFICACION PARA CHAPAS ESTRUCTURALES Y TUBERIAS

Los soldadores serán calificados para soldar chapas y tuberías rectangulares y cuadradas con los procesos y en las posiciones de ensayo usadas por el procedimiento de calificación. El soldador también será calificado para soldaduras con chaflán en cada proceso y posición de ensayo. El rango de calificación de espesores, está especificada en el cuadro 3.1 en ensayos sobre chapas o placas.

3.1.4.1 TUBERIA REDONDA

La calificación del ensayo del soldador por soldadura manual y semiautomática deberá ser de acuerdo a los siguientes párrafos.

- Ensayo de calificación de chaflán soldado por junta a tope sobre tubería cuadrada o rectangular, de acuerdo a la figura 3.7
- La calificación de ensayo con chaflán soldado para conexiones T, Y o K sobre tubería cuadrada o tubería rectangular.

3.1.4.2 TUBERIA CUADRADA O RECTANGULAR

El detalle de la junta deberá hacerse con los siguientes parámetros: un chaflán en la tubería con un ángulo de 37 1/2 grado de 1/2 plg. de espesor, la cara interna de la tubería cuadrada deberá tener como mínimo 3/16 plg. de raíz u 1/8 plg. de separación de la raíz. Un anillo de restricción deberá extenderse como mínimo 6 plg. más allá de la superficie de la tubería, ver figura 3.7 en la siguiente página.

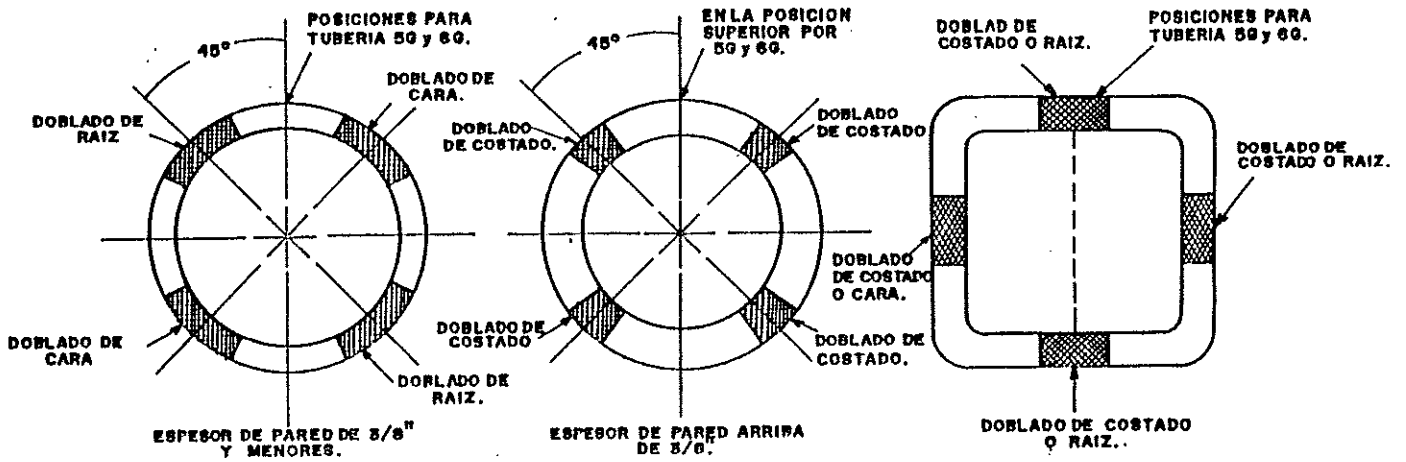


Fig. 3.7 Ensayo de junta para conecciones T, Y, y K sobre tubería cuadrada o rectangular para calificación de soldador.

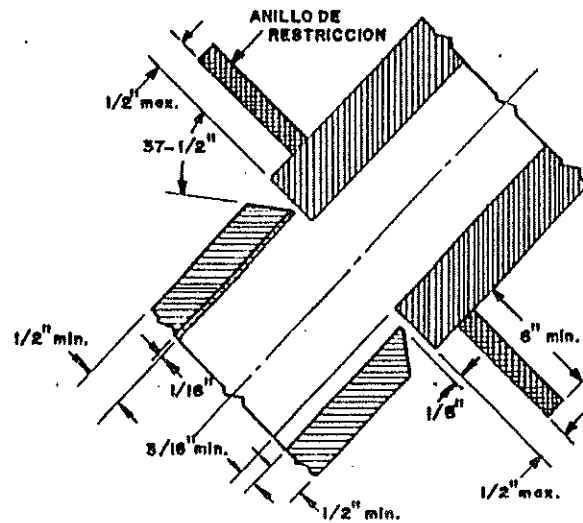


Fig. 3.10 Localización de ensayos para soldadura de tubería redonda y cuadrada para calificación de soldadores.

Nota: Las probetas de ensayo de doblado de costado deberán maquinarse para hacer probetas estandar con lados paralelos, ver figura 3.10.

3.1.5 LIMITES PARA CALIFICACION DE POSICIONES

Como parte de la calificación de soldadores, se incluyen los límites de calificación de posiciones, el cual se utiliza para evaluar y calificar la habilidad del soldador para realizar soldadura en diferentes posiciones.

Las posiciones de ensayo a calificar son:

- posiciones de ensayo de chapas soldadas con chaflán ver 3.1.5.1;
- posiciones de ensayo de tubería soldada con chaflán ver 3.1.5.2;
- posiciones de ensayo de chapas soldadas a filete ver 3.1.5.3;
- posiciones de ensayo de tubería soldada a filete ver 3.1.5.4.

3.1.5.1 POSICIONES DE ENSAYO DE CHAPAS SOLDADAS CON CHAFLAN

- Para la posición 1G (plana) califica para la posición plana de soldadura de chapas y tubería con chaflán; para la posición plana y horizontal de soldadura de filete de chapas califica para la posición plana y horizontal de soldadura de filete sobre tubería.
- Para la posición 2G (horizontal) califica para la posición plana y horizontal con chaflán y para la posición plana y horizontal de soldadura de filete sobre chapas de cañería y tubería.
- Para la posición 3G (vertical) califica para la posición plana, horizontal y vertical de chapas con chaflán soldadas de cañería y tuberías; para la posición plana horizontal y vertical en chapas con soldadura a filete y para la posición plana y horizontal para soldadura de filete de cañería y tubería.
- Para la posición 4G (sobre cabeza) califica para la posición plana y sobrecabeza con chaflán y para la posición plana, horizontal y sobrecabeza para soldadura de filete de chapas; y califica para la posición plana de soldadura de filete de cañería y tubería.

3.1.5.2 POSICIONES DE ENSAYO DE TUBERIA SOLDADA CON CHAFLAN

- Para la posición 1G (tubería horizontal rotada) califica para la posición plana con chaflán en tubería y chapa; para la posición plana y horizontal con soldadura de filete de cañería y tubería y para la posición plana y horizontal de soldadura de filete sobre chapas.
- Para la posición 2G (tubería vertical) califica para la posición plana y horizontal con chaflán soldada y para la posición plana y horizontal de soldadura de filete sobre cañería, tubería y chapas.

- Para la posición 5G (tubería horizontal compuesta) califica para la posición plana, vertical y sobrecabeza con chaflán y para la posición plana, vertical y sobrecabeza para soldadura de filete en tubería y chapa.
- Para la posición 6G (inclinada compuesta) califica para todas las posiciones con chaflán y todas las posiciones de soldadura de filete de cañería, tubería y chapas.
- Para la conexión T, Y o K en la posición 6GR (inclinación compuesta) califica para conexiones con chaflán en T, Y o K, y soldadura de filete en todas las posiciones de tubería, cañería y chapas.

3.1.5.3 POSICIONES DE ENSAYO DE CHAPAS SOLDADAS A FILETE

- Para la posición 1F (Plana) califica para la posición plana con soldadura de filete de chapa y tubería.
- Para la posición 2F (horizontal) califica para la posición plana y horizontal para soldadura de filete de chapa, tubería y cañería.
- Para la posición 3F (vertical) califica para la posición plana, horizontal y vertical en soldadura de filete de chapas.
- Para la posición 4F (sobre cabeza) califica para la posición plana, horizontal y sobre cabeza en soldadura de filete de chapa.

3.1.5.4 POSICIONES DE ENSAYO DE TUBERIA SOLDADA A FILETE

- Para la posición 1F (tubería inclinada, rotada) califica para soldadura de filete de chapas y tuberías en la posición plana.
- Para la posición 2F (tubería con eje vertical compuesta) califica para la posición plana y horizontal en soldadura de filete de chapa y para la parte de soldadura de filete de tubería en la posición inclinada, rotada compuesta horizontalmente y para la posición rotada horizontal sin inclinación.
- Para la posición 2FR (tubería de eje vertical rotada) esta posición califica para la posición plana y horizontal en soldadura de filete de chapa y la soldadura de filete de tubería en la posición inclinada rotada y la posición rotada horizontal.
- Para la posición 4F (sobre cabeza compuesta) califica para la posición plana, horizontal y sobre cabeza en soldadura de filete de chapa y soldadura de filete en tubería en la posición inclinada rotada, rotada horizontal y compuesta horizontal y posición compuesta de cabeza.

- Para la posición 4F (sobre cabeza compuesta) y 5F (posición múltiple compuesta) califica para soldadura de filete de placa y tubería en todas las posiciones.
- Para finalizar, los límites para calificación de posiciones, incluyen el ensayo de calificación de chapas para tuberías y cañería.
- La calificación con prueba de chaflán de chapa soldada en la posición 1G (plana) y 2G (horizontal) o 3G (vertical) deberá también calificar al soldador para cañería y tubería soldada o tubería de más de 24 plg. de diámetro. Esta calificación deberá aplicarse a uniones soldadas de juntas a tope en tubería, cañería con un lado con respaldo o con soldadura de ambos lados.

El cuadro 3.3 que se encuentra en inciso 3.1.1. Es un resumen de los límites de calificación de soldadura.

CUADRO 3.4.

TIPOS Y POSICIONES LIMITADAS
PARA CALIFICACION DE SOLDADORES

Ensayos para Calificación		Tipo y posición de soldadura para calificación			
Soldadura	Posiciones de chapa o tubería ⁱⁱⁱ	Chapa		Tubería	
		Chañlán	Filete	Chañlán	Filete
Chapa con Chañlán	1G	F	F,H	F N.1	F,H
	2G	F,H	F,H	F,H N.1	F,H
	3G	F,H,V	F,H,V	F,H,V N.1	F,H
	4G	F,OH	F,H,OH		F
	2G & 4G	Todas	Todas		F,H
Chapa a Filete N.2	1F		F		F
	2F		F,H		F,H
	3F		F,H,V		
	4F		F,H,OH		
	3F & 4F		Todas		
Tubería con Chañlán	1G	F	F,H	F	F,H
	2G	F,H	F,H	F,H	F,H
	5G	F,V,OH	F,V,OH	F,V,OH	F,V,OH
	6G	N.3	N.3	N.3	N.3
	2G & 5G	N.3	N.3	N.3	N.3
	6GR	Todas	Todas	Todas	Todas
6GR		Todas	T, Y, K solamente	Todas	
Tubería a Filete	1F		F		F
	2F		F,H		F,H
	2F Rolado		F,H		F,H
	4F		F,H,OH		F,H,OH
4F & 5F		Todas		Todas	

ⁱ No es aplicable para Operadores de Soldadura.

ⁱⁱ Posiciones de Soldadura: F = Plana, H = Horizontal
V = Vertical OH = Sobre Cabeza

ⁱⁱⁱ Ver Capítulo 1.

NOTAS:

1. Los soldadores califican con soldaduras en tuberías arriba de 24 plg. de diámetro con respaldo para la posición indicada.
2. No se aplican para soldaduras a filete entre ángulos de 60° o menores.
3. Califica para todas las posiciones con chañlán para conexiones T, Y y K.

3.2 OPERADORES DE SOLDADURA

Los operadores de soldadura son los que hacen los ajustes necesarios a la máquina automática o semiautomática para regular la corriente y la presión, para luego alimentar y alinear la pieza de trabajo.

Las soldaduras de prueba que realiza son más bien soldaduras especiales ejecutadas con particular esmero, que ponen de manifiesto si un individuo puede producir juntas soldadas de sanidad aceptables.

La calidad de las soldaduras en el trabajo de producción debe determinarse por inspección durante y después de completar el proceso de soldadura, por un inspector de soldadura quien verifica que la soldadura está de acuerdo al procedimiento de soldadura dictada en los requisitos de la norma usada.

Se ve que no es suficiente con calificar a los operadores de soldadura únicamente al grado requerido para pasar las pruebas preescritas de calificación, sino que debe ser responsabilidad del fabricante proporcionar entrenamiento adicional suficiente en los procedimientos específicos, con los que se encontrará el operador en el proceso real de fabricación.

3.2.1 VARIABLES ESENCIALES

La calificación de ensayo descrita en esta parte son especialmente ideados para determinar la habilidad del operador de soldadura, dependiendo de variables requeridas de la especificación de procedimiento y observarse las siguientes reglas:

- la calificación establece que cualquiera de los aceros aceptados se deberá considerar para la calificación de soldadura, así como para otro acero,
- una calificación de operador de soldadura con un electrodo aprobado y una combinación de protección debida, deberá ser considerada para calificar la soldadura con cualquier otro electrodo aprobado y con la combinación de protección para los procesos usados en los ensayos de calificación,
- un cambio en la posición, en la cual la soldadura se realiza sobre la chapa como las definidas en las posiciones de prueba de soldaduras, requiere recalificación,
- la calificación de soldadores con arco semiautomático de soldadura deberá de calificarse con un electrodo único en la máquina de soldar, con el mismo proceso sujeto a las limitaciones que se describen aquí y proveer al operador de soldadura, un trabajo para demostrar su habilidad para hacer soldaduras satisfactorias.

3.2.2 PROCESOS

Los procesos que se toman en cuenta para calificar operadores de soldadura son los procesos automáticos o semiautomáticos los cuales comprenden los siguientes: el proceso de soldadura de arco sumergido y el proceso de soldadura de arco de tungsteno protegido con gas, estos procesos explicados en el capítulo uno; también las normas hacen mención de los procesos de electroescoria y electrogas para calificación de operadores de soldadura, estos últimos no se describen por ser procesos especializados y no muy generalizados en la industria nacional.

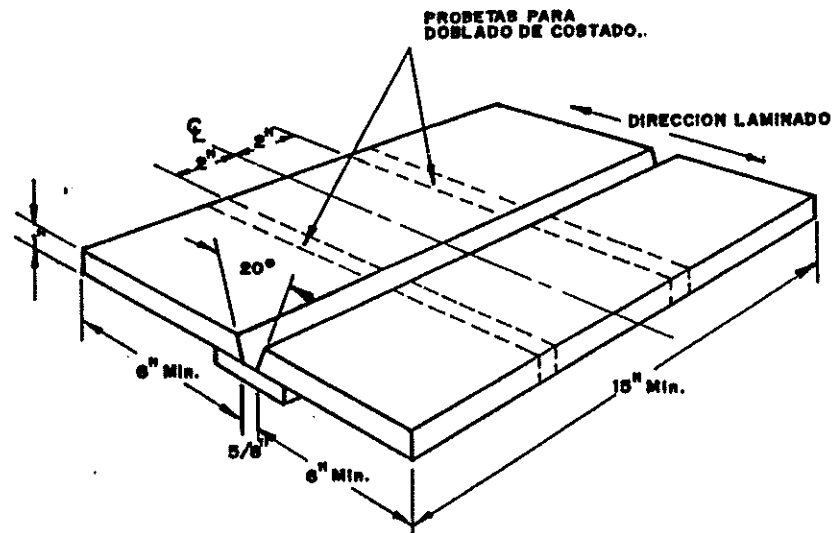
3.3 ENSAYOS

Los ensayos de prueba que se requieren para calificar a un operador de soldadura son por lo regular: ensayos en chapas o estructuras con chaflán o a filete, ensayos en cañería p tubería probadas para debado mecánico de cara, raíz y lado, la prueba de radiografía también se incluye para comprobar la sanidad de la soldadura realizada por el operador de soldadura.

3.3.1 PRUEBA PARA CHAPA ESTRUCTURAL

La calificación del operador de soldadura con soldadura con electroescoria o electrogas deberá tener una junta detallada como la siguiente: 1 plg. de espesor de chapa, con un chaflán simple en V, con un ángulo de 20 grados y una raíz abierta con respaldo de 5/8 plg. El respaldo deberá ser de 3/8 plg. a 1/2 plg. por 3 plg. mínimo, la radiografía es usada sin remoción del respaldo.

El mínimo de longitud del chaflán soldado deberá ser de 15 plg. ver figura siguiente:



Notas:

El respaldo deberá ser de 3/8 plg. a 1/2 plg. de espesor como máximo.

Fig. 3.11 Prueba de chapa de espesor ilimitado para calificación de Operadores de Soldadura.

Esta prueba calificará al operador de soldadura, para soldadura con chaflán y de filete en materiales de espesor ilimitado para procesos y pruebas de posiciones.

Alternativamente, el operador de soldadura podría calificar por radiografía en las primeras 15 plg. de la producción de chaflán soldado. El espesor del material calificado deberá estar como lo observado en la tabla 3.1.

3.3.2 PRUEBA DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO EN PLACA CON CHAFLAN

El operador de soldadura que hace una soldadura en una junta con chaflán de penetración completa en una prueba de calificación de procedimiento, se encuentra dentro de los requerimientos que están calificados por los procesos y posiciones que los espesores de las pruebas de chapas soldadas. Si la prueba de chapa es de 1 1/2 plg. con el espesor de la soldadura automática o de 1 plg. o arriba para otros procesos, el operador de soldadura calificará para todos los espesores dados. El operador de soldadura también califica para soldadura de filete y soldadura chaflán de chapa y tubería para los procesos y posiciones probadas anteriormente.

3.3.3 PRUEBA DE ENSAYO PARA CAÑERIA Y TUBERIA

El operador de soldadura que hace una soldadura en una junta de chaflán con penetración completa, en una prueba de calificación de procedimiento de cañería o tubería, donde se indican los requerimientos, se califica por los procesos y posiciones de prueba para tubería y cañería. El diámetro de la tubería y el espesor deberá estar dados en la tabla 3.1. El operador de soldadura califica para chaflanes y filetes soldados en placas, tuberías y cañerías como las que se encuentran en la tabla anteriormente mencionada.

3.3.4 PRUEBA PARA LA CALIFICACION DE CHAPAS APLICADAS A TUBERIAS Y CAÑERIAS

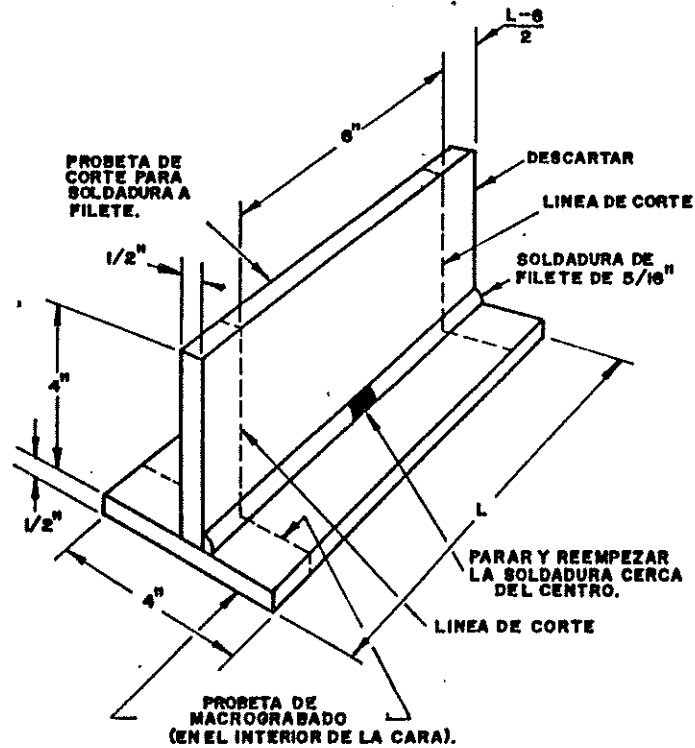
Calificar a un operador de soldadura en chapa en la posición 1G (plana) o 2G (horizontal) podría cubrir en la posición arriba de 24 plg. de diámetro para la posición calificada, la calificación en la posición 1G también califica para la soldadura de filete en la posición 1F y 2F y la calificación en la posición 2G, también califica para la soldadura de chaflán en la posición 1G, y para la soldadura de filete en la posición 1F y 2F.

3.3.5 PRUEBA PARA LA CALIFICACION DE SOLDADURA DE FILETE

Para soldadura de filete entre partes que tengan un ángulo (ϕ) de 60° grados o menor. El operador de soldadura deberá soldar una placa con chaflán como lo referido por 3.3.1. Esta calificación deberá ser también válida para juntas que tengan un ángulo (ϕ) de 60 grados y mayores.

Para juntas que tengan un ángulo (ϕ) mayor que 60° grados pero que no exceda de 135° grados el operador de soldadura deberá soldar una chapa de prueba de acuerdo con la opción 1 ó la opción 2; dependiendo de lo que escoja el supervisor, a continuación se indican dichas opciones en la siguiente página.

Opción 1. Soldar una chapa de prueba en T de acuerdo con la siguiente figura.



Notas:

1. $L = 15$ plg. min.
2. El espesor de chapa y dimensiones son mínimas.

Fig. 3.12 Corte de soldadura de filete prueba de ensayo de macrograbado para calificación de operadores de soldadura.

Opción 2. Hacer una soldadura sana en una chapa de prueba de acuerdo con la figura siguiente.

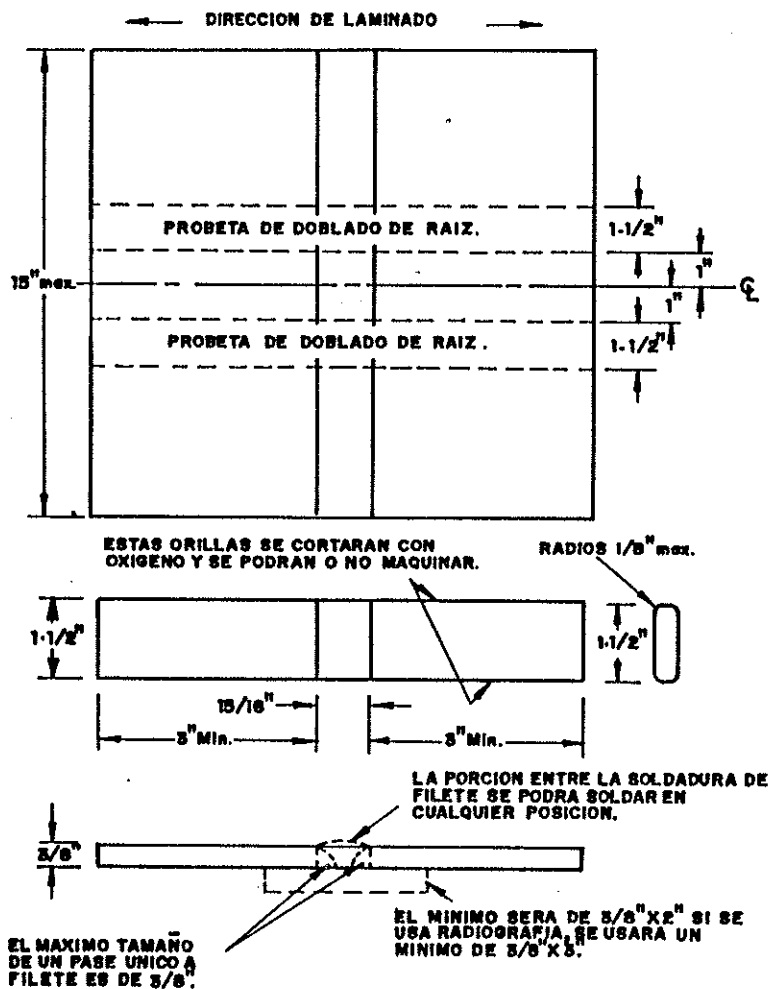


Fig. 3.13 Probeta de ensayo de espesor ilimitado Para calificación de Operadores de soldadura.

3.4 VALIDEZ DE LA CALIFICACION

Usualmente el requisito principal para validar una calificación, es que las soldaduras de prueba estén sanas y que presenten fusión completa hasta el metal base. Propiedades tales como resistencia a la tensión o ductilidad del metal de soldadura no se especifican como condiciones para calificación, ya que, dependen del metal base, el metal de parte y de los detalles del procedimiento de soldado, que están fuera del control del soldador u operador de soldadura.

3.5 RE-ENSAYO

En caso de que el soldador falle, los requerimientos de uno o más de los ensayos de soldadura, un re-ensayo deberá asignarse como una de las condiciones siguientes.

a) Re-ensayo inmediato

Un re-ensayo inmediato se deberá hacer cuando el soldador falle su primer examen. Este consiste en que el soldador realiza dos soldaduras de cada tipo y posición donde ha fallado. Todos los re-ensayos deberán encontrarse en los requerimientos específicos y deberán llevarse registros de éstos.

b) Prueba antes del entrenamiento o práctica

Un re-ensayo se deberá hacer suministrando los consejos donde puede fallar el soldador o el operador de soldadura y los deberá tener antes del entrenamiento o práctica. Un re-ensayo completo de la práctica se deberá hacer con los tipos y posiciones falladas por el soldador para un mejor resultado del desempeño del soldador o el operador de soldadura.

3.6 PERIODO DE EFECTIVIDAD

Cuando un soldador u operador de soldadura no tiene que usar un proceso específico por ejemplo: arco metálico protegido con gas, arco sumergido, etc., estarán calificados para un proceso de 3 meses o más; cuando se usan algunos otros procesos el período puede extenderse hasta 6 meses, éste es un período razonable para comprobar la habilidad del soldador y donde no puede haber perdido su pericia para hacer soldaduras como las que se especifican en las pruebas de soldadores.

CAPITULO IV

CRITERIOS DE ACEPTACION:

Los criterios de aceptación son parámetros preestablecidos que se deben seguir o tenerlos presentes, para cada prueba específica.

4.1 PARA CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA, SOLDADORES Y OPERADORES DE SOLDADURA.

De acuerdo a la norma ASME sec. IX y AWS D1.1, los criterios que se mencionan en los requerimientos generales de soldadura, son unicamente para las siguientes pruebas, las cuales son coincidentes en ambas normas.

4.1.1. CRITERIOS DE ACEPTACION PARA LA PRUEBA DE TENSION:

La prueba de tensión depende del orden de los pases y deberá tener un esfuerzo de tensión no menor de lo indicado a continuación:

- a) que el mínimo esfuerzo de tensión especificado del metal base, que se encuentra en tablas de aceros, dadas por el fabricante de los mismos, no se deberá salir de los rangos indicados,
- b) que el mínimo esfuerzo de tensión especificado, el que sea menos resistente de dos esfuerzos para el metal base, la diferencia mínima de esfuerzo de tensión se deberá usar,
- c) que el mínimo esfuerzo de tensión especificado del metal de soldadura dado, tenga menor esfuerzo que el metal base dado a una misma temperatura,
- d) si se quiebra la probeta fuera de la soldadura o en la línea de fusión, el ensayo se deberá aceptar dentro de los límites de los requerimientos de esfuerzos y que no excedan del 5% del esfuerzo de tensión mínima, especificado del metal base.

4.1.2 CRITERIOS DE ACEPTACION PARA ENSAYO DE DOBLADO DE RAIZ, CARA Y COSTADO.

La superficie convexa de la probeta del ensayo de doblado deberá examinarse visualmente para ver discontinuidades superficiales y para aceptarse dicha superficie no deberá contener discontinuidades que excedan las dimensiones siguientes:

- 1) 1/8 plg. (3.2 mm) medido en cualquier dirección sobre la superficie.
- 2) 3/8 plg. (9.5 mm) será la suma de las mayores dimensiones de todas las discontinuidades que excedan de 1/32 plg. (0.8 mm), pero menores o iguales a 1/8 plg. (3.2 mm).
- 3) 1/4 plg. (6.4 mm) de tamaño máximo de las fisuras en las esquinas, excepto cuando las fisuras de las esquinas resulten con incrustaciones visibles de escoria u otros tipos de discontinuidades fusionables, 1/8 plg. (3.2 mm) deberá ser aceptado como máximo.

Las probetas con esquinas fusionables que exceden de 1/4 plg. (6.4 mm) sin evidencia de incrustaciones de escoria y otros tipos de discontinuidades deberán ser separadas y aún reemplazadas.

- 4) Al completar la prueba de doblado, la probeta se retira de la guía y se examina. La superficie convexa de la probeta no debe presentar grietas u otros defectos abiertos en exceso, al tamaño y número especificados. En caso contrario se considera que la probeta ha fallado.
- 5) Si después del doblado, la superficie convexa de la probeta no muestra grietas u otros defectos evidentes con una longitud mayor de 1/8 plg. (3.2 mm) se considera que la probeta ha pasado la prueba. No se toman en consideración las grietas de las esquinas de la probeta.

4.1.3 CRITERIOS DE ACEPTACION DEL ENSAYO DE SOLDADURA DE FILETE

Para pasar el examen visual, la soldadura de filete deberá presentar una razonable apariencia uniforme y deberá estar libre de traslapes, fisuras y fisuras internas excesivas.

No deberá pasar el ensayo de doblado plano sobre sí mismo. Si la fractura de la soldadura de filete se realiza en la superficie se deberá observar una fusión completa en la raíz la junta y no deberá observarse incrustaciones o porosidades de 3/32 plg. (2.4 mm) en las mayores dimensiones, la suma de las mayores dimensiones de todas las incrustaciones y porosidades no deberán exceder de 3/8 plg. (9.5 mm) en las 6 plg. (152 mm) de longitud de la probeta.

4.1.4 CRITERIO DE ACEPTACION DEL ENSAYO DE MACROGRAFIA:

Para una aceptable calificación, la probeta de ensayo inspeccionada visualmente, deberá estar de acuerdo a los siguientes requerimientos:

- 1) la soldadura de filete deberá estar fusionada en la raíz de la junta, pero no necesariamente más allá,
- 2) el lado de la extremidad mínima de la garganta, deberá encontrarse en la especificación de soldadura de filete,
- 3) la soldadura de filete y el ensayo opcional de la junta de conexiones en T, Y y K sobre tuberías cuadradas o rectangulares.
 - a) no deberá tener fisuras
 - b) tener a lo largo capas adyacentes de soldadura metálica y entre la soldadura metálica en el ~~mta~~ base, una fusión completa.
- 4) la ausencia de defectos califica al procedimiento de soldado usado.

4.1.5 CRITERIO DE ACEPTACION PARA LA INSPECCION VISUAL DE CAÑERIA Y TUBERIA:

Para calificar visualmente la soldadura de tubería, deberá estar de acuerdo a los siguientes requerimientos:

- la soldadura deberá estar libre de fisuras,
- todos los cráteres deberán de ser llenados completamente en la sección transversal de la soldadura,
- la cara de la soldadura deberá estar al menos nivelada con la superficie de afuera de la tubería y la soldadura deberá unirse fácilmente con la base del metal. Los cortes no deberán exceder de 1/64 plg. (0.4 mm) el refuerzo de la soldadura no deberá exceder de los siguientes parámetros:

ESPESOR DE PARED DE TUBERIA plg. (mm)	TAMANO DE LA PIEZA DE REFUERZO	
	plg.	mm.
3/8 (9.5) o menor	3/32	2.4
Sobre 3/8 a 3/4 (19.0) incl.	1/8	3.2
Sobre 3/4	3/16	4/8

- La raíz de la soldadura deberá ser inspeccionada y no deberá tener evidencia de fisuras, fusión incompleta o penetración inadecuada. Una superficie concava de raíz está permitida dentro de los límites del párrafo que se menciona a continuación, suministrando el total de espesor de soldadura que sea igual o mayor que el metal base.
- El máximo de la concavidad de la superficie deberá ser de 1/16 plg. (1.6 mm) y de 1/8 plg. (3.2 mm) el máximo de la fundición.

4.1.6 CRITERIOS DE ACEPTACION RADIOGRAFICO

TERMINOLOGIA

Indicaciones Lineales: rajaduras, fusiones incompletas, penetración inadecuada y escoria, son representadas sobre la radiología como indicaciones lineales, en la cual la longitud es más de tres veces el grosor.

Indicaciones Circulares: Porosidades e incrustaciones, tal como, escoria, son representados en la radiografía como indicaciones circularse con la longitud tres veces el grosor o menor. Estas indicaciones podrían ser en forma circular, elíptica o irregulares, podrían tener añadiduras y podrían variar de densidad.

4.1.7 CRITERIO DE ACEPTACION ULTRASONICO

La inspección ultrasónica tiene la característica de permitir la localización de los defectos en el interior de la soldadura. La localización de las discontinuidades se hace en base a tres factores:

- 1) **Dirección de Rayo**
Se determina por la posición que se le da a la unidad rastreadora al iniciar el rayo. En los ensayos con haz en ángulo, el sonido rebota en los límites geométricos de la probeta y es posible determinar el punto de reflexión de las ondas, de esta manera se puede rastrear la posición de la discontinuidad dentro de la soldadura.
- 2) **El Área de reflexión**
Esta se determina por la altura del eco en la pantalla que ha sido previamente calibrada y se da en porcentaje de altura de pantalla. Esta área de reflexión se origina por el área del haz ultrasónico que incide en la discontinuidad, la cual dependiendo de su curvatura, tamaño, posición, etc., dará una determinada reflexión; en términos generales se dice que una indicación de pantalla de 20% de altura es despreciable, entre 20% y 30% es apreciable y se deberá informar; arriba de 30% es rechazable la soldadura.

3) Tiempo

La distancia relativa recorrida por el sonido en su trayecto, se determina en base al tiempo en la pantalla de rayos catódicos. Ellos se hace calibrando el instrumento con una escala lineal sobrepuesta, cuyas divisiones pueden representar una unidad de la distancia real recorrida, o una de las componentes del movimiento. Una correlación debe hacerse a la distancia mostrada en la pantalla, ya que, ésta lleva incluido el tiempo que tarda el sonido en pasar por la cuña.

4.1.8 CRITERIO DE ACEPTACION DE IMPERFECCIONES EN SOLDADURA DISCONTINUIDADES

a) GRIETAS

En la radiografía, las grietas aparecen como líneas delgadas oscuras. La imagen de las grietas se distinguen de la producida por falta de fusión o de penetración, porque usualmente se presenta como una línea ondulada en la radiografía. Para que las radiografías detecten con mayor certeza las grietas, el plano que las contiene debe ser paralelo a la radiación de la fuente, el plano que las contiene debe ser paralelo a la radiación de la fuente. Grietas que se han producido en el primer pase de soldadura puede no ser detectadas después de los pases subsiguientes, debido a la pérdida de contraste provocada por el material adicional. Cualquier indicación que pueda estar asociada con una grieta debe tratarse con suspicacia e investigar más ampliamente.

La radiografía no es un medio confiable para la detección de imperfecciones muy finas que se originan en la superficie de la soldadura o de las chapas.

b) POROSIDAD

La porosidad es un tipo de discontinuidad causada por la presencia de gas atrapado en el interior de la soldadura, pueden ser vacíos de forme esférica o cavidades cilíndricas, que ocurren usualmente al centro de la costura. En las radiografías aparecen con manchas redondas de diversos tamaños.

c) INCLUSIONES DE ESCORIA

Son más comunes en la soldadura de pases múltiples y se debe a condiciones improprias durante el soldado, o limpieza insuficientes pases. En la radiografía aparece como manchas oscuras gruesas de contorno irregular.

d) FUSION INCOMPLETA

Se refiere al tipo de defectos causado por falta de liga entre el metal fundido y el metal base o metal de soldadura previamente depositado. Las indicaciones en las radiografías son similares a las trazas de escoria, a menudo resulta imposible hacer la distinción entre ambas. Cuando la radiación es paralela a la discontinuidad, la fusión incompleta tiene en la radiografía la apariencia de una grieta.

f) FALTA DE PENETRACION EN LA JUNTA

Significa que la unión en la raíz no fue fundida en todo su espesor. Ocurre comunmente en juntas a tope soldadas de ambos lados cuando el pase de raíz al soldar el segundo lado no llega a fundir al paso inicial del primer lado. También se presenta en soldaduras de filete cuando el cordón inicial no funde la raíz de la junta entre las dos planchas. En las radiografías de soldaduras a tope se identifican por una línea recta oscura, bien definida, que corre por el centro del cordón.

g) SOCAVACION

La socavación se presenta en la superficie a lo largo del borde del cordón de soldadura, cuando el metal base se funde y no es llenada por el metal de aporte, aparece como una imagen lineal irregular oscura en las radiografías. Por presentarse en la superficie y ser visible, se puede determinar con mayor certeza por inspección visual. Sin embargo, por la naturaleza de este defecto, la radiografía da una mejor indicación de su profundidad y longitud.

Indicaciones lineales que no deberán observarse

- 1) Cualquier tipo de rajadura o zona de fusión incompleta o de penetración.
- 2) Cualquier elongación de incrustaciones de escoria en la cual tenga longitudes mayores que:
 - a) $1/8$ plg. (3.2 mm) para T sobre $3/8$ plg. (10 mm) inclusive.
 - b) $1/3$ T para mayores de $3/8$ a $2 1/4$ plg. (10 mm a 5 mm) inclusiva.
- 3) Cualquier grupo de incrustaciones de escoria en la línea, tendrá que incluirse en una longitud mayor que T a una longitud de $12T$, excepto cuando la distancia entre las sucesivas imperfecciones excedan $6L$, donde L es la longitud de las imperfecciones en el grupo.

INDICACIONES CIRCULARES QUE NO DEBERAN OBSERVARSE

- 1) El máximo permisible de dimensiones de las indicaciones circulares deberán ser de 20% de T o de 1/8 plg. (3.2 mm), la que sea menor.
- 2) Para soldaduras con espesores menores que 1/8 plg. (3.2 mm), el máximo número aceptable de indicaciones circulares no deberán exceder de cierto porcentajee indicado por el que califica la soldadura, dentro de las 12 plg. a 6 plg. (152 mm) de longitud de la soldadura. Un número proporcional menor de indicaciones circulares deberán permitirse en soldaduras menores de 6 plg. (152 mm) de longitud.
- 3) Para soldaduras en materiales de 1/8 plg., (3.2 mm) o de espesores mayores, las características en la figura que se presenta al final, representa los máximos tipos de indicaciones aceptables dentro de la longitud de la soldadura. Pueden presentarse indicaciones circulares como las siguientes: en forma de racimo, mezclado y al azar, que son configuraciones dispersas.

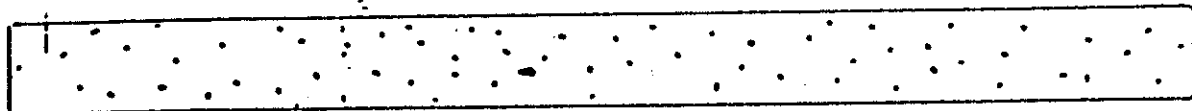
Las indicaciones circulares menores que 1/32 plg., (0.8 mm) que tengan el máximo diámetro, no deberán considerarse en el ensayo de aceptación radiográfico de soldadores y operadores de soldadura en los rangos de espesores de materiales.

A continuación se presentan cantidades típicas y tamaños permitidos de indicaciones circulares para una longitud de 6 plg. y diferentes anchos de soldadura.

Características de indicaciones circulares



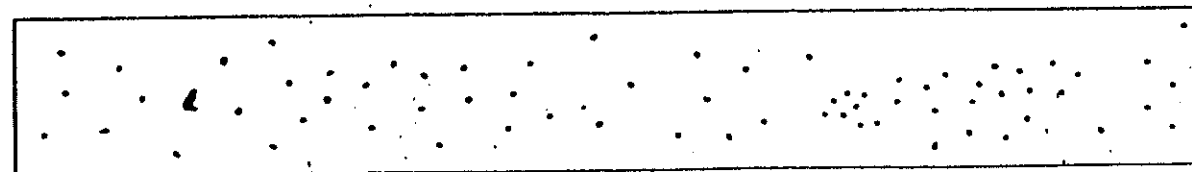
Cantidad típica y tamaño permitido
en 6 plg. de longitud de soldadura
arriba de 1/4 plg. a 1/2 plg. de espesor



Cantidad típica y tamaño permitido
en 6 plg. de longitud de soldadura
1/8 plg. a 1/4 plg. de espesor



Cantidad típica y tamaño permitido
en 6 plg. de longitud de soldadura
arriba de 1/2 plg. a 1 plg. de espesor



Cantidad típica y tamaño permitido
en 6 plg. de longitud de soldadura
arriba de 1 plg. de espesor.

Fig. 4.1
Tomados de ASME sec. IX

CAPITULO V**REGISTROS DE CALIFICACION**

Antes de presentar los formatos básicos que contienen la información mínima aceptable para las calificaciones de procedimiento de soldadura, soldadores u operadores de soldadura, es importante conocer alguna definiciones básicas.

DEFINICIONES**Procedimiento de soldadura para ejecución**

Documento emitido para la ejecución de servicios, descritos todos los parámetros y condiciones de operación de la soldadura.

Registro de calificación del procedimiento de soldadura

Documento emitido para la ejecución de servicios, registrando los parámetros de operación de soldadura en chapa o en tubo de ensayo y los resultados de los ensayos o exámenes a calificar.

Registro de calificación de soldadores u operadores de soldadura

Documento emitido para la ejecución de servicios, descritos todos los parámetros, condiciones y resultados de ensayos y exámenes de un soldador y operador de soldadura, evaluando su calificación.

OBRA:

5.1 REGISTRO DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Procedimiento No..... Fecha Calificación por ROP No.....
 Revisado

Proceso de soldadura Tipo
 automático, semiautomático,
 manual

JUNTA

METAL DE BASE

Diseño de Chafilán..... P No..... a P No.....

Cumbre Junta..... Espesor.....

Otros Otros.....

POSICIONES

METAL DE APORTE

Posición de Chafilán

P No. Otros

Progresión de Soldadura

A No. Otros

Otros

Especif Clasif. AWS

Diámetro de electrodo

PRE-CALENTAMIENTO

Diámetro de alambre Temperatura de pre-calentamiento

Composición de flujo Temperatura de interpasos

Granulación Mantenimiento del
 pre-calentamiento

Composición de electrodo x Flujo . Otros

Gas fundente

Otros

TRAT-TERMICO

..... Temperatura

..... Tiempo

..... Otros

GAS

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Gas(Es) de protección	Corriente Polaridad
	(CA o CC)
Composición (%)	A V
(mezcla)	(rango) (rango)
Vacío	Otros
Gas de Purga .....	.....
Composición gas-Protección adicional .....	.....
.....
Otro .....	.....

TECNICA

Pase recto u oscilante	
.....	
Orificio o tamaño de raíz	
.....	
Método de limpieza inicial e interpases	
.....	
Método de Zig-Zag	
Distancia de tubo de contacto	
.....	
Pases múltiples o un único paso ..	
.....	
Electrodos, simple o multiples ...	
.....	
Oscilación	
Velocidad de soldadura	
Otros	

5.2 MODELO DE REGISTRO DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

1560

Procedimiento No. U-010/80 Fecha 2/FEB/94 Calificación por ROP No. 448-3
 Revisado

Proceso de soldadura ELECTRODO REVESTIDO Tipo MANUAL
 automático, semiautomático,
 manual

JUNTA

METAL DE BASE

Diseño de Chaflán. VER CROQUIS P No. 1 a P No. 3
 Cu bre Junta. No Espesor. 5 A 16 mm
 Otros No Otros. TUBULAR CLASE 2D/3D
Ø 2" A 54"

POSICIONES

METAL DE APORTE

Posición de Chaflán 1G, 2G, 5G,
A 6G
 Progresión de Soldadura 6G A 5G,
ASCENDENTE
 Otros —

P No. 3 A 4 Otros No
 A No. 1 Otros No
 Especific AWS A51 Clasif. AWS E6010
E7018

Diámetro de electrodo 2.5, 3.25 A 4mm

PRE-CALENTAMIENTO

Diámetro de alambre No Temperatura de pre-calentamiento
 Composición de flujo No Temperatura de interpasos No
 Granulación No Mantenimiento del —
 pre-calentamiento

Composición de electrodo x Flujo No

Otros —

Gas fundente No

Otros —

TRAT-TERMICO

Temperatura —
 Tiempo —
 Otros —

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Biblioteca Central

GAS

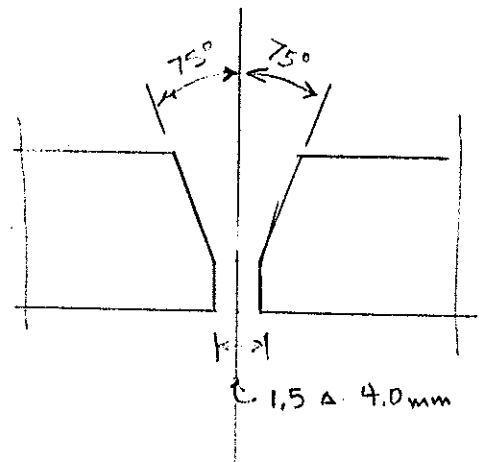
CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Gas(es) de protección
 Composición (%)
 (mezcla)
 Vacío
 Gas de Purga
 Composición gas-Protección
 adicional
 Otro

Corriente ^{CC}..... Polaridad INVERSA
 (CA o CC)
 A 40 - 205 amp v 20 - 220 VOLT.
 (rango) (rango)
 Otros ϕ 2.5 - E6010 - 40 - 75A
 ϕ 3.25 - E6010 - 75 - 130A
 ϕ 3.25 - E7018 - 100 - 150A
 ϕ 4.00 - E7018 - 130 - 205A

TECNICA

Pase recto u oscilante 16 - 24
ESTRECHO (6G-5G) OSCILANTE
 Orificio o tamaño de raíz
 Método de limpieza inicial e
 interpasos
ESMERILADO Y CEPILLADO ROTATIVO
 Método de Zig-Zag
 Distancia de tubo de contacto
 Pases múltiples o un único paso ..
MÚLTIPLE POR LADO
 Electrodo(s), simple o múltiples ...
SIMPLE
 Oscilación
 Velocidad de soldadura
 Otros



5.3

REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO

OBRA: _____ FECHA: _____	
Registro de calificacion de procedimiento No. _____ Procedimiento de soldadura No. _____ Proceso de soldadura _____	
JUNTA Diseño de challan _____	METAL BASE Especificacion del material _____ Tipo o grado _____ P No. _____ Espesor _____ Diametro _____ Otros _____
METAL DE APORTE Analisis de metal de soldadura A No. _____ Diametro del electrodo _____ Metal de aporte F No. _____ Especificacion _____ Otros _____	POSICION Poscion del challan _____ Progresion de soldadura _____ Otros _____ PRE-CALENTAMIENTO Temperatura de precalentamiento _____ Temperatura de interpases _____ Otros _____
TRATAMIENTO TERMICO Temperatura _____ Tiempo _____ Otros _____	GAS Tipo de gas (es) _____ Composicion de la mezcla _____ Otros _____
CARACTERISTICAS ELECTRICAS Corriente _____ Polaridad _____ A _____ V _____ Otros _____	TECNICA Deposicion rectilinea u oscilante _____ Pases multiples o un unico pase _____ Electrodos simples o multiples _____ Velocidad de soldadura _____ Otros _____

ENSAYO DE TRACCION

CUERPO DE PRUEBA	LARGO (mm)	ESPESOR (mm)	AREA (MM ²)	Carga Máxima (N)	LIMITE DE RESISTENCIA (MPa)	CARACTERISTICA Y LOCALIZACION DE LA PRACTURA

ENSAYO DE DOBLAMIENTO GUIADO

TIPO Y FIGURA	RESULTADO	TIPO Y FIGURA	RESULTADO

ENSAYO DE IMPACTO

CUERPO DE PRUEBA	LUGAR DEL ENTALLE	TIPO DE ENTALLE	TEMP. DE ENSAYO	ENERGIA	EXP. LATERAL		PESO	
					% CIZALLA	(mm)	QUEBRADO	PESO

ENSAYO DE SOLDADURA EN ANGULO

Resultado satisfactorio _____ Penetración en el metal base _____
si/no si/no

Tipo y característica de falla _____ No _____

Resultado de macrografía _____ No _____

OTROS ENSAYOS

Tipo de Ensayo _____

Análisis del depósito _____

Otros _____

Nombre del Soldador _____ Matrícula _____ Estampa _____

Ejecución del ensayo (Laboratorio _____); (Técnico _____)

Ensayo No. _____

Certificamos que los resultados aquí escritos son correctos y que las piezas de prueba fueron preparadas y ensayadas conforme a los requisitos de la norma ASME IX.

Firma Fabricante

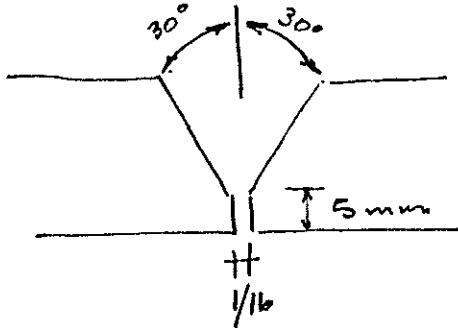
Fecha

Firma Inspector

Fecha

Fr. 4

MODELO DE REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO

<p align="right">OBRA: <u>ORD</u> FECHA: <u>1 - FEBRERO - 1995</u></p>	
Registro de calificacion de procedimiento No. <u>448 - 3</u>	
Procedimiento de soldadura No. _____	
Proceso de soldadura <u>CON ELECTRODO REVESTIDO</u> <u>MANUAL</u>	
JUNTA 	METAL BASE Especificacion del material _____ Tipo o grado <u>B</u> P No. <u>1</u> <u>A</u> P No <u>2</u> Espesor <u>0.438" (11.1 mm)</u> Diametro <u>4"</u> Otros <u>EL ESPESOR ES DE 5 A 22 mm</u>
Diseño de chaffan METAL DE APORTE Analisis de metal de soldadura A No. <u>1</u> Diametro del electrodo <u>3 mm</u> Metal de aporte F No. <u>3</u> <u>A</u> <u>4</u> Especificacion <u>SFA 3.1 (ASME)</u> Otros <u>CLASIFICACION AWS E6010</u> <u>E 7018</u> <u>E6010 PARA PASE DE RAIZ</u> <u>E 7018 PARA PASE DE RELLENO</u>	POSICION Posicion del chaffan <u>6 G</u> Progresion de soldadura <u>ASCENDENTE</u> Otros _____ PRE-CALENTAMIENTO Temperatura de precalentamiento <u>No</u> Temperatura de interpases <u>No</u> Otros <u>No</u>
TRATAMIENTO TERMICO Temperatura <u>No</u> Tiempo <u>No</u> Otros <u>No</u>	GAS Tipo de gas (es) <u>No</u> Composicion de la mezcla <u>No</u> Otros <u>No</u>
CARACTERISTICAS ELECTRICAS Corriente <u>CC</u> Polaridad <u>INVERSA</u> A <u>90 - 135 AMP</u> V <u>20 - 24</u> Otros <u>No</u>	TECNICA Deposicion rectilinea u oscilante <u>RECTILINEA</u> Pases multiples o un unico pase <u>Unico</u> Electrodo simple o multiples <u>SIMPLE.</u> Velocidad de soldadura <u>No</u> Otros <u>OSCILANTE No</u>

ENSAYO DE TRACCION

CUERPO DE PRUEBA	LARGO (mm)	ESPESOR (mm)	AREA (MM ²)	Carga Máxima (N)	LIMITE DE RESISTENCIA (MPa)	CARACTERISTICA Y LOCALIZACION DE LA FRACTURA
1 TI	20.2	9.7	196	112.500	576	SOLDADURA
1 TS	19.1	9.8	1.95	105.500	541	SOLDADURA

ENSAYO DE DOBLAMIENTO GUIADO

TIPO Y FIGURA	RESULTADO	TIPO Y FIGURA	RESULTADO
CARA	OK		
CARA	OK		
RAIZ	OK		

ENSAYO DE IMPACTO

CUERPO DE PRUEBA	LUGAR DEL ENTALLE	TIPO DE ENTALLE	TEMP. DE ENSAYO	ENERGIA	EXP. LATERAL		PESO	
					% CIZALLA	(mm)	QUEBRADO	PESO
EN ESTAS PRUEBAS NO SE REALIZÓ LA PRUEBA DE IMPACTO								

ENSAYO DE SOLDADURA EN ANGULO

Resultado satisfactorio No Penetración en el metal base No
 si/no si/no

Tipo y característica de falla — No —

Resultado de macrografía — No —

OTROS ENSAYOS

Tipo de Ensayo —

Análisis del depósito —

Otros —

Nombre del Soldador JOSE PEREZ Matrícula — Estampa —

Ejecución del ensayo (Laboratorio —); (Técnico —)

Ensayo No. Numero de ensayo en ese laboratorio

Certificamos que los resultados aquí escritos son correctos y que las piezas de prueba fueron preparadas y ensayadas conforme a los requisitos de la norma ASME IX.

Firma Fabricante

Fecha

Firma Inspector

Fecha

5.5 REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADORES Y OPERADORES DE SOLDADURA

		OBRA
		FECHA

Nombre del soldador Matrícula Estampa

Proceso de soldadura Tipo

De acuerdo al proceso de soldadura No.

Cubre Junta

Metal base esp. de P No a P No

Grado Espesor Diámetro Otros.....

Metal de aporte esp. Clase P-No

Otros

Posición

Gas tipo Composición (%)

Características eléctricas-corriente Amp. Polaridad ...

Progresión de soldadura

Diámetro y marca comercial del metal de aporte Marca comercial del fluido p/arco sumergido o por protección de gas

RESULTADO DE ENSAYOS DE DOBLAMIENTO GUIADO (SOLDADO CON CHAPLAN)

TIPO Y FIGURA No	RESULTADO

TIPO Y FIGURA No	RESULTADO

RESULTADO DEL ENSAYO RADIOGRAFICO (SOLDADO CON CHAPLAN)

Resultado

RESULTADO DE ENSAYO EN SOLDADURA EN ANGULO

Ensayo de fractura

Describe la localización naturaleza o tamaño de cualquier rajadura.

Tamaño y porcentaje de defectos mm%

Macrografía función

Apariencia-Dimensión de soldadura mm X mm.

Convexa o Concava mm.

Responsable del ensayo/examen ensayo del laboratorio examen No.

.....

Certificamos que los resultados aquí escritos son correctos y que las piezas de prueba de ensayo están formalmente preparadas, soldadas y ensayadas, conforme a los requisitos de la norma ASME IX.

Firma Fabricante	Fecha	Firma Inspector	Fecha
------------------	-------	-----------------	-------

5.6 MODELO DEL REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADORES Y OPERADORES DE SOLDADURA

		OBRA
		FECHA 1-3-74

Nombre del soldador José Reyes, Matrícula Estampa

Proceso de soldadura SMAW Tipo MANUAL

De acuerdo al proceso de soldadura No.

Cubre junta No

Metal base esp. de P No 1 a P No 1

Grado B Espesor 4 mm Diámetro ϕ 1" .. Otros —

Metal de aporte esp. SFA B:1 .. Clase E6010 P-No 3

Otros —

Posición 5F

Gas tipo No SE USO Composición (%) —

Características eléctricas-corriente 60 Amp. DC .. Amp. Polaridad INV.

Progresión de soldadura ASCENDENTE

Diámetro y marca comercial del metal de aporte ϕ 2.5 mm - HOBART sumergido o por protección de gas No

RESULTADO DE ENSAYOS DE DOBLAMIENTO GUIADO (SOLDADO CON CHIAFLAN)

TIPO Y FIGURA No	RESULTADO

TIPO Y FIGURA No	RESULTADO

RESULTADO DEL ENSAYO RADIOGRAFICO (SOLDADO CON CHIAFLAN)

Resultado

RESULTADO DE ENSAYO EN SOLDADURA EN ANGULO

Ensayo de fractura NINGUNA

Describe la localización naturaleza o tamaño de cualquier rajadura.

Tamaño y porcentaje de defectos mm %
 Macrografía funsión APROBADO
 Apariencia-Dimensión de soldadura ... 3.8 mm X ... 3.7 mm.
 Convexa o Concava CONVEXA. mm.
 Responsable del ensayo/examen ensayo del laboratorio examen No.
 Erica 130

Certificamos que los resultados aqui escritos son correctos y que las piezas de prueba de ensayo están formalmente preparadas, soldadas y ensayadas, conforme a los requisitos de la norma ASME IX.

Firma Fabricante	Fecha	Firma Inspector	Fecha
------------------	-------	-----------------	-------

CONCLUSIONES

1. La posición a la cual será soldada una pieza, tiene que estar dentro de los límites dados por la especificación de procedimiento, para normalizar los resultados y uniformizar los criterios para calificación.
2. Cuando un procedimiento de calificación se ha realizado previamente y esta calificado para realizarse, un cambio en una de las características de este, deberá requerir un nuevo procedimiento de calificación.
3. Un cambio de cualquier variable esencial de un proceso específico requiere una recalificación para obtener resultados satisfactorios de un procedimiento de calificación.
4. Las indicaciones de las especificaciones de construcción de probetas, tiene que llevarse a cabo conforme a las mencionadas en este trabajo, para realizar una mejor calificación y que sea representativa de la habilidad del soldador.
5. La calidad superficial de una soldadura no demuestra la presencia de defectos internos por lo que el ensayo mecánico o ensayo no destructivos se tienen que realizar dependiendo de lo requerido por el contratante del trabajo de soldadura para demostrar la sanidad de la misma.
6. Las chapas o tuberías soldadas representadas en probetas para ensayos, deben realizarse conforme a un procedimiento preestablecido y calificar cada paso seguido por el soldador para que las pruebas sean representativas de la habilidad de quien lo realiza.
7. La inspección visual es uno de los métodos para inspección más comodo y barato pero su realización tiene que ser minuciosa y por una persona calificada, antes, durante y después de la soldadura para tener un criterio objetivo de la calidad de la soldadura.

RECOMENDACIONES

1. En la industria, los supervisores encargados de vigilar la construcción con soldaduras, deben dar las indicaciones y recomendaciones a los soldadores para que realicen soldaduras satisfactorias y que llenen los requisitos de aceptación, para evitar lamentables consecuencias que puedan darse en un trabajo mal realizado.
2. Que los criterios señalados en este trabajo para la calificación de procedimiento, calificación de soldadores y operadores de soldadura sean tomados en cuenta para aceptar una soldadura sana por la entidad contratante del trabajo y así evitar trabajo y así evitar rechazos.
3. Se recomienda que se adopte las boletas de registros presentada en esta tesis, para unificar los datos y, así, tener un documento que especifique como fue realizada la soldadura y evaluaciones posteriores, para la aceptación de las mismas y, también, para los resultados obtenidos.
4. Que las personas encargadas de aceptar trabajos de soldadura, tengan una base teórica para que puedan pedir con referencias, datos de los resultados obtenidos y, así, dar su visto bueno en la recepción del trabajo.
5. Se recomienda que instituciones encargadas de calificar las construcciones, dispongan de inspectores calificados para examinar las pruebas realizadas por el soldador que efectuará el trabajo final y los materiales utilizados y evalúan el procedimiento de soldadura tanto a través de

BIBLIOGRAFIA

Norma ANSI/ASME IX, The American Society of
Mechanical Engineers.
1986
United Engineering Center 345 East 47th Street
New York, N.Y. 10017

Norma ANSI/AWS D14.1, Specification for Welding
of Industrial and Mill Crane and Other Material
Handling Equipment.
An American National Standard
Approved by American National Standards Institute.
July 29, 1982
American Welding Society.

ANEXOS

- ANEXO A:** Se refiere a la clasificación de los metales base nombrados como P-Número dados por las normas ASME IX.
- ANEXO B:** Se refiere a la clasificación y análisis químico del metal de aporte usado para la calificación de procedimiento. Llamado A-Número por la norma ASME IX.
- ANEXO C:** Se refiere a la clasificación de electrodos por la norma ASME IX y por la norma AWS, nombrados F-Número por la norma ASME IX.

ANEXO A
P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys				
1	1	SA-31 Grade A	45	Carbon Steel Rivets (C)
		Grade B	58	Carbon Steel Rivets (C)
		SA-36 . . .	58	Carbon Steel Plate (C-Mn-Si)
		SA-53 Acid Bessemer	50	Carbon Steel Furnace Welded Pipe
		Open Hearth	45	Carbon Steel Furnace Welded Pipe
		Grade A	48	Carbon Steel Smls. or Welded Pipe (C)
		Grade B	60	Carbon Steel Smls. or Welded Pipe (C-Mn)
		SA-106 Grade A	48	Carbon Steel Pipe (C-Si)
		Grade B	60	Carbon Steel Pipe (C-Si)
		SA-134	. . .	Of SA-283 and SA-285
		SA-135 Grade A	48	Carbon Steel Electric-Resistance-Welded Pipe (C)
		Grade B	60	Carbon Steel Electric-Resistance-Welded Pipe (C-Mn)
		SA-155 Grade C45	45	Carbon Steel Pipe (C)
		SA-155 Grade C50	50	Carbon Steel Pipe (C)
		Grade C55	55	Carbon Steel Pipe (C)
		Grade KC55	55	C-Si Steel Pipe (C-Si)
		Grade KCF55	55	C-Si Steel Pipe (C-Si)
		SA-155 Grade KC60	60	C-Si Steel Pipe (C-Si)
		Grade KCF60	60	C-Si Steel Pipe (C-Si)
		Grade KC65	65	C-Si Steel Pipe (C-Si)
		Grade KCF65	65	C-Si Steel Pipe (C-Mn-Si)
		SA-178 Grade A	47 ¹	Carbon Steel Electric Welded Boiler Tube (C)
		Grade C	60	Carbon Steel Electric Welded Boiler Tube (C)
		SA-179 . . .	. . .	Carbon Steel Smls. Low-Carbon Steel Tubes (C)
		SA-181 Class 60	60	Carbon Steel Pipe Flanges (C-Si)
		SA-192	47	Carbon Steel Boiler Tubes, Smls. (C-Si)
SA-210 Grade A-1	60	Carbon Steel Tubes (C-Si)		
SA-214	. . .	Carbon Steel Electric-Resistance-Welded Steel Tubes (C)		
SA-216 Grade WCA	60	Carbon Steel Castings (C-Si)		
SA-226	47	Carbon Steel Electric-Welded Tubes (C-Si)		

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal	
Steel and Steel Alloys (Cont'd)					
422.1	1	1	SA-234 Marking WPA	48 60 50	Carbon Steel Piping Fittings (C) Carbon Steel Piping Fittings (C) Carbon Steel Piping Fittings (C)
			SA-234 Marking WPB	60 65 65	Carbon Steel Piping Fittings (C) C-Si Steel Piping Fittings (C-Si) C-Si Steel Piping Fittings (C-Mn-Si)
			SA-266 Class 1	60	Carbon Steel Smis. Drum Forgings (C-Si)
			SA-283 Grade A	45	Carbon Steel Plates (C)
			Grade B	50	Carbon Steel Plates (C)
			Grade C	55	Carbon Steel Plates (C)
			Grade D	60	Carbon Steel Plates (C)
			SA-285 Grade A	45	Carbon Steel Plates (C)
			Grade B	50	Carbon Steel Plates (C)
			Grade C	55	Carbon Steel Plates (C)
			SA-333 Grade 1	55	Carbon Steel Pipe for Low Temp. Service (C-Mn)
			Grade 6	60	Carbon Steel Pipe for Low Temp. Service (C-Mn-Si)
			SA-334 Grade 1	55	Carbon Steel Tubes for Low Temp. Service (C-Mn)
			Grade 6	60	Carbon Steel Tubes for Low Temp. Service with 0.10% min. Silicon (C-Mn-Si)
			SA-350 Grade LF1	60	Carbon Steel Forgings (C-Mn-Si)
			SA-352 Grade LCA	60	Carbon Steel Castings (C-Si)
			Grade LCB	65	Carbon Steel Castings (C-Si)
			SA-369 Grade FPA	48	Carbon Steel Forging (C)
			SA-372 Type I	60	Carbon Steel Forgings (C-Mn-Si)
			SA-414 Grade A	45	Carbon Steel Sheet (C)
			Grade B	50	Carbon Steel Sheet (C)
			Grade C	55	Carbon Steel Sheet (C)
			Grade D	60	Carbon Steel Sheet (C-Mn)
			Grade E	65	Carbon Steel Sheet (C-Mn)
			SA-420 Grade WPL6	60	Carbon Steel Piping Fittings (C-Mn-Si)
			SA-442 Grade 55	55	Carbon Steel Plates (C-Mn-Si)
			Grade 60	60	Carbon Steel Plates (C-Mn-Si)
			SA-487 Class A and AN	60	Carbon Steel Castings (C)

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
1	1	SA-672 Grade B60	60	C-Si Steel Pipe (C-Si)
		Grade C60	60	C-Si Steel Pipe (C-Si)
		Grade E60	60	Carbon Steel Pipe (C-Mn-Si)
		Grade B65	65	C-Si Steel Pipe (C-Si)
		Grade C65	65	C-Si Steel Pipe (C-Mn-Si)
		SA-675 Grade 45	45	Carbon Steel Bars (C)
		Grade 50	50	Carbon Steel Bars (C)
		Grade 55	55	Carbon Steel Bars (C)
		Grade 60	60	Carbon Steel Bars (C)
		Grade 65	65	Carbon Steel Bars (C)
		SA-695 Type B Grade 35	60	C-Si Steel Bars (C-Mn-Si)
		SA-696 Grade B	60	Carbon Steel Bars (C)
		SA-727	60	Carbon Steel Forgings (C)

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
1	2	SA-105	70	Carbon Steel Pipe Flanges (C-SI)
		SA-106 Grade C	70	Carbon Steel Pipe (C-SI)
		SA-155 Grade KC70	70	C-SI Steel Pipe (C-SI)
		Grade KCF70	70	C-Mn-SI Steel Pipe (C-Mn-SI)
		SA-181 Class 70	70	Carbon Steel Pipe Flanges (C-SI)
		SA-210 Grade C	70	Carbon Steel Electric-Resistance-Welded Steel Tubes (C-Mn-SI)
		SA-216 Grade WCB	70	Carbon Steel Castings (C-SI)
		Grade WCC	70	Carbon Steel Castings (C-Mn-SI)
		SA-234 Marking WPB	70	Carbon Steel Piping Fittings (C-Mn-SI)
		Marking WPC	70	Carbon Steel Piping Fittings (C-Mn)
		SA-266 Class 2	70	Carbon Steel Smls. Drum Forgings (C-SI)
		Class 3	75	Carbon Steel Smls. Drum Forgings (C-SI)
		SA-299	75	C-Mn-SI Steel Plates (C-Mn-SI)
		SA-350 Grade LF2	70	Carbon Steel Forgings (C-Mn-SI)
		SA-352 Grade LCC	70	Carbon Steel Castings (C-SI)
		SA-372 Type II	75	Carbon Steel Forgings (C-Mn-SI)
		SA-414 Grade F	70	Carbon Steel Sheet (C-Mn)
		Grade G	75	Carbon Steel Sheet (C-Mn)
		SA-420 Grade WPL6	70	Carbon Steel Piping Fittings (C-Mn-SI)
		SA-455 Type I	75	Carbon Manganese Steel Plates (C-Mn)
		Type II	73	Carbon Manganese Steel Plates (C-Mn-SI)
		SA-487 Class AQ	70	Carbon Steel Castings (C)
		Class B and BN	70	Carbon Steel Castings (C)
		Class C and CN	70	Carbon Steel Castings (C)
		SA-508 Class 1	70	Forgings (C-SI Steel 0.35 max. C) (C-SI)
		SA-515 Grade 70	70	C-SI Steel Plates (C-SI)
		SA-516 Grade 70	70	C-Mn-SI Steel Plates (C-Mn-SI)

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
1	1	SA-515 Grade 55	55	C-Si Steel Plates (C-Si)
		Grade 60	60	C-Si Steel Plates (C-Si)
		Grade 65	65	C-Si Steel Plates (C-Si)
		SA-516 Grade 55	55	C-Si Steel Plates (C-Si)
		Grade 60	60	C-Si Steel Plates (C-Mn-Si)
		Grade 65	65	C-Si Steel Plates (C-Mn-Si)
		SA-524 Grade I	60	Carbon Steel Pipe (C-Mn-Si)
		Grade II	55	Carbon Steel Pipe (C-Mn-Si)
		SA-556 Grade A2	47	Carbon Steel Tubes — Smls. (C)
		Grade B2	60	Carbon Steel Tubes — Smls. (C-Si)
		SA-557 Grade A	47	Carbon Steel Tubes — Resistance Welded (C)
		Grade B	60	Carbon Steel Tubes — Resistance Welded (C)
		SA-587 . . .	48	Low Carbon Steel Pipe (C)
		SA-660 Grade WCA	60	Carbon Steel Pipe (C)
		SA-662 Grade A	58	Carbon Steel Plate (C-Mn-Si)
		Grade B	65	Carbon Steel Plate (C-Mn-Si)
		SA-671 Grade CA55	55	Carbon Steel Pipe (C)
		Grade CE55	55	Carbon Steel Pipe (C)
		SA-671 Grade CB60	60	C-Si Steel Pipe (C-Si)
		Grade CC60	60	C-Si Steel Pipe (C-Si)
		Grade CE60	60	Carbon Steel Pipe (C-Mn-Si)
		Grade CB65	65	C-Si Steel Pipe (C-Si)
		Grade CC65	65	C-Si Steel Pipe (C-Mn-Si)
		SA-672 Grade A45	45	Carbon Steel Pipe (C)
		SA-672 Grade A50	50	Carbon Steel Pipe (C)
		Grade A55	55	Carbon Steel Pipe (C)
		Grade B55	55	C-Si Steel Pipe (C-Si)
		Grade C55	55	C-Si Steel Pipe (C-Si)
		Grade E55	55	Carbon Steel Pipe (C-Mn-Si)

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
1	2	SA-537 Class 1	70	C-Mn-Si Steel Plates (C-Mn-Si)
		SA-541 Class 1	70	Forgings (C-Si)
		SA-556 Grade C2	70	Carbon Steel Tubes—Smls. (C-Mn-Si)
		SA-557 Grade C	70	Carbon Steel Tubes—Resistance Welded (C-Mn)
		SA-660 Grade WCB	70	Carbon Steel Pipe (C)
		Grade WCC	70	Carbon Steel Pipe (C)
		SA-662 Grade C	70	Carbon Steel Plate (C-Mn-Si)
		SA-671 Grade CB70	70	C-Si Steel Pipe (C-Si)
		Grade CC70	70	C-Mn-Si Steel Pipe (C-Mn-Si)
		Grade CD70	70	C-Mn-Si Steel Pipe (C-Mn-Si)
		Grade CK75	75	C-Mn-Si Steel Pipe (C-Mn-Si)
		SA-672 Grade B70	70	C-Si Steel Pipe (C-Si)
		Grade C70	70	C-Mn-Si Steel Pipe (C-Mn-Si)
		Grade D70	70	C-Mn-Si Steel Pipe (C-Mn-Si)
		Grade N75	70	C-Mn-Si Steel Pipe (C-Mn-Si)
		SA-675 Grade 70	70	Carbon Steel Bars (C)
		SA-691 Grade CMSH-70	70	C-Mn-Si Steel Pipe, Fusion Welded (C-Mn-Si)
		Grade CMS-75	75	C-Mn-Si Steel Pipe, Fusion Welded (C-Mn-Si)
		SA-695 Type B Grade 40	70	C-Si Steel Bars (C-Mn-Si)
		SA-696 Grade C	70	Carbon Steel Bars (C)
		SA-737 Grade B	70	C-Mn-Cb Plates
		SA-738	75	C-Mn-Si Steel Plates (C-Mn-Si)

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
1	3	SA-487 Class BQ	80	Carbon Steel Castings (C)
		Class CQ	80	Carbon Steel Castings (C)
		SA-537 Class 2	80	C-Mn-Si Steel Plates (C-Mn-Si)
		SA-671 Grade CD80	80	C-Mn-Si Steel Pipe (C-Mn-Si)
		SA-672 Grade D80	80	C-Mn-Si Steel Pipe (C-Mn-Si)
		SA-691 Grade CMSH-80	80	C-Mn-Si Steel Pipe, Fusion Welded (C-Mn-Si)
		SA-737 Grade C	80	C-Mn-V-N Plates
4	4	SA-724 Grade A ($\frac{5}{8}$ in. max. T)	90	Carbon Steel Plate (C-Mn-Si)
		Grade B ($\frac{5}{8}$ in. max. T)	95	Carbon Steel Plate (C-Mn-Si)

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal	
Steel and Steel Alloys (Cont'd)					
3	1	SA-155 Grade ½Cr	55	Cr-Mo Pipe (½Cr-½Mo)	
		Grade CM65	65	Cr-Mo Steel Pipe (C-½Mo)	
		SA-204 Grade A	65	C-Mo Steel Plates (C-½Mo)	
		SA-209 Grade T1	55	C-Mo Tubes (C-½Mo)	
		Grade T1a	60	C-Mo Tubes (C-½Mo)	
		Grade T1b	53	C-Mo Tubes (C-½Mo)	
		SA-213 Grade T2	60	Cr-Mo Tubes (½Cr-½Mo)	
		SA-217 Grade WC1	65	C-Mo Steel Castings (C-½Mo)	
		SA-234 Marking WP1	55	C-Mo Piping Fittings (C-½Mo)	
		SA-250 Grade T1	55	C-Mo Welded Boiler Tubes (C-½Mo)	
		Grade T1a	60	C-Mo Welded Boiler Tubes (C-½Mo)	
		Grade T1b	53	C-Mo Welded Boiler Tubes (C-½Mo)	
		SA-335 Grade P1	55	C-Mo Pipe (C-½Mo)	
		Grade P2	55	Cr-Mo Pipe (½Cr-½Mo)	
		Grade P15	60	Si-Mo Pipe (1½Si-½Mo)	
		SA-352 Grade LC1	65	C-Mo Castings (C-½Mo)	
		SA-369 Grade FP1	55	C-Mo Pipe (C-½Mo)	
		Grade FP2	55	Cr-Mo Pipe (½Cr-½Mo)	
		SA-387 Grade 2 Class 1	55	Cr-Mo Plate (½Cr-½Mo)	
		SA-426 Grade CP1	55	C-Mo Cast Alloy Steel Pipe (C-½Mo)	
	Grade CP2	55	Cr-Mo Cast Alloy Steel Pipe (½Cr-½Mo)		
	Grade CP15	60	C-Si-Mo Cast Alloy Steel Pipe (C-Si-Mo)		
	SA-672 Grade L65	65	C-Mo Steel Pipe (C-½Mo)		
	SA-691 Grade CM-65	65	C-Mo Steel Pipe, Fusion Welded (C-½Mo)		
	Grade ½Cr	55	Cr-Mo Pipe, Fusion Welded (½Cr-½Mo)		
	Class 1				
	2	SA-155 Grade CM70		70	C-Mo Steel Pipe (C-½Mo)
			Grade CM75	75	C-Mo Steel Pipe (C-½Mo)
		SA-182 Grade F1		70	C-Mo Pipe Flanges (C-½Mo)
			Grade F2	70	Cr-Mo Forgings (½Cr-½Mo)
SA-204 Grade B			70	C-Mo Steel Plates (C-½Mo)	
	Grade C	75	C-Mo Steel Plates (C-½Mo)		
SA-234 Marking WP1	70	C-Mo Steel Piping Fittings (C-½Mo)			

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
3	2	SA-302 Grade A	75	Mn-Mo Stl Plates (1Mn- $\frac{1}{2}$ Mo)
		SA-336 Class F1	70	C-Mo Forgings (C- $\frac{1}{2}$ Mo)
		SA-387 Grade 2 Class 2	70	Cr-Mo Plates ($\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo)
		SA-672 Grade L70	70	C-Mo Steel Pipe (C- $\frac{1}{2}$ Mo)
		Grade H75	75	Mn-Mo Steel Pipe (1Mn- $\frac{1}{2}$ Mo)
		Grade L75	75	C-Mo Steel Pipe (C- $\frac{1}{2}$ Mo)
		SA-691 Grade CM70	70	C-Mo Steel Pipe, Fusion Welded (C- $\frac{1}{2}$ Mo)
		Grade CM75	75	C-Mo Steel Pipe, Fusion Welded (C- $\frac{1}{2}$ Mo)
		Grade $\frac{1}{2}$ Cr Class 2	55	Cr-Mo Pipe, Fusion Welded ($\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo)
	3	SA-302 Grade B	80	Mn-Mo Steel Plates (Mn- $\frac{1}{2}$ Mo)
		Grade C	80	Mn-Mo-Ni Steel Plates (Mn- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{1}{2}$ Ni)
		Grade D	80	Mn-Mo-Ni Steel Plates (Mn- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{3}{4}$ Ni)
		SA-508 Class 2	80	Forgings ($\frac{3}{4}$ Ni- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{1}{2}$ Cr-V)
		Class 2a	90	Forgings ($\frac{1}{2}$ Ni- $\frac{1}{4}$ Cr- $\frac{3}{10}$ Mo)
		Class 3	80	Forgings ($\frac{3}{4}$ Ni- $\frac{1}{2}$ Mo-Cr-V)
		Class 4b	90	Forgings ($3\frac{1}{2}$ Ni-1 $\frac{1}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-V)
		SA-533 Grade A	80	Mn-Mo Plate (Mn- $\frac{1}{2}$ Mo)
		Class 1		
		Grade B	80	Mn-Mo-Ni Plate (Mn- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{1}{2}$ Ni)
		Class 1		
		Grade C	80	Mn-Mo-Ni Plate (Mn- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{3}{4}$ Ni)
		Class 1		
		Grade D	80	Mn-Mo-Ni Plate (Mn- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{3}{4}$ Ni)
		Class 1		
		SA-533 Grade A	90	Mn-Mo Plate (Mn- $\frac{1}{2}$ Mo)
		Class 2		
		Grade B	90	Mn-Mo-Ni Plate (Mn- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{1}{2}$ Ni)
		Class 2		
		Grade C	90	Mn-Mo-Ni Plate (Mn- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{3}{4}$ Ni)
		Class 2		
		Grade D	90	Mn-Mo-Ni Plate (Mn- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{3}{4}$ Ni)
		Class 2		
		SA-541 Class 2	80	Forgings ($\frac{3}{4}$ Ni- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{1}{2}$ Cr-V)
		Class 2A	80	Forgings ($\frac{3}{4}$ Ni- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{1}{2}$ Cr-V)
		Class 3	80	Forgings ($\frac{1}{2}$ Ni- $\frac{1}{2}$ Mo-V)
		SA-672 Grade H80	80	Mn-Mo Steel Pipe (Mn- $\frac{1}{2}$ Mo)
		Grade J80	80	Mn-Mo-Ni Pipe (Mn- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{3}{4}$ Ni)
		Grade J90	90	Mn-Mo-Ni Pipe (Mn- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{3}{4}$ Ni)

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
4	1	SA-155 Grade 1Cr	55	Cr-Mo Pipe (1Cr-½Mo)
		Grade 1¼Cr	60	Cr-Mo Pipe (1Cr-½Mo-Si)
		SA-182 Grade F11	70	Cr-Mo Pipe Flanges (1¼Cr-½Mo-Si)
		Grade F12	70	Cr-Mo Pipe Flanges (1Cr-½Mo)
		SA-199 Grade T3b	60	Cr-Mo Smls. Steel Tubes (2Cr-½Mo)
		Grade T11	60	Cr-Mo Smls. Steel Tubes (1¼Cr-½Mo-Si)
		SA-202 Grade A	75	CMS Plates (½Cr-1¼Mn-Si)
		Grade B	85	CMS Plates (½Cr-1¼Mn-Si)
		SA-213 Grade T3b	60	Cr-Mo Tubes (2Cr-½Mo)
		Grade T11	60	Cr-Mo Tubes (1¼Cr-½Mo-Si)
		Grade T12	60	Cr-Mo Tubes (1Cr-½Mo)
		SA-217 Grade WC4	70	Ni-Cr-Mo Steel Castings (1Ni-½Cr-½Mo)
		Grade WC5	70	Ni-Cr-Mo Steel Castings (¾Ni-1Mo-¾Cr)
		Grade WC6	70	Cr-Mo Steel Castings (1¼Cr-½Mo)
		SA-234 Marking WP11	60	Cr-Mo Piping Fittings (1¼Cr-½Mo-Si)
		Marking WP12	55	Cr-Mo Piping Fittings (1Cr-½Mo)
		SA-335 Grade P11	60	Cr-Mo Pipe (1¼Cr-½Mo-Si)
		Grade P12	60	Cr-Mo Pipe (1Cr-½Mo)
		SA-336 Class F12	70	Cr-Mo Drum Forgings (1Cr-½Mo)
		Class F11	70	Cr-Mo Drum Forgings (1¼Cr-½Mo-Si)
		Class F11A	75	Cr-Mo Drum Forgings (1¼Cr-½Mo-Si)
		SA-369 Grade FP3b	60	Cr-Mo Pipes (2Cr-½Mo)
		Grade FP11	60	Cr-Si-Mo Pipes (1¼Cr-½Mo-Si)
		Grade FP12	60	Cr-Mo Pipes (1Cr-½Mo)
		SA-387 Grade 11	60	Cr-Mo Plate (1¼Cr-½Mo-Si)
		Class 1		
		Grade 11	75	Cr-Mo Plate (1¼Cr-½Mo-Si)
		Class 2		
		Grade 12	55	Cr-Mo Plate (1Cr-½Mo)
		Class 1		
Grade 12	65	Cr-Mo Plate (1Cr-½Mo)		
Class 2				
SA-426 Grade CP11	70	Cast Alloy Steel Pipe (1¼Cr-½Mo)		
Grade CP12	60	Cast Alloy Steel Pipe (1Cr-½Mo)		
SA-691 Grade 1Cr				
Class 1	55	Cr-Mo Pipe, Fusion Welded (1Cr-½Mo)		
Class 2	65	Cr-Mo Pipe, Fusion Welded (1Cr-½Mo)		

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
4	1	SA-691 Grade 1 $\frac{1}{4}$ Cr Class 1	60	Cr-Mo Pipe, Fusion Welded (1 $\frac{1}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-Si)
		Class 2	75	Cr-Mo Pipe, Fusion Welded (1 $\frac{1}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-Si)
		SA-739 Grade B11	70	Cr-Mo Bars (1.25Cr- $\frac{1}{2}$ Mo)
	2	SA-333 Grade 4	60	Cr-Cu-Ni-Al Pipes ($\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{3}{4}$ Ni-Cu-Al)
	SA-423 Grade 1	60	Cr-Cu-Ni Tubes ($\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Ni-Cu)	
	Grade 2	60	Cu-Ni-Mo Tubes ($\frac{3}{4}$ Ni- $\frac{1}{2}$ Cu-Mo)	

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
4	1	SA-691 Grade 1 $\frac{1}{4}$ Cr Class 1	60	Cr-Mo Pipe, Fusion Welded (1 $\frac{1}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-Si)
		Class 2	75	Cr-Mo Pipe, Fusion Welded (1 $\frac{1}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-Si)
		SA-739 Grade B11	70	Cr-Mo Bars (1.25Cr- $\frac{1}{2}$ Mo)
	2	SA-333 Grade 4	60	Cr-Cu-Ni-Al Pipes ($\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{3}{4}$ Ni-Cu-Al)
		SA-423 Grade 1 Grade 2	60 60	Cr-Cu-Ni Tubes ($\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Ni-Cu) Cu-Ni-Mo Tubes ($\frac{3}{4}$ Ni- $\frac{1}{2}$ Cu-Mo)

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
5	1	SA-155 Grade 2 $\frac{1}{4}$ Cr	60	Cr-Mo Pipe (2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo)
		SA-182 Grade F21	75	Cr-Mo Pipe Flanges (3Cr-1Mo)
		Grade F22	75	Cr-Mo Pipe Flanges (2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo)
		SA-199 Grade T4	60	Cr-Mo Smls. Steel Tubes (2 $\frac{1}{2}$ Cr- 1/2Mo-3/4Si)
		Grade T21	60	Cr-Mo Smls. Steel Tubes (3Cr-1Mo)
		Grade T22	60	Cr-Mo Smls. Steel Tubes (2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo)
		SA-213 Grade T21	60	Alloy Steel Tubes (3Cr-1Mo)
		Grade T22	60	Alloy Steel Tubes (2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo)
		SA-217 Grade WC9	70	Cr-Mo Castings (2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo)
		SA-234 Marking WP22	60	Cr-Mo Pipe Fittings (2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo)
		SA-335 Grade P21	60	Cr-Mo Pipe (3Cr-1Mo)
		Grade P22	60	Cr-Mo Pipe (2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo)
		SA-336 Class F21	75	Cr-Mo Drum Forgings (3Cr-1Mo)
		Class F21a	60	Cr-Mo Drum Forgings (3Cr-1Mo)
		Class F22	75	Cr-Mo Drum Forgings (2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo)
		Class F22a	60	Cr-Mo Drum Forgings (2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo)
		SA-369 Grade FP21	60	Cr-Mo Pipes (3Cr-1Mo)
		Grade FP22	60	Cr-Mo Pipes (2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo)
		SA-387 Grade 21	60	Cr-Mo Plate (3Cr-1Mo)
		Class 1		
		Grade 21	75	Cr-Mo Plate (3Cr-1Mo)
		Class 2		
		Grade 22	60	Cr-Mo Plate (2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo)
		Class 1		
		Grade 22	75	Cr-Mo Plate (2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo)
		Class 2		
		SA-426 Grade CP21	60	Cast Alloy Steel Pipe (3Cr-1Mo)
		Grade CP22	75	Cast Alloy Steel Pipe (2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo)
		SA-691 Grade 2 $\frac{1}{4}$ Cr		
		Class 1	60	Cr-Mo Pipe, Fusion Welded (2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo)
		Class 2	75	Cr-Mo Pipe, Fusion Welded (2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo)
		SA-691 Grade 3 Cr		
		Class 1	60	Cr-Mo Pipe, Fusion Welded (3Cr-1Mo)
		Class 2	75	Cr-Mo Pipe, Fusion Welded (3Cr-1Mo)
		SA-739 Grade B22	75	Cr-Mo Bars (2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo)

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
5	2	SA-182 Grade F5	60	Cr-Mo Pipe Flanges (5Cr-½Mo)
		Grade F5a	80	Cr-Mo Pipe Flanges (5Cr-½Mo)
		Grade F7	60	Cr-Mo Pipe Flanges (7Cr-½Mo)
		Grade F9	100	Cr-Mo Pipe Flanges (9Cr-1Mo)
		SA-199 Grade T5	60	Cr-Mo Smls. Steel Tubes (5Cr-½Mo)
		Grade T7	60	Cr-Mo Smls. Steel Tubes (7Cr-½Mo)
		Grade T9	60	Cr-Mo Smls. Steel Tubes (9Cr-1Mo)
		SA-213 Grade T5	60	Alloy Steel Tubes (5Cr-½Mo)
		Grade T5b	60	Alloy Steel Tubes (5Cr-½Mo-Si)
		Grade T5c	60	Alloy Steel Tubes (5Cr-½Mo-Ti)
		Grade T9	60	Cr-Mo Steel Tubes (9Cr-1Mo)
		Grade T7	60	Cr-Mo Steel Tubes (7Cr-½Mo)
		SA-217 Grade C5	90	Cr-Mo Castings (5Cr-½Mo)
		Grade C12	90	Cr-Mo Castings (9Cr-1Mo)
		SA-234 Marking WP5	60	Cr-Mo Piping Fittings (5Cr-½Mo)
		Marking WP7	60	Cr-Mo Pipe Fittings (7Cr-½Mo)
		Marking WP9	100	Cr-Mo Pipe Flanges (9Cr-1Mo)
		SA-335 Grade P5	60	Cr-Mo Pipe (5Cr-½Mo)
		Grade P5b	60	Cr-Mo Pipe (5Cr-½Mo-Si)
		Grade P5c	60	Cr-Mo Pipe (5Cr-½Mo-Ti)
		Grade P9	60	Cr-Mo Pipe (9Cr-1Mo)
		Grade P7	60	Cr-Mo Pipe (7Cr-½Mo)
		SA-336 Class F5	60	Cr-Mo Drum Forgings (5Cr-½Mo)
		Class F5a	80	Cr-Mo Drum Forgings (5Cr-½Mo)
		Class F9	85	Cr-Mo Drum Forgings (9Cr-1Mo)
		SA-369 Grade FP5	60	Cr-Mo Pipes (5Cr-½Mo)
		Grade FP7	60	Cr-Mo Pipes (7Cr-½Mo)
		Grade FP9	60	Cr-Mo Pipes (9Cr-1Mo)
		SA-387 Grade 5	60	Cr-Mo Plate (5Cr-½Mo)
		Class 1		
		Grade 5	75	Cr-Mo Plate (5Cr-½Mo)
		Class 2		
SA-426 Grade CP5	90	Cast Alloy Stl Pipe (5Cr-½Mo)		
Grade CP5b	60	Cast Alloy Stl Pipe (5Cr-1½Si-½Mo)		
Grade CP7	60	Cast Alloy Stl Pipe (7Cr-½Mo)		
Grade CP9	90	Cast Alloy Stl Pipe (9Cr-1Mo)		
SA-487 Class 8N	85	Alloy Steel Castings (2½Cr-1Mo)		
SA-691 Grade 5 Cr				
Class 1	60	Cr-Mo Pipe, Fusion Welded (5Cr-½Mo)		
Class 2	75	Cr-Mo Pipe, Fusion Welded (5Cr-½Mo)		

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal			
Steel and Steel Alloys (Cont'd)							
422.6	6	1	SA-182 Grade F6a Class 1	70	Alloy Pipe Flanges (13Cr)		
			SA-240 Type 410	65	Alloy Steel Plate (13Cr)		
			SA-268 Grade TP 410 Grade TP 409	60 60	Alloy Steel Tubes (13Cr) Alloy Steel Tubes (11Cr-Ti)		
			SA-479 Type 403 Cl. 1 Type 410	70 70	Stainless Steel Bars & Shapes Bars & Shapes (13Cr)		
			2	SA-182 Grade F429	60	Alloy Pipe Flanges (15Cr)	
				SA-240 Type 429	65	Alloy Steel Plate (15Cr)	
				SA-268 Grade TP 429	65	Alloy Steel Tubes (15Cr)	
			3	3	SA-182 Grade F6a Class 2	85	Alloy Steel Forgings (13Cr)
					Grade F6b	110	Alloy Steel Forgings (13Cr-½Mo)
					SA-426 Grade CPCA 15	110	Cast Alloy Steel Pipe (13Cr)
	SA-217 Grade CA-15	90			Alloy Castings Steel (13Cr)		
	SA-487 Class CA 15M	90			Alloy Steel Castings (13Cr)		
	4	4	SA-182 Grade F6NM	110	Alloy Steel Forgings (13Cr-4Ni)		
			SA-487 Class CA6NM	110	Alloy Castings (13Cr-4Ni)		

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal		
Steel and Steel Alloys (Continued)						
7	1	SA-240 Type 405	60	Alloy Steel Plate (12Cr-1Al)		
		Type 410S	60	Alloy Steel Plate (13Cr)		
		SA-268 Grade TP405	60	Alloy Steel Tubes (12Cr-1Al)		
			Grade TP409	60	Alloy Steel Plate (11Cr-Ti)	
			SA-479 Type 405	60	Stainless Steel Bars & Shapes	
	2	2	SA-182 Grade F430	60	Alloy Pipe Flanges (17Cr)	
			SA-240 Type (18Cr-2Mo)	60	Alloy Steel Plate (18Cr-2Mo-Ti)	
			Type XM-8	65	Alloy Steel Plate (17Cr-Ti)	
				Type 430	65	Alloy Steel Plate (17Cr)
				SA-268 Grade TP430	60	Alloy Steel Tubes (17Cr)
				Grade TP XM-8	60	Alloy Steel Tubes (18Cr-Ti)
				Type (18Cr-2Mo)	60	Alloy Steel Tubes (18Cr-2Mo-Ti)
			SA-479 Type XM-8	70	Stainless Steel Bars & Shapes	
		Type 430	70	Bars & Shapes (17Cr)		
3	3	SA-479 Type XM-30 Ann.	70	Stainless Steel Bars & Shapes		

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
8	1	SA-182 Grade F304	75	Alloy Pipe Flanges (18Cr-8Ni)
		Grade F304H	75	Alloy Pipe Flanges (18Cr-8Ni)
		Grade F304L	65	Alloy Pipe Flanges (18Cr-8Ni)
		Grade F304N	80	Alloy Pipe Flanges (18Cr-8Ni-N)
		SA-182 Grade F316	75	Alloy Pipe Flanges (16Cr-12Ni-2Mo)
		Grade F316H	75	Alloy Pipe Flanges (16Cr-12Ni-2Mo)
		Grade F316L	65	Alloy Pipe Flanges (16Cr-12Ni-2Mo)
		Grade F316N	80	Alloy Pipe Flanges (17Cr-12Ni-Mo-N)
		SA-182 Grade F321	75	Alloy Pipe Flanges (18Cr-10Ni-Ti)
		Grade F321H	75	Alloy Pipe Flanges (18Cr-10Ni-Ti)
		SA-182 Grade F347	75	Alloy Pipe Flanges (18Cr-10Ni-Cb)
		Grade F347H	75	Alloy Pipe Flanges (18Cr-10Ni-Cb)
		Grade F348	75	Alloy Pipe Flanges (18Cr-10Ni-Cb)
		Grade F348H	75	Alloy Pipe Flanges (18Cr-10Ni-Cb)
		SA-213 Grade TP304	75	AISI-304 Smls. Alloy Steel Tubes (18Cr-8Ni)
		Grade TP304H	75	AISI-304H Smls. Alloy Steel Tubes (18Cr-8Ni)
		Grade TP304L	70	AISI-304L Smls. Alloy Steel Tubes (18Cr-8Ni)
		Grade TP304N	80	Alloy Tubes — Smls. (18Cr-8Ni-N)
		SA-213 Grade TP316	75	AISI-316 Smls. Alloy Steel Tubes (16Cr- 12Ni-2Mo)
		Grade TP316H	75	AISI-316 Smls. Alloy Steel Tubes (16Cr- 12Ni-2Mo)
		Grade TP316L	70	AISI-316L Smls. Alloy Steel Tubes (16Cr-12Ni-2Mo)
		Grade TP316N	80	Alloy Tubes — Smls. (16Cr-12Ni-2Mo-N)
		SA-213 Grade TP321	75	AISI-321 Smls. Alloy Steel Tubes (18Cr- 10Ni-Ti)
		Grade TP321H	75	AISI-321H Smls. Alloy Steel Tubes (18Cr-10Ni-Ti)
		SA-213 Grade TP347	75	AISI-347 Smls. Alloy Steel Tubes (18Cr- 10Ni-Cb)
		Grade TP347H	75	AISI-347H Smls. Alloy Steel Tubes (18Cr-10Ni-Cb)
		Grade TP348	75	AISI-348 Smls. Alloy Steel Tubes (18Cr- 10Ni-Cb)
		Grade TP348H	75	AISI-348H Smls. Alloy Steel Tubes (18Cr-10Ni-Cb)
		SA-213 Grade XM-15	75	Alloy Tubes — Smls. (18Cr-18Ni-2Si)
		SA-240 Type 302	75	Plate (18Cr-8Ni)
Type 304	75	AISI-304 Plate (18Cr-8Ni)		
Type 304H	75	AISI-304 Plate (18Cr-10Ni)		

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
8	1	SA-240 Type 304L	70	AISI-304L Plate (18Cr-8Ni)
		Type 304N	80	AISI-304N Plate (18Cr-10Ni-N)
		SA-240 Type 316	75	AISI-316 Plate (16Cr-12Ni-2Mo)
		Type 316H	75	AISI-316H Plate (18Cr-13Ni-2Mo)
		Type 316L	70	AISI-316L Plate (16Cr-12Ni-2Mo)
		Type 316N	80	AISI-316N Plate (18Cr-13Ni-2Mo-N)
		Type 317	75	AISI-317 Plate (18Cr-13Ni-3Mo)
		Type 317L	75	AISI-317L Plate (18Cr-13Ni-3Mo)
		SA-240 Type 321	75	AISI-312 Plate (18Cr-10Ni-Ti)
		SA-240 Type 347	75	AISI-347 Plate (18Cr-10Ni-Cb)
		Type 348	75	AISI-348 Plate (18Cr-10Ni-Cb)
		SA-240 Type XM-15	75	Alloy Plate (18Cr-18Ni-2Si)
		Type XM-21	85	Plate (19Cr-9Ni-N)
			90	Sheet & Strip
		SA-249 Grade TP304	75	AISI-304 Welded Alloy Steel Tubes (18Cr-8Ni)
		Grade TP304H	75	AISI-304H Welded Alloy Steel Tubes (18Cr-8Ni)
		Grade TP304L	70	AISI-304L Welded Alloy Steel Tubes (18Cr-8Ni)
		Grade TP304N	80	Alloy Tubes — Welded (18Cr-8Ni-N)
		SA-249 Grade TP316	75	AISI-316 Welded Alloy Steel Tubes (16Cr- 12Ni-2Mo)
		Grade TP316H	75	AISI-316H Welded Alloy Steel Tubes (16Cr- 12Ni-2Mo)
		Grade TP316L	70	AISI-316L Welded Alloy Steel Tubes (16Cr- 12Ni-2Mo)
		Grade TP316N	80	Alloy Tubes — Welded (16Cr-12Ni-2Mo-N)
		Grade TP317	75	AISI-317 Welded Alloy Steel Tubes (18Cr- 13Ni-3Mo)
		SA-249 Grade TP321	75	AISI-321 Welded Alloy Steel Tubes (18Cr- 10Ni-Ti)
		Grade TP321H	75	AISI-321H Welded Alloy Steel Tubes (18Cr- 10Ni-Ti)
		SA-249 Grade TP347	75	AISI-347 Welded Alloy Steel Tubes (18Cr- 10Ni-Cb)
		Grade TP347H	75	AISI-347H Welded Alloy Steel Tubes (18Cr- 10Ni-Cb)
		Grade TP348	75	AISI-348 Welded Alloy Steel Tubes (18Cr- 10Ni-Cb)
		Grade TP348H	75	AISI-348H Welded Alloy Steel Tubes (18Cr- 10Ni-Cb)
		SA-249 Grade XM-15	75	Alloy Tubes — Welded (18Cr-18Ni-2Si)

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
8	1	SA-312 Grade TP304	75	Alloy Pipe (18Cr-8Ni)
		Grade TP304H	75	Alloy Pipe (18Cr-8Ni)
		Grade TP304L	70	Alloy Pipe (18Cr-8Ni)
		Grade TP304N	80	Alloy Pipe—Smls. and Welded (18Cr-8Ni-N)
		SA-312 Grade TP316	75	Alloy Pipe (16Cr-12Ni-2Mo)
		Grade TP316H	75	Alloy Pipe (16Cr-12Ni-2Mo)
		Grade TP316L	70	Alloy Pipe (16Cr-12Ni-2Mo)
		Grade TP316N	80	Alloy Pipe—Smls. and Welded (16Cr-12Ni-2Mo-N)
		Grade TP317	75	Alloy Pipe (18Cr-13Ni-3Mo)
		SA-312 Grade TP321	75	Alloy Pipe (18Cr-10Ni-Ti)
		Grade TP321H	75	Alloy Pipe (18Cr-10Ni-Ti)
		SA-312 Grade TP347	75	Alloy Pipe (18Cr-10Ni-Cb)
		Grade TP347H	75	Alloy Pipe (18Cr-10Ni-Cb)
		Grade TP348	75	Alloy Pipe (18Cr-10Ni-Cb)
		Grade TP348H	75	Alloy Pipe (18Cr-10Ni-Cb)
		SA-312 Grade TPXM15	75	Alloy Pipe (18Cr-18Ni-2Si)
		SA-336 Class F304	70	Alloy Forgings (18Cr-8Ni)
		Class F304H	70	Alloy Forgings (18Cr-8Ni)
		Class F304N	80	Alloy Forgings (18Cr-8Ni-N)
		SA-336 Class F316	70	Alloy Forgings (16Cr-12Ni-2Mo)
		Class F316H	70	Alloy Forgings (16Cr-12Ni-2Mo)
		Class F316N	80	Alloy Forgings (16Cr-12Ni-2Mo-N)
		SA-336 Class F321	70	Alloy Forgings (18Cr-10Ni-Ti)
		SA-336 Class F347	70	Alloy Forgings (18Cr-10Ni-Cb)
		SA-351 Grade CF3	70	Alloy Castings (18Cr-8Ni)
		Grade CF3A	77.5	Alloy Castings (18Cr-8Ni)
		Grade CF8	70	Alloy Castings (18Cr-8Ni)
		Grade CF8A	70	Alloy Castings (18Cr-8Ni)
		SA-351 Grade CF3M	70	Alloy Castings (18Cr-9Ni-2Mo)
		Grade CF8M	70	Alloy Castings (18Cr-9Ni-2Mo)
		SA-351 Grade CF8C	70	Alloy Castings (18Cr-9Ni-Cb)
		SA-358 Grade 304	75	AISI-304 Pipe (18Cr-8Ni)
		Grade 304H	75	AISI-304H Pipe (18Cr-10Ni)
		Grade 304L	70	AISI-304L Pipe (18Cr-8Ni)
		Grade 304N	80	AISI-304N Pipe (18Cr-10Ni-N)
		SA-358 Grade 316	75	AISI-316 Pipe (16Cr-2Ni-2Mo)
		Grade 316H	75	AISI-316H Pipe (18Cr-13Ni-2Mo)
		Grade 316L	70	AISI-316L Pipe (16Cr-12Ni-2Mo)
		Grade 316N	80	AISI-316N Pipe (18Cr-13Ni-2Mo-Ni)

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
8	1	SA-358 Grade 321	75	AISI-321 Pipe (18Cr-10Ni-Ti)
		SA-358 Grade 347	75	AISI-348 Pipe (18Cr-10Ni-Cb)
		Grade 348	75	AISI-348 Pipe (18Cr-10Ni-Cb)
		SA-376 Grade TP304	75	AISI-304 Smls. Alloy Steel Tubes (18Cr-8Ni)
		Grade TP304H	75	AISI-304H Smls. Alloy Steel Tubes (18Cr-8Ni)
		Grade TP304N	80	Alloy Pipe — Smls. (18Cr-8Ni-N)
		SA-376 Grade TP316	75	AISI-316 Smls. Alloy Steel Tubes (16Cr-12Ni-2Mo)
		Grade TP316H	75	AISI-316H Smls. Alloy Steel Tubes (16Cr-Ni-2Mo)
		Grade TP316N	80	Alloy Pipe — Smls. (16Cr-12Ni-2Mo-N)
		SA-376 Grade TP321	75	AISI-321 Smls. Alloy Steel Tubes (18Cr-10Ni-Ti)
		Grade TP321H	75	AISI-321H Smls. Alloy Steel Tubes (18Cr-10Ni-Ti)
		SA-376 Grade TP347	75	AISI-347 Smls. Alloy Steel Tubes (18Cr-10Ni-Cb)
		Grade TP347H	75	AISI-347H Smls. Alloy Steel Tubes (18Cr-10Ni-Cb)
		Grade TP348	75	AISI-348 Smls. Alloy Steel Tubes (18Cr-10Ni-Cb)
		Grade TP348H	75	AISI-348H Smls. Alloy Steel Tubes (18Cr-10Ni-Cb)
		SA-403 WP 304	75	304 Wrought Pipe Fittings (18Cr-8Ni)
		WP 304H	75	304H Wrought Pipe Fittings (18Cr-8Ni)
		WP 304HF	75	304HF Wrought Pipe Fittings (18Cr-8Ni)
		WP 304L	70	304L Wrought Pipe Fittings (18Cr-8Ni)
		WP 304N	80	304N Wrought Pipe Fittings (18Cr-8Ni-N)
		SA-403 WP 347	75	347 Wrought Pipe Fittings (18Cr-10Ni-Cb)
		SA-403 WP 316	75	316 Wrought Pipe Fittings (16Cr-12Ni-2Mo)
		WP 316H	75	316H Wrought Pipe Fittings (16Cr-12Ni-2Mo)
		WP 316HF	75	316HF Wrought Pipe Fittings (16Cr-12Ni-2Mo)
		WP 316L	70	316L Wrought Pipe Fittings (16Cr-12Ni-2Mo)
		WP 316N	80	316N Wrought Pipe Fittings (16Cr-12Ni-2Mo-N)
		WP 317	75	317 Wrought Pipe Fittings (18Cr-13Ni-3Mo)
		SA-403 WP 321	75	321 Wrought Pipe Fittings (18Cr-10Ni-Ti)
		WP 321H	75	321H Wrought Pipe Fittings (18Cr-10Ni-Ti)
		WP 321HF	75	321HF Wrought Pipe Fittings (18Cr-10Ni-Ti)

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
8	1	SA-403 WP 347H	75	347H Wrought Pipe Fittings (18Cr-10Ni-Cb)
		WP 347HF	75	347HF Wrought Pipe Fittings (18Cr-10Ni-Cb)
		WP 348	75	348 Wrought Pipe Fittings (18Cr-10Ni-Cb)
		WP 348H	75	348H Wrought Pipe Fittings (18Cr-10Ni-Cb)
		SA-409 TP 304	75	Welded Pipe (18Cr-8Ni)
		TP 304L	70	Welded Pipe (18Cr-8Ni)
		SA-409 TP 316	75	Welded Pipe (16Cr-11Ni-2Mo)
		TP 316L	70	Welded Pipe (16Cr-11Ni-2Mo)
		TP 317	75	Welded Pipe (18Cr-11Ni-3Mo)
		SA-409 TP 321	75	Welded Pipe (17Cr-9Ni-Ti)
		SA-409 TP 347	75	Welded Pipe (17Cr-9Ni-Cb)
		TP 348	75	Welded Pipe (17Cr-9Ni-Cb)
		SA-430 Grade FP304	70	Alloy Pipe (18Cr-8Ni)
		Grade FP304H	70	Alloy Pipe (18Cr-8Ni)
		Grade FP304N	80	Alloy Pipe — Smls. (18Cr-8Ni-N)
		SA-430 Grade FP316	70	Alloy Pipe (16Cr-12Ni-2Mo)
		Grade FP316H	70	Alloy Pipe (16Cr-12Ni-2Mo)
		Grade FP316N	80	Alloy Pipe — Smls. (16Cr-12Ni-2Mo-N)
		SA-430 Grade FP321	70	Alloy Pipe (18Cr-10Ni-Ti)
		Grade FP321H	70	Alloy Pipe (18Cr-10Ni-Ti)
		SA-430 Grade FP347	70	Alloy Pipe (18Cr-10Ni-Cb)
		Grade FP347H	70	Alloy Pipe (18Cr-10Ni-Cb)
		SA-430 Grade FP16-8-2H	70	Alloy Pipe (16Cr-8Ni-2Mo)
		SA-451 Grade CPF3	70	Centrifugal Cast Pipe (19Cr-10Ni)
		Grade CPF3A	77	Centrifugal Cast Pipe (19Cr-10Ni)
		Grade CPF3M	70	Centrifugal Cast Pipe (19Cr-11Ni-2½Mo)
		SA-451 Grade CPF8	70	Centrifugal Cast Pipe (18Cr-8Ni)
		Grade CPF8A	77	Centrifugal Cast Pipe (19Cr-9Ni)
		Grade CPF8M	70	Centrifugal Cast Pipe (16Cr-12Ni-2Mo)
		Grade CPF8C	70	Centrifugal Cast Pipe (18Cr-10Ni-Cb)
		SA-452 Grade TP304H	75	Centrifugally Cast Austenitic Cold Wrought Pipe (18Cr-8Ni)
		Grade TP316H	75	Centrifugally Cast Austenitic Cold Wrought Pipe (16Cr-12Ni-2Mo)
		Grade TP347H	75	Centrifugally Cast Austenitic Cold Wrought Pipe (18Cr-10Ni-Cb)

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
8	1	SA-479 Type 302	75	Stainless Steel Bars & Shapes (18Cr-8Ni)
		Type 304	75	Stainless Steel Bars & Shapes (18Cr-8Ni)
		Type 304H	75	Stainless Steel & Shapes
		Type 304L	70	Stainless Steel Bars & Shapes (18Cr-8Ni)
		Type 304N	80	Stainless Steel Bars & Shapes
		SA-479 Type 316	75	Stainless Steel Bars & Shapes (16Cr-12Ni-2Mo)
		Type 316H	75	Stainless Steel Bars & Shapes
		Type 316L	70	Stainless Steel Bars & Shapes (16Cr-12Ni-2Mo)
		Type 316N	80	Stainless Steel Bars & Shapes
		SA-479 Type 321	75	Stainless Steel Bars & Shapes (18Cr-10Ni-Ti)
		Type 321H	75	Stainless Steel Bars & Shapes
		SA-479 Type 347	75	Stainless Steel Bars & Shapes (18Cr-10Ni-Cb)
		Type 347H	75	Stainless Steel Bars & Shapes
		Type 348	75	Stainless Steel Bars & Shapes (18Cr-10Ni-Cb)
		Type 348H	75	Stainless Steel Bars & Shapes
		SA-688 Grade TP304	75	Alloy Tubes-Welded (18Cr-8Ni)
		Grade TP304L	70	Alloy Tubes-Welded (18Cr-8Ni)
		Grade TP316	75	Alloy Tubes-Welded (18Cr-12Ni-Mo)
		Grade TP316L	70	Alloy Tubes-Welded (18Cr-12Ni-Mo)

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
8	2	SA-182 Grade F310	95	Alloy Pipe Flanges (25Cr-20Ni)
		Grade F10	80	Alloy Pipe Flanges (20Ni-8Cr)
		SA-213 Grade TP310	75	AISI-310 Smls. Alloy Steel Tubes (25Cr-20Ni)
		SA-240 Type 309S	75	AISI-309 Plate (23Cr-12Ni)
		Type 310S	75	Alloy Plate (25Cr-20Ni)
		SA-249 Grade TP309	75	Alloy Pipe (23Cr-12Ni)
		Grade TP310	75	Alloy Tubes (25Cr-20Ni)
		SA-312 Grade TP309	75	Alloy Pipe (23Cr-12Ni)
		Grade TP310	75	Alloy Pipe (25Cr-20Ni)
		SA-336 Class F310	75	Alloy Forgings (24Cr-19Ni)
		SA-351 Grade CH8	65	Alloy Castings (25Cr-12Ni)
		Grade CH20	70	Alloy Castings (25Cr-12Ni)
		Grade CK20	65	Alloy Castings (25Cr-20Ni)
		Grade CN7M	62.5	Alloy Castings (28Ni-19Cr-Cu-Mo)
		SA-358 Grade 309	75	AISI 309 Alloy Pipe (23Cr-12Ni)
		Grade 310	75	Alloy Pipe (25Cr-20Ni)
		SA-403 WP 309	75	309 (23Cr-12Ni) Wrought Pipe Fittings
		WP 310	75	310 (25Cr-20Ni) Wrought Pipe Fittings
		SA-409 Grade TP309	75	Welded Pipe (22Cr-12Ni)
		Grade TP310	75	Welded Pipe (24Cr-19Ni)
SA-451 Grade CPH8	65	Centrifugal Cast Pipe (25Cr-12Ni)		
Grade CPK20	65	Centrifugal Cast Pipe (25Cr-20Ni)		
Grade CPH20	70	Centrifugal Cast Pipe (25Cr-12Ni)		
SA-479 Type 310S	75	Stainless Steel Bars & Shapes (25Cr-20Ni)		

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
8	3	SA-182 Grade FXM-19	100	Forgings (22Cr-13Ni-5Mn-2Mo-Cb-N-V)
		SA-240 Type XM-17	90	Plate (20Cr-6Ni-8Mn-2Mo-N)
		Type XM-18	100	Sheet & Strip (20Cr-6Ni-8Mn-2Mo-N)
		Type XM-18	90	Plate (Low C-20Cr-6Ni-8Mn-2Mo)
		Type XM-19	100	Sheet & Strip (Low C-20Cr-6Ni-8Mn-2Mo)
		Type XM-19	100	Plate (22Cr-12Ni-5Mn-N-Cb-V)
		Type XM-29	120	Sheet & Strip (22Cr-12Ni-5Mn-N-Cb-V)
		Type XM-29	100	Alloy Plate (18Cr-3Ni-12Mn)
		SA-249 Grade TP XM-19	100	Alloy Tubes-Welded (22Cr-13Ni-5Mn-2Mo- Cb-N-V)
		Grade TP XM-29	100	Alloy Tube (18Cr-3Ni-12Mn)
		SA-312 Grade TP XM-19	100	Alloy Pipe
		Grade TP XM-29	100	Alloy Pipe (18Cr-3Ni-12Mn)
		SA-336 Class XM11	90	Alloy Forgings (21Cr-6Ni-9Mn)
		SA-351 Grade CG6MMN	75	Alloy Castings (22Cr-12Ni-5Mn-N-Cb-V)
		SA-403 Marking WPXM-19	100	Wrought Pipe Fittings (22Cr-12Ni-5Mn- 2Mo-Cb-N-V)
		SA-412 Type 201	95	Alloy Plate, Sheet, and Strip (17Cr-4Ni- 6Mn)
		Type XM-11	90	Alloy Plate, Sheet, and Strip (21Cr-6Ni- 9Mn)
		Type XM-19	100	Plate
			120	Sheet & Strip
		SA-479 Type XM-17	90	Stainless Steel Bars & Shapes
		Type XM-18	90	Stainless Steel Bars & Shapes
		Type XM-19	110	Stainless Steel Bars & Shapes
		Type XM-29	100	Alloy Bars & Shapes (18Cr-3Ni-12Mn)
		SA-688 Grade XM-29	100	Alloy Tubes--Welded (18Cr-3Ni-12Mn)

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
9A	1	SA-203 Grade A	65	Ni-Steel Plates (2½Ni)
		Grade B	70	Ni-Steel Plates (2½Ni)
		SA-333 Grade 7	65	Ni-Steel Pipe (2½Ni)
		Grade 9	63	Ni-Steel Pipe (2Ni-1Cu)
		SA-334 Grade 7	65	Ni-Steel Tube (2½Ni)
		Grade 9	63	Ni-Steel Tube (2Ni-1Cu)
		SA-420 Grade WPL9	...	SA-333 Grade 9
		Grade WPL9	...	SA-334 Grade 9
		SA-352 Grade LC2	70	Ni-Steel Casting (2½Ni)
		9B	1	SA-203 Grade D	65	Ni-Steel Plates (3½Ni)
Grade E	70			Ni-Steel Plates (3½Ni)
SA-333 Grade 3	65			Ni-Steel Pipe (3½Ni) For Low-Temp. Service
SA-334 Grade 3	65			Ni-Steel Tubes (3½Ni) For Low-Temp. Service
SA-350 Grade LF3	70			Ni-Steel Forgings (3½Ni)
SA-352 Grade LC3	70			Ni-Steel Castings (3½Ni)
SA-420 Grade WPL3	65			Ni-Steel Piping Fittings (3½Ni)
Grade WPL3	70			Ni-Steel Piping Fittings (3½Ni)

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
10A	1	SA-225 Grade C	105	Mn-V Steel Plates (Mn-V)
		SA-487 Class 1N	85	Mn-V Steel Castings (Mn-V)
		Class 1Q	90	Mn-V Steel Castings (Mn-V)
10B	1	SA-213 Grade T17	60	Cr-V Tubes (1Cr-V)
10C	1	SA-612 Grade A	83	Cr-Mn-Si Steel Plate (C-Mn-Si)
		Grade B	81	Cr-Mn-Si Steel Plate (C-Mn-Si)
10E	1	SA-240 Type 329	90	Plate (26Cr-4Ni-1Mo)
		SA-268 Grade TP-446	70	Stainless Steel Tubes (27Cr)
		Grade TP-329	90	Stainless Steel Tubes (26Cr-4Ni-Mo)
10F	1	SA-487 Class 2N	85	Low Alloy Steel Castings (Mn- $\frac{1}{4}$ Mo-V)
		Class 2Q	90	Low Alloy Castings (Mn- $\frac{1}{4}$ Mo-V)
		Class 4N	90	Low Alloy Steel Castings ($\frac{1}{2}$ Ni- $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{4}$ Mo-V)
10G	1	SA-658	65	Alloy Plate (36Ni)
10H	1	SA-669	92	Alloy Tube (18Cr-5Ni-3Mo)
10I	1	SA-182 Grade FXM-27	60	Forging (27Cr-1Mo)
		SA-240 Grade XM-27 Type XM-33	65	High Alloy Plate (26Cr-1Mo)
			68	Plate (26Cr-1Mo-Ti)
		SA-336 Class XM-27	60	Alloy Forgings (26Cr-1Mo)
		SA-479 Grade XM-27	65	High Alloy Bar and Shapes (26Cr-1Mo)
		SA-268 Grade TP XM-27 Grade TP XM-27 Grade TP XM-33	65	High Alloy—Smls. Tubes (26Cr-1Mo)
			65	High Alloy—Welded Tubes (26Cr-1Mo)
			68	Tubes (26Cr-1Mo-Ti)
		SA-731 Grade TPXM-33 Grade TPXM-27	65	Alloy Steel Pipe (26Cr-1Mo-Ti)
			65	Alloy Steel Pipe (26Cr-1Mo)

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal	
Steel and Steel Alloys (Cont'd)					
11A	1	SA-333 Grade B	100	Ni-Steel Pipe (9Ni)	
		SA-334 Grade B	100	Ni-Steel Tube (9Ni)	
		SA-353	100	Ni-Steel Plate (9Ni)	
		SA-420 Grade WPLB	100	Ni-Steel Pipe (9Ni)	
		SA-522	100	Ni-Steel Forgings (9Ni)	
		SA-553 Type I	100	9Ni Alloy Steel Plates (9Ni)	
		Type II	100	8Ni Alloy Steel Plates (8Ni)	
	2	2	SA-645	95	Alloy Steel Plate (5Ni- $\frac{3}{4}$ Mo)
			SA-671 Grade CN	95	Alloy Steel Pipe, Fusion Welded (5Ni- $\frac{3}{2}$ Mo)
	3	3	SA-487 Class 4Q	105	Low Alloy Steel Castings ($\frac{1}{2}$ Ni- $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{4}$ Mo-V)
			SA-533 Class 3 Grade A	100	Mn-Mo Plate (Mn- $\frac{1}{2}$ Mo)
			Class 3 Grade B	100	Mn-Mo-Ni Plate (Mn- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{1}{2}$ Ni)
			Class 3 Grade C	100	Mn-Mo-Ni Plate (Mn- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{3}{4}$ Ni)
	4	4	Class 3 Grade D	100	Mn-Mo-Ni Plate (Mn- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{1}{4}$ Ni)
			SA-508 Class 4	105	Ni-Cr-Mo Steel Forgings ($3\frac{1}{2}$ Ni- $1\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-V)
	5	6	SA-542 Class 1	105	Alloy Plates ($2\frac{1}{4}$ Cr-1Mo)

CONTINUACION P-NUMEROS
Grupo de Metales Base para Calificación

P- No.	Grupo No.	Metal Base	Tensión mínima Especí- fica Ksi	Tipo de metal base Composición Nominal
Steel and Steel Alloys (Cont'd)				
11B	1	SA-517 Grade A	115	Plates ($\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{4}$ Mo-Si)
		SA-592 Grade A	115	Forgings to $2\frac{1}{2}$ in. incl. ($\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{4}$ Mo-Si)
		SA-592 Grade A	105	Forgings $2\frac{1}{2}$ in. to 4 in. incl. ($\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{4}$ Mo-Si)
	2	SA-517 Grade E	115	Plates ($1\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-Cu)
		SA-592 Grade E	115	Forgings to $2\frac{1}{2}$ in. incl. ($1\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-Cu)
		SA-592 Grade E	105	Forgings $2\frac{1}{2}$ in. to 4 in. incl. ($1\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo- Cu)
	3	SA-517 Grade F	115	Plates ($\frac{3}{4}$ Ni- $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-V)
		SA-592 Grade F	115	Forgings to $2\frac{1}{2}$ in. incl. ($\frac{3}{4}$ Ni- $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-V)
		SA-592 Grade F	115	Forgings $2\frac{1}{2}$ in. to 4 in. incl. ($\frac{3}{4}$ Ni- $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-V)
	4	SA-517 Grade B	115	Plates ($\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{8}$ Mo-V)
	5	SA-517 Grade D	115	Plates (1Cr- $\frac{1}{8}$ Mo-Si)
	6	SA-517 Grade J	115	Plates (C- $\frac{1}{2}$ Mo)
	8	SA-517 Grade P	115	Plates ($1\frac{1}{4}$ Ni-1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo)
	9	SA-542 Class 2	115	Alloy Plates ($2\frac{1}{4}$ Cr-1Mo)

ANEXO B
A- NUMEROS

Clasificación y Análisis del metal de aporte para la
Calificación de Procedimiento

A- No.	Tipo de soldadura depositada	Análisis						
		C %	Cr %	Mo %	Ni %	Mn %	Si %	
442	1	Mild Steel	0.15	...	...	...	1.60	1.00
	2	Carbon-Moly	0.15	0.50	0.40-0.65	...	1.60	1.00
	3	Chrome (0.4% to 2%)— Moly	0.15	0.40-2.00	0.40-0.65	...	1.60	1.00
	4	Chrome (2% to 6%)— Moly	0.15	2.00-6.00	0.40-1.50	...	1.60	2.00
	5	Chrome (6% to 10.5%)— Moly	0.15	6.00-10.50	0.40-1.50	...	1.20	2.00
	6	Chrome-Martensitic	0.15	11.00-15.00	0.70	...	2.00	1.00
	7	Chrome-Ferritic	0.15	11.00-30.00	1.00	...	1.00	3.00
	8	Chromium-Nickel	0.15	14.50-30.00	4.00	7.50-15.00	2.50	1.00
	9	Chromium-Nickel	0.30	25.00-30.00	4.00	15.00-37.00	2.50	1.00
	10	Nickel to 4%	0.15	...	0.55	0.80-4.00	1.70	1.00
	11	Manganese-Moly	0.17	...	0.25-0.75	0.85	1.25-2.25	1.00
	12	Nickel-Chrome-Moly	0.15	1.50	0.25-0.80	1.25-2.80	0.75-2.25	1.00

ANEXO C
F--NUMEROS

Grupo de electrodos para Calificación

F-No.	Especificación ASME	Clasificación AWS
Steel and Steel Alloys		
1	SFA-5.1 & 5.5	EXX 20, EXX 24, EXX 27, EXX 28
2	SFA-5.1 & 5.5	EXX 12, EXX 13, EXX 14
3	SFA-5.1 & 5.5	EXX 10, EXX 11
4	SFA-5.1 & 5.5	EXX 15, EXX 16, EXX 18
4	SFA-5.4 Nom. Total Alloy 6% or less	EXX 15, EXX 16
4	SFA-5.4 Nom. Total Alloy more than 6%	EXX 15, EXX 16
5	SFA-5.4 Cr-Ni Electrode	EXX 15, EXX 16
6	SFA-5.2	RGXX
6	SFA-5.17	FXX-XXXX
6	SFA-5.9	ERXX
6	SFA-5.18	EXXS-X, EXXU-X
6	SFA-5.20	EXXT-X
6	SFA-5.22	EXXT-X
6	SFA-5.23	FXX-EXXX-X, FXX-ECXXX-X, and FXX-EXXX-XN, FXX-ECXXX-XN
6	SFA-5.28	ER-XXX-X and E-XXX-X