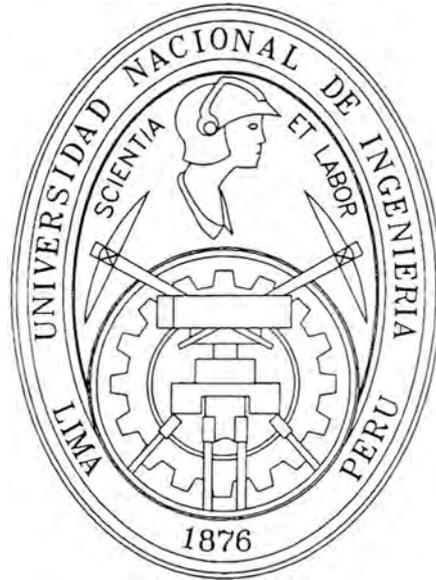


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**METODOLOGIA PARA LA CALIFICACION DE
OPERARIOS Y PROCEDIMIENTOS
DE SOLDADURA**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO**

LEONARDO RODRIGUEZ PINO

PROMOCION 2003-I

LIMA - PERU

2006

DEDICATORIA

Este informe esta dedicado a mi madre “BETTY PINO ECHEGARAY”, por todo lo brindado en estos tiempos, a mi abuelo “JOSE ANGEL PINO MEDINA” y a mi abuela “HILDA ECHEGARAY CARDENAS”, así también a todas las amistades que estuvieron conmigo desde que comencé mis estudios.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPITULO 1	Introducción.....	9
1.1	Justificación.....	9
1.2	Objetivo.....	11
1.3	Alcance.....	11
1.4	Limitaciones.....	11
CAPITULO 2	Conceptso Básicos.....	12
2.1	Calidad en la soldadura	12
2.2	Responsabilidad	12
2.3	Calificación	13
2.4	Variables	14
2.5	Ensayo Charpy “V” Notch (CVN).....	15
2.6	Tipos de uniones básicas.....	16
2.7	Tipos de Soldadura.....	17
2.8	Tipos de Penetración.....	19
2.9	Procesos de soldadura	20
2.10	Posiciones de soldadura y de calificación.....	23
CAPITULO 3	Pre Calificación de Procedimientos de Soldadura	26
3.1	Diagrama de flujo.....	27
3.2	Tipo de cupón.....	28
3.3	Requerimientos de Tipo de Soldadura	28

3.4	Proceso de soldadura.....	29
3.5	Material Base y de Aporte.....	29
3.6	Temperaturas.....	29
3.7	Variables	30
3.8	Requerimientos Generales	30
3.9	Requerimientos del proceso SAW	30
3.10	Tratamientos Térmicos Post Soldadura	31
3.11	Pre-WPS impreso.....	31
CAPITULO 4 Metodología para la Calificación de Procedimientos de Soldadura		32
4.1	Diagrama de flujo.....	32
4.2	Trabajo a realizar.....	33
4.3	Tipo de soldadura.....	33
4.4	Variables esenciales	34
4.5	Dimensiones del cupón de prueba.....	35
4.6	Criterios de aceptación de Inspección Visual	36
4.7	Número y tipo de ensayos a realizar	37
4.8	Dimensiones de los especímenes a ensayar	38
4.9	Criterios de aceptación de los ensayos.....	39
4.10	Registro de la calificación.....	39
CAPITULO 5 Metodología para la Calificación de Soldadores		40
5.1	Diagrama de flujo.....	40
5.2	Trabajo a realizar.....	41

5.3	Tipo de soldadura.....	41
5.4	Variables esenciales	41
5.5	Procedimiento de soldadura calificado	42
5.6	Dimensiones del cupón de prueba.....	42
5.7	Criterios de aceptación de Inspección Visual	43
5.8	Número y tipo de ensayos a realizar	44
5.9	Dimensiones de los especímenes a ensayar	45
5.10	Criterios de aceptación de los ensayos.....	45
5.11	Registro de la calificación.....	46
CAPITULO 6 Metodología para la Calificación de Operadores de Soldadura		47
6.1	Diagrama de flujo.....	47
6.2	Trabajo a realizar.....	48
6.3	Tipo de soldadura.....	48
6.4	Variables esenciales	48
6.5	Procedimiento de soldadura calificado	49
6.6	Dimensiones del cupón de prueba.....	49
6.7	Criterios de aceptación de Inspección Visual	50
6.8	Número y tipo de ensayos a realizar	51
6.9	Dimensiones de los especímenes a ensayar	52
6.10	Criterios de aceptación de los ensayos.....	52
6.11	Registro de la calificación.....	53

CAPITULO 7 Metodología para la Calificación de Apuntaladores de Soldadura	54
7.1 Diagrama de flujo.....	54
7.2 Trabajo a realizar.....	55
7.3 Variables esenciales	55
7.4 Procedimiento de soldadura calificado	55
7.5 Dimensiones del cupón de prueba.....	56
7.6 Criterios de aceptación de Inspección Visual	57
7.7 Número y tipo de ensayos a realizar	57
7.8 Criterios de aceptación de los ensayos.....	57
7.9 Registro de la calificación.....	58
CAPITULO 8 Casos Típicos	59
8.1 Calificación de procedimiento de soldadura para tubería.....	59
8.2 Calificación de soldador.....	69
8.3 Calificación de operador de soldadura	75
8.4 Calificación de apuntaladores de soldadura.....	80
8.5 Duración de una calificación.....	85
Conclusiones y Recomendaciones	86
Bibliografía	89
Anexos	90

PROLOGO

En el presente informe se evidenciará la importancia de la calificación de los operarios y procedimientos de soldadura en el desarrollo de todos los trabajos que requiera uniones de materiales mediante soldadura.

Principalmente se establecerán metodologías para la calificación de operarios y procedimientos de soldadura utilizando el código “AWS D1.1 / D1.1M - 2006 - Structural Welding Code – Steel”.

Por lo tanto, para comprender con mayor facilidad el tema, se elaborará el informe en 8 capítulos; los cuales son:

Capítulo 1: Introducción, Se menciona la justificación, el objetivo, el alcance y las limitaciones.

Capítulo 2: Conceptos Básicos, Se explicarán los conceptos más importantes en la soldadura referidos a la calificación.

Capítulo 3: Pre Calificación de Procedimientos de Soldadura, Se enseñará una metodología de aplicación de los procedimientos precalificados, con respecto a la calificación de los operarios de soldadura.

Capítulo 4: Metodología para la calificación de procedimientos de soldadura, Se enseñará una metodología de calificación de procedimientos de soldadura.

Capítulo 5: Metodología para la calificación de soldadores, Se enseñara una metodología de calificación de soldadores

Capítulo 6: Metodología para la calificación de operadores de soldadura, Se enseñará una metodología de calificación de operadores de soldadura.

Capítulo 7: Metodología para la calificación de apuntaladores de soldadura, Se enseñará una metodología de calificación de apuntaladotes de soldadura.

Capítulo 8: Casos Típicos, Se resolverán casos típicos de las obras usando las metodologías propuestas.

Para culminar tengo que agradecer a la empresa EXSA S.A. que me formó en esta carrera de la soldadura, especialmente al Ing. Pedro Coloma Vera y a todo el equipo de trabajo del Departamento Técnico de Soldaduras.

Espero satisfacer más allá de las expectativas del lector.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

Debido al incremento de obras que se esta desarrollando en el Perú, promovidas por inversión extranjera, se ha creado la necesidad de trabajar siguiendo especificaciones técnicas internacionales, por tal motivo es importante que las personas involucradas en las áreas principalmente de producción y calidad, conozcan a profundidad la aplicación de las normas.

Uno de los temas con mayor importancia en los proyectos que se desarrollan en el Perú es la unión de materiales; las cuales pueden ser empernadas, remachadas, con adhesivos y soldadas. La más utilizada es la unión soldada, para lo cual existen diferentes normas, especificaciones, estándares y códigos que se aplican para obtener resultados altamente eficaces en las obras.

Para que las empresas obtengan buenos resultados en las uniones soldadas, es necesario seguir una secuencia de pasos, tales como: selección de proceso de soldadura, selección de material de aporte, calificación del procedimiento de soldadura, calificación de los operarios de soldadura y la inspección (antes, durante y después de soldar).

Por tal motivo la calificación de operarios y procedimientos de soldadura es muy importante. En estos momentos las normas técnicas utilizadas con mayor frecuencia para dichas calificaciones en el Perú son: “ASME Boiler and Pressure Vessel Code - section IX - Qualification Standard of Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators” y “AWS D1.1 / D1.1M - Structural Welding Code – Steel”, siendo esta última la más aplicada porque la mayoría de obras son estructuras soldadas de acero.

En la sección 4 del código, se explica cual es el procedimiento que se debe seguir para la calificación de operarios y procedimientos de soldadura, así también nos guía a utilizar los procedimientos pre calificados de la sección 3 para el mismo fin.

Entonces, he visto conveniente establecer metodologías para las calificaciones de operarios y procedimientos de soldadura utilizando el código “AWS D1.1 / D1.1M – 2006 - Structural Welding Code – Steel”

Es importante recordar que al mencionar operarios de soldadura, estoy refiriéndome al soldador, operador y apuntalador de soldadura

1.2 Objetivo

Establecer metodologías para la calificación de soldadores, operadores, apuntaladores y procedimientos de soldadura, utilizando el código “AWS D1.1 / D1.1M - Structural Welding Code – Steel”.

1.3 Alcance

El informe está basado en las secciones 3 y 4 del código “AWS D1.1 / D1.1M - Structural Welding Code – Steel” .

1.4 Limitaciones

1. Las referencias que se darán sobre el código “AWS D1.1 / D1.1M Structural Welding Code – Steel” son de la vigésima edición, publicada el año 2006.
2. Debido a que el código esta escrito en idioma inglés, el significado de las palabras están basados en los términos comunes de nuestra industria, debido a que hasta la fecha de impresión del informe, no tenemos un documento de términos técnicos oficial en el Perú.
3. Los interesados en leer el informe deben tener experiencia en el trabajo de fabricaciones de estructuras soldadas de acero, para comprender los términos técnicos utilizados.

CAPITULO 2

CONCEPTOS BÁSICOS

2.1 Calidad en la soldadura

Calidad en la soldadura es una unión soldada que cumple los criterios de aceptación de los documentos del contrato - además de los criterios que aparecen en la norma que se utiliza., el dueño puede agregar otros criterios de aceptación. (Ver bibliografía N°8)

Por ejemplo: Cuando se califican soldadores con el código “AWS D1.1 / D1.1M Structural Welding Code – Steel”, la altura de la sobremonta es 3 mm como máximo, si al culminar su prueba el soldador tiene una sobremonta de 4 mm, su probeta no es de calidad porque no cumple los criterios de aceptación del código.

2.2 Responsabilidad

Existen dos formas de especificar las responsabilidades según el código, pero normalmente en el Perú se trabaja de la siguiente forma:

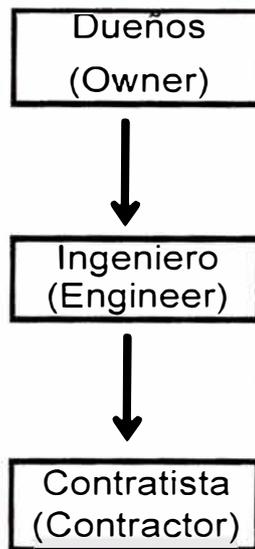


Figura N° 1 Responsabilidades

Lo mas resaltante de la figura N° 1 es el Ingeniero, por ser el responsable técnico de la obra ante el dueño y el puede definir conceptos que no estén escritos en el código. Pero no se debe confundir que el Ingeniero es necesariamente una persona que ha estudiado una carrera de ingeniería. (Ver ítems 1.3 Definitions y 1.4 Responsibilities del código)

2.3 Calificación

En este código se realiza 2 tipos de calificación:

2.3.1 De procedimientos de soldadura

Se califica el procedimiento de soldadura con el cual se realiza la unión soldada, verificando si cumple los requerimientos necesarios para soportar las cargas de diseño y lo especificado en el contrato.

2.3.2 De operarios de soldadura

En este tipo se califica la habilidad que tiene un soldador; operador y apuntalador de soldadura para producir un cordón de soldadura que cumpla los requerimientos del contrato.

2.4 Variables

Existen 3 tipos:

2.4.1 Variables Esenciales

Son las variables que influyen en las propiedades mecánicas de un cordón de soldadura. (Ver bibliografía N°5)

2.4.2 Variables suplementarias

Son las variables que influyen en las propiedades mecánicas cuando se toma en consideración la cantidad de energía que va a absorber un material hasta antes de romperse - se aplica un el ensayo CVN. (Ver bibliografía N°5)

2.4.3 Variables No esenciales

Son aquellas variables que no influyen en las propiedades mecánicas del cordón de soldadura. (Ver bibliografía N°5)

2.5 Ensayo Charpy "V" Notch (CVN)

El ensayo Charpy permite calcular cuánta energía logra absorber una probeta al ser golpeada por un pesado péndulo en caída libre (Figura N° 2). El ensayo entrega valores en Joules, y éstos pueden diferir fuertemente a diferentes temperaturas.

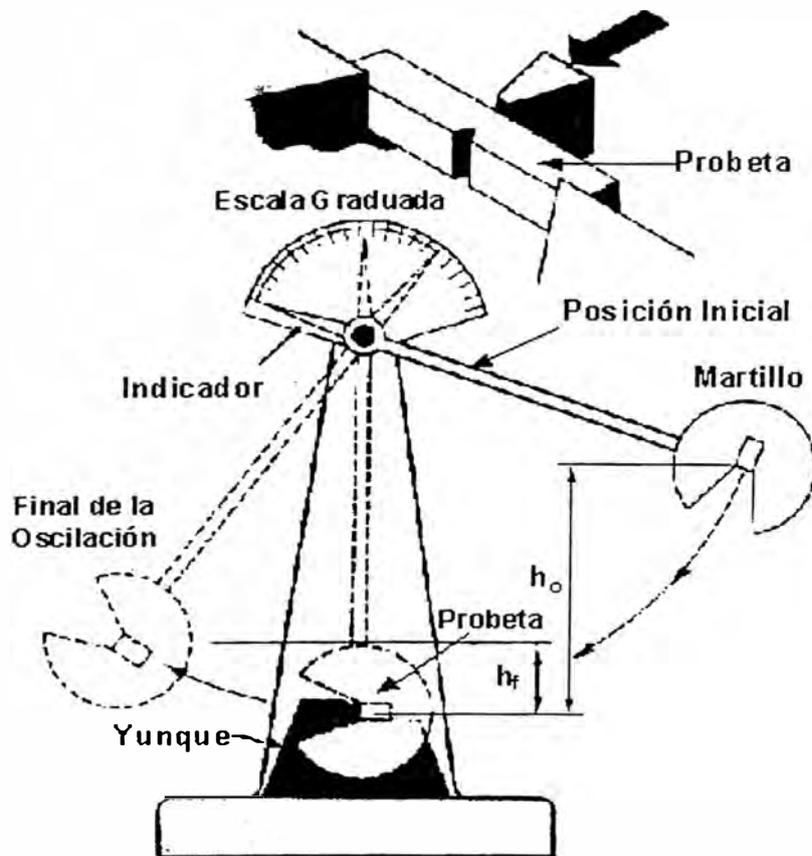


Figura N° 2 Esquema del Ensayo CVN

El ensayo de impacto consiste en dejar caer un pesado péndulo, el cual a su paso golpea una probeta que tiene forma paralelepípeda ubicada en la base de la máquina.

La probeta posee un entalle estándar para facilitar el inicio de la fisura; este entalle recibe el nombre de V-Notch. Luego de golpear la probeta, el péndulo sigue su camino alcanzando una cierta altura que depende de la cantidad de energía disipada

al golpear. Las probetas que fallan en forma frágil se rompen en dos mitades, en cambio aquellas con mayor ductilidad se doblan sin romperse. Este comportamiento es muy dependiente de la temperatura y la composición química, esto obliga a realizar el ensayo con probetas a distinta temperatura, para evaluar la existencia de una "temperatura de transición dúctil-frágil".

2.6 Tipos de uniones básicas

Las uniones básicas son:

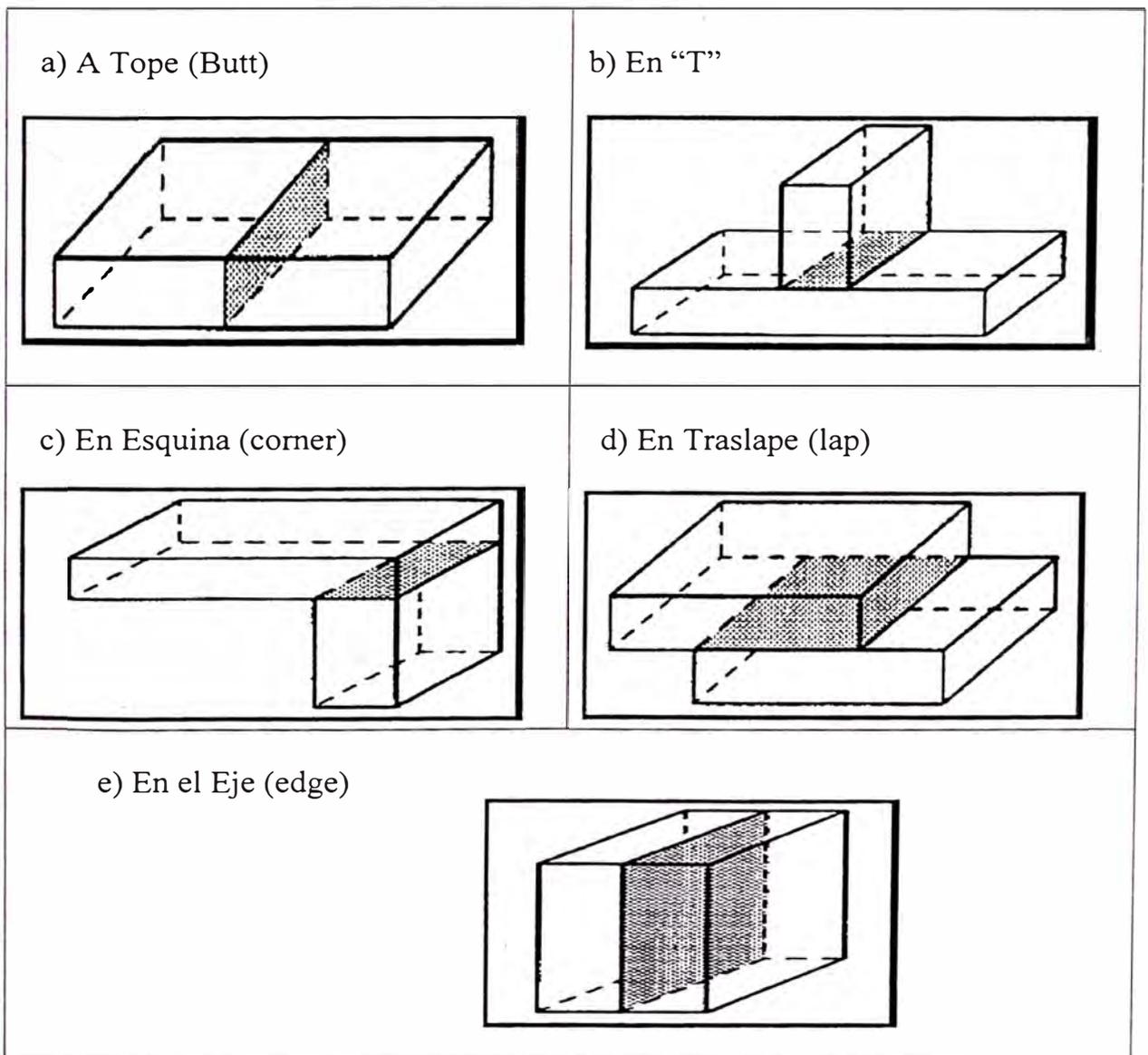


Figura N°3 Tipos de uniones básicas (Ver bibliografía N°2)

2.7 Tipos de Soldadura

Veamos los tipos de soldadura que pueden existir en la industria.

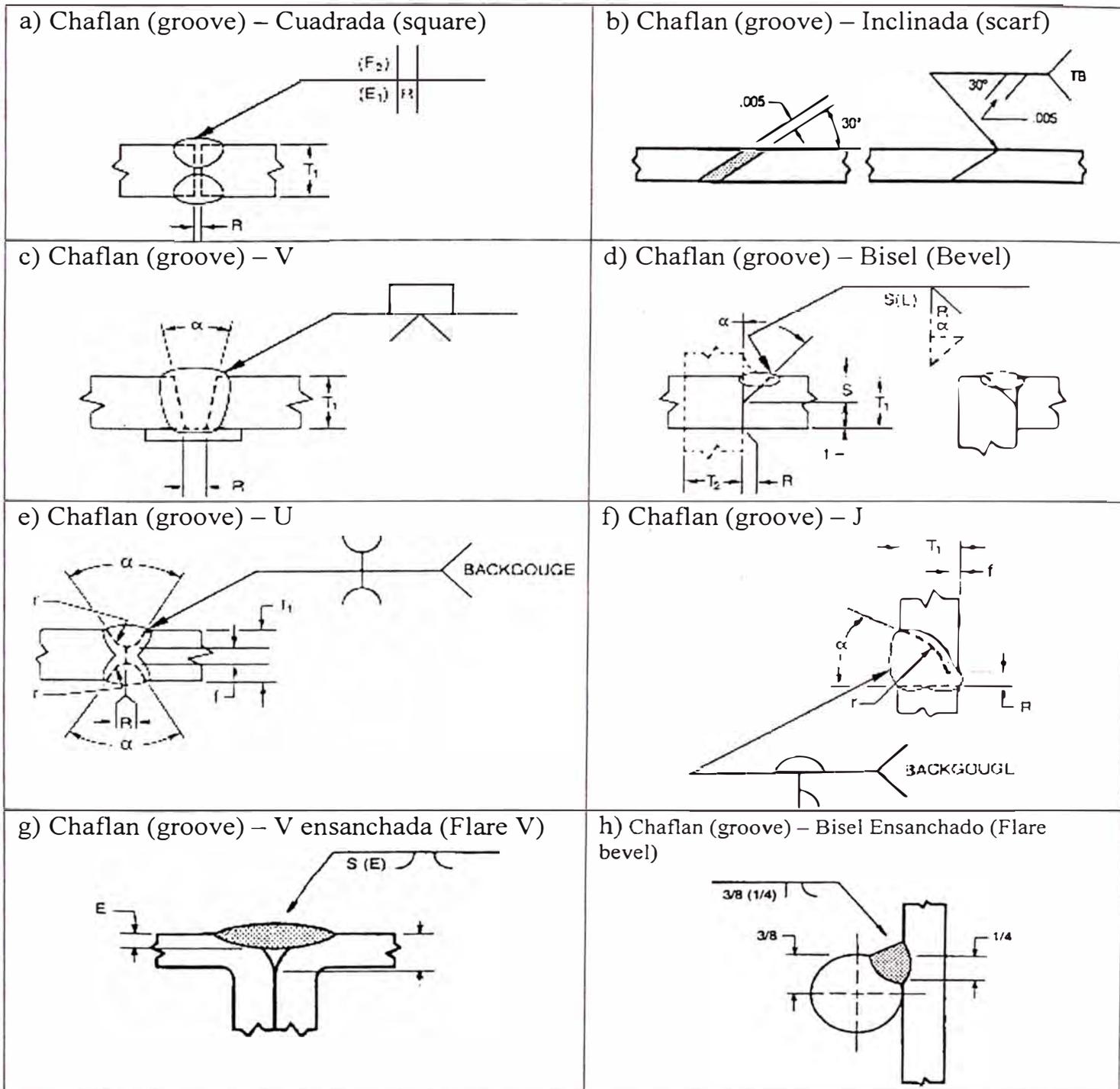


Figura N° 4 Tipos de Soldadura (Ver bibliografía N°2)

2.8 Tipos de Penetración

2.8.1 Junta de Penetración Completa (CJP)

Las juntas de penetración completa son aquellas en las cuales el cordón de soldadura traspasa al material base hasta la superficie opuesta donde se comenzó a soldar. (Ver bibliografía N°2)

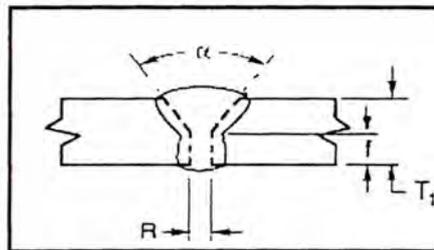


Figura N° 5 Junta de Penetración Completa

2.8.2 Junta de Penetración Parcial (PJP)

Las juntas de penetración parcial son aquellas que no traspasan el material base hasta la superficie opuesta donde se comenzó a soldar. (Ver bibliografía N°2)

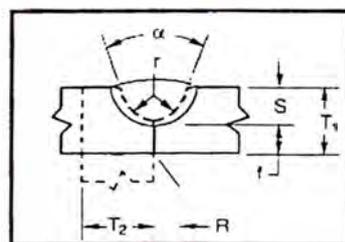


Figura N° 6 Junta de Penetración Parcial

2.9 Procesos de soldadura

Según la “American Welding Society” se tiene 107 procesos de soldadura (Ver bibliografía N°7), incluyendo sus variaciones, pero en el Perú los procesos más usados son:

2.9.1 Soldadura por Arco Eléctrico con Electrodo Revestido (SMAW)

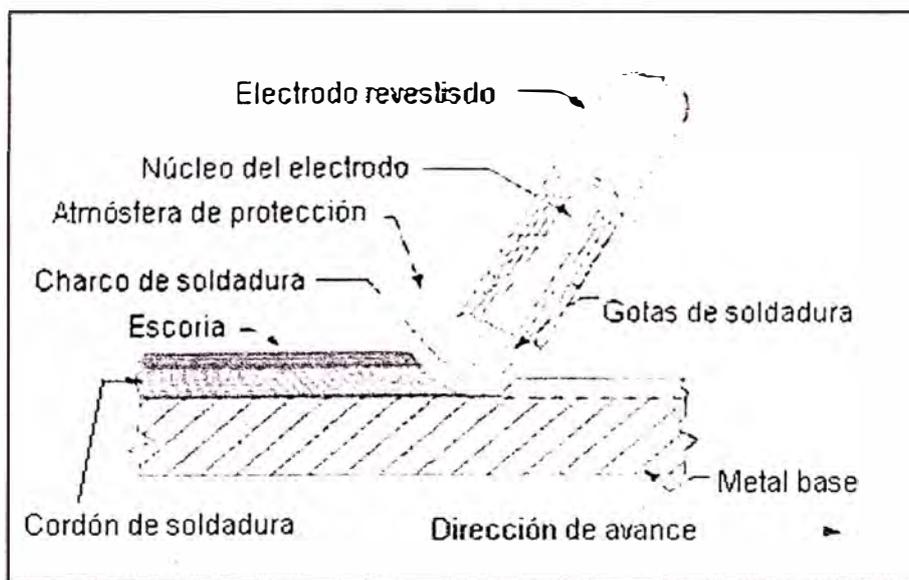


Figura N° 7 Esquema del Proceso SMAW (Ver bibliografía N°8)

2.9.2 Soldadura por Arco eléctrico con Alambre Sólido y Gas (GMAW)

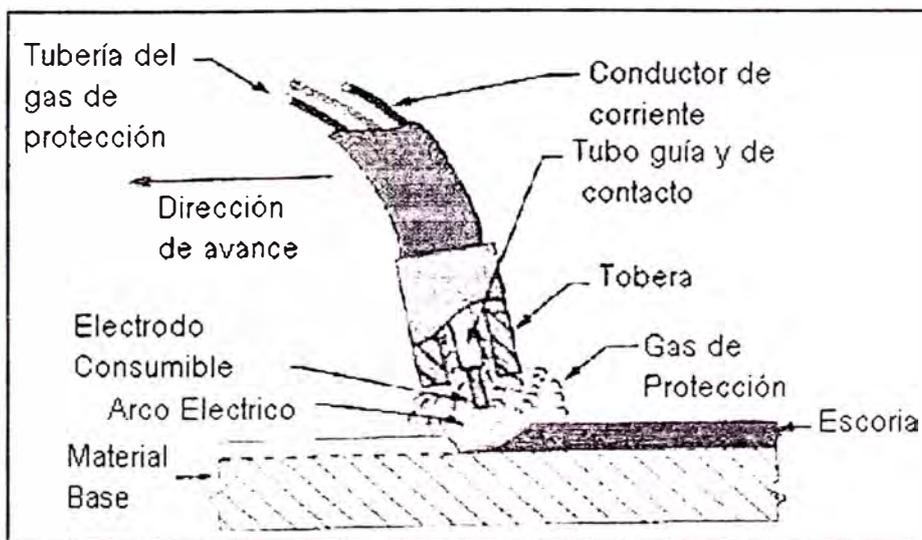


Figura N° 8 Esquema del Proceso GMAW (Ver bibliografía N°8)

2.9.3 Soldadura por Arco Eléctrico con Alambre Tubular Autoprotegido (FCAW-S)

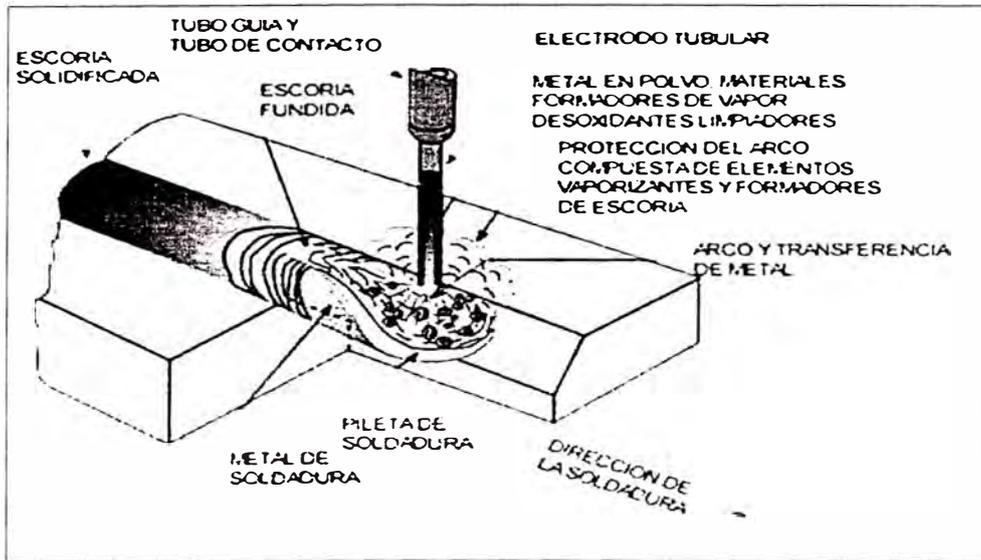


Figura N° 9 Esquema del Proceso FCAW (Ver bibliografía N°8)

También existe un proceso con alambre tubular que utiliza gas de protección y su nomenclatura es FCAW – G.

2.9.4 Soldadura por Arco Eléctrico Sumergido (SAW)

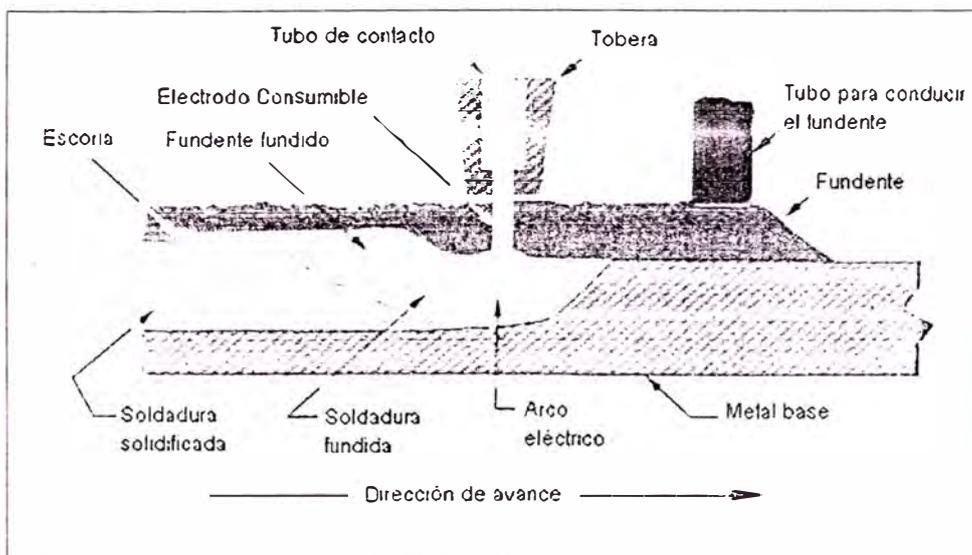


Figura N° 10 Esquema del Proceso SAW (Ver bibliografía N°8)

2.9.5 Soldadura por Arco Eléctrico con Electrodo de Tungsteno y Gas (GTAW)

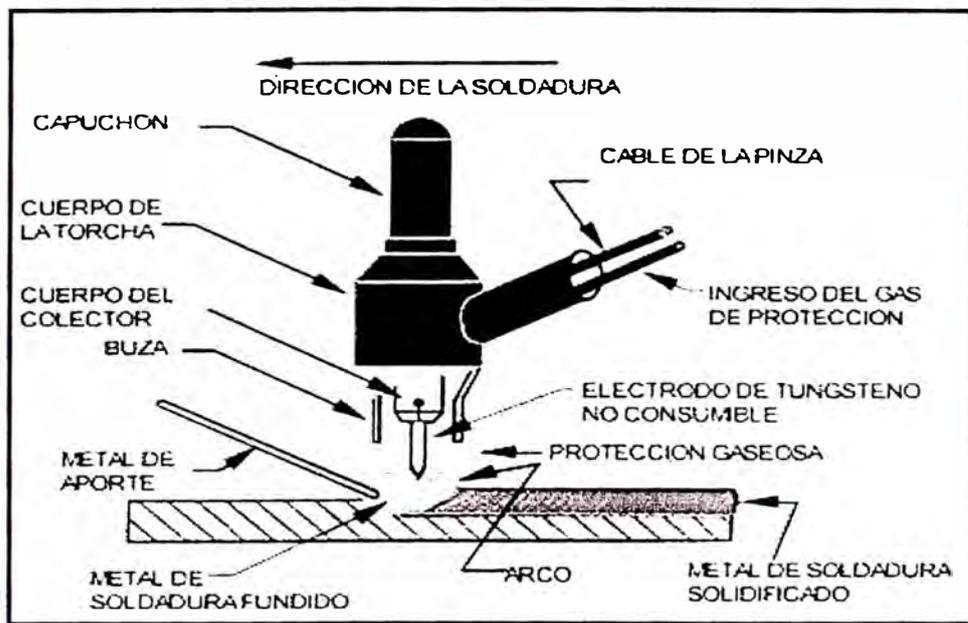


Figura N° 11 Esquema del Proceso GTAW (Ver bibliografía N°8)

2.9.6 Cuadro resumen de características principales

CARACTERÍSTICAS	SMAW	GMAW	FCAW-S	FCAW-G	GTAW	SAW
Eficiencia	60 - 70	90 - 98	75 - 85	80 - 88	97 - 99	90 - 95
Posiciones	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	No Sobrecabeza
Accesibilidad	Buena	Mediana	Mediana	Mediana	Baja	Baja
Aleaciones	Varias	Regular	Baja	Regular	Varias	Baja
Usa gas de Protección	--	Si	--	Si	Si	--
Usa fundente de protección	--	--	--	--	--	Si

Tabla N° 1 Características de procesos de soldadura

2.10 Posiciones de soldadura y de calificación

Las posiciones de soldadura son aquellas en las cuales se realizan los cordones de soldadura en una obra y las posiciones de calificación son aquellas en las cuales se califica un operario o un procedimiento de soldadura.

Seguidamente se puede corroborar en la tabla N° 2 que solo existen 4 posiciones de soldadura y en la figura N° 12 se puede apreciar los ángulos de inclinación respecto al eje y a la rotación de la cara del cordón de soldadura, consiguiendo con estos datos y la tabla N° 2 la posición de soldadura.

Posición	Referencia en el Diagrama	Inclinación respecto al Eje (°)	Rotación de la cara (°)
PLANA	A	0 a 15	150 a 210
HORIZONTAL	B	0 a 15	80 a 150
			210 a 280
SOBRECABEZA	C	0 a 80	0 a 80
			280 a 360
VERTICAL	D	15 a 80	80 a 280
	E	80 a 90	0 a 360

Tabla N° 2 - Posiciones de soldadura en chaflán (Ver bibliografía N°3)

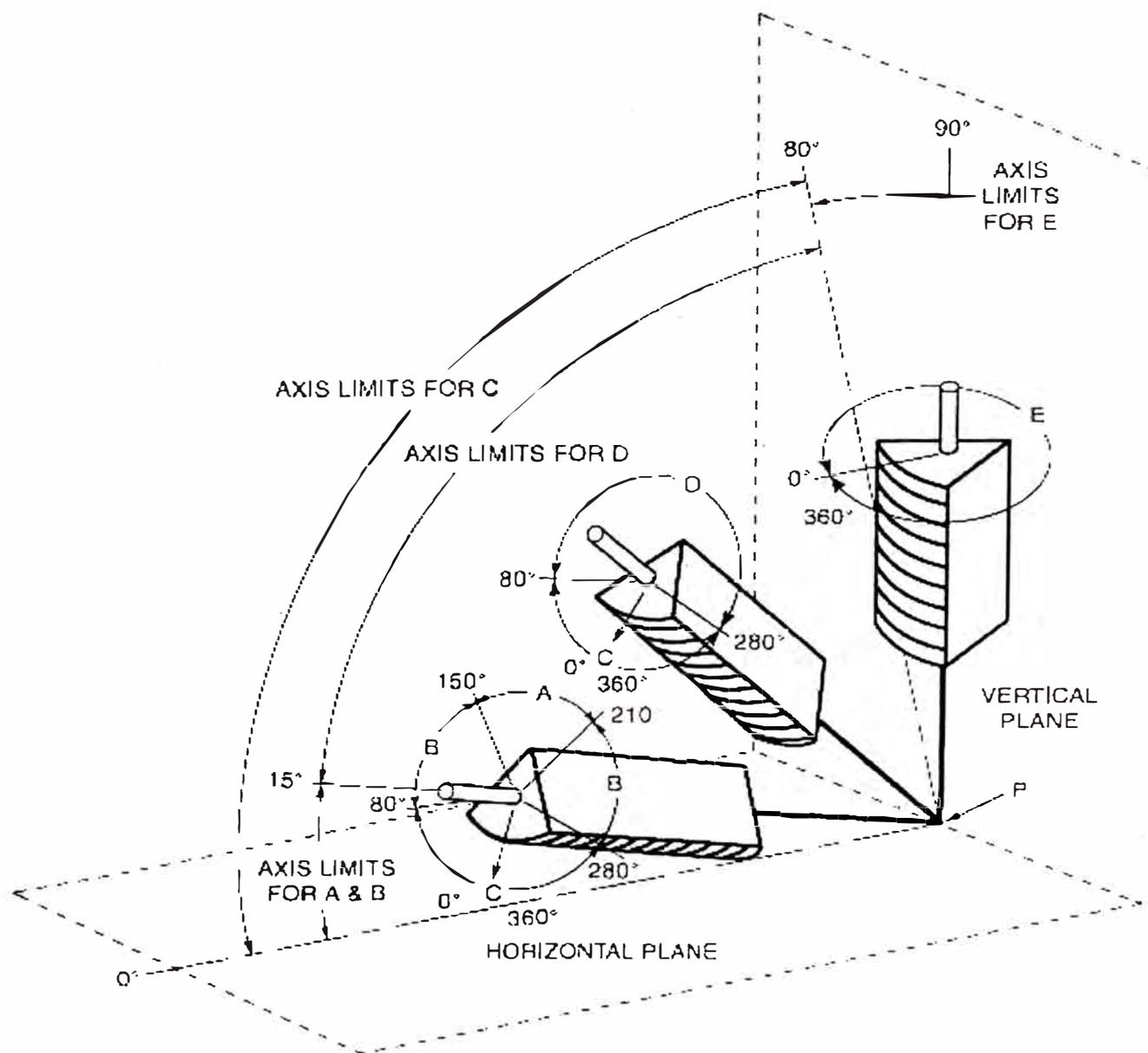


Figura N° 12 Esquema de los Ángulos en una Soldadura en Chaflán (Ver bibliografía N°3)

Mientras que en la tabla N° 3 se presentan la mayoría de posiciones de calificación.

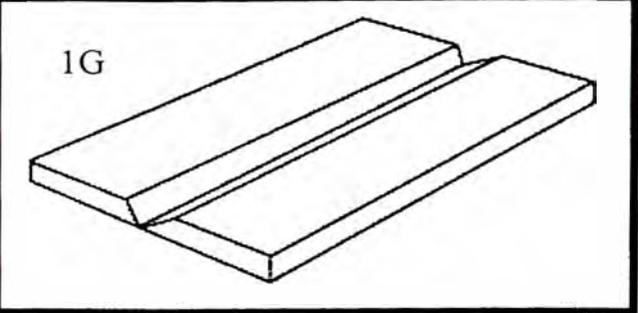
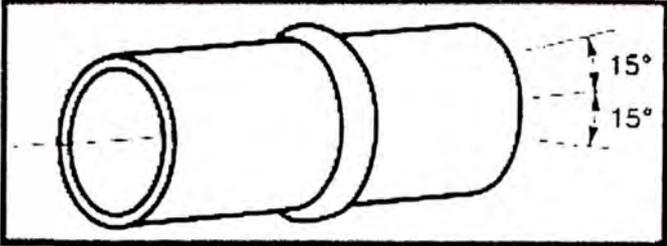
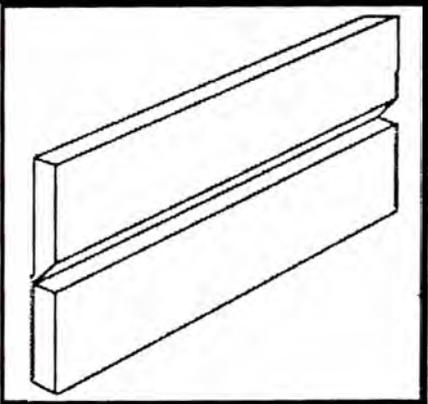
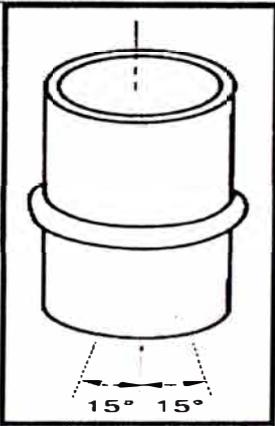
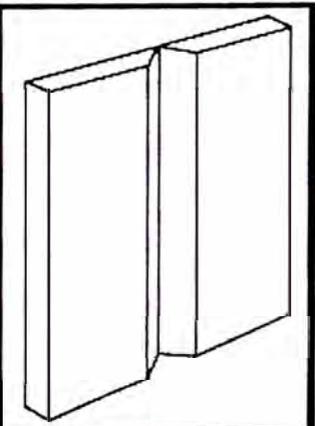
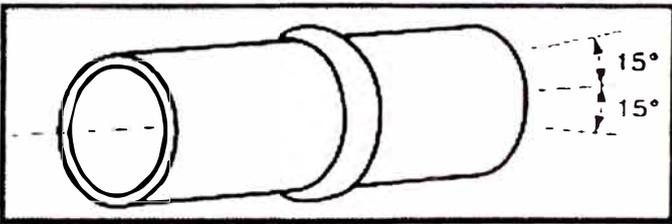
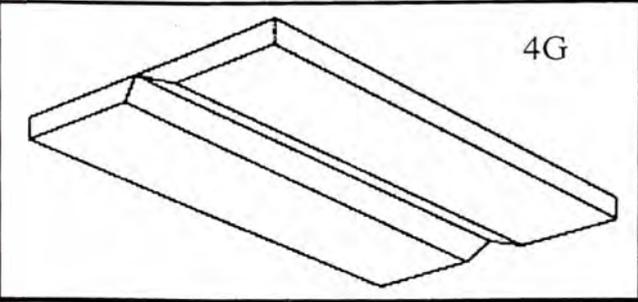
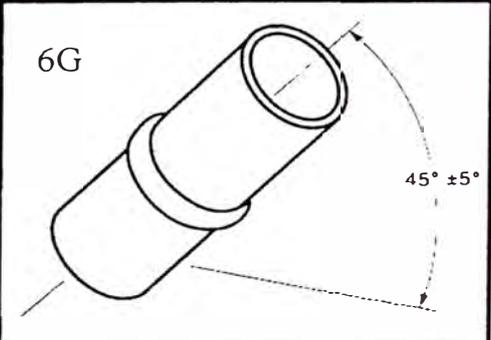
Plancha	Tubo
<p>1G</p> 	<p>1G</p> 
<p>2G</p> 	<p>2G</p> 
<p>3G</p> 	<p>5G</p> 
<p>4G</p> 	<p>6G</p> 

Tabla N° 3 – Posiciones de Calificación (Ver bibliografía N°3)

CAPITULO 3

PRE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

Los procedimientos de soldadura pre-calificados (pre-WPS) se pueden utilizar para la fabricación o para la calificación, en el presente informe veremos la utilización de los pre-WPS en la calificación de soldadores, operadores y apuntaladores de soldadura.

Los pre-WPS deben ser verificados por el “Ingeniero”, a fin de saber que los valores escritos en ellos sean los necesarios para cumplir las necesidades del trabajo, tal como esta indicado en el ítem “3.4 Engineer’s Approval for Auxiliary Attachments”.

Cuando existe la necesidad de calificar a un operario de soldadura, el código indica aplicar la sección 4 y dentro de ella en el ítem “4.20 Weld Type for Welder and Welding Operator Performance Qualification” o en el ítem “4.31 Method of Testing and Acceptance Criteria for Tack Welder Quaification”. Seguidamente se especifica el tipo de junta del cupón que se debe realizar.

Sabiendo el tipo de cupón, utilizamos la sección 3 del código para aplicar un pre-WPS en la calificación del operario.

La metodología de selección de un pre-WPS debería ser según el siguiente diagrama de flujo:

3.1 Diagrama de flujo

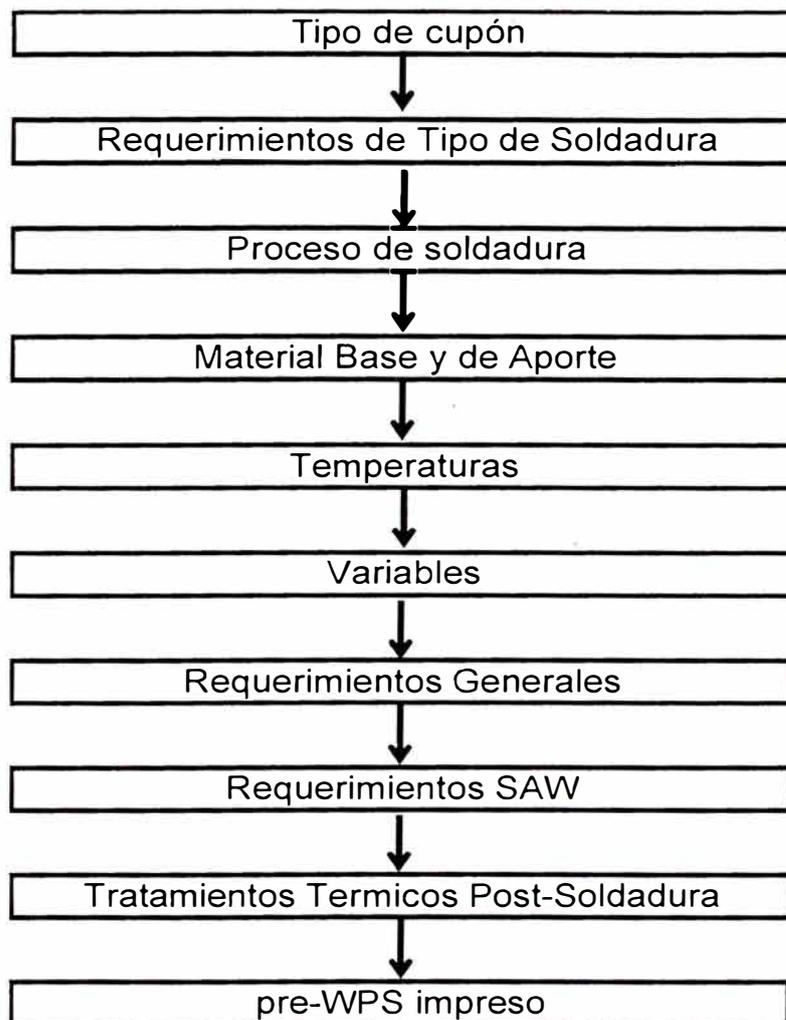


Figura N° 13 Diagrama de flujo pre-WPS

3.2 Tipo de cupón

El detalle del cupón se indica en la sección 4 del código, de acuerdo al tipo de soldadura, tipo de penetración y a la presentación del material base.

3.3 Requerimientos de Tipo de Soldadura

Con los datos del tipo de soldadura que necesitamos calificar (“groove”, “fillet”, “plug” o “spot welds”), comenzamos a indagar si existe el tipo de junta que requerimos en la sección 3 del código. Entonces:

Tipo de soldadura	Buscar en:	
	Nº del Ítem	Nombre del Ítem
Groove weld	3.12	“PJP Requirements”
	3.13	“CJP Groove Weld Requirements”
Fillet weld	3.9	“Fillet Weld Requeriments”
Plug o Slot weld	3.10	“Plug and Slot weld Requeriments”

Tabla N° 4 – Tipo de Soldadura – pre-WPS

En estos ítems encontraremos posibles tipos de junta para seleccionar.

3.4 Proceso de soldadura

De acuerdo a la selección del proceso de soldadura a utilizar, se verifica si dicho proceso esta habilitado para ser utilizado en un pre-WPS; por tal motivo se tiene que revisar el ítem “3.2 Welding Processes” del código.

3.5 Material Base y de Aporte

En el ítem “3.3 Base Metal/Filler Metal Combinations” del código, va a indicar cuales son los materiales base y materiales de aporte aprobados para ser utilizados en un pre-WPS (tabla 3.1 del código), así como la relación que debe existir entre ellos (conceptos de “Matching” y “Under-matching”).

3.6 Temperaturas

Ahora se debe seleccionar la temperatura mínima exigida por el código, para calentar el material antes de soldarlo (pre-calentamiento) y a cuanto debe ser la temperatura entre los pases para que no ocurra ningún defecto de soldadura. Todo esto se encuentra en el ítem “3.5 Minimum Preheat and Interpass Temperature Requeriments” del código.

3.7 Variables

Los pre-WPS tienen variables esenciales, como se puede constatar en el ítem “3.6 Limitation of WPS Variables”, en el cual se mencionan las variables esenciales y se explica que deben estar relacionadas con la tabla “4.5 PQR Essential Variable Changes Requiring WPS Requalification for SMAW, SAW, GMAW, FCAW, and GTAW” del código.

Todos los pre-WPS deben ser preparados y verificados por el constructor, para no crear pre-WPS con variables irreales.

3.8 Requerimientos Generales

En el ítem “3.7 General WPS Requirements” del código, se indican todos los requerimientos que debe reunir un pre-WPS; como por ejemplo: la progresión vertical ascendente, máximos diámetros de electrodos, corriente y espesor del material aportado.

3.9 Requerimientos del proceso SAW

Cuando se necesita utilizar pre-WPSs con varios electrodos a la vez o con electrodos en paralelo con el proceso SAW, se debe tomar en cuenta el ítem “3.8 Common Requirements for Parallel Electrode and Multiple Electrode SAW”.

Cuando se utiliza 2 electrodos de aporte y solo un cabezal se denomina “Twinarc”, como en la figura N° 14. Cuando se utiliza de 2 a más electrodos de aporte y cabezales se denomina “Tandem arc”, como en la figura N° 15.

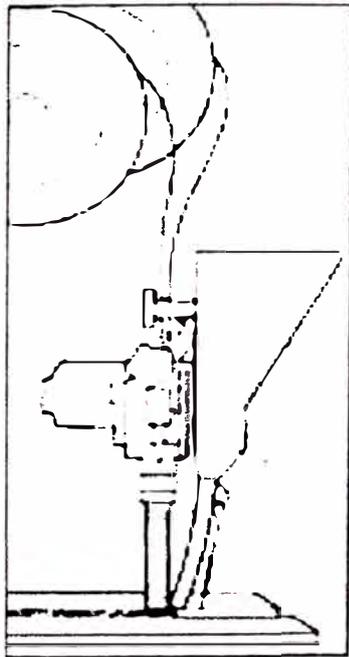


Figura N° 14 Twinarc

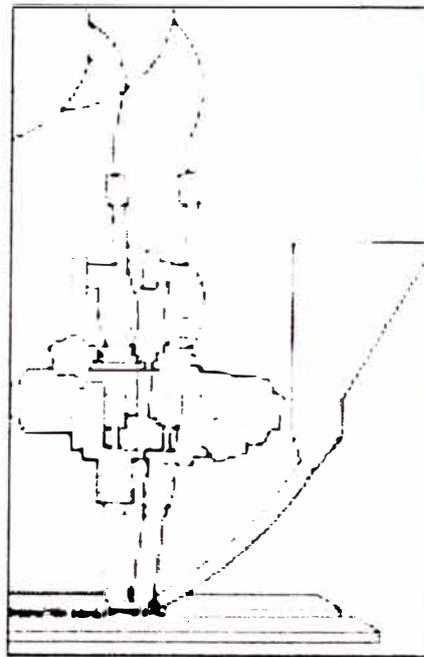


Figura N° 15 Tandem Arc

3.10 Tratamientos Térmicos Post Soldadura

Si se requiere algún tipo de tratamiento térmico post-soldadura, entonces es importante leer el ítem “3.14 Postweld Heat Treatment”, el cual indica todos los requerimientos que se debe cumplir.

3.11 Pre-WPS impreso

Al terminar de seleccionar todas las variables del pre-WPS, se procede a registrarlo con el fin de mantenerlo a disposición de todo el personal involucrado en la obra.

CAPITULO 4

METODOLOGIA PARA LA CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

La metodología propuesta para realizar la calificación de un procedimiento de soldadura se va a indicar con un diagrama de flujo y seguidamente se dará los alcances de cada uno de los pasos.

4.1 Diagrama de flujo

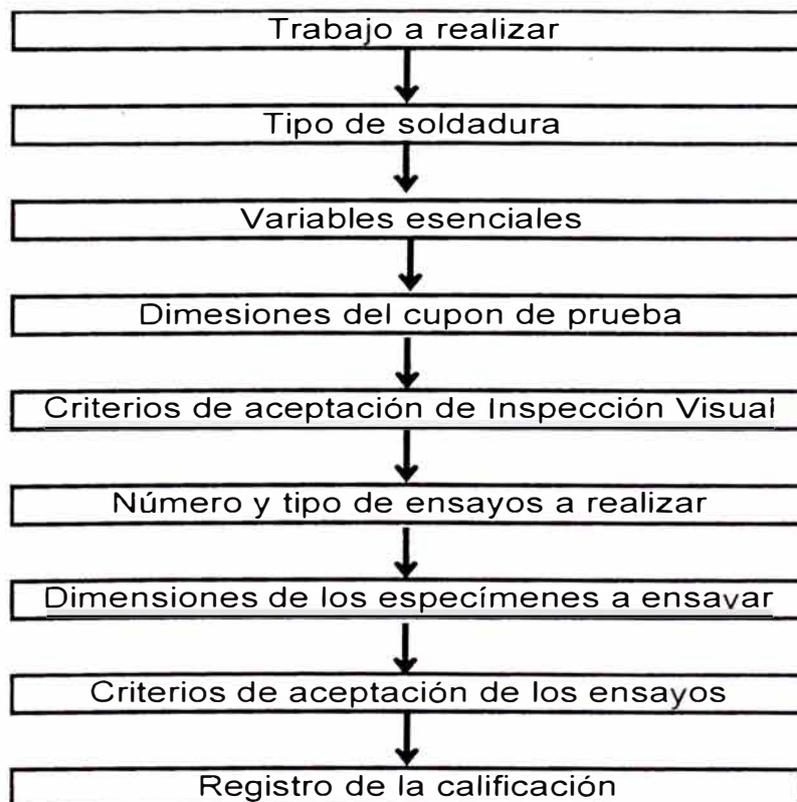


Figura N° 16 Diagrama de Flujo - Calificación WPS

4.2 Trabajo a realizar

Para conseguir el procedimiento de soldadura más adecuado para el trabajo, se requiere la mayor cantidad de datos del trabajo a realizar, para lograr una eficiente selección de variables.

4.3 Tipo de soldadura

El código clasifica en 6 tipos de soldadura para la calificación, por tal motivo el tipo de soldadura que se va a requerir debe ubicarse en uno de ellos. Como ejemplo, en la figura N° 17 se muestra un diagrama de flujo para la selección de una junta con chaflán, de penetración completa en uniones no tubulares:

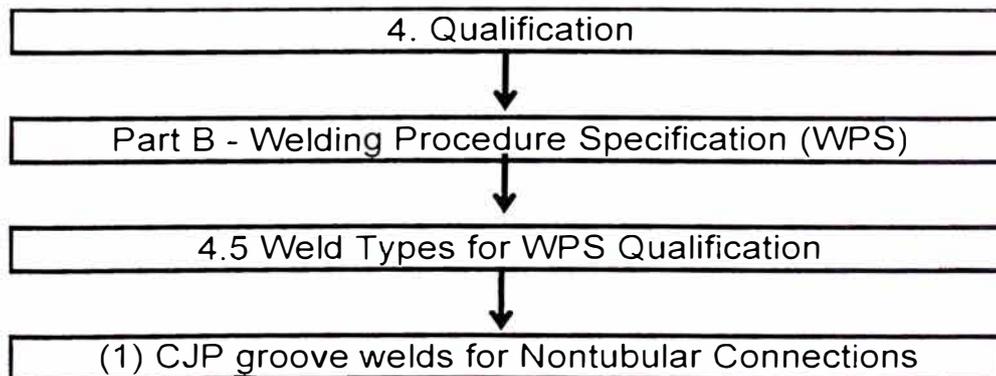


Figura N° 17 Diagrama de flujo – Tipo de Soldadura - WPS

4.4 Variables esenciales

Debido a que las variables esenciales para la calificación de procedimientos de soldadura son un mayor número que las calificaciones de los operarios, se realizará la selección de ellas utilizando los subtítulos generales indicados en el código, con el siguiente orden jerárquico, de mayor importancia a menor:

4.4.1 Proceso de soldadura

4.4.2 Generales

En este ítem se encuentra variables como: posición, espesor y/o diámetro del material base, progresión vertical, temperatura de pre-calentamiento, temperatura entre pases, diseño de la junta y tratamiento térmico post-soldadura.

4.4.3 Material de Aporte

En este ítem se encuentra variables como: resistencia mecánica, diámetro y número de electrodos.

4.4.4 Parámetros eléctricos

En este ítem se encuentra variables como: amperaje de acuerdo al diámetro utilizado, tipo de corriente, modo de transferencia y cambio para una salida CV a CC.

4.4.5 Parámetros adicionales usando SAW

En este ítem se encuentra variables como: separación lateral y longitudinal entre arcos, inclinación del electrodo y inclinación normal del electrodo según la velocidad de avance.

4.4.6 Gas de protección

En este ítem se encuentra variables como: cambio entre un gas mixto y uno simple, flujo de gas y un tipo de gas que no este incluido en la clasificación AWS.

Como ejemplo puede leer la tabla “4.5 PQR Essential Variable Changes Requiring WPS Requalification for SMAW, SAW, GMAW, FCAW and GTAW” en el anexo 5 del presente informe.

Se debe recordar que a las variables esenciales se agregarían las variables suplementarias si es requerido el ensayo CVN (Charpy “V” Notch”), pero aún así se mantendría el mismo orden propuesto de selección de variables.

4.5 Dimensiones del cupón de prueba

De acuerdo a la selección del tipo de soldadura que se hizo en el paso 4.3, se ubican las dimensiones que debe tener el cupón en el párrafo del tipo de soldadura seleccionada. Como ejemplo, en la figura N° 18 se muestra un diagrama de flujo para

la selección de un cupón de 10mm de espesor con especímenes de doblez transversales:

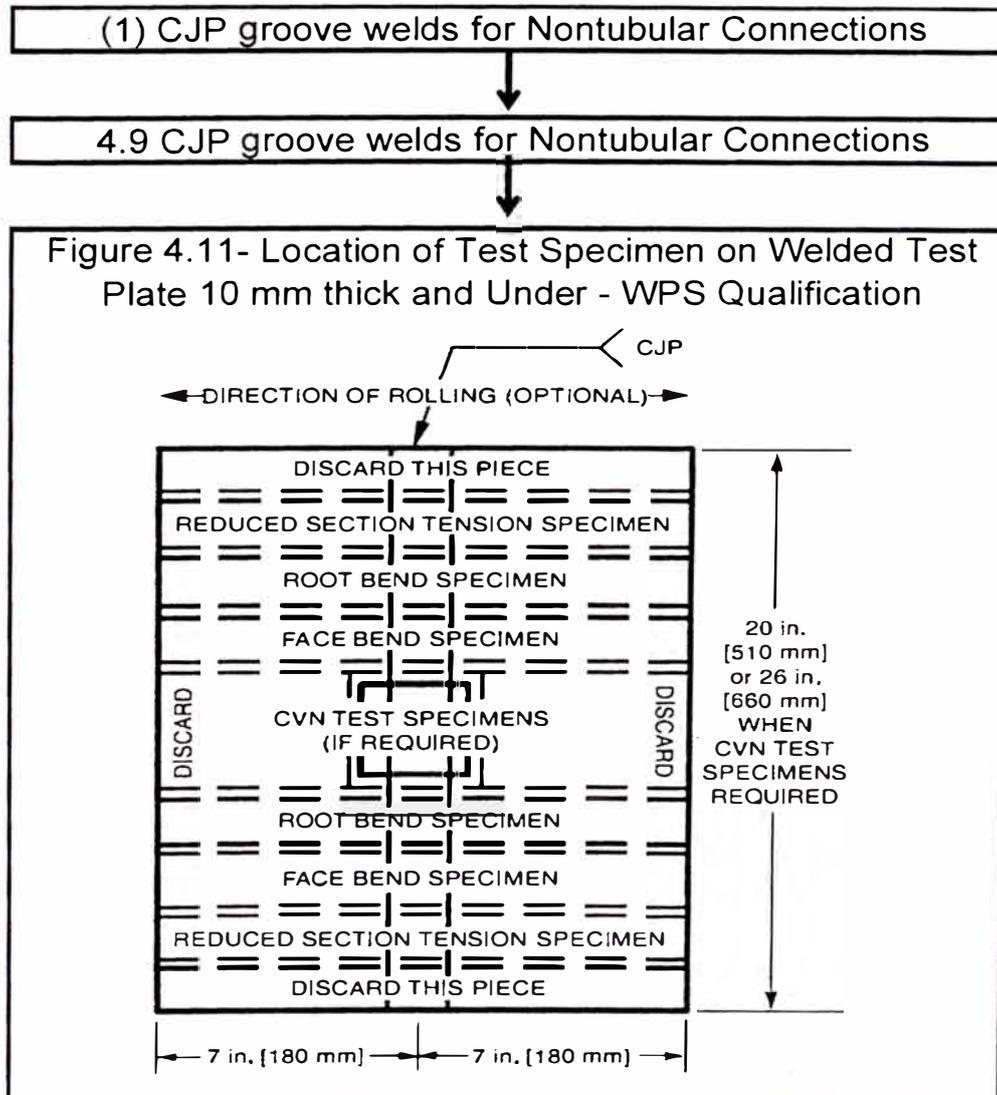


Figura N° 18 Diagrama de Flujo – Cupón de Prueba - WPS

4.6 Criterios de aceptación de Inspección Visual

Seguidamente se tiene que comparar las medidas del cupón con las que indica el código, con lo cual se va a conocer si la junta es de calidad o no, lógicamente si la junta es de calidad continuaría al siguiente paso. El ítem “4.8 Methods of Testing and Acceptance Criteria for WPS Qualification” indica cual es el criterio de aceptación de Inspección Visual que se debe aplicar al cordón de soldado del cupón.

4.7 Número y tipo de ensayos a realizar

El siguiente paso es reconocer el número y tipo de ensayos que se requieren hacer al cupón. Con la misma selección realizada en el paso 4.3, dentro del texto se ubican los requerimientos necesarios. Como ejemplo, en la figura 19 se muestra un diagrama de flujo para la selección del número y tipo de ensayos requeridos en una unión en “T” con soldadura en filete:

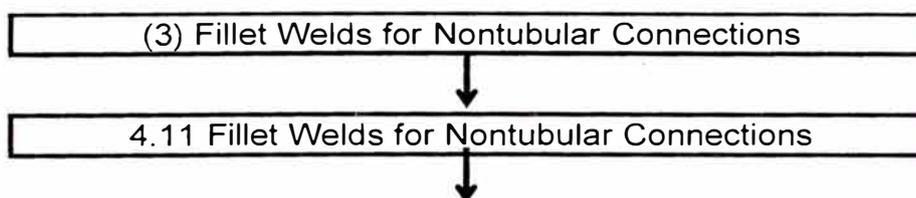


Figure 4.4 - Number and Type of Test Specimens and Range of Thickness Qualified - WPS Qualification; Fillet Welds

Table 4.4
Number and Type of Test Specimens and Range of Thickness Qualified—
WPS Qualification; Fillet Welds (see 4.11.1)

Test Specimen	Fillet Size	Number of Welds per WPS	Test Specimens Required ^a			Sizes Qualified	
			Macroetch 4.11.1 4.8.4	All-Weld-Metal Tension (see Figure 4.15)	Side Bend (see Figure 4.13)	Plate/Pipe Thickness ^b	Fillet Size
Plate T-test (Figure 4.19)	Single pass, max size to be used in construction	1 in each position to be used	3 faces	—	—	Unlimited	Max tested single pass and smaller
	Multiple pass, min size to be used in construction	1 in each position to be used	3 faces	—	—	Unlimited	Min tested multiple pass and larger
Pipe T-test ^c (Figure 4.20)	Single pass, max size to be used in construction	1 in each position to be used (see Table 4.1)	3 faces (except for 4F & 5F, 4 faces req'd)	—	—	Unlimited	Max tested single pass and smaller
	Multiple pass, min size to be used in construction	1 in each position to be used (see Table 4.1)	3 faces (except for 4F & 5F, 4 faces req'd)	—	—	Unlimited	Min tested multiple pass and larger
Groove test ^d (Figure 4.23)	—	1 in 1G position	—	1	2	Qualifies welding consumables to be used in T-test above	

Figura N° 19 Diagrama de Flujo – Número y Tipos de Ensayos

4.8 Dimensiones de los especímenes a ensayar

Conociendo los tipos de ensayos que se debe realizar al cupón de prueba, se debe obtener los especímenes a ensayar de acuerdo a los requerimientos del código. Como ejemplo en la figura N° 20 se muestra un diagrama de flujo para la selección de las dimensiones de los especímenes que serán ensayados por tensión;

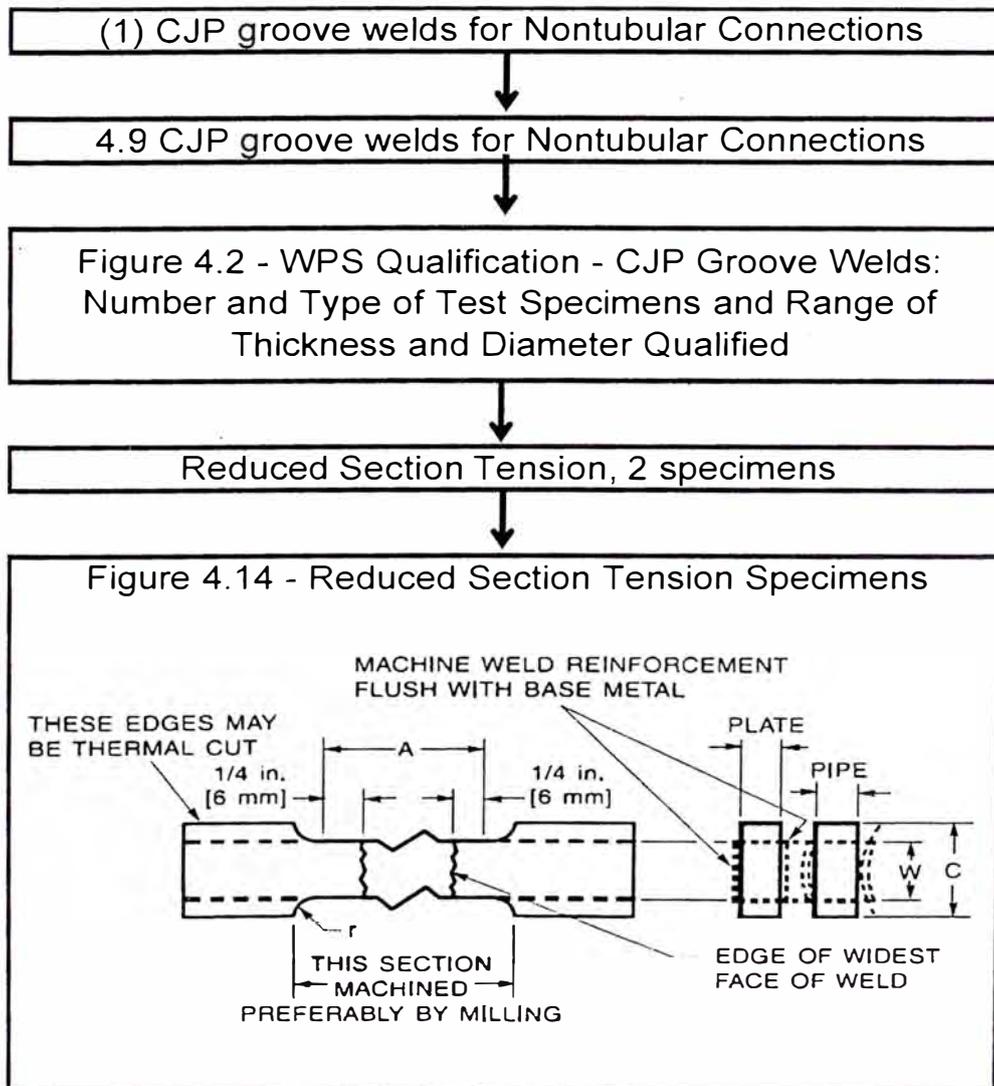


Figura N° 20 Diagrama de Flujo – Dimensiones de Especímenes

4.9 Criterios de aceptación de los ensayos

Para saber si un ensayo cumple con el código, se tiene que comparar los resultados con los criterios de aceptación de cada uno de los ensayos, los cuales aparecen en el código. El ítem “4.8 Methods of Testing and Acceptance Criteria for WPS Qualification” indica cual es el criterio de aceptación de los ensayos.

4.10 Registro de la calificación

Finalmente los resultados de los ensayos y las variables utilizadas en la calificación del procedimiento de soldadura se registran en un documento llamado “registro de calificación de la especificación del procedimiento de soldadura (PQR)”, con este documento ya se puede generar especificaciones de procedimientos de soldadura (WPS) que se requieran en el trabajo a realizar, siempre y cuando que sus variables esenciales no se encuentren fuera del rango calificado. Como ejemplo puede leer el “ANNEX N°” en el código o ver la figura N° 36 y 37 para el formato de un PQR y la figura N° 38 para el formato de un WPS del presente informe.

CAPITULO 5

METODOLOGIA PARA LA CALIFICACION DE SOLDADORES

En este capítulo se establecerá una metodología para la calificación de soldadores; para un mejor entendimiento se establece un diagrama de flujo de la metodología y seguidamente se detalla cada uno de los paso..

5.1 Diagrama de flujo

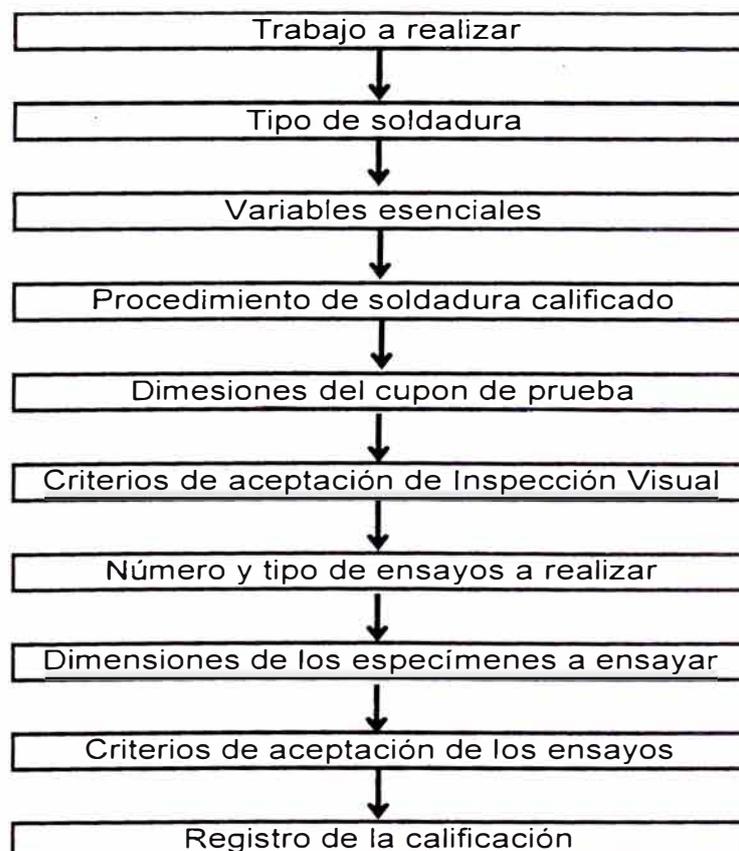


Figura N° 21 Diagrama de Flujo - Calificación Soldadores

5.2 Trabajo a realizar

Debido a la variedad de trabajos que puede realizar un soldador, es muy importante reunir la mayor cantidad de información sobre la obra, para obtener una calificación rápida y adecuada al trabajo.

5.3 Tipo de soldadura

Seguidamente se debe saber cual es el tipo de soldadura que se va a utilizar; el código clasifica en 7 tipos de soldadura para la calificación. Como ejemplo, en la figura N° 22 se muestra un diagrama de flujo para la selección de una junta con chaflan, de penetración completa en uniones no tubulares:

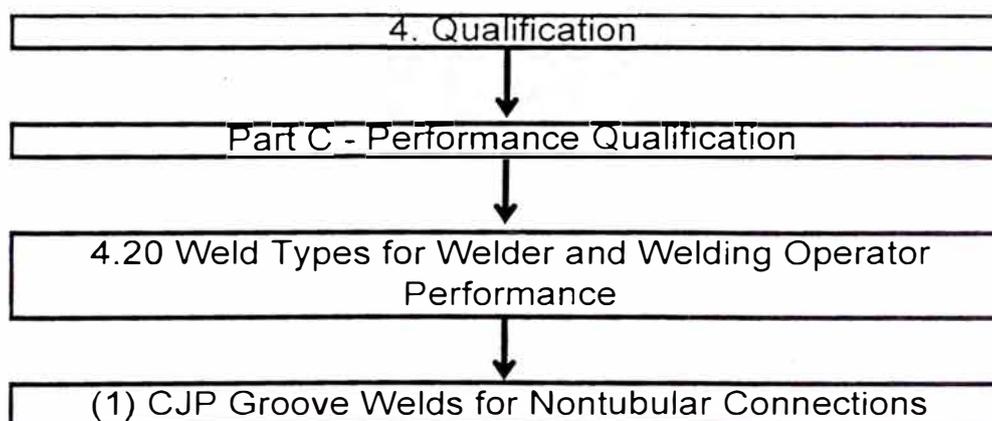


Figura N° 22 Diagrama de flujo – Tipo de Soldadura – Soldador

5.4 Variables esenciales

Para calificar a un soldador se tienen variables esenciales, de acuerdo a la experiencia obtenida en la industria, se recomienda seleccionarlas en el siguiente orden:

5.4.1 Respaldo

5.4.2 Posiciones de trabajo

5.4.3 Progresión Vertical de trabajo (Ascendente o Descendente)

5.4.4 Proceso de soldadura

5.4.5 Diámetro y/o Espesor de trabajo

5.4.6 Número F

Las variables esenciales del soldador se encuentran en la tabla “4.12 Welding Personnel Performance Essential Variable Changes Requiring Requalification” del código, ver anexo 9 del presente informe.

5.5 Procedimiento de soldadura calificado

Después de haber seleccionado todas las variables anteriores, se debe tener un procedimiento de soldadura calificado o pre-calificado (pre-WPS) que cubra las exigencias de estas para calificar a los soldadores.

5.6 Dimensiones del cupón de prueba

A continuación se debe seleccionar las dimensiones del cupón de prueba. Como ejemplo, en la figura N° 23 se especifica un diagrama de flujo para la selección de las dimensiones del cupón de prueba en una junta con chaflán, de penetración completa

en uniones no tubulares en cualquier posición para calificar hasta espesores ilimitados.

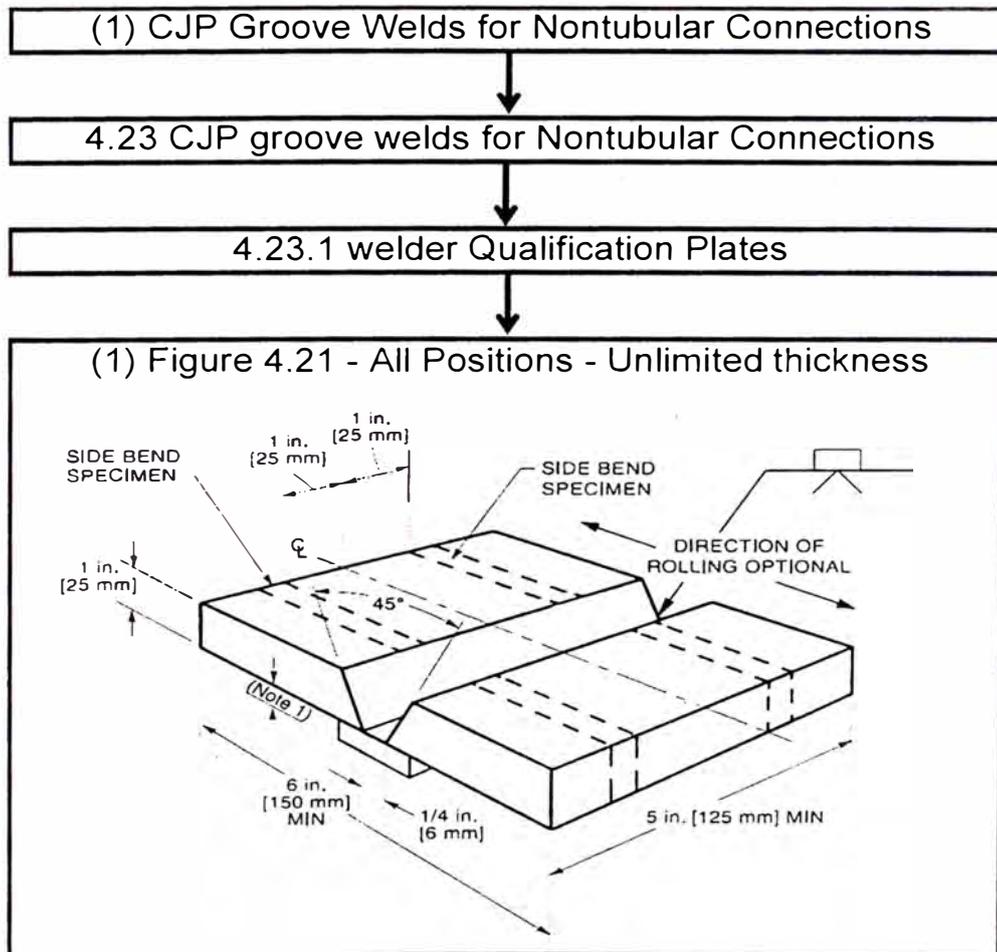


Figura N° 23 Diagrama de Flujo – Cupón de prueba – Soldador

5.7 Criterios de aceptación de Inspección Visual

Seguidamente se tiene que comparar las medidas del cupón con las que indica el código, con lo cual se va a conocer si la junta es de calidad o no. El ítem “4.30.1 Visual Inspection” indica el criterio de aceptación de la inspección visual.

5.8 Número y tipo de ensayos a realizar

El siguiente paso es realizar los ensayos no destructivos o destructivos de acuerdo a las indicaciones del código. Como ejemplo, en la figura N° 24 se muestra un diagrama de flujo para ubicar el número y tipo de probetas que se debe realizar a una junta con chaflán, de penetración completa en uniones no tubulares de un espesor de 10 mm.

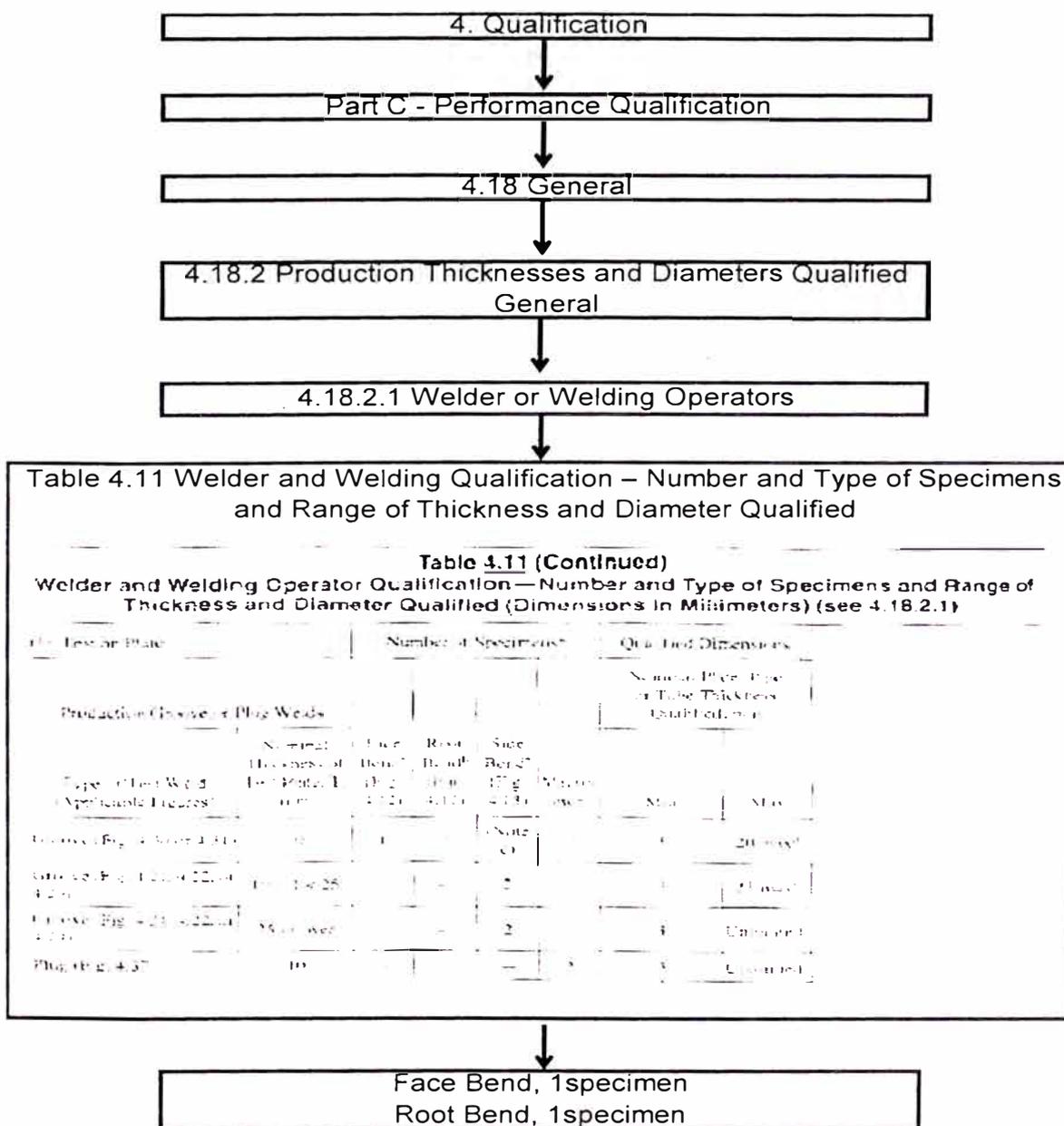


Figura N° 24 Diagrama de Flujo - Número y Tipos de Ensayos - Soldador

5.9 Dimensiones de los especímenes a ensayar

A continuación, se debe obtener las de los especímenes a ensayar. Como ejemplo, la figura N° 25 muestra el diagrama de flujo para seleccionar las dimensiones de los especímenes a ensayar.

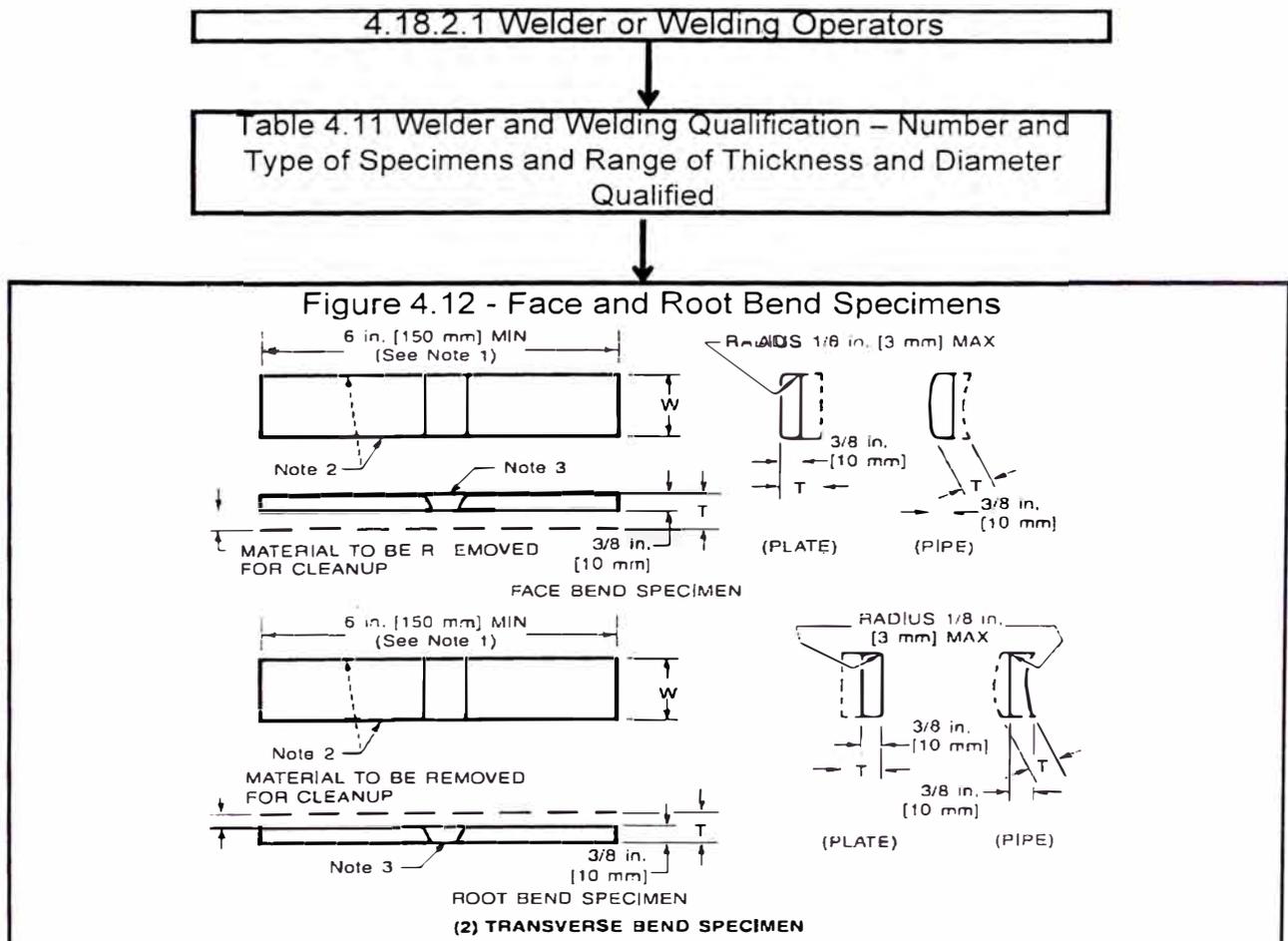


Figura N° 25 Diagrama de Flujo – Dimensiones de Especímenes - Soldador

5.10 Criterios de aceptación de los ensayos

Para saber si un ensayo cumple con el código, se tiene que comparar los resultados con los criterios de aceptación de cada uno de los ensayos. Los criterios de aceptación se encuentran en el ítem “4.30 Methods of Testing and Acceptance Criteria for Welder and Welding Operator Qualification.

5.11 Registro de la calificación

Finalmente el soldador que pasa todos los requerimientos del código, se le entrega un registro de su calificación, en el cual se menciona las características de trabajo que puede realizar. Como ejemplo puede ver el “ANNEX N” en el código o la figura N° 40 del presente informe.

CAPITULO 6

METODOLOGIA PARA LA CALIFICACION DE OPERADORES DE SOLDADURA

En este capítulo veremos que la metodología a aplicar es similar a la anterior, pero con variables esenciales diferentes.

6.1 Diagrama de flujo

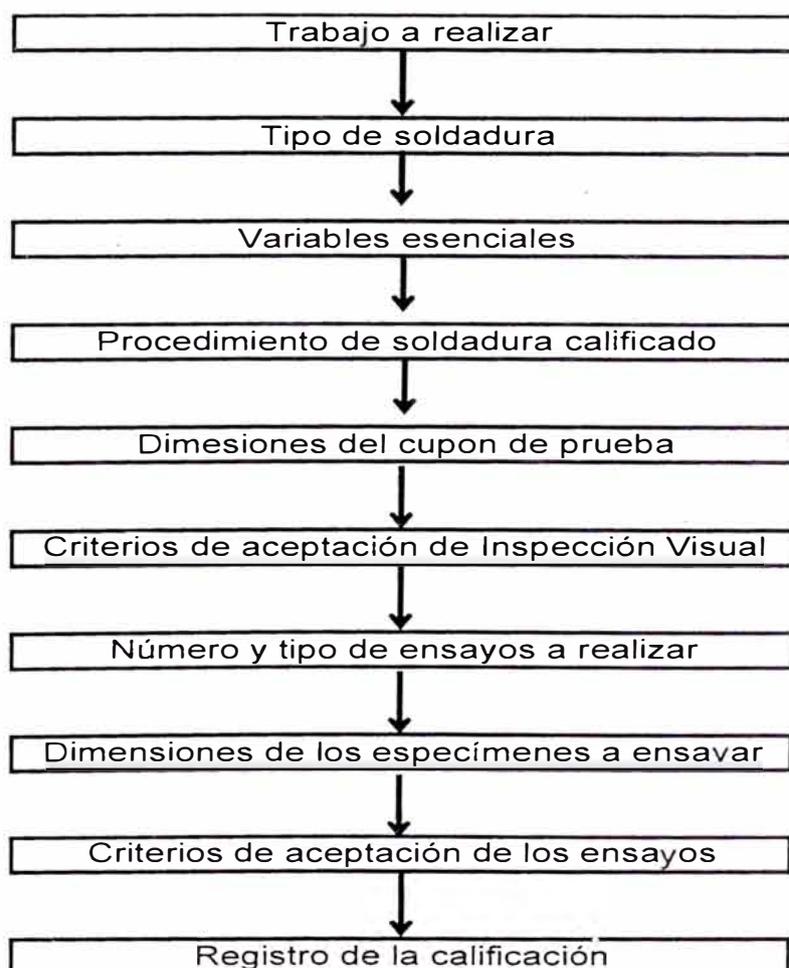


Figura N° 26 Diagrama de Flujo - Operadores

6.2 Trabajo a realizar

Recabar bastante información de la obra que se va a realizar.

6.3 Tipo de soldadura

El código clasifica en 7 tipos de soldadura para la calificación. Como ejemplo, en la figura N° 27 se muestra un diagrama de flujo para la selección de una junta con chaflan, de penetración completa en uniones no tubulares:

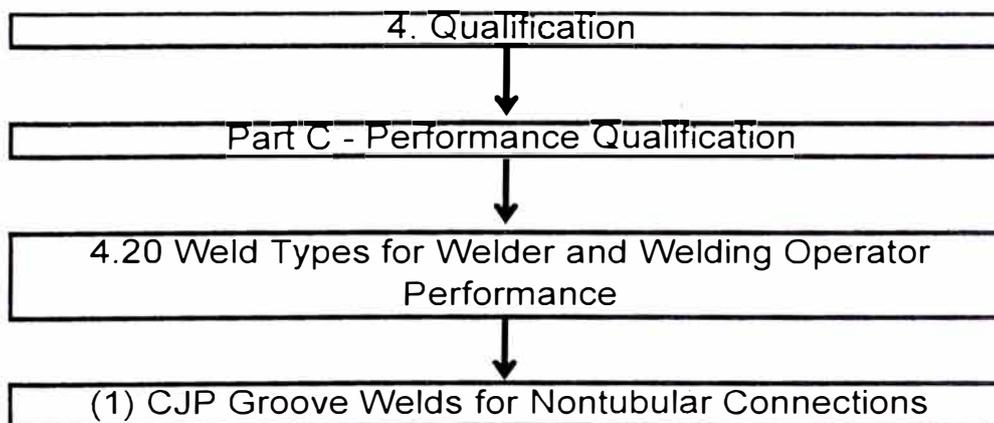


Figura N° 27 Diagrama de flujo – Tipo de Soldadura – Operador

6.4 Variables esenciales

Para calificar a un operador de soldadura se debe tener en cuenta las variables esenciales, de acuerdo a la experiencia obtenida en la industria, el orden recomendado de selección es:

6.4.1 Respaldo

6.4.2 Posiciones de trabajo

6.4.3 Proceso de soldadura

6.4.4 Diámetro y/o Espesor de trabajo

6.4.5 Electrodo múltiple

Las variables esenciales del operador de soldadura se encuentran en la tabla “4.12 Welding Personnel Performance Essential Variable Changes Requiring Requalification”, ver anexo 9 del presente informe.

6.5 Procedimiento de soldadura calificado

Después de concluir con la selección de todas las variables anteriores, se debe utilizar un procedimiento de soldadura calificado o pre-calificado que cubra las exigencias de estas, con el fin de calificar con este a los operadores de soldadura.

6.6 Dimensiones del cupón de prueba

A continuación se debe seleccionar las dimensiones del cupón de prueba. Como ejemplo, en la figura N° 28 se especifica un diagrama de flujo para la selección de las dimensiones del cupón de prueba en una junta con chaflán, de penetración completa en uniones no tubulares.

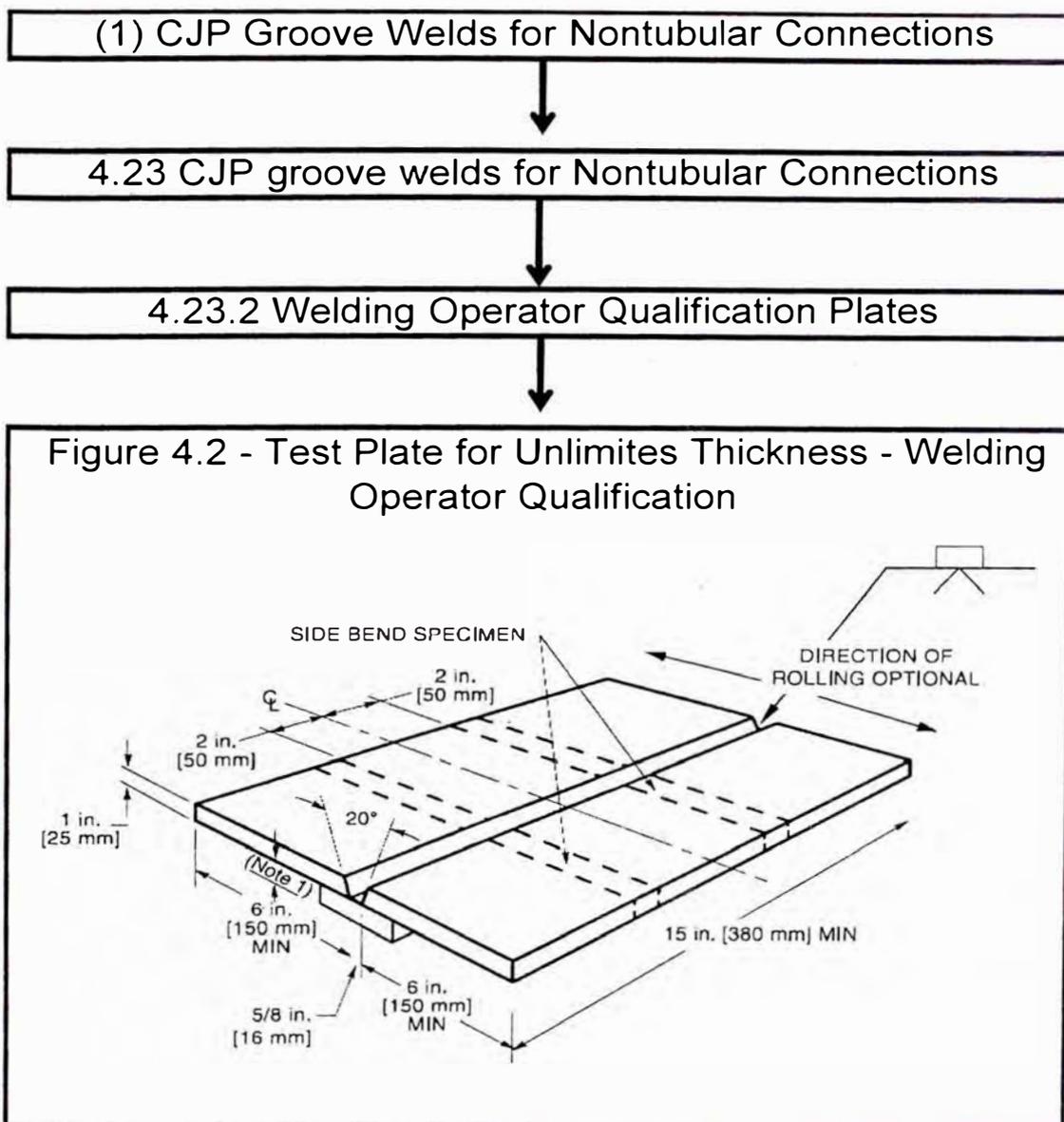


Figura N° 28 Diagrama de Flujo – Cupón de prueba – Operador

6.7 Criterios de aceptación de Inspección Visual

Seguidamente se tiene que comparar las medidas del cupón con las indicadas en el código, con lo cual se sabrá si la junta es de calidad o no. El ítem “4.30.1 Visual Inspection” indica el criterio de aceptación de la inspección visual.

6.8 Número y tipo de ensayos a realizar

Ahora se ubica cuantos y que tipo de ensayos debemos realizar a nuestro cupón. Como ejemplo, en la figura N° 29 se muestra un diagrama de flujo para ubicar el número y tipo de probetas que se debe realizar a una junta con chaflán, de penetración completa en uniones no tubulares con un espesor de 25 mm.

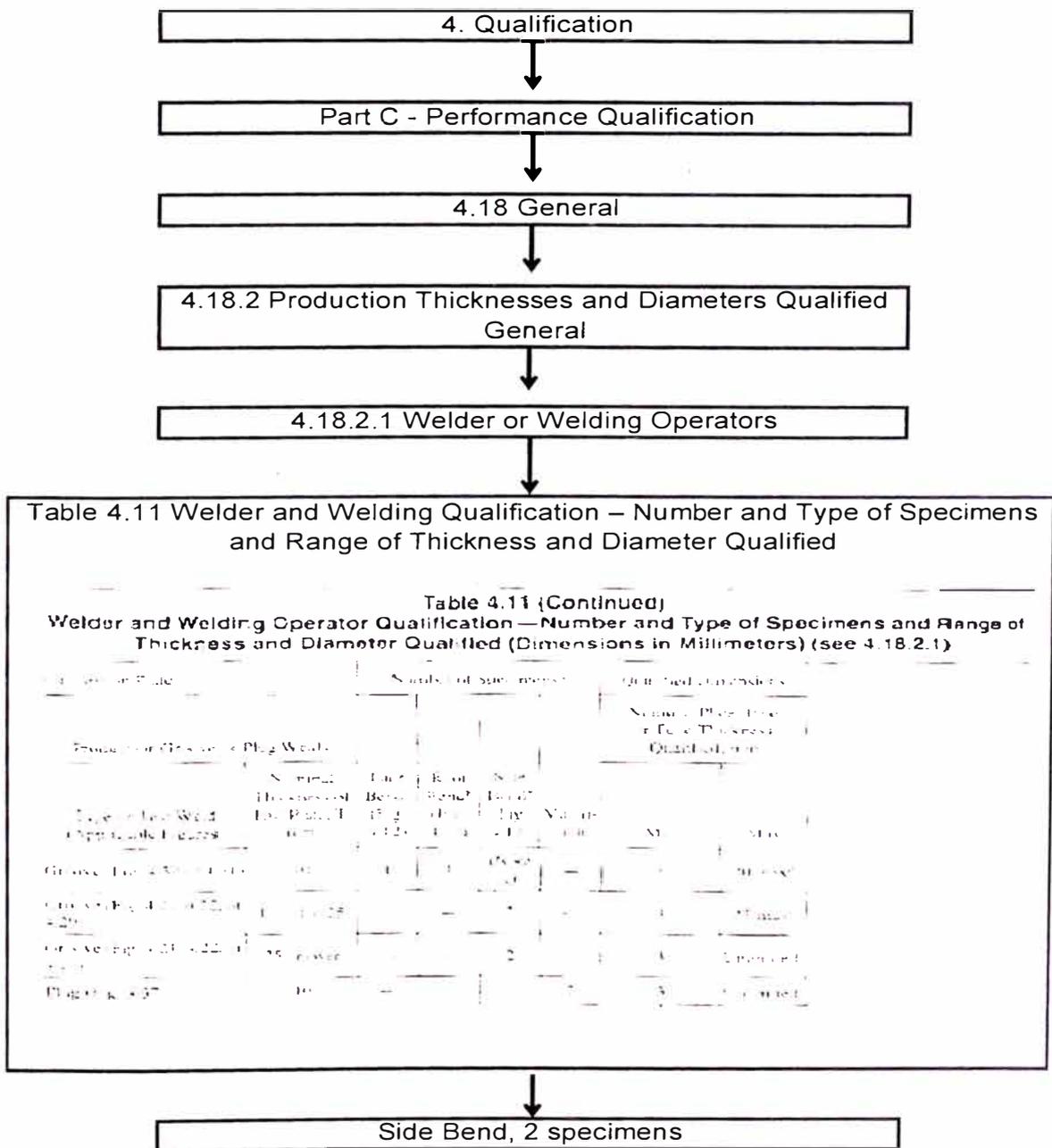


Figura N° 29 Diagrama de Flujo - Número y Tipos de Ensayos - Operador

6.9 Dimensiones de los especímenes a ensayar

A continuación, se debe obtener los especímenes a ensayar. Como ejemplo, la figura N° 30 muestra el diagrama de flujo para seleccionar las dimensiones de los especímenes a ensayar de un material de espesor mayor a 10 mm.

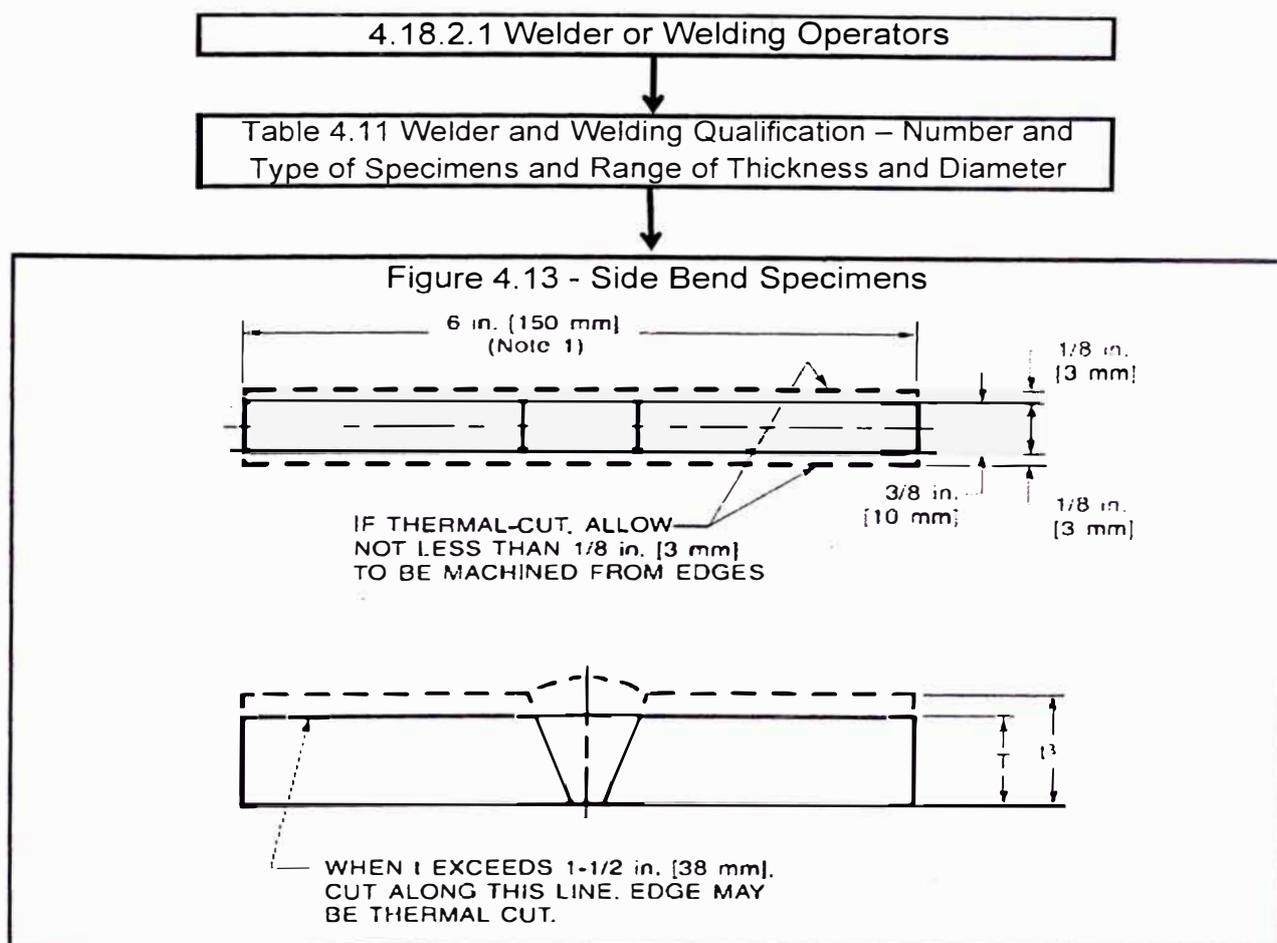


Figura N° 30 Diagrama de Flujo – Dimensiones de Especímenes - Operador

6.10 Criterios de aceptación de los ensayos

Para saber si un ensayo cumple con el código, se tiene que comparar los resultados con los criterios de aceptación de cada uno de los ensayos. Los criterios de aceptación se encuentran en el ítem “4.30 Methods of Testing and Acceptance Criteria for Welder and Welding Operator Qualification.

6.11 Registro de la calificación

Finalmente el operador de soldadura que pasa todos los requerimientos del código, se le entrega un registro de su calificación, en el cual se menciona las características de trabajo que puede realizar. Como ejemplo puede leer “ANNEX N°” en el código o la figura N° 42 del presente informe.

CAPITULO 7

METODOLOGIA PARA LA CALIFICACION DE APUNTALADORES DE SOLDADURA

Se establecerá una metodología para la calificación de apuntaladores de soldadura.

7.1 Diagrama de flujo

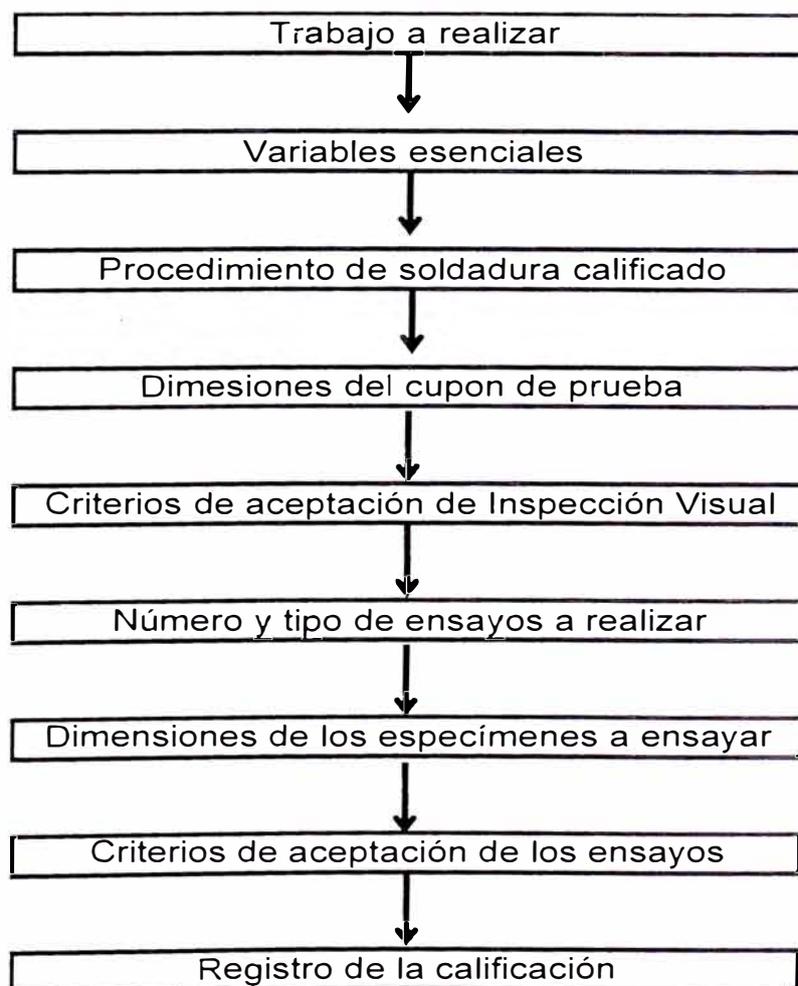


Figura N° 31 Diagrama de Flujo - Apuntaladores

7.2 Trabajo a realizar

Se requiere la mayor cantidad de datos posibles del trabajo a realizar, para seleccionar de la manera más óptima las variables esenciales.

7.3 Variables esenciales

Para calificar a los apuntaladores de soldadura se tienen variables esenciales, de acuerdo a la experiencia obtenida en la industria, se recomienda seleccionarlas en el siguiente orden:

7.3.1 Proceso de soldadura

7.3.2 Posiciones de trabajo

7.3.3 Número F

Las variables esenciales del apuntalador de soldadura se encuentran en la tabla “4.12 Welding Personnel Performance Essential Variable Changes Requiring Requalification” del código, ver anexo 9 del presente informe.

7.4 Procedimiento de soldadura calificado

Seguidamente de seleccionar todas las variables anteriores, se debe utilizar un procedimiento de soldadura calificado o pre-calificado que cubra las exigencias de la unión a soldar.

7.5 Dimensiones del cupón de prueba

A continuación se debe seleccionar las dimensiones del cupón de prueba. Como ejemplo en la figura N° 32 se especifica el diagrama de flujo para la selección del cupón de prueba.

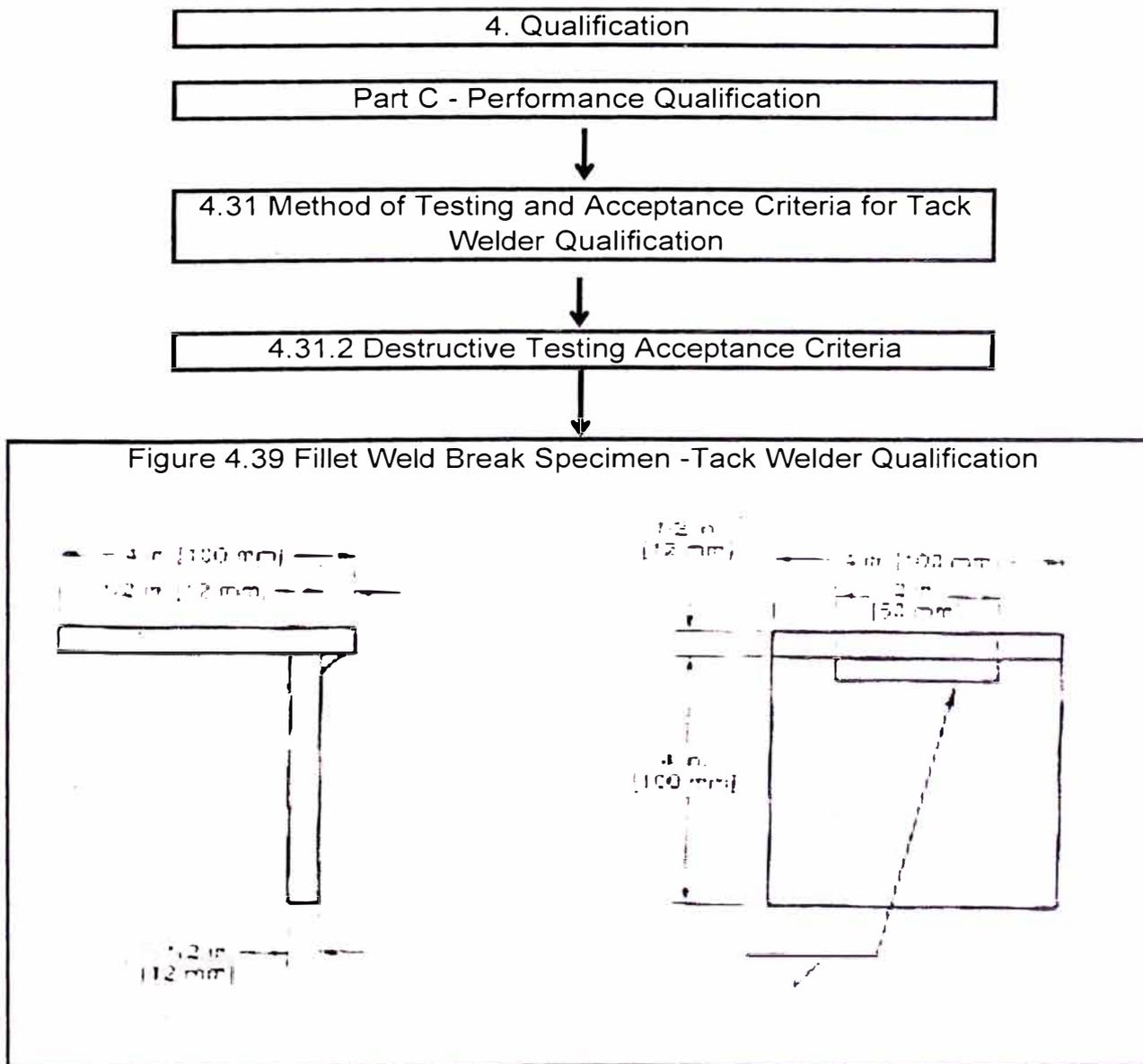


Figura N° 32 Diagrama de Flujo – Cupón de prueba – Apuntalador

7.6 Criterios de aceptación de Inspección Visual

Seguidamente se tiene que comparar las medidas del cupón con las que indica el código, con lo cual se va a conocer si la junta es de calidad o no. Los criterios de aceptación visual se ubican en el ítem “4.31.1 Visual Acceptance Criteria” en el código.

7.7 Número v tipo de ensayos a realizar

El siguiente paso es realizar el ensayo destructivo de acuerdo a las indicaciones del código. Como ejemplo, en la figura N° 33 se muestra un diagrama de flujo para seleccionar la cantidad y tipos de ensayos que se va a requerir.

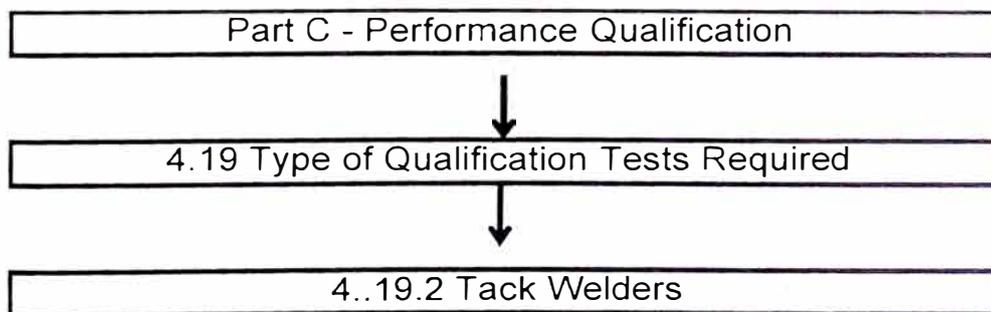


Figura N° 33 Diagrama de Flujo - Número y Tipos de Ensayos – Apuntalador

7.8 Criterios de aceptación de los ensayos

Para saber si un ensayo cumple con el código, se tiene que comparar los resultados con los criterios de aceptación del ensayo. Los criterios se ubican en el ítem “4.31.2 Destructive Testing Acceptance Criteria”.

7.9 Registro de la calificación

Finalmente el apuntalador de soldadura que cumple todos los requerimientos del código, se le entrega un registro de su calificación, en el cual se menciona las características de trabajo que puede realizar. Como ejemplo puede leer “ANNEX N°” en el código o la figura N° 45 del presente informe.

CAPITULO 8
CASOS TIPICOS

8.1 Calificación de procedimiento de soldadura para tubería

Se desea calificar un procedimiento de soldadura que cumplan con las siguientes características:

Variables	Rangos requeridos
Proceso de soldadura	SMAW
Material Base	tubería - ASTM A53
Tipo de uniones	a Tope
Tipo de soldadura	con chaflan
Penetración	completa
Material de respaldo	ninguno
Espesor de material(mm)	6 – 10
Diámetro Exterior (mm)	114.30 – 219.08
Posición	todas
Progresión Vertical	ascendente
Material de Aporte	Cellocord PT (E6010), Supercito (E7018)
* No es necesario realizar un ensayo CVN	
* La unión soldada soportará carga estática	

Tabla N° 5 Variables de obra - WPS

Usando la metodología propuesta en el Capítulo 4:

8.1.1 Trabajo a realizar

Con la tabla N° 5 se sabe cuales son las características técnicas del trabajo.

8.1.2 Tipo de soldadura

Del trabajo a realizar podemos ver que el tipo de soldadura es con chaflán, en tubería y con penetración completa, del ítem “4.5 Weld Type for WPS Qualification” podemos decir que nuestra definición es como un “CJP Groove Weld for Tubular Connections”, seguidamente el código nos indica ver el párrafo 4.12, dentro de este ítem podemos encontrar en el párrafo “4.12.2 CJP Groove Weld Butt Joints without Backing welded from One Side Only” lo que requerimos para calificar a nuestro procedimiento; seguidamente nos indica que debemos usar la junta detallada en la figura 4.25(A) del código, ver la figura N° 34.

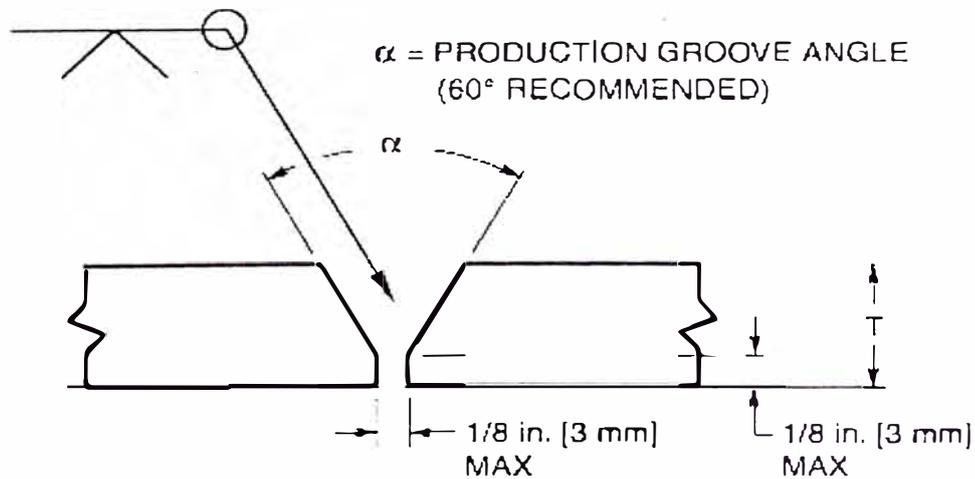


Figura N° 34 Junta de Tuberías (Figura 4.25(A) del código)

8.1.3 Variables Esenciales

Para seleccionar las variables esenciales de la calificación de un procedimiento (ver anexo 5) primero debemos saber cual es el proceso de soldadura a usar y seguidamente vamos distinguirlas con una “X “ al costado

de cada variable. Es muy importante recordar que siempre se debe leer las notas que tiene cada tabla. Entonces tendríamos:

8.1.3.1 Proceso de soldadura

El proceso a utilizar es el SMAW.

8.1.3.2 Generales

Variables Esenciales	En le trabajo	Calificará en	Ver
Posición de soldadura	Toda posición	6G	anexo 2
Diámetro Ext. del material base (mm)	114.30 – 219.08	114.30	anexo 3
Espesor del material base (mm)	6 – 10	6.01	anexo 3
Material base	ASTM A53	ASTM A53	anexo 6
Progresión Vertical	Ascendente	Ascendente	anexo 5
Tipo de chaflán	V	V	Figura N° 34
Respaldo	Sin	Sin	Figura N° 34
Temperatura de Pre-Calentamiento (°C)	15 mínima	15 mínima	anexo 5
Temperatura de Interpase	15 mínima	15 mínima	anexo 5
Tratamiento Post-Soldadura	no	no	anexo 5

Tabla N° 6 Variables Esenciales – Generales

8.1.3.3 Material de Aporte

Variables Esenciales	En el trabajo	Calificará en	Ver en el código
Resistencia del Material Base	Grupo 1	Grupo 1	anexo 6
Tipo de electrodo	Celulósico y B. Hidrógeno	Celulósico y B. Hidrógeno	-
Clasificación AWS	A5.1	A5.1	-
Diámetro del material de aporte (mm)	3.25	3.25	-

Tabla N° 7 Variables Esenciales – Material de Aporte

8.1.3.4 Parámetros eléctricos

VARIABLES ESENCIALES	EN EL TRABAJO	CALIFICARÁ EN
Intensidad por cada diámetro de electrodo (A)	90 - 120	90 - 120
Tipo de corriente	CDEP	CDEP

Tabla N° 8 Variables Esenciales – Parámetros Eléctricos

8.1.3.5 Parámetros adicionales usando SAW

No requerido por usar el proceso SMAW.

8.1.3.6 Gas de protección

No requerido.

8.1.4 Dimensiones del cupón de prueba

DIMENSIONES	MEDIDA	VER
Diámetro Exterior (mm)	114.30	Tabla N° 6
Espesor (mm)	6.01	Tabla N° 6
Longitud Total (mm)	305.0	Valor mínimo sugerido para simular obra

Tabla N° 9 Dimensión del Cupón – WPS

8.1.5 Criterios de aceptación de Inspección Visual

De acuerdo al ítem “4.8.1 Visual Inspection of Welds” el cupón de prueba debe cumplir:

1. No debe existir fisuras, falta de llenado y falta de fusión
2. La sobremonta no debe ser mayor a 3 mm.
3. La socavación no debe ser mayor a 1 mm.

4. La concavidad en la penetración debe ser como máximo 2 mm y el espesor del cordón de soldadura debe ser como mínimo el espesor del material base.
5. La penetración como máximo debe ser 3 mm.

8.1.6 Número y tipo de ensayos a realizar

Con el diámetro exterior de 114.30 mm y el espesor de 6.01 mm se ingresa a la tabla “4.2 WPS Qualification - CJP Groove Welds: Number and Type of Specimens and Range of Thickness and Diameter Qualified” (ver anexo 3), en el subtítulo N°. 2 “Test on Pipe or Tubing” ítem “Job Size Test Pipes” indica que ensayos y tipos se le debe realizar: 2 ensayos de tracción, 2 ensayos de doblez de cara y 2 ensayos de doblez de raíz.

Pero en el subtítulo “Test on Pipe or Tubing” existe como superíndice unas notas (a, g), para el presente caso nos interesa la nota a, la cual indica que se debe emplear un ensayo no destructivo (RT o UT) al cupón antes de comenzar con los ensayos destructivos.

8.1.7 Dimensiones de los especímenes a ensayar

Todo el cordón de soldadura debe ser sometido a un ensayo NDT. De acuerdo a las dimensiones del cupón, los especímenes de tracción y de doblez se deben extraer según la figura N° 35.

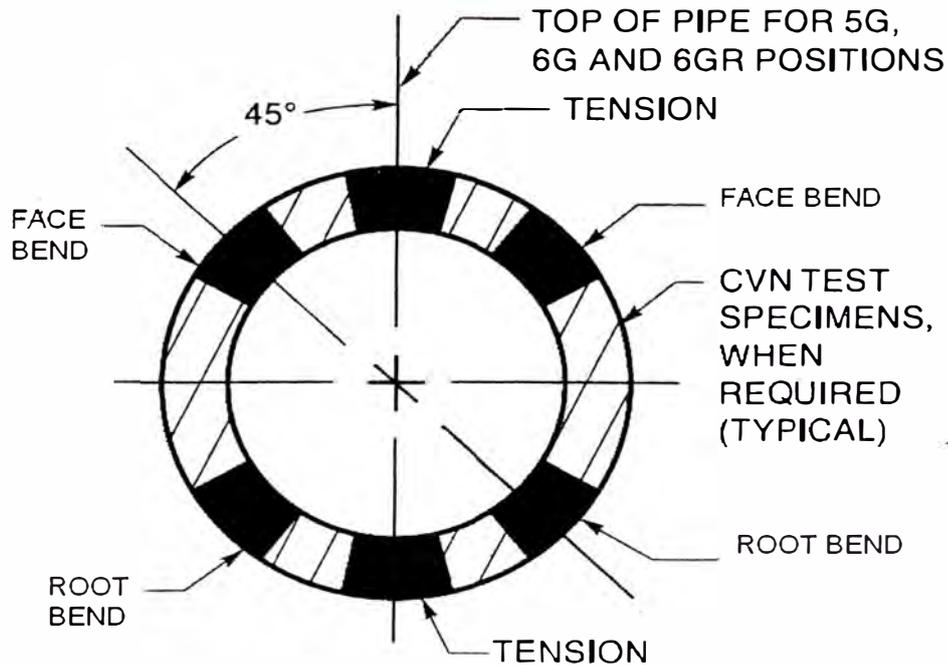


Figura N° 35 Ubicación de Especímenes de Prueba en una Tubería

El espécimen de tracción y de dobléz debe cumplir con la figura “4.14 Reduced-Section Tension Specimens” y la “4.12 Face and Root Bend Specimens” respectivamente.

8.1.8 Criterios de aceptación de los ensayos

El criterio de aceptación para los ensayos no destructivos se encuentra en el ítem 4.8.2 NDT, si se utiliza el ensayo de radiografía, entonces se verifica los resultados con lo establecido en el ítem “6.12.3 Acceptance Criteria for Tubular Connections”.

De acuerdo al ítem “4.8.3.3 Acceptance Criteria for Bend Tests” los ensayos de dobléz deben cumplir:

La superficie doblada no debe tener discontinuidades mayores a:

1. 3 mm de dimensión en cualquier dirección en la superficie
2. La suma de las dimensiones que excedan 1 mm y sean menores o iguales que 3 mm no deben ser más de 10 mm.

De acuerdo al ítem “4.8.3.5 Acceptance Criteria for Reduced-Section” el ensayo de tracción debe cumplir:

1. La resistencia a la tracción no debe ser menor que la resistencia a la tracción del material base.

8.1.9 Registro de la calificación

Finalmente los resultados de los ensayos y las variables utilizadas en la calificación del procedimiento de soldadura se especificar en el “registro de la calificación del procedimiento de soldadura (PQR)”, con este documento ya se puede generar especificaciones de procedimientos de soldadura (WPS) que se requieran en el trabajo a realizar, en la figura N° 36 y 37 se presenta el PQR, en la figura N° 38 se presenta el WPS del ejemplo.

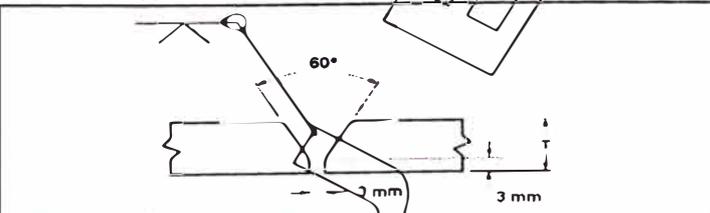
AV. Los Ingenieros del Perú 100	RODRIGUEZ Co.	PQR: ROD P001 - Pagina 1 de 2					
REGISTRO DE LA CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR)							
PRECALIFICADA: _____ CALIFICADA _____ o REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR): <u> X </u>							
Empresa: <u>RODRIGUEZ Co.</u> Proceso de Soldadura (s): <u>SMAW</u> Código usado: <u>AWS D1.1 - 2006</u>	Revisión: <u>001</u> Fecha: <u>2006 / 08 / 10</u> Por: <u>Ing. Leonardo Rodriguez</u>	No. de identificación: <u>ROD P001</u> Autorizado por: <u>Ing. Leonardo Rodriguez</u> Fecha: <u>2006 / 08 / 10</u>					
DISEÑO DE JUNTA USADO: Tipo: <u>A tope con chaflan en "V"</u> Simple: <u>X</u> Doble: _____ Plancha de respaldo: Si _____ No <u>X</u> Material de plancha respaldo: _____ Separación de raíz: <u>3 mm</u> Cara de la raíz: <u>3 mm</u> Ángulo de bisel: <u>60°</u> Radio(J-U): _____ Back Gouging: Si _____ No <u>X</u> Metodo: _____	Tipo: <u>Manual: X</u> <u>Mecanizado: -</u> <u>Semi-automático: -</u> <u>Automático: -</u>	POSICIÓN: Posición en bisel: <u>6G</u> Posición en filete: _____ Progresión Acendente: <u>X</u> Vertical: Decendente: _____					
METALES BASE: Especificaciones de Materiales: <u>ASTM A53 Gr B a ASTM A53 Gr B</u> Grupo: <u>I a I</u> Espesor: Bisel (T): <u>6.01 mm</u> Filete: _____ Diametro Externo: <u>114.3 mm</u>	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS: Modo de transferencia: _____ (GMAW) Corto circuito: _____ Globular: _____ Spray: _____ Corriente: AC _____ DCEN _____ DCEP <u>X</u> Pulsado _____ Otro: _____						
METALES DE APORTE: Especificación AWS: <u>A 5.1</u> Clasificación AWS: <u>E6010 E7018</u> Nombre Comercial: <u>CELLOCORD PT SUPERCITO</u>	Electrodo de tungsteno: _____ (GTAW) Diámetro: _____ Tipo: _____						
PROTECCIÓN: Fundente: _____ Gas: _____ Composición: _____ Electrodo-Fund (Clasificación): _____ Caudal: _____ Diam. Tobera _____	TECNICA: Cordón rectilineo u oscilante: <u>recto con E6010</u> Pase múltiple o único (x lado): _____ Número de electrodos: _____ Espaciamento : Longitudinal: _____ Lateral: _____ Ángulo: _____ Distancia tubo de contacto/pieza: _____ Martilleo: _____ Limpieza interpase: <u>1-2 con esmeril</u> <u>2 adelante solo cepillo circular</u>						
PRECALENTAMIENTO: Temp. de pre-calentamiento (C°) Mínima: <u>Ambiente (15 - 20)</u> Temp. entre pases (C°) Mínima: <u>Ambiente (15 - 20)</u>	TRATAMIENTO TÉRMICO POST-SOLDADURA: Temperatura: _____ Tiempo: _____						
DETALLE DE JUNTA: 							
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA							
Número de Pases	Proceso	Material de aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de Avance (cm / min)
		Nombre	Diámetro (mm)	Tipo y Polaridad	Intesidad (A)		
1	SMAW	Cellocord PT	3.25	DCEP	85 - 110	26 - 30	3 - 6
2	SMAW	Supercito	2.50	DCEP	80 - 90	20 - 24	4 - 8
RODRIGUEZ Co.				INSPECTOR			

Figura N° 36 Formato PQR página 1

RESULTADOS DE PRUEBA DE TENSIÓN

MUESTRA	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Característica de Falla y Lugar
ROD - T1	15.42	4.87	75.10	40.70	542	Dúctil - Material Base
ROD - T2	15.28	4.67	71.36	38.53	540	Dúctil - Material Base
-						
-						

Realizado por: Ing. Frederick Anderson Chu Lugar de Prueba: Laboratorios Pino
 Identificación de la prueba: Tracción - ROD - 2006-08-10

RESULTADOS DE PRUEBA DE DOBLEZ

Muestra	Tipo de dobléz	Resultado	Observaciones
ROD - C1	Cara	Aceptable	-
ROD - C2	Cara	Aceptable	-
ROD - R1	Raíz	Aceptable	-
ROD - R2	Raíz	Aceptable	-

Realizado por: Ing. Frederick Anderson Chu Lugar de Prueba: Laboratorios Pino
 Identificación de la prueba: Dobléz - ROD - 2006-08-10

INSPECCION VISUAL

Apariencia	ACEPTABLE
Socavamiento	ACPETABLE
Porosidad	NINGUNA
Convexidad	ACEPTABLE
Fecha de la prueba	08/08/2006
Inspeccionado por	CWI Juan Quispe Palomino

ENSAYO NO DESTRUCTIVO

Nº de informe por RT:	RY- ROD - 09082006
Empresa:	Rayos Industriales
Resultado	Conforme
Realizado por:	Ing. Magaly Linares Pico
Fecha:	09/08/2006
Nº de informe por UT:	-
Empresa:	-
Resultado	-
Realizado por:	-

PRUEBA DE SOLDEO REALIZADA POR

Nombre y Apellido:	Leonidas Pino Rodríguez		
Tipo:	"CJP-GROOVE WELDS FOR TUBULAR CONNECTIONS"		
Nº de identificación:	400528640	Nº de Registro:	WPQR - 01
Identificación de la prueba:	ROD - P001		

Nosotros los abajo firmantes, certificamos que las declaraciones en este registro son correctas y que la prueba de soldadura fue preparada, soldada y ensayada en conformidad con los requerimientos de la sección IV de la "AWS D1.1 / D1.1M 2006 Structural Welding Code - Steel".

RODRIGUEZ Co.

INSPECTOR

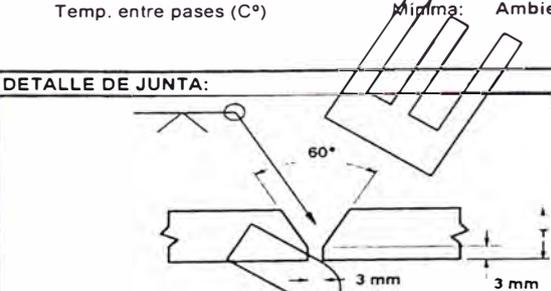
AV. Los Ingenieros del Perú 100	RODRIGUEZ Co.	WPS: ROD W001 - Pagina 1 de 1					
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)							
Calificado: <u>SI</u> AWS D1.1 STRUCTURAL WELDING CODE - STEEL - 2006							
Empresa: <u>RODRIGUEZ Co.</u> Proceso de Soldadura (s): <u>SMAW</u> PQR de soporte: <u>ROD P001</u>	Revisión: <u>001</u> Fecha: <u>2006 / 08 / 10</u> Por: <u>Ing. Leonardo Rodriguez</u>	No. de identificación: <u>ROD W001</u> Autorizado por: <u>Ing. Leonardo Rodriguez</u> Fecha: <u>2006 / 08 / 10</u>					
DISEÑO DE JUNTA USADO: Tipo: <u>A tope con chaflan en "V"</u> Simple: <u>X</u> Doble: _____ Plancha de respaldo: Si _____ No <u>X</u> Material de plancha respaldo: _____ Separación de raíz: <u>3 mm, +1/-0</u> Cara de la raíz: <u>3 mm, +0/-1</u> Ángulo de bisel: <u>60°, +5/-0</u> Radio(J-U): _____ Back Gouging: Si _____ No <u>X</u> Metodo: _____		Tipo: Manual: <u>X</u> Mecanizado: _____ Semi Automat: _____ Automático: _____					
METALES BASE: Especificaciones de Materiales: <u>ASTM A53 Gr B a ASTM A53 Gr B</u> Grupo: <u>I a I</u> Espesor: Bisel (T): <u>6 mm - 10 mm</u> Filete: _____ Diametro Externo: <u>114.30 mm - 219.08 mm</u>		POSICIÓN: Posición en bisel: <u>Todas</u> Posición en filete: _____ Progresión Vertical: Acendente: <u>X</u> Decendente: _____					
METALES DE APORTE: Especificación AWS: <u>A 5.1</u> Clasificación AWS: <u>E6010 E7018</u> Nombre Comercial: <u>CELLOCORD PT SUPERCITO</u>		CARACTERISTICAS ELECTRICAS: Modo de transferencia: _____ (GMAW) Corto circuito: _____ Globular: _____ Spray: _____ Corriente: AC DCEN _____ DCEP <u>X</u> Pulsado _____ Otro: _____					
PROTECCIÓN: Fundente: _____ Gas: _____ Composición: _____ Electrodo-Fund (Clasificación): _____ Caudal: _____ Diam. Tobera: _____		Electrodo de tungsteno: _____ (GTAW) Diámetro: _____ Tipo: _____					
PRECALENTAMIENTO: Temp. de pre-calentamiento (C°) <u>Mínima: Ambiente (15 - 20)</u> Temp. entre pases (C°) <u>Mínima: Ambiente (15 - 20)</u>		TÉCNICA: Cordón rectilíneo u oscilante: <u>recto con E6010</u> Pase múltiple o único (x lado): _____ Número de electrodos: _____ Espaciamiento : Longitudinal: _____ Lateral: _____ Ángulo: _____ Distancia tubo de contacto/pieza: _____ Martilleo: _____ Limpieza interpase: <u>1-2 con esmeril</u> <u>2 adelante solo cepillo circular</u>					
DETALLE DE JUNTA: 							
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA							
Número de Pases	Material de aporte			Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de Avance (cm / min)
	Proceso	Nombre	Diámetro (mm)	Tipo y Polaridad	Intesidad (A)		
2 - m	SMAW	Cellocord PT	3.25	DCEP	80 - 110	26 - 30	3 - 6
	SMAW	Supercito	2.50	DCEP	80 - 90	20 - 24	4 - 8
TRATAMIENTO TÉRMICO POST-SOLDADURA: Temperatura: _____ Tiempo: _____							
RODRIGUEZ Co.				INSPECTOR			

Figura N° 38 Formato de un WPS

8.2 Calificación de soldador

Se desea calificar soldadores que cumplan con las siguientes características:

Variables	Rangos requeridos
Proceso de soldadura	SMAW
Material Base	plancha - ASTM A36
Tipo de uniones	a Tope
Tipo de soldadura	con chaflán
Penetración	completa
Material de respaldo	plancha o cordón de soldadura
Espesor de material(mm)	6 – 20
Posición	plana, horizontal y vertical
Progresión Vertical	ascendente
Material de Aporte	Cellocord AP (E6011), Supercito (E7018)

Tabla N° 10 Variables de Obra - Soldador

Usando la metodología propuesta en el Capítulo 5:

8.2.1 Trabajo a realizar

Con la tabla N° 10 se puede saber cual es el trabajo que va a realizar el soldador.

8.2.2 Tipo de soldadura

Del trabajo a realizar se observa que el tipo de soldadura es con chaflán, en planchas y con penetración completa, o sea es un “CJP Groove Weld for Nontubular Connections”, seguidamente del ítem 4.20, el código indica ver el párrafo 4.23, pero como se calificará soldadores, se requiere utilizar el párrafo “4.23.1 Welder Qualification Plates”, dando las posibilidades de prueba en las figuras: 4.21, 4.30, 4.31 y 4.32.

8.2.3 Variables Esenciales

Del trabajo a realizar se concluye que:

8.2.3.1 Posición

Van a soldar: plana, horizontal y vertical (ascendente), por tal motivo en la tabla 4.10 (ver anexo 7), indica que se puede calificar en posición 3G para que cubra todas las posiciones que va a trabajar. Entonces de las posibles figuras solo quedaría trabajar con la 4.21 o la 4.31.

8.2.3.2 Espesor

Como va a soldar de 6 mm a 20 mm, de la tabla 4.11 (ver anexo 8), se selecciona una la plancha debe tener 10 mm de espesor para que pueda llegar a soldar 20 mm, entonces la mejor opción de las figuras sería la 4.31 del código (ver figura N° 39).

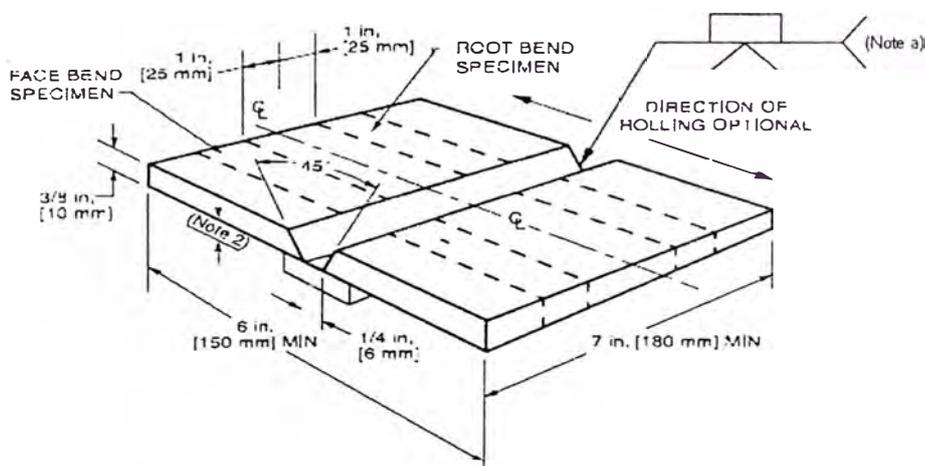


Figura N° 39 Figura 4.31 de la AWS D1.1

8.2.3.3 Proceso

SMAW proceso de soldadura con electrodo revestido.

8.2.3.4 Respaldo

Si van a usar, sea plancha o cordón de soldadura

8.2.3.5 Número F

Se soldará con Cellocord AP y con Supercito, de la tabla 4.13 (ver anexo 10) los números F de estos productos son 3 y 4 respectivamente. Seguidamente de la tabla 4.12 (ver anexo 9) se concluye que la calificación se puede realizar solamente con el Supercito (F: 4).

8.2.4 Procedimiento calificado

Si no se dispone de un procedimiento calificado, podemos utilizar un pre-WPS, con los datos del tipo de soldadura y las variables esenciales, se selecciona un tipo de junta de la figura 3.4 del código, para este caso sería la junta designada como B-U2a, pero cumpliendo con todos los requerimientos que se pide en la sección 3 del código. (Ver capítulo 3 del presente informe)

8.2.5 Dimensiones del cupón de prueba

En la figura N° 39, se indica las dimensiones mínimas del cupón.

8.2.6 Criterios de aceptación de Inspección Visual

Para realizar la inspección visual al cupón, el código indica leer el ítem “4.30.1 Visual Inspection” y este a su vez envía al párrafo “4.8.1 Visual Inspection of Welds”.

8.2.7 Número y tipo de ensayos a realizar

Si el cupón ha cumplido los requerimientos de la inspección visual, entonces se deber realizar una cantidad de ensayos destructivos. Para esto se utiliza la tabla 4.11 (ver anexo 8), indicando que para la unión y el espesor que se seleccionó, debemos realizar 1 ensayo de doblez de cara y 1 ensayo de doblez de raíz.

8.2.8 Dimensiones de los especímenes a ensayar

De la figura N° 39 seleccionada y de la figura “4.12 Face and Root Bend Specimens” que indica la tabla 4.11 (ver anexo 8), se pueden obtener las dimensiones de las probetas y de la ubicación de ellas.

8.2.9 Criterios de aceptación de los ensayos

Para saber si los ensayo de doblez que se han realizado son aceptables, entonces se debe comparar con el ítem “4.30.5 Root, Face, and Side Bend Specimens”, el cual envía al ítem “4.8.3.3 Acceptance Criteria for Bend Test”.

Algunas de las especificaciones son: no debe haber discontinuidades mayores a 3 mm, la suma de las discontinuidades mayores a 1 mm y menores o iguales a 3 mm debe ser 10 mm como máximo.

8.2.10 Registro de la calificación del soldador

Si el soldador pasó la inspección visual y los ensayos mecánicos, entonces esta apto para realizar el trabajo requerido. El formato del registro de la calificación de soldador (WPQR), es propio de cada empresa, no existe un formato obligatorio, para este caso típico, el registro de calificación del soldador es el siguiente:

RODRIGUEZ Co.

REGISTRO DE LA PRUEBA DE CALIFICACION DEL SOLDADOR (WPQR)

Tipo de soldador. **“CJP Groove Welds for Nontubular Connections”**
 Nombre. **Leonardo Pino Rodriguez** Identificación No. **DNI 25815397**
 Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS) **ROD W002** Rev. 1 Fecha **2006-08-09**

	Registro de Valores Reales empleados en la Calificación	Rango de Calificación
Variables		
Proceso/Tipo	<i>SMAW</i>	<i>SMAW</i>
Nº de electrodos	---	---
Corriente /Polaridad	<i>DCEP</i>	---
Posición	<i>3G</i>	<i>Charlón y Filete: Plana, Horizontal y Vertical</i>
Progresión de la soldadura	---	---
Respaldar (Si o No)	<i>Con respaldo</i>	<i>Con respaldo (Ver 4.23)</i>
Material / Espec.	---	
Metal base		
Espesor: (plancha)		
De bisel	<i>10 mm</i>	<i>3 mm - 20 mm</i>
Filete	---	<i>Ver tabla 4.11 (d)</i>
Espesor (tubo)	---	
Abertura o bisel	---	
Filete	---	
Diámetro (tubo)	---	
Abertura o bisel	---	
Filete	---	
Metal de aporte		
Especificación No.	<i>AWS A5.1</i>	
Clasificación	<i>E 7018 (SUPERCITO)</i>	
F-No.	<i>F4</i>	<i>F1, F2, F3 y F4</i>
Gas/Tipo de Fundente	---	
Otros	---	---

INSPECCION VISUAL

Aceptable SI o NO *SI*

Resultados de la Prueba de Doblez Guiado

Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
Cara	<i>Aceptable</i>		
Raíz	<i>Aceptable</i>		

Resultados de la Prueba de Filete

Apariencia: _____ Tamaño de Filete: _____
 Prueba de fractura para penetración de raíz: - - Macroataque: _____
 Describir la ubicación, naturaleza, y tamaño de cualquier grieta o desgarramiento de la probeta.

Inspeccionado por: **CWI Juan Quispe Palomino** Prueba Mecánica Nº: **DOBLEZ – ROD 2006 – 08 - 10**
 Empresa: **Laboratorios Pino** Fecha: **2006 – 08 - 10**

Los abajo firmantes, certificamos que el contenido de este Registro es correcto, además las probetas para la prueba de soldadura fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo a los requerimientos de la sección 4 del código ANSI / AWS D1.1 – Structural Welding Code – Steel - 2006.

RODRIGUEZ Co.

INSPECTOR

Figura N° 40 Formato de un Soldador

8.3 Calificación de operador de soldadura

Se desea calificar a un operador de soldadura que cumplan con las siguientes características:

Variables	Rangos requeridos
Proceso de soldadura	SAW
Material Base	plancha - ASTM A36
Tipo de uniones	a Tope
Tipo de soldadura	con chaflán
Penetración	completa
Material de respaldo	plancha o cordón de soldadura
Espesor de material(mm)	3 - ilimitado
Posición	plana
Progresión Vertical	-
Material de Aporte	PS1 – POP 185 (F7A0 – EL12)

Tabla N° 11 Variables de Obra - Operador

Usando la metodología propuesta en el Capítulo 6:

8.3.1 Trabajo a realizar

Con la tabla 11 se puede saber cual es el trabajo que va a realizar.

8.3.2 Tipo de soldadura

Del trabajo a realizar se observa que el tipo de soldadura es con chaflán, en planchas y con penetración completa, o sea es un “CJP Groove Weld for Nontubular Connections”, seguidamente del ítem 4.20, el código indica ver el párrafo 4.23, pero como se calificará soldadores, se requiere utilizar el párrafo “4.23.2 Welding Operator Qualification Plates”, dando las posibilidades de prueba en las figura: “4.22 Test Plate for Unlimited

Thickness – Welding Operator Qualification”o utilizar las medidas de esta probeta con un procedimiento de soldadura calificado anteriormente (ver la nota 2 de la figura).

8.3.3 Variables Esenciales

Del trabajo a realizar se concluye que:

8.3.3.1 Respaldo

Si va a utilizar, sea plancha o cordón de soldadura.

8.3.3.2 Posiciones

Va a soldar en posición plana, por tal motivo en la tabla 4.10 (ver anexo 7), indica que se puede calificar en posición 1G para que cubra la posición que va a trabajar.

8.3.3.3 Proceso de soldadura

El proceso de soldadura a utilizar es el SAW.

8.3.3.4 Diámetro y/o Espesor de trabajo

Como va a soldar de 3 mm a ilimitado de la tabla 4.11 (ver anexo 8), seleccionamos 25 mm de espesor como mínimo para que pueda soldar un espesor ilimitado.

8.3.3.5 Electrodo múltiple

Se va a trabajar con un solo electrodo.

8.3.4 Procedimiento calificado:

Se puede utilizar un procedimiento calificado que cumpla con los requerimientos de obra o utilizar un pre-WPS; con los datos del tipo de soldadura y las variables esenciales, se selecciona un tipo de junta; obteniendo la junta B-U2-S, pero cumpliendo con todos los requerimientos de la sección 3 del código. (Ver capítulo 3 del presente informe)

8.3.5 Dimensiones del cupón de prueba:

De acuerdo a las especificaciones anteriores, en la siguiente figura se visualiza las dimensiones mínimas del cupón. (figura 4.22 del código)

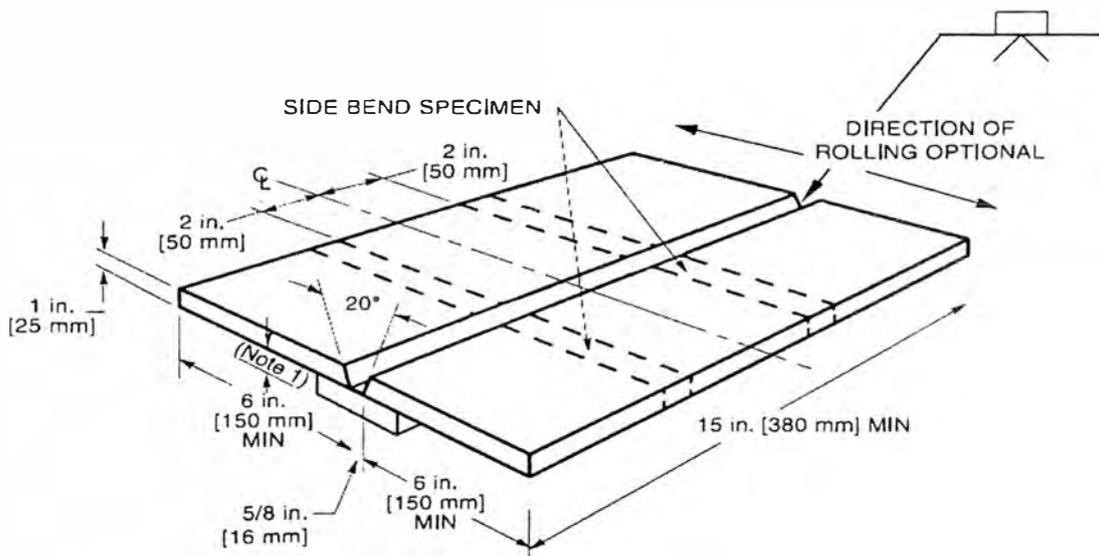


Figura N° 41 Figura 4.22 de la AWS D1.1

8.3.6 Criterios de aceptación de Inspección Visual:

Para realizar la inspección visual al cupón, el código indica leer el ítem “4.30.1 Visual Inspection” y este a su vez envía al párrafo “4.8.1 Visual Inspection of Welds”.

8.3.7 Número y tipo de ensayos a realizar

Si el cupón ha cumplido los requerimientos de la inspección visual, entonces se debe realizar una cantidad de ensayos destructivos. Para esto se utiliza la tabla 4.11 (ver anexo 8), indicando que para la unión y el espesor que nosotros seleccionamos, debemos realizar 2 ensayo de doblez de lado.

8.3.8 Dimensiones de los especímenes a ensayar

De la figura N° 31 seleccionada y de la figura “4.13 Side Bend Specimens” que indica la tabla 4.11 (ver anexo 8), se pueden obtener las dimensiones de las probetas a ensayar, así como de donde se extraen.

8.3.9 Criterios de aceptación de los ensayos

Para saber si los ensayo de doblez que se han realizado son aceptables, entonces se debe comparar con el ítem “4.30.5 Root, Face, and Side Bend Specimens”, el cual nos envía al ítem “4.8.3.3 Acceptance Criteria for Bend Test”.

8.3.10 Registro de la calificación del operador de soldadura

Si el operador de soldadura pasó la inspección visual y los ensayos mecánicos, entonces esta apto para realizar el trabajo requerido. El formato del registro de la calificación del operador de soldadura (WOPQ), es propio de cada empresa, no existe un formato obligatorio, para el caso presentado, el registro de calificación del operador de soldadura es el siguiente:

RODRIGUEZ Co.

REGISTRO DE LA PRUEBA DE LA CALIFICACION DEL OPERADOR DE SOLDADURA (WOPQ)

Tipo de Operador de soldadura: **CJP Groove Weld for Nontubular Connections**

Nombre: **Leonardo Pino Rodriguez**

Identificación No. DNI 25815891

Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS) **ROD W003**

Rev. 1

Fecha 2006-08-09

	Registro de Valores Reales empleados en la Calificación	Rango de Calificación
Variables		
Proceso/Tipo	<i>SAW</i>	<i>SAW</i>
N° de electrodos	<i>1</i>	<i>1</i>
Corriente /Polaridad	<i>DCEP</i>	---
Posición	<i>1G</i>	<i>Chaflán: Plana</i> <i>Filete: Plana y Horizontal</i>
Progresión de la soldadura	---	---
Respaldar	<i>Con respaldo</i>	<i>Con respaldo (Ver 4.23)</i>
Material / Espec.	---	
Metal base		
Espesor: (plancha)		
De bisel	<i>25 mm</i>	<i>3 mm - ilimitado</i>
Filete	---	<i>Ver tabla 4.11 (d)</i>
Espesor (tubo)		
Abertura o bisel		
Filete	---	
Diámetro (tubo)		
Abertura o bisel		
Filete	---	
Metal de aporte		
Especificación No.	<i>AWS A5.17</i>	
Clasificación	<i>F7A0- EL12</i>	
F-No.	---	---
Gas/Tipo de Fundente	---	---
Otros	---	---

INSPECCION VISUAL

Acceptable SI o NO *SI*

Resultados de la Prueba de DobleZ Guiado

Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
Lado	<i>Acceptable</i>		
Lado	<i>Acceptable</i>		

Resultados de la Prueba de Filete

Apariencia: _____ Tamaño de Filete: _____

Prueba de fractura para penetración de raíz: - Macroataque: -

Describir la ubicación, naturaleza, y tamaño de cualquier grieta o desgarramiento de la probeta.

Inspeccionado por: **CWI Juan Quispe Palomino**

Prueba Mecánica N°: **DOBLEZ – ROD 2006 – 08 - 10**

Empresa: **Laboratorios Pino**

Fecha: **2006 – 08 - 10**

Los abajo firmantes, certificamos que el contenido de este Registro es correcto, además las probetas para la prueba de soldadura fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo a los requerimientos de la sección 4 del código ANSI / AWS D1.1 – Structural Welding Code – Steel - 2006.

RODRIGUEZ Co.

INSPECTOR

Figura N° 42 Formato de un Operador de Soldadura

8.4 Calificación de apuntaladores de soldadura

Se desea calificar a un apuntalador de soldadura que cumplan con las siguientes características:

Variables	Rangos requeridos
Proceso de soldadura	SMAW
Material Base	plancha - ASTM A36
Tipo de uniones	a Tope y en "T"
Tipo de soldadura	con chaflán o filete
Espesor de material(mm)	3 – 25
Posición	plana y vertical
Progresión Vertical	ascendente
Material de Aporte	Cellocord AP (E6011) o Supercito (E7018)

Tabla 12 Variables de Obra - Apuntalador

Usando la metodología propuesta en el Capítulo 7:

8.4.1 Trabajo a realizar

Con la tabla 12 se puede saber cual es el trabajo que va a realizar.

8.4.2 Variables Esenciales

Del trabajo a realizar se concluye que:

8.4.2.1 Proceso de soldadura

El proceso de soldadura a utilizar es el SMAW.

8.4.2.2 Posiciones de trabajo

Va a soldar en posición plana y vertical ascendente, por tal motivo en el ítem "4.18.1 Production Welding Positions Qualified" y dentro de el, en el ítem "4.18.1.2 Tack Welders", en el cual indica que para

cada posición a soldar, el apuntalador tiene que realizar una probeta por cada una de ellas. Entonces se realizarán 2 cupones.

8.4.2.3 Número F

Soldará con Cellocord AP o con Supercito, de la tabla 4.13 (ver anexo 10), sus números F de estos productos son 3 y 4 respectivamente. De esta manera la calificación se puede realizar con el Supercito (F:4), para que cubra la soldadura con Cellocord AP también.

8.4.3 Procedimiento calificado:

Del ítem “4.19 Type of Qualification Test Required”, se ubica en el ítem “4.19.2 Tack Welders” el cual indica ver la figura “4.39 Fillet Weld Break Specimen – Tack Welder Qualification”, en ella se muestra un tipo de unión en “T” con soldadura en filete; por tal motivo se puede utilizar un pre-WPS que cumpla estos requerimientos de la prueba y de la sección 3 del código. (Ver capítulo 3 del presente informe)

8.4.4 Dimensiones del cupón de prueba:

De acuerdo a las especificaciones anteriores, en la figura N°43 se visualiza las dimensiones mínimas del cupón.

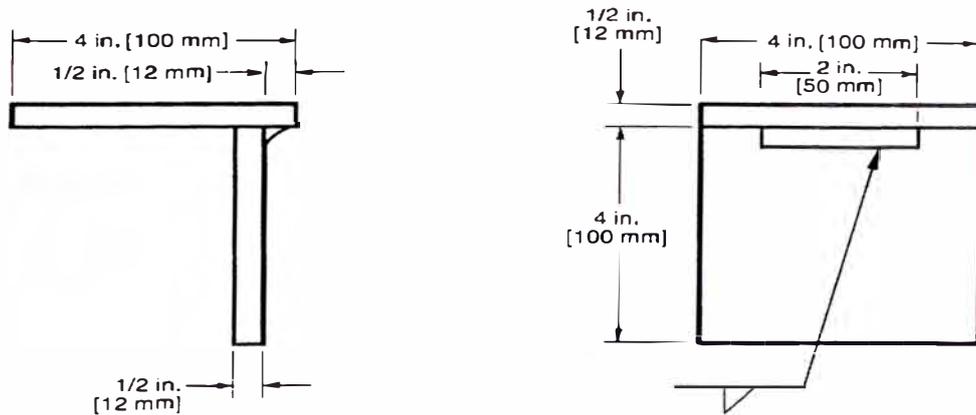


Figura N° 43 Figura 4.39 de la AWS D1.1

8.4.5 Criterios de aceptación de Inspección Visual:

Para realizar la inspección visual al cupón, el código indica leer el ítem “4.31 Method of Testing and Acceptance Criteria for Tack Welter Qualification” y dentro de el, leer el ítem “4.31.1 Visual Acceptance Criteria”.

8.4.6 Número y tipo de ensayos a realizar

Según el párrafo “4.19.2 Tack Welders” indica que se debe realizar 1 ensayo de rotura en filete, la figura 4.35 del código muestra la manera de realizar el ensayo.

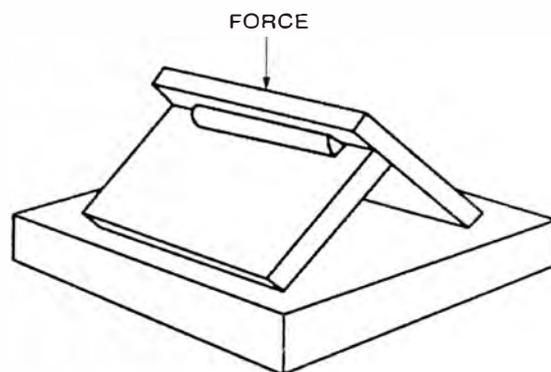


Figura N° 44 Figura 4.35 de la AWS D1.1

8.4.7 Dimensiones de los especímenes a ensayar

Se ensaya todo el cupón.

8.4.8 Criterios de aceptación de los ensayos

Para realizar la inspección visual al cupón, el código indica leer el ítem “4.31 Method of Testing and Acceptance Criteria for Tack Welter Qualification” y dentro de el, leer el párrafo “4.31.2 Destructive Testing Acceptance Criteria”.

8.4.9 Registro de la calificación del apuntalador de soldadura

Si el apuntalador de soldadura pasó la inspección visual y los ensayos mecánicos, entonces esta apto para realizar el trabajo requerido. El formato del registro de la calificación del apuntalador de soldadura (WTQR), es propio de cada empresa, no existe un formato obligatorio; como se ha realizado un cupón para cada posición de soldadura, entonces el WTQR es el siguiente:

RODRIGUEZ Co.

REGISTRO DE LA PRUEBA DE LA CALIFICACION DEL APUNTALADOR DE SOLDADURA (WTQR)

Nombre: **Leonardo Rodríguez Pino** Identificación No. **DNI 25815391**
 Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS) **ROW 004** Rev. 1 Fecha **2006-08-09**

	Registro de Valores Reales empleados en la Calificación	Rango de Calificación
Variables		
Proceso/Tipo	SMAW	SMAW
Nº de electrodos	---	
Corriente /Polaridad	---	
Posición	2F y 3F	Ranurada y filete: Plana y Vertical
Progresión de la soldadura	Ascendente	
Respaldar	---	---
Material / Espec.	---	---
Metal base		
Espesor: (plancha) (ver 4.18.2.2)		
De bisel		---
Filete	12 mm	---
Espesor (tubo) (ver 4.18.2.2)		---
Abertura o bisel	---	---
Filete	---	---
Diámetro (tubo) (ver 4.18.2.2)		
Abertura o bisel	---	---
Filete	---	---
Metal de aporte		
Especificación No.	AWS A5.1	
Clasificación	E 7018	
F-No.	F 4	F1, F2, F3 y F4
Gas/Tipo de Fundente	---	
Otros	---	

INSPECCION VISUAL

Aceptable SI o NO **SI**

Resultados de la Prueba de Doblez Guiado

Tipo	Resultado	Tipo	Resultado

Resultados de la Prueba de Filete

Apariencia: Aceptable Tamaño de Filete: 6.0 mm

Prueba de fractura para penetración de raíz: Aceptable Macroataque: -

Describir la ubicación, naturaleza, y tamaño de cualquier grieta o desgarramiento de la probeta.

Inspeccionado por: **CWI Juan Quispe Palomino**
 Empresa: **Laboratorios Pino**

Prueba Mecánica Nº: **DOBLEZ – ROD 2006 – 08 - 10**
 Fecha: **2006 – 08 - 10**

Los abajo firmantes, certificamos que el contenido de este Registro es correcto, además las probetas para la prueba de soldadura fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo a los requerimientos de la sección 4 del código ANSI / AWS D1.1 – Structural Welding Code – Steel - 2006.

RODRIGUEZ Co.

INSPECTOR

Figura Nº 45 Formato de un Apuntalador de soldadura

8.5 Duración de una calificación

Un PQR esta calificado por tiempo ilimitado, la única manera de volverlo a recalificar es que exista la necesidad de trabajar las variables esenciales fuera de los rangos permitidos en la tabla 4.5 del código (ver anexo 5).

Según el párrafo “4.1.3.1 Welders and Welding Operators”, la calificación de los soldadores y los operadores de soldadura es ilimitada a menos que: no haya soldado por un periodo mayor a 6 meses o que se cuestione su habilidad para realizar cordones de soldadura.

Según el párrafo “4.1.3.2 Tack Welders”, la calificación de los apuntaladotes es ilimitada a menos que sea cuestionada su habilidad para realizar cordones de soldadura.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.1 Conclusiones

1. Aplicando correctamente las metodologías para la calificación de operarios y procedimientos de soldadura, se va a tener como resultado un menor tiempo de búsqueda de los requisitos necesarios para dichas evaluaciones; así también se podrán elaborar formatos adecuados para los registros de las calificaciones.
2. Las metodologías establecidas para el código “AWS D1.1 /D1.1M – 2006 Structural Welding Code” en el presente informe, pueden cumplir también para la sección IX de la “ASME Boiler and Pressure Vesel Code”, tomando en consideración que los ítems especificados van a variar de acuerdo al código.
3. Es muy importante saber cual es la responsabilidad de cada uno de los participantes en una obra, debido a que es muy común que los diseños originales se modifiquen sin consultar al diseñador y así también que los dueños de la obra exijan ensayos a sus contratistas que no se detallan en los contratos ni las especificaciones a utilizar.

4. La calidad es la conformidad de las características que se obtienen en un cordón de soldadura, las cuales cumplen los requisitos mínimos de las especificaciones aplicadas en una obra. Por tal motivo siempre se debe saber cual es el estándar a utilizar para comparar los resultados.
5. La experiencia obtenida en los trabajos realizados y utilizando las especificaciones técnicas establecidas en los contratos, se va a tener muy buenos resultados, logrando una confianza mayor en los clientes. Por tal motivo, siempre se debe registrar y archivar la mayor cantidad de datos técnicos importantes que se han requerido en las obras.

1.2 Recomendaciones

1. Mantener una capacitación constante al personal de una empresa es decisivo para diferenciarse de la competencia, debido a que la productividad aumentaría de manera efectiva y los costos se reducirían. En lo referido a las especificaciones de soldadura, va a ocurrir el mismo fenómeno de mejora.
2. Es imprescindible poseer una fuente de información técnica actualizada, como por ejemplo estándares, especificaciones, “handbooks”, libros técnicos, diccionarios técnicos y/o archivos digitales para solucionar problemas con mayor rapidez y efectividad.

3. Las personas interesadas en ampliar sobre el presente informe, es recomendable que se continúe con la sección II de Diseño de Conexiones Soldadas del código, debido a que en el Perú todas las personas que trabajan en un proyecto creen que pueden variar el diseño inicial, sin consultar al diseñador de la obra.

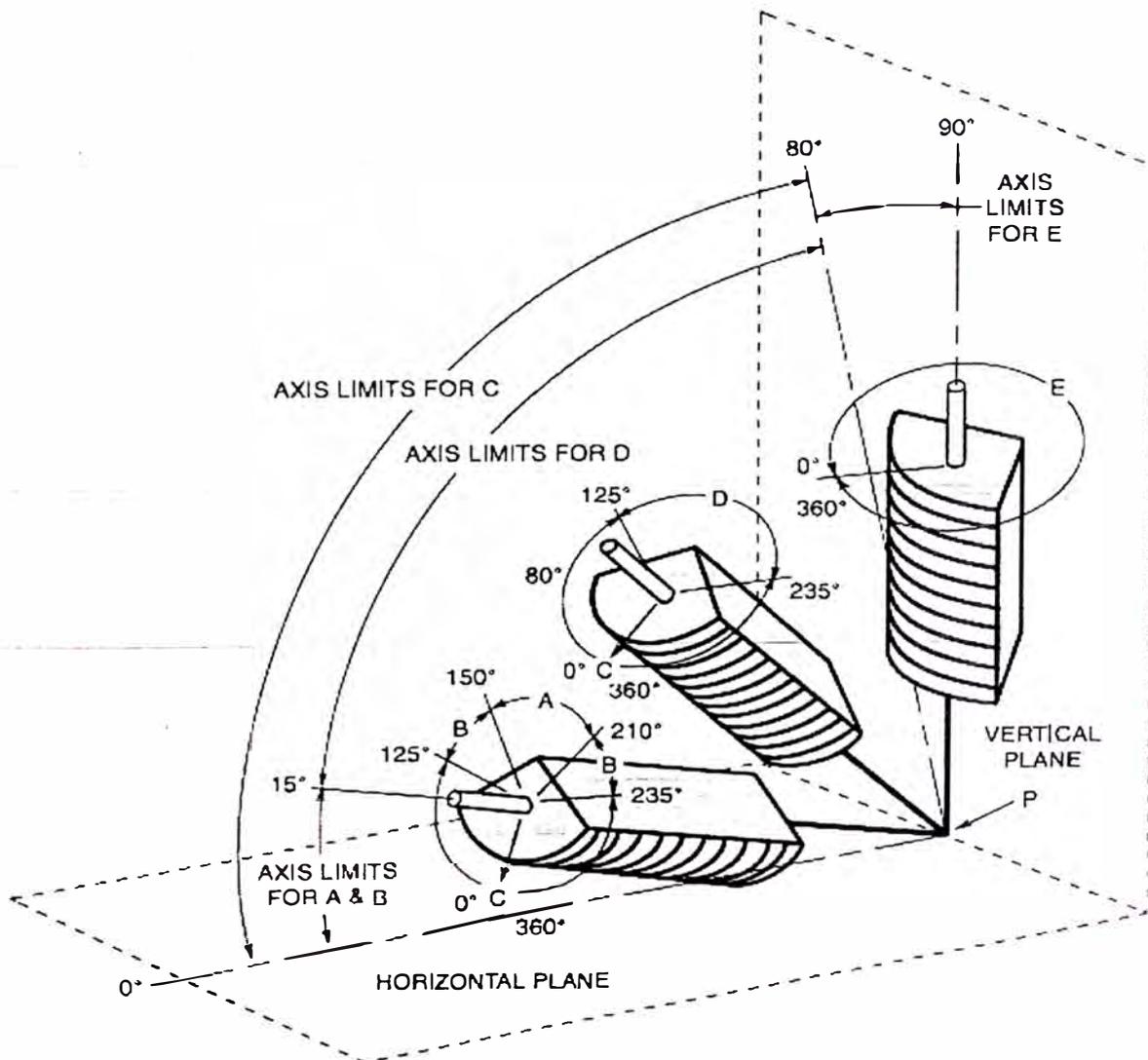
BIBLIOGRAFIA

1. ANSI / AWS A2.4 – 98 - STANDARD SYMBOLS FOR WELDING, BRAZING AND NONDESTRUCTIVE EXAMINATION, American Welding Society, Edición 06 de Noviembre de 1997
2. AWS A3.0-01 - STANDARD WELDING TERMS AND DEFINITIONS, American Welding Society, 1de Enero del 2001
3. AWS D1.1 / D1.1 M-2006 – STRUCTURAL WELDING CODE – STEEL, American Welding Society, Décimo Novena Edición.
4. CERTIFICATION MANUAL FOR WELDING INSPECTORS, American Welding Society, Tercera Edición.
5. QUALIFICATION STANDARD OF WELDING AND BRAZING PROCEDURES, WELDERS, BRAZERS, AND WELDING AND BRAZING OPERATORS - SECTION IX - ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Edición del 1 de julio de 2004
6. MANUAL DE SOLDADURA DE EXSA, Exsa S.A., Edición 2004
7. TRADUCCIÓN DE UNA NORMA NACIONAL AMERICANA – ANSI/AWS A2.4-93 – SIMBOLOS NORMALIZADOS PARA SOLDEO, SOLDEO FUERTE Y EXAMEN NO DESTRUCTIVO, American Welding Society, Edición 19 de Junio de 1991
8. VISUAL INSPECTION WORKSHOP – REFERENCE MANUAL, American Welding Society, Segunda Edición - 1997
9. WELDING INSPECTION TECHNOLOGY, American Welding Society, Cuarta Edición - 2000
10. Páginas de Internet:
 - a. www.aws.org
 - b. www.exsa.com.pe

ANEXO 1

Se indica la figura “4.2 Positions of Fillet Wleds” (Ver bibliografía 3)

Posición	Referencia en el Diagrama	Inclinación del Eje Inclination of Axes (^a)	Rotación de la cara Rotation of Face (^a)
PLANA	A	0 a 15	150 a 210
HORIZONTAL	B	0 a 15	125 a 150
			210 a 235
SOBRECABEZA	C	0 a 80	0 a 125
			235 a 360
VERTICAL	D	15 a 80	125 a 235
	E	80 a 90	0 a 360



ANEXO 2

Tabla de posiciones de soldado en producción para procedimientos de soldadura, calificadas en plancha, tubo y ductos rectangulares. (Ver bibliografía 3)

Table 4.1
WPS Qualification—Production Welding Positions Qualified by Plate, Pipe, and Box Tube Tests (see 4.3)

Qualification Test	Production Plate Welding Qualified					Production Pipe Welding Qualified					Production Box Tube Welding Qualified					
	Weld Type	Positions	Groove CJP	Groove PJP	Filler	Butt-Groove		T, Y, K-Groove		Fillet	Butt-Groove		T, Y, K-Groove		Fillet ¹	
						CJP	PJP	CJP	PJP		CJP	PJP	CJP	PJP		
P L A T E	CJP Groove ^a	1G	F	F	F	F	F			F	F				F	
		2G	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H			F, H	F, H				F, H	
		3G	V	V	V	V	V			V	V				V	
		4G	OH	OH	OH	OH	OH			OH	OH				OH	
	Fillet ^c	1F				F					F					F
		2F				F, H					F, H					F, H
		3F				V					V					V
		4F				OH					OH					OH
	Plug/ Slot	Qualifies Plug/Slot Welding for Only the Positions Tested														
	T U B U L A R	CJP Groove	1G Rotated	F	F	F	F ^b	F			F	F			F	F
			2G	F, H	F, H	F, H	F, H ^b	F, H			F, H	F, H			F, H	F, H
			5G (2G + 5G)	F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH ^b	F, V, OH			F, V, OH	F, V, OH			F, V, OH	F, V, OH
			6G	All	All	All	All ^b	All			All	All			All ^b	All
6GR			All ^d	All	All	All ^d	All			All	All			All ^d	All	
1F Rotated						F					F					F
Fillet		2F				F, H					F, H					F, H
		2F Rotated				F, H					F, H					F, H
		4F				F, H, OH					F, H, OH					F, H, OH
		5F				All					All					All

CJP—Complete Joint Penetration
PJP—Partial Joint Penetration

¹ Qualifies for a welding axis with an essentially straight line, including welding along a line parallel to the axis of circular pipe.
² Qualifies for circumferential welds on pipes equal to or greater than 24 in. (600 mm) nominal outer diameter.
³ Production butt joint details without backing or back gouging require qualification testing of the joint details shown in Figure 4.29(A).
⁴ Limited to prequalified joint details (see 3.12 or 3.14).
⁵ For production joints of CJP T, Y, and K connections that conform to either Figure 3.8, 3.9, or 3.10 and Table 3.6, use Figure 4.27 detail for testing. For other production joints, see 4.12.4.1.
⁶ For production joints of CJP T, Y, and K connections that conform to Figure 3.6, and Table 3.6, use Figures 4.17 and 4.29 detail for testing, or, alternatively, test the Figure 4.27 joint and cut mechanical specimens from the corner locations shown in Figure 4.29. For other production joints, see 4.12.4.1.
⁷ For production joints of PJP T, Y, and K connections that conform to Figure 4.5, use either the Figure 4.25(A) or Figure 4.25(B) detail for testing.
⁸ For matched box connections with corner radii less than twice the chord member thickness, see 3.12.4.1.
⁹ Fillet welds in production T, Y, or K connections shall conform to Figure 3.7. WPS qualification shall conform to 4.11.

ANEXO 3

Tabla para "CJP Groove Welds", en la cual se indica el número y tipo de especímenes requeridos de prueba y los rangos de espesores y diámetros calificados de un procedimiento de soldadura – WPS. (Ver bibliografía 3)

Table 4.2
WPS Qualification—CJP Groove Welds: Number and Type of Test Specimens and Range of Thickness and Diameter Qualified (see 4.4) (Dimensions in Millimeters)

1. Tests on Plate ^{a, b}						
Nominal Plate Thickness (T) Tested, mm	Number of Specimens				Nominal Plate, Pipe or Tube Thickness ^{c, d} Qualified, mm	
	Reduced Section Tension (see Fig. 4.14)	Root Bend (see Fig. 4.12)	Face Bend (see Fig. 4.12)	Side Bend (see Fig. 4.13)	Min	Max
3 ≤ T ≤ 10	2	2	2	(Note 1)	3	2T
10 < T < 25	2	—	—	4	3	2T
25 and over	2	—	—	4	3	Unlimited

2. Tests on Pipe or Tubing ^{a, e}								
Nominal Pipe Size or Diam., mm	Nominal Wall Thickness, T, mm	Number of Specimens				Nominal Diameter of Pipe or Tube Size Qualified, mm	Nominal Plate, Pipe or Tube Wall Thickness ^{c, d} Qualified, mm	
		Reduced Section Tension (see Fig. 4.14)	Root Bend (see Fig. 4.12)	Face Bend (see Fig. 4.12)	Side Bend (see Fig. 4.13)		Min	Max
Job Size Test Pipes	3 ≤ T ≤ 10	2	2	2	(Note 1)	Test diam. and over	3	2T
	10 < T < 20	2	—	—	4	Test diam. and over	T/2	2T
	T ≥ 20	2	—	—	4	Test diam. and over	10	Unlimited
Standard Test Pipes	3 ≤ T ≤ 10	2	2	2	(Note 1)	Test diam. and over	3	2T
	10 < T < 20	2	—	—	4	600 and over	T/2	2T
	T ≥ 20	2	—	—	4	600 and over	10	Unlimited
Standard Test Pipes	50 mm OD x 6 mm WT or 75 mm OD x 6 mm WT	2	2	2	—	20 through 100	3	30
	150 mm OD x 14 mm WT or 200 mm OD x 12 mm WT	2	—	—	4	100 and over	5	Unlimited

3. Tests on ESW and EGW ^{a, b}						
Nominal Plate Thickness Tested	Number of Specimens				Nominal Plate Thickness Qualified	
	Reduced Section Tension (see Fig. 4.14)	All-Weld-Metal Tension (see Fig. 4.18)	Side Bend (see Fig. 4.13)	CVN Tests	Min	Max
T	2	1	4	(Note 1)	0.5T	1.1T

^a All test plate, pipe or tube welds shall be visually inspected (see 4.8.1) and subject to NDT (see 4.8.2). One test plate, pipe or tube shall be examined for each qualified position.

^b See Figures 4.10 and 4.11 for test plate requirements.

^c For square groove welds that are qualified without backgouging, the maximum thickness qualified shall be limited to the test plate thickness.

^d CJP groove weld qualification on any thickness or diameter shall qualify any size of fillet or FJP groove weld for any thickness or diameter.

^e Qualification with any pipe diameter shall qualify all box section widths and depths.

^f When specified, CVN tests shall conform to Section 4, Part D.

^g See Table 4.1 for the groove details required for qualification of tubular butt and T-, Y-, K-connection joints.

^h See Figure 4.9 for plate requirements.

ⁱ For 10 mm plate or wall thickness, a side-bend test may be substituted for each of the required face- and root-bend tests.

ANEXO 4

Tabla para “Fillet Welds”, en la cual se indica el número y tipo de especímenes requeridos de prueba y los rangos de espesores calificados de un procedimiento de soldadura – WPS. (Ver bibliografía 3)

**Table 4.4
Number and Type of Test Specimens and Range of Thickness Qualified—
WPS Qualification; Fillet Welds (see 4.11.1)**

Test Specimen	Fillet Size	Number of Welds per WPS	Test Specimens Required ²			Sizes Qualified	
			Macroetch 4.11.1 4.8.4	All-Weld Metal Tension (see Figure 4.18)	Side Bend (see Figure 4.19)	Plate/Pipe Thickness ¹	Fillet Size
Plate T-test (Figure 4.19)	Single pass, max size to be used in construction	1 in each position to be used	3 faces	—	—	Unlimited	Max tested single pass and smaller
	Multiple pass, min size to be used in construction	1 in each position to be used	3 faces	—	—	Unlimited	Min tested multiple pass and larger
Pipe T-test ³ (Figure 4.20)	Single pass, max size to be used in construction	1 in each position to be used (see Table 4.1)	3 faces (except for 4F & 5F, 4 faces req'd)	—	—	Unlimited	Max tested single pass and smaller
	Multiple pass, min size to be used in construction	1 in each position to be used (see Table 4.1)	3 faces (except for 4F & 5F, 4 faces req'd)	—	—	Unlimited	Min tested multiple pass and larger
Groove test ² (Figure 4.23)	—	1 in 1G position	—	1	2	Qualifies welding consumables to be used in T-test above	

¹ The minimum thickness qualified shall be 1/8 in. [3 mm].

² All welded test pipes and plates shall be visually inspected per 4.8.4.

³ See Table 4.2(2) for pipe diameter qualification.

⁴ When the welding consumables used do not conform to the prequalified provisions of Section 3, and a WPS using the proposed welding consumables has not been established by the Contractor in conformance with either 4.9 or 4.10.1, a GCP groove weld test piece shall be welded in conformance with 4.9.

ANEXO 5

Tabla de las variables esenciales de un PQR para recalificar un WPS para SMAW, SAW, GMAW, FCAW, and GTAW. (Ver bibliografía 3)

Table 4.5
PQR Essential Variable Changes Requiring WPS Requalification for
SMAW, SAW, GMAW, FCAW, and GTAW (see 4.7.1)

Essential Variable Changes to PQR Requiring Requalification	Process				
	SMAW	SAW	GMAW	FCAW	GTAW
Filler Metal					
1) Increase in filler metal classification strength	X		X	X	
2) Change from low hydrogen to non low hydrogen SMAW electrode	X				
3) Change from one electrode or flux electrode classification to any other electrode or flux electrode classification*		X		X	X
4) Change to an electrode or flux electrode classification* not covered in:	AWS A5.1 or A5.5	AWS A5.17 or A5.23	AWS A5.18 or A5.28	AWS A5.20 or A5.29	AWS A5.14 or A5.28
5) Addition or deletion of filler metal					X
6) Change from cold wire feed to hot wire feed or vice versa					X
7) Addition or deletion of supplemental powdered or granular filler metal or cut wire		X			
8) Increase in the amount of supplemental powdered or granular filler metal or wire		X			
9) If the alloy content of the weld metal is largely dependent on supplemental powdered filler metal, any WPS change that results in a weld deposit with the important alloying elements not meeting the WPS chemical composition requirements		X			
10) Change in nominal filler metal diameter by:	> 1/32 in. (0.8 mm) increase	Any increase ^b	Any increase or decrease	Any increase	> 1/16 in. (1.6 mm) increase or decrease
11) Change in number of electrodes		X	X	X	
Electrical Parameters					
12) A change in the amperage for each diameter used by:	To a value not recommended by manufacturer	> 10% increase or decrease	> 10% increase or decrease	> 10% increase or decrease	> 25% increase or decrease
13) A change in type of current (ac or dc) or polarity (electrode positive or negative for dc current)	X	X	X	X	X
14) A change in the mode of transfer			X		
15) A change from CV to CC output			X	X	
16) A change in the voltage for each diameter used by:		> 7% increase or decrease	> 7% increase or decrease	> 7% increase or decrease	
17) An increase or decrease in the wire feed speed for each electrode diameter (if not amperage controlled) by:		> 10%	> 10%	> 10%	

(continued)

ANEXO 5

Continuación de la tabla anterior. (Ver bibliografía 3)

Table 4.5 (Continued)					
Essential Variable Changes to PQR Requiring Requalification	Process				
	SMAW	SAW	GMAW	FCAW	GTAW
Electrical Parameters (cont'd)					
18) A change in the travel speed by:		> 15% increase or decrease	> 25% increase or decrease	> 25% increase or decrease	> 50% increase or decrease
Shielding Gas					
19) A change in shielding gas from a single gas to any other single gas or mixture of gas, or in the specified nominal percentage composition of a gas mixture, or to no gas			X	X	X
20) A change in total gas flow rate by:			Increase > 50% Decrease > 20%	Increase > 50% Decrease > 20%	Increase > 50% Decrease > 20%
21) A change in a shielding gas not covered in:			AWS A5.18 or A5.23	AWS A5.20 or A5.24	
SAW Parameters					
22) A change of > 10%, or 1/8 in. [3 mm], whichever is greater, in the longitudinal spacing of the arcs		X			
23) A change of > 10%, or 1/8 in. [3 mm], whichever is greater, in the lateral spacing of the arcs		X			
24) An increase or decrease of more than 10° in the angular orientation of any parallel electrode		X			
25) For machine or automatic SAW: an increase or decrease of more than 3° in the angle of the electrode		X			
26) For machine or automatic SAW, an increase or decrease of more than 5° normal to the direction of travel		X			
General					
27) A change in position not qualified by Table 4.1	X	X	X	X	X
28) A change in diameter, or thickness, or both, not qualified by Table 4.2	X	X	X	X	X
29) A change in base metal or combination of base metals not listed on the PQR or qualified by Table 4.8	X	X	X	X	X
30) Vertical Welding: For any pass from uphill to downhill or vice versa	X		X	X	X
31) A change in groove type (e.g., single-V to double-V), except qualification of any CJP groove weld qualifies for any groove detail conforming with the requirements of 3.12 or 3.13	X	X	X	X	X

(continued)

ANEXO 5

Continuación de la tabla anterior. (Ver bibliografía 3)

Table 4.5 (Continued)					
Essential Variable Changes to PQR Requiring Requalification	Process				
	SMAW	SAW	GMAW	FCAW	GTAW
General (cont'd)					
32) A change in the type of groove to a square groove and vice versa	X	X	X	X	X
33) A change exceeding the tolerances of 3.12, 3.13, 3.13.4, 5.22.4.1, or 5.22.4.2 involving: a) A decrease in the groove angle b) A decrease in the root opening c) An increase in the root face	X	X	X	X	X
34) The omission, but not inclusion, of backing or backgouging	X	X	X	X	X
35) Decrease from preheat temperature ^d by:	> 25°F [15°C]	> 25°F [15°C]	> 25°F [15°C]	> 25°F [15°C]	> 100°F [55°C]
36) Increase from interpass temperature ^d by:					> 100°F [55°C] if CVN tests required
37) Decrease from interpass temperature ^d by:	> 25°F [15°C]	> 25°F [15°C]	> 25°F [15°C]	> 25°F [15°C]	≥ 100°F [55°C]
38) Addition or deletion of PWHT	X	X	X	X	X

^a The filler metal strength may be decreased without WPS requalification.

^b For WPSs using alloy flux, any increase or decrease in the electrode diameter shall require WPS requalification.

^c Travel speed ranges for all sizes of fillet welds may be determined by the largest single pass fillet weld and the smallest multiple pass fillet weld qualification tests.

^d The production welding preheat or interpass temperature may be less than the PQR preheat or interpass temperature provided that the positions of 5.5 are met, and the base metal temperature shall not be less than the WPS temperature at the time of subsequent welding.

^e AWS A5M (SI Units) electrodes of the same classification may be used in lieu of the AWS A5 (U.S. Customary Units) electrode classification.

Note: An "X" indicates applicability for the process; a shaded block indicates nonapplicability.

ANEXO 6

Tabla de grupos de aceros listados y no listados en el código. (Ver bibliografía 3)

Table 4.8	
Table 3.1, Table 4.9, and Unlisted Steels Qualified by PQR (see 4.7.3)	
PQR Base Metal	WPS Base Metal Group Combinations Allowed by PQR
Any Group I Steel to Any Group I Steel	Any Group I Steel to Any Group I Steel
Any Group II Steel to Any Group II Steel	Any Group I Steel to Any Group I Steel Any Group II Steel to Any Group I Steel Any Group II Steel to Any Group II Steel
Any Specific Group III or Table 4.9 Steel to Any Group I Steel	The Specific PQR Group III or Table 4.9 Steel Tested to Any Group I Steel
Any Specific Group III or Table 4.9 Steel to Any Group II Steel	The Specific PQR Group III or Table 4.9 Steel Tested to Any Group I or Group II Steel
Any Group III Steel to the Same or Any Other Group III Steel or Any Group IV Steel to the Same or Any Other Group IV Steel or Any Table 4.9 Steel to the Same or Any Other Table 4.9 Steel	Steels shall be of the same material specification, grade/type and minimum yield strength as the Steels listed in the PQR
Any Combination of Group III, IV, and Table 4.9 Steels	Only the Specific Combination of Steels listed in the PQR
Any Unlisted Steel to Any Unlisted Steel or Any Steel Listed in Table 3.1 or Table 4.9	Only the Specific Combination of Steels listed in the PQR

Notes

1. Groups I through IV are found in Table 3.1
2. When allowed by the steel specification, the yield strength may be reduced with increased metal thickness

Tabla de posiciones de soldado en producción para los soldadores y operadores de soldadura, calificadas en plancha, tubo y ducto. (Ver bibliografía 3)

Table 4.10

Welder and Welding Operator Qualification—Production Welding Positions Qualified by Plate, Pipe, and Box Tube Tests (see 4.18.1)¹

Qualification Test	Production Plate Welding Qualified				Production Pipe Welding Qualified					Production Box Tube Welding Qualified					
	Weld Type	Positions ^a	Groove CJP	Groove PJP	Fillet	Butt-Groove		T-, Y-, K-Groove		Fillet	Butt-Groove		T-, Y-, K-Groove		Fillet
						CJP	PJP	CJP	PJP		CJP	PIP	CJP	PIP	
P L A T E	Groove ^b	1G	F	F	F, H	F	F		F	F, H	F	F		F	F, H
		2G	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H		F, H	F, H	F, H	F, H		F, H	F, H
		3G	F, H, V	F, H, V	F, H, V	F, H, V	F, H, V		F, H, V	F, H, V	F, H, V	F, H, V		F, H, V	F, H, V
Fillet	4G	F, OH	F, OH	F, H, OH	F, OH	F, OH		F, OH	F, H, OH	F, OH	F, OH		F, OH	F, H, OH	
	3G + 4G	All	All	All (Note h)	All (Note c)	All (Note c)		All (Notes c, e)	All (Note h)	All (Notes d)	All		All (Note e)	All (Note h)	
	1F			F					F					F	
Plug	2F			F, H					F, H					F, H	
	3F			F, H, V					F, H, V					F, H, V	
	4F			F, H, OH					F, H, OH					F, H, OH	
Qualifies Plug and Slot Welding for Only the Positions Tested															
T U B E	Groove ^b (Pipe or Box)	1G Rotated	F	F	F, H	F	F		F	F, H	F	F		F	F, H
		2G	F, H	F, H	F, H	F, H	F, H		F, H	F, H	F, H	F, H		F, H	F, H
		5G	F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH		F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH		F, V, OH	F, V, OH
Pipe Fillet	6G	All	All	All	All	All		All	All	All	All		All	All	
	2G + 5G (Note i)	All	All	All (Note h)	All (Note f)	All (Note f)		All (Notes e, f)	All (Note h)	All	All		All (Note e)	All (Note h)	
	6GR (Fig. 4.27)	All	All	All (Note h)	All (Notes d, f)	All (Note f)		All (Notes e, f)	All (Note h)	All (Note d)	All		All (Note e)	All (Note h)	
Pipe Fillet	ECR (Fig. 4.27 & 4.28)	All	All	All (Note h)	All (Notes d, f)	All (Note f)		All (Notes e, f)	All (Note h)	All (Note d)	All		All (Notes e, g)	All (Note e)	
	1F Rotated			F					F					F	
	2F Rotated			F, H					F, H					F, H	
Pipe Fillet	4F			F, H, OH					F, H, OH					F, H, OH	
	5F			All (Note h)					All (Note h)					All (Note h)	

CJP—Complete Joint Penetration; PJP—Partial Joint Penetration

^a See Figures 4.3, 4.4, 4.5, and 4.6.

^b Groove weld qualification shall also qualify plug and slot welds for the test positions indicated.

^c Only qualified for pipe equal to or greater than 24 in. (600 mm) in diameter with backing, backgouging, or built.

^d Not qualified for joints welded from one side without backing, or welded from two sides without backgouging.

^e Not qualified for welds having groove angles less than 10° (see 4.12.4.2).

^f Qualification using box tubing (Figure 4.27) also qualifies welding pipe over 24 in. (600 mm) in diameter.

^g Pipe or box tubing is required for the 6GR qualification (Figure 4.27). If box tubing is used per Figure 4.27, the macroetch test may be performed on the corners of the test specimen (similar to Figure 4.29).

^h See 4.25 and 4.28 for dihedral angle restrictions for plate joints and tubular T-, Y-, K-connections.

ⁱ Qualification for welding production joints with or without backing or backgouging shall require using the Figure 4.24(A) joint detail. For welding production joints with backing or backgouging, either the Figure 4.24(A) or Figure 4.24(B) joint detail may be used for qualification.

^j The qualification of welding operators for electroslag welding (ESW) or electrolytic welding (EGW) shall only apply for the position tested.

Notes:

1. Not applicable for welding operator qualification (see Table 4.12).

2. Footnotes shown at the bottom of a column box apply to all entries.

ANEXO 8

Tabla para la calificación de Soldadores y Operadores de soldadura, en la cual se indica el número y tipo de especímenes requeridos de prueba y los rangos de espesores y diámetros calificados. (Ver bibliografía 3)

Table 4.11 (Continued)														
Welder and Welding Operator Qualification—Number and Type of Specimens and Range of Thickness and Diameter Qualified (Dimensions in Millimeters) (see 4.18.2.1)														
(1) Test on Plate			Number of Specimens*				Qualified Dimensions							
Production Groove or Plug Welds							Nominal Plate, Pipe or Tube Thickness Qualified, mm							
Type of Test Weld (Applicable Figures)	Nominal Thickness of Test Plate, T, mm	Face Bend ^a (Fig. 4.12)	Root Bend ^b (Fig. 4.12)	Side Bend ^b (Fig. 4.13)	Macro-etch	Min	Max							
Groove (Fig. 4.30 or 4.31)	10	1	1	(Note c)	—	3	20 max ^d							
Groove (Fig. 4.21, 4.22, or 4.29)	10 < T < 25	—	—	2	—	3	1.2T max ^e							
Groove (Fig. 4.21, 4.22, or 4.29)	25 or over	—	—	2	—	3	Unlimited ^f							
Plug (Fig. 4.37)	10	—	—	—	2	3	Unlimited							
Production Fillet Welds (T-joint and Skewed)			Number of Specimens*				Qualified Dimensions							
Type of Test Weld (Applicable Figures)	Nominal Test Plate Thickness, T, mm	Fillet Weld Break	Macro-etch	Side Bend ^b	Root Bend ^b	Face Bend ^a	Nominal Plate Thickness Qualified, mm		Dihedral Angles Qualified ^g					
Groove (Fig. 4.30 or 4.31)	10	—	—	(Note 3)	1	1	3	Unlimited	30°	Unlimited				
Groove (Fig. 4.30 or 4.31)	10 < T < 25	—	—	2	—	—	3	Unlimited	30°	Unlimited				
Groove (Fig. 4.21, 4.22, or 4.29)	≥ 25	—	—	2	—	—	3	Unlimited	30°	Unlimited				
Fillet Option 1 (Fig. 4.36)	12	1	1	—	—	—	3	Unlimited	60°	135°				
Fillet Option 2 (Fig. 4.32)	10	—	—	—	2	—	3	Unlimited	60°	135°				
Fillet Option 3 (Fig. 4.20) (Any diam. pipe)	> 3	—	1	—	—	—	3	Unlimited	30°	Unlimited				
(2) Tests on Pipe or Tubing ^h			Number of Specimens*						Qualified Dimensions		Nominal Plate, Pipe or Tube Wall Thickness ⁱ Qualified, mm			
Production CJP Groove Butt Joints			1G and 2G Positions Only			5G, 6G and 6CR Positions Only			Nominal Pipe or Tube Size Qualified, mm		Min		Max	
Type of Test Weld	Nominal Size of Test Pipe, mm	Nominal Test Thickness, mm	Face Bend ^a	Root Bend ^b	Side Bend ^b	Face Bend ^a	Root Bend ^b	Side Bend ^b	Min	Max	Min	Max		
Groove	≤ 100	Unlimited	1	1	(Note e)	2	2	(Note e)	20	(f)	3	20		
Groove	> 100	≤ 10	1	1	(Note e)	2	2	(Note e)	(Note e)	Unlimited	3	20		
Groove	> 100	> 10	—	—	2	—	—	4	(Note e)	Unlimited	5	Unlimited		

(continued)

ANEXO 8

Continuación de la tabla anterior. (Ver bibliografía 3)

Table 4.11 (Continued)

(2) Test on Pipe or Tubing¹ (cont'd)

Production T-, Y-, or K-Connection CJP Groove Welds			Number of Specimens ^a		Qualified Dimensions					
					Nominal Pipe or Tube Size Qualified, mm		Nominal Wall or Plate Thickness ^a Qualified, mm		Dihedral Angles Qualified ^b	
Type of Test Weld	Nominal Size of Test Pipe, mm	Nominal Test Thickness, mm	Side Bend ^c	Macro- etch	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Pipe Groove (Fig. 4.27)	≥ 150 O.D.	≥ 12	4	—	100	Unlimited	5	Unlimited	30°	Unlimited
Pipe Groove (Fig. 4.28)	≤ 100 O.D.	≥ 5	Note i	—	20	< 100	3	Unlimited	30°	Unlimited
Box Groove (Fig. 4.29)	Unlimited	≥ 12	4	4	Unlimited (Box only)	Unlimited (Box only)	5	Unlimited	30°	Unlimited

Production T-, Y-, or K-Connection Fillet Welds			Number of Specimens ^a				Qualified Dimensions					
							Nominal Pipe or Tube Size Qualified, mm		Nominal Wall or Plate Thickness Qualified, mm		Dihedral Angles Qualified ^b	
Type of Test Weld	Nominal Size of Test Pipe, D	Nominal Test Thickness, mm	Fillet Weld Break	Macro- etch	Root Bend ^c	Face Bend ^c	Min	Max	Min	Max	Min	Max
SG position (Groove)	Unlimited	≥ 3	—	—	2 (Note c)	2 (Note c)	(Note e)	Unlimited	3 (Note d)	Unlimited (Note d)	30°	Unlimited
Option 1 — Fillet (Fig. 4.36) ^d	—	≥ 12	1	1	—	—	600	Unlimited	3	Unlimited	60°	Unlimited
Option 2 — Fillet (Fig. 4.32) ^e	—	10	—	—	2	—	600	Unlimited	3	Unlimited	60°	Unlimited
Option 3 — Fillet (Fig. 4.20)	Unlimited	≥ 3	—	1	—	—	D	Unlimited	3	Unlimited	30°	Unlimited

(3) Tests on Electroslag and Electrogas Welding

Production Plate Groove Welds		Number of Specimens ^a		Nominal Plate Thickness Qualified, mm	
Type of Test Weld	Nominal Plate Thickness Tested, T, mm	Side Bend ^b (see Fig. 4.13)		Min	Max
Groove (Fig. 4.35)	< 38	2		3	T
	38	2		3	Unlimited

¹ All welds shall be visually inspected (see 4.30.1). One test pipe, plate or tubing shall be required for each position tested, unless otherwise noted.
² Radiographic examination of the test plate, pipe or tubing may be made in lieu of the bend tests (see 4.19.1.1).
³ For 10 mm plate or wall thickness, a side-bend test may be substituted for each of the required face- and root-bend tests.
⁴ Also qualifies for welding any fillet or PJP weld size on any thickness of plate, pipe or tubing.
⁵ The minimum pipe size qualified shall be 1/2 the test diameter or 100 mm, whichever is greater.
⁶ See Table 4.10 for appropriate groove details.
⁷ Two plates required, each subject to the test specimen requirements described. One plate shall be welded in the 3F position and the other in the 1F position.
⁸ For dihedral angles < 30°, see 4.26.1.
⁹ Two root and two face bends.

ANEXO 9

Tabla de las variables esenciales para la calificación de soldadores, operadores y apuntaladotes de soldadura. (Ver bibliografía 3)

Table 4.12
Welding Personnel Performance Essential Variable Changes
Requiring Requalification (see 4.22)

Essential Variable Changes to WPQR Requiring Requalification	Welding Personnel		
	Welders ^a	Welding Operators ^{b,c}	Tack Welders
(1) To a process not qualified (GMAW-S is considered a separate process)	X	X	X
(2) To an SMAW electrode with an F-number (see Table 4.13) higher than the WPQR electrode F-number	X		X
(3) To a position not qualified	X	X	X
(4) To a diameter or thickness not qualified	X	X	
(5) To a vertical welding progression not qualified (uphill or downhill)	X		
(6) The omission of backing (if used in the WPQR test)	X	X	
(7) To multiple electrodes (if a single electrode was used in the WPQR test) but not vice versa		X ^d	

^a Not for ESW or ECW.

^b Welders qualified for SAW, GMAW, FCAW or GTAW shall be considered as qualified welding operators in the same processes and subject to the welder essential variable limitations.

^c A groove weld qualifies a slot weld for the WPQR position and the thickness ranges as shown in Table 4.13.

Note:

1. An "X" indicates applicability for the welding for the welding personnel, a shaded area indicates nonapplicability.

2. WPQR = Welding Performance Qualification Record.

3. See Table 4.10 for positions qualified by welder WPQR.

4. See Table 4.11 for ranges of diameters or thicknesses qualified.

ANEXO 10

Tabla de los grupos de electrodos revestidos estructurales de acuerdo a su clasificación AWS. (Ver bibliografía 3)

Table 4.13
Electrode Classification Groups
(see Table 4.12)

Group Designation	AWS Electrode Classification
F4	EXX15, EXX16, EXX18, EXX19, EXX15-X, EXX16-X, EXX18-X
F3	EXX10, EXX11, EXX10-X, EXX11-X
F2	EXX12, EXX13, EXX14, EXX13-X
F1	EXX20, EXX24, EXX27, EXX28, EXX20-X, EXX27-X

Note: The letters "XX" used in the classification designation in this table stand for the various strength levels (60 [415], 70 [485], 80 [550], 90 [620], 100 [690], 110 [760], and 120 [830]) of electrodes.