

# Código ASME Sec.I - Cálculo de la PMTA

Ing. Alejandro Domínguez - Ing.Sofía Machín – Ing.Oliver Kraus



## Relación del inspector con ASME I

Los inspectores de generadores de vapor deben poder determinar los espesores mínimos requeridos o la PMTA de acuerdo a la Sección I del código ASME

## Relación del inspector con ASME I

Además deben conocer los requisitos de fabricación, END, pruebas e inspecciones para poder realizar efectivamente la inspección en servicio, y las actividades relacionadas con las reparaciones y alteraciones

# Preámbulo

Este Código cubre las reglas para la construcción de calderas de potencia, calderas eléctricas, calderas miniatura, calderas de agua de alta temperatura, generadores de vapor con recuperación de calor, generadores de vapor solares, ciertos recipientes a presión con fuego, calentadores de fluido térmico en fase líquida, para ser utilizados en servicio estacionario e incluye aquellas calderas de potencia utilizadas en servicios de locomotoras, portátiles y de tracción.

# Definiciones

- 1 **Caldera de potencia** es una caldera en la cual se genera para uso externo vapor de agua u otro vapor a una presión mayor de 15 psi (100 kPa).
- 2 **Caldera eléctrica** es una caldera de potencia o una caldera de agua de alta temperatura en la cual la fuente de calor es la electricidad.
- 3 **Caldera miniatura** – una caldera de potencia o una caldera de agua de alta temperatura en la cual no se exceden los límites especificados en PMB-2.
- 4 **Caldera de agua de alta temperatura** – una caldera de agua para operar a presiones mayores de 160 psi (1.1 MPa) y/o temperaturas que excedan los 250°F (120°C).
- 5 **Generador de vapor por recuperación de calor (HRSG)** – una caldera que tiene como su fuente principal de energía térmica una corriente de gas caliente que tiene regímenes y temperaturas de rampa alta como el escape de una turbina de gas.
- 6 **Generador de vapor de receptor solar** – un sistema de caldera en el cual se convierte agua en vapor utilizando la energía solar como fuente principal de energía térmica.
- 7 **Recipiente a presión con fuego** se refiere a recalentadores, sobrecalentadores aislables, economizadores ubicados fuera de los límites de la tubería exterior a la caldera, y sobrecalentadores no integrales encendidos de forma separada.
- 8 Para la sección I, **los calentadores de fluidos térmicos de fase líquida** son recipientes a presión en los cuales un fluido que no es agua es calentado, pero no se produce la vaporización del fluido

## Preámbulo – cont.

El Código no contiene reglas que cubran todos los detalles de diseño y construcción. Cuando no se brindan detalles completos, es la intención que el fabricante, sujeto a la aceptación del Inspector Autorizado, deberá suministrar detalles del diseño y construcción los cuales serán tan seguros como aquellos suministrados por las reglas de este Código.

## Preámbulo – cont.

El alcance de jurisdicción de la Sección I se aplica para la caldera misma y la tubería exterior de la caldera.

**Entonces una caldera será: caldera misma + tuberías exteriores a la caldera**

## Preámbulo – cont.

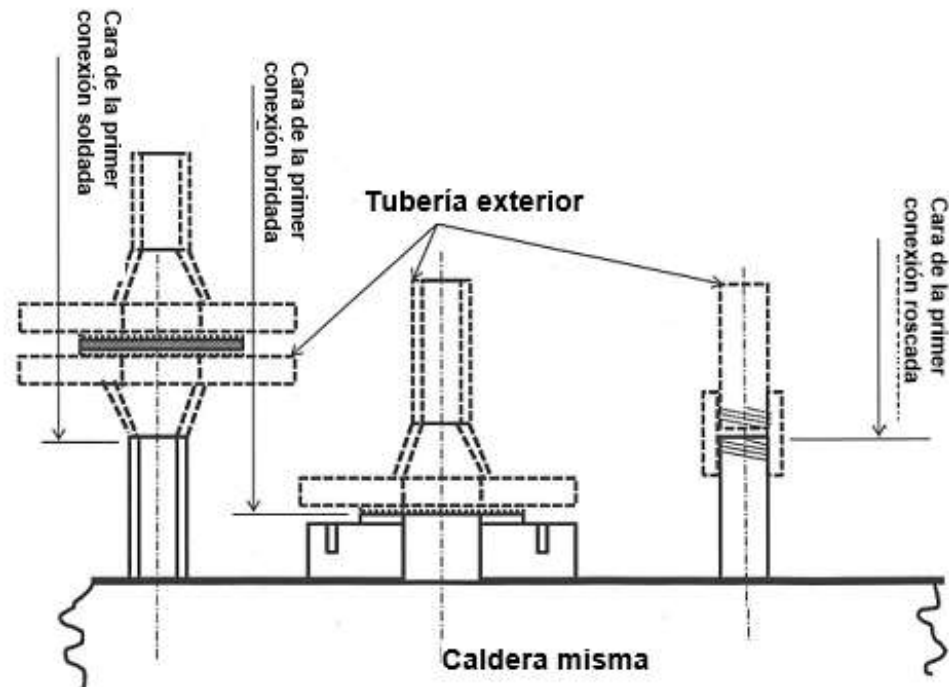
Deberá considerarse como tubería exterior de la caldera a la tubería que comienza donde la caldera misma, o el sobrecalentador aislable, o el economizador aislable terminan en:

- (a) La primera junta circunferencial para conexiones con extremos para soldar; ó
- (b) La cara de la primera brida en conexiones bridadas y apernadas; ó
- (c) La primera junta roscada en ese tipo de conexión, y la cual se extiende hasta e incluyendo la válvula o válvulas requeridas por este Código.



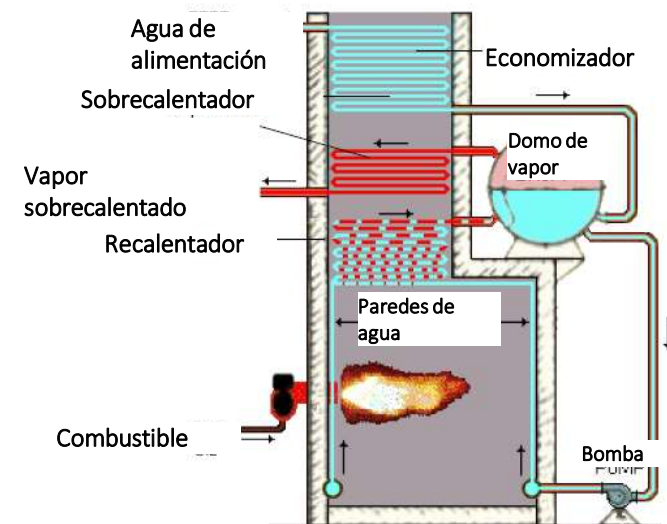
# Preámbulo – cont.

El fabricante lo puede extender, ese es el alcance mínimo establecido en el Código

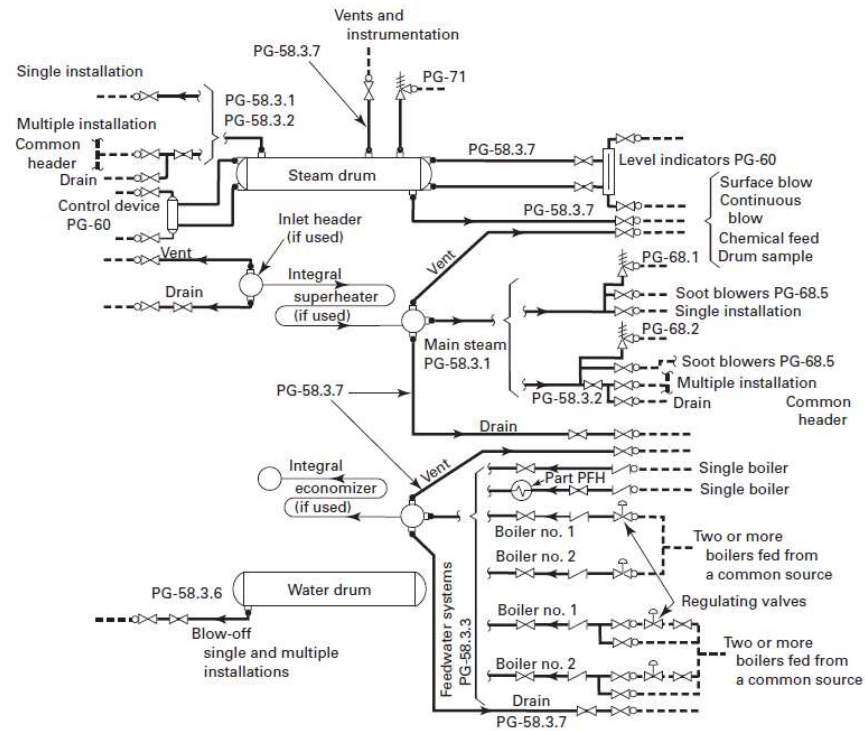


Puede haber solo una primera conexión en cada boquilla

Los sobrecalentadores, economizadores, y otras partes sometidas a presión, **conectadas directamente a la caldera sin la intervención de válvulas,** deberán considerarse como parte de la caldera misma, y su construcción deberá estar de acuerdo con las reglas de la Sección I.



**Figure PG-58.3.1(a)**  
**Code Jurisdictional Limits for Piping — Drum-Type Boilers**



**Administrative Jurisdiction and Technical Responsibility**

- Boiler Proper — The ASME Boiler and Pressure Vessel Code (ASME BPVC) has total administrative jurisdiction and technical responsibility (refer to Section I Preamble)
- Boiler External Piping and Joint — The ASME BPVC has total administrative jurisdiction (mandatory certification by stamping the Certification Mark with appropriate Designator, ASME Data Forms, and Authorized Inspection) of Boiler External Piping and Joint. The ASME Section Committee B31.1 has been assigned technical responsibility.
- - - - Non-Boiler External Piping and Joint — Not Section I jurisdiction (see applicable ASME B31 Code).

GENERAL NOTE: This figure provides references to other paragraphs of the Code for information only.

# REQUISITOS GENERALES

## PARTE PG

# REQUISITOS GENERALES PARA TODOS LOS MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN



## PG-1 ALCANCE

Los requisitos de la Parte PG son aplicables para las calderas de potencia y de alta presión, calderas de agua a alta temperatura y para las partes y accesorios de éstas, y deberán ser usadas en conjunto con los requisitos específicos en las Partes aplicables de esta Sección pertinentes a los métodos de construcción utilizados.

## PG-2 LIMITACIONES DE SERVICIO

PG-2.1 Las reglas de esta Sección son aplicables para los siguientes servicios:

- (a) Calderas en las cuales se genera vapor de agua u otro vapor a una presión mayor de 15 psig ( $1 \text{ kg/cm}^2$ ) para uso externo.
- (b) Calderas de agua a alta temperatura destinadas a operar a presiones mayores de 160 psig (1,1 MPa) y/o temperaturas que excedan los  $250^\circ\text{F}$  ( $120^\circ\text{C}$ ).

PG-2.2 Para servicios por debajo de aquellos especificados en PG-2.1, es la intención que se apliquen las reglas de la Sección IV; sin embargo, las calderas para tales servicios pueden construirse y estamparse de acuerdo con esta Sección siempre y cuando se cumplan con todos los requisitos aplicables.

## PG-4 UNIDADES

a) Para determinar el cumplimiento de todos los requisitos de esta edición (ej. materiales, diseño, fabricación, exámenes, inspección, pruebas, certificación, y protección contra la sobrepresión), pueden utilizarse unidades del Sistema de Medidas de los Estados Unidos, del Sistema Internacional, o unidades habituales de uso local.



b) Se deberá utilizar un sistema de unidades único para todos los aspectos del diseño excepto donde esto sea inviable o poco práctico. Cuando los componentes son fabricados en diferentes lugares, donde las unidades habituales locales son diferentes a aquellas usadas para el diseño general, las unidades locales pueden ser usadas para el diseño sujeto a las limitaciones de c). De manera similar, para componentes de marca registrada o aquellos exclusivamente asociados con un sistema de unidades diferente que los usados para el diseño general, las unidades alternativas pueden ser usadas para el diseño y la documentación de ese componente.

c) Para toda ecuación, todas las variables deberán ser expresadas en un único sistema de unidades.

**Table PG-4-1  
Standard Units for Use in Equations**

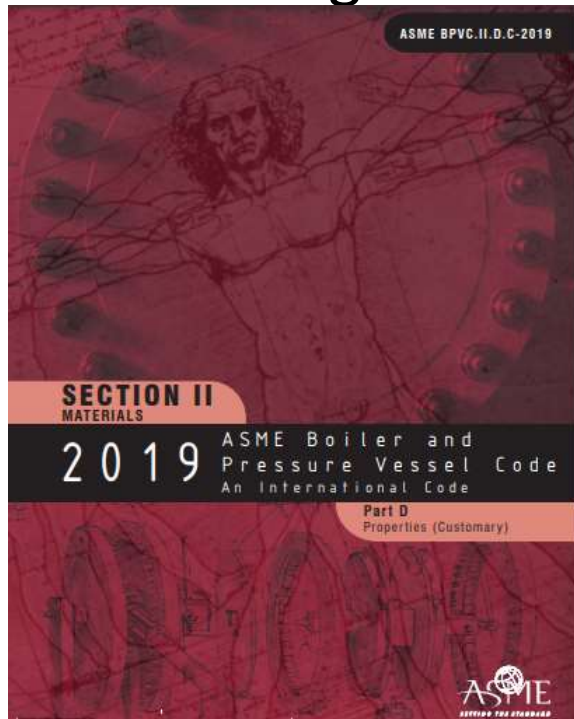
<b>Quantity</b>	<b>U.S. Customary Units</b>	<b>SI Units</b>
Linear dimensions (e.g., length, height, thickness, radius, diameter)	inches (in.)	millimeters (mm)
Area	square inches (in. <sup>2</sup> )	square millimeters (mm <sup>2</sup> )
Volume	cubic inches (in. <sup>3</sup> )	cubic millimeters (mm <sup>3</sup> )
Section modulus	cubic inches (in. <sup>3</sup> )	cubic millimeters (mm <sup>3</sup> )
Moment of inertia of section	inches <sup>4</sup> (in. <sup>4</sup> )	millimeters <sup>4</sup> (mm <sup>4</sup> )
Mass (weight)	pounds mass (lbm)	kilograms (kg)
Force (load)	pounds force (lbf)	newtons (N)
Bending moment	inch-pounds (in.-lb)	newton-millimeters (N-mm)
Pressure, stress, stress intensity, and modulus of elasticity	pounds per square inch (psi)	megapascals (MPa)
Energy (e.g., Charpy impact values)	foot-pounds (ft-lb)	joules (J)
Temperature	degrees Fahrenheit (°F)	degrees Celsius (°C)
Absolute temperature	Rankine (°R)	kelvin (K)
Fracture toughness	ksi square root inches (ksi√in.)	MPa square root meters (MPa√m)
Angle	degrees or radians	degrees or radians
Boiler capacity	Btu/hr	watts (W)

# MATERIALES

## PG-5 GENERAL

PG-5.1 Excepto que de otra manera esté permitido en PG-8.2, PG-8.3, PG-10 y PG-11, todo material sometido a tensiones causadas por la presión deberá cumplir con una de las especificaciones incluidas en la Sección II, y deberá estar limitado a aquellos listados en las Tablas de la Sección II, Parte D. El Fabricante deberá asegurar que se haya recibido el material correcto y que este está completamente identificado antes de proceder con la construcción (ver A-302.4).

Los materiales no deberán utilizarse a temperaturas mas altas que aquellas en las cuales los valores de tensiones están limitados, para la construcción según la Sección I, en las Tablas de la Sección II, Parte D



**SPECIFICATION FOR SEAMLESS CARBON STEEL PIPE  
FOR HIGH-TEMPERATURE SERVICE**



SA-106/SA-106M



[Identical with ASTM Specification A106/A106M-08.]

**Table 1A**  
**Section I; Section III, Classes 2 and 3;\* Section VIII, Division 1; and Section XII**  
**Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials**  
**(\*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)**

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type/Grade	Alloy			P-No.	Group No.
					Desig./UNS No.	Class/Condition/ Temper	Size/Thickness, mm		
1	Carbon steel	Sheet	SA-1008	CS-A	...	...	...	1	1
2	Carbon steel	Sheet	SA-1008	CS-B	...	...	...	1	1
3	Carbon steel	Bar	SA-675	45	...	...	...	1	1
4	Carbon steel	Wld. pipe	SA-134	A283A	...	...	...	1	1
5	Carbon steel	Plate	SA-283	A	...	...	...	1	1
6	Carbon steel	Plate	SA-285	A	K01700	...	...	1	1
7	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	A45	K01700	...	...	1	1
8	Carbon steel	Sheet	SA-414	A	K01501	...	...	1	1
9	Carbon steel	Wld. tube	SA-178	A	K01200	...	...	1	1
10	Carbon steel	Wld. tube	SA-178	A	K01200	...	...	1	1
11	Carbon steel	Smls. tube	SA-179	...	K01200	...	...	1	1
12	Carbon steel	Smls. tube	SA-192	...	K01201	...	...	1	1
13	Carbon steel	Wld. tube	SA-214	...	K01807	...	...	1	1
14	Carbon steel	Smls. tube	SA-556	A2	K01807	...	...	1	1
15	Carbon steel	Wld. tube	SA-557	A2	K01807	...	...	1	1
16	Carbon steel	Wld. pipe	SA-53	E/A	K02504	...	...	1	1
17	Carbon steel	Wld. pipe	SA-53	E/A	K02504	...	...	1	1
18	Carbon steel	Wld. pipe	SA-53	E/A	K02504	...	...	1	1
19	Carbon steel	Wld. pipe	SA-53	F/A	...	...	...	1	1
20	Carbon steel	Smls. pipe	SA-53	S/A	K02504	...	...	1	1
21	Carbon steel	Smls. pipe	SA-53	S/A	K02504	...	...	1	1
22	Carbon steel	Smls. pipe	SA-106	A	K02501	...	...	1	1

**Section I; Section III, Classes 2 and 3;\* Section VIII, Division 1; and Section XII  
Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials  
(\*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)**

Line No.	Min. Tensile Strength, MPa	Min. Yield Strength, MPa	Applicability and Max. Temperature Limits (NP = Not Permitted) (SPT = Supports Only)				External Pressure Chart No.	Notes
			I	III	VIII-1	XII		
1	275	140	NP	NP	343	NP	CS-6	...
2	275	140	NP	NP	343	NP	CS-6	...
3	310	155	NP	343 (Cl. 3 only)	482	343	CS-6	G10, G22, T10
4	310	165	NP	149 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-1	W12
5	310	165	NP	149 (Cl. 3 only)	343	343	CS-1	...
6	310	165	482	371	482	343	CS-1	G10, T2
7	310	165	NP	371	NP	NP	CS-1	S6, W10, W12
8	310	170	NP	NP	482	343	CS-1	G10, T2
9	325	180	538	NP	NP	NP	CS-1	G4, G10, S1, T2, W13
10	325	180	538	NP	538	343	CS-1	G3, G10, G24, S1, T2, W6
11	325	180	NP	NP	482	343	CS-1	G10, T2
12	325	180	538	NP	538	343	CS-1	G10, S1, T2
13	325	180	NP	NP	538	343	CS-1	G24, T2, W6
14	325	180	NP	NP	538	343	CS-1	G10, T2
15	325	180	NP	NP	538	343	CS-1	G24, T2, W6
16	330	205	482	NP	NP	NP	CS-2	G3, G10, S1, T2
17	330	205	482	149 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	G10, S1, T2, W12, W13
18	330	205	NP	NP	482	343	CS-2	G24, T2, W6
19	330	205	399	NP	NP	NP	CS-2	G2, G10, S10, T2, W15
20	330	205	482	149 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	G10, S1, T2
21	330	205	NP	371 (SPT)	482	343	CS-2	G10, T2
22	330	205	538	371	538	343	CS-2	G10, S1, T1

PG-5.5 Se permite el uso de aceros aleados austeníticos para las partes a presión de las calderas que estén en contacto con el vapor durante la operación normal. Excepto que se indique específicamente en PG-9.1.1, PG-12, PEB-5.3, y PFE-4, está prohibido<sup>1</sup> el uso de las aleaciones austeníticas para las partes a presión de las calderas que estén mojadas por el agua durante el servicio normal.

1 Las aleaciones austeníticas son susceptibles a corrosión intergranular y a corrosión bajo tensión cuando se utilizan en aplicaciones de calderas en servicio húmedo con agua. Los factores que afectan la sensibilidad a estos fenómenos metalúrgicos son la tensión aplicada o residual y la composición química del agua. La susceptibilidad al ataque por lo general se ve aumentada por la utilización del material en un estado tensionado con una concentración de agentes corrosivos (por ejemplo, especies de cloruros, cáusticos o de azufre reducido). Para que funcione bien en ambientes de agua, las tensiones residuales y aplicadas deben ser minimizadas y se debe prestar atención cuidadosa a un control continuo de la composición química del agua.

PG-5.2 Los materiales cubiertos por especificaciones en la Sección II no están restringidos por su método de fabricación, a menos que así se establezca en la especificación y siempre que el producto cumpla con los requerimientos de la especificación.

PG-5.3 Si en el desarrollo del arte de la construcción de calderas se desea usar materiales diferentes a los descritos aquí, se debería presentar la información al Comité de Calderas y Recipientes a Presión, de acuerdo con los requisitos del Apéndice 5 de la Sección II, Parte D. Los materiales que no estén completamente identificados con alguna especificación aprobada por el Código, se pueden usar en la construcción de calderas según las condiciones indicadas en PG-10.



## PG-5.6 Materiales No P 15E Grupo 1

PG-5.6.1 Si durante alguna fase de la fabricación o ensamble, alguna parte del componente que no tiene una soldadura se calienta a una temperatura superior a los 1,470°F (800°C), se deberá realizar una de las siguientes acciones:

Table 1A (Cont'd)  
Section I; Section III, Classes 2 and 3;\* Section VIII, Division 1; and Section XII  
Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials  
(\*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type /Grade	Alloy Desig./ UNS No.	Class/ Condition/ Temper	Size/ Thickness, mm	P-No.	Group No.
(19) 1	9Cr-1Mo-V	Smls. tube	SA-213	T91	K90901	...	...	15E	1
(19) 2	...	...	...	...	...	...	...	...	...
(19) 3	9Cr-1Mo-V	Fittings	SA-234	WP91	K90901	...	...	15E	1
(19) 4	...	...	...	...	...	...	...	...	...
(19) 5	9Cr-1Mo-V	Smls. pipe	SA-335	P91	K90901	...	t ≤ 75	15E	1
(19) 6	9Cr-1Mo-V	Smls. pipe	SA-335	P91	K90901	...	t > 75	15E	1
(19) 7	...	...	...	...	...	...	...	...	...
(19) 8	9Cr-1Mo-V	Forged pipe	SA-369	FP91	K90901	...	...	15E	1
(19) 9	...	...	...	...	...	...	...	...	...
(19) 10	9Cr-1Mo-V	Plate	SA-387	91	K90901	2	t ≤ 75	15E	1
(19) 11	9Cr-1Mo-V	Plate	SA-387	91	K90901	2	t > 75	15E	1
(19) 12	9Cr-1Mo-V	Forgings	SA-182	P91	K90901	...	t ≤ 75	15E	1
(19) 13	9Cr-1Mo-V	Forgings	SA-182	P91	K90901	...	t > 75	15E	1

(a) El componente en su totalidad deberá someterse a una re-austenitización y a la repetición del revenido de acuerdo con los requisitos de la especificación.

(b) Aquella parte del componente que se calentó por encima de 1,470°F (800°C), incluida la zona afectada por el calor creada por el calentamiento localizado, debe ser reemplazada o debe ser removida, re-austenitizarse, y volver a revenirse de acuerdo con los requisitos de la especificación y luego vuelto a colocar en el componente.

PG-5.6.2 Si durante alguna fase de la fabricación o ensamble del componente, alguna parte que contiene una soldadura se calienta a una temperatura mayor de 1,425°F (775°C), entonces deberán aplicarse los requisitos de las Notas (3) y (4) de la Tabla PW-39 para Materiales No. P 15E Grupo 1.

<b>Table PW-39-5</b> <b>Mandatory Requirements for Postweld Heat Treatment of Pressure Parts and Attachments</b> <b>— P-No. 15E</b>				
Material	Minimum Holding Temperature, °F (°C) [Note (1)] and [Note (2)]	Maximum Holding Temperature, °F (°C) [Note (3)] and [Note (4)]	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Weld Thickness (Nominal)	
			Up to 5 in. (125 mm)	Over 5 in. (125 mm)
P-No. 15E Group No. 1	1,300 (705)	1,445 (785)	1 hr/in. (1 h/25 mm), 30 min minimum	5 hr plus 15 min for each additional inch (25 mm) over 5 in. (125 mm)

# PG-6 PLACAS

PG-6.1 Las placas de acero para cualquier parte de una caldera sometida a presión, estén o no expuestas al fuego o a los productos de la combustión, deberán ser de calidad para recipientes a presión de acuerdo con una de las siguientes especificaciones:

- SA-204 Placas para recipientes a presión, acero aleado, molibdeno
- SA-240 (tipo 405 únicamente) Placas para recipientes a presión, acero aleado (inoxidable ferrítico), cromo
- SA-285 Placas para recipientes a presión, acero al carbono, baja y media resistencia a la tracción

## PG-6 PLACAS

- SA-299 Placas para recipientes a presión, acero al carbono, manganeso-silicio
- SA-302 Placas para recipientes a presión, acero aleado, manganeso–molibdeno, y manganeso-molibdeno-níquel
- SA-387 Placas para recipientes a presión, acero aleado, cromo-molibdeno,
- SA-515 Placas para recipientes a presión, acero al carbono, para servicio a media y alta temperatura
- SA-516 Placas para recipientes a presión, acero al carbono, para servicio a baja y media temperatura

# PG-6 PLACAS

SA/AS 1548 Placas de acero soldable de grano fino, para equipos a presión

SA/EN-10028-2 Productos planos hechos de aceros para aplicaciones a presión

SA/GB 713 Placas de acero al carbono para calderas y recipientes a presión

SA/JIS G3118 Placas de acero al carbono para recipientes a presión para servicio a temperatura media y moderada

## PG-7 FORJADOS

- PG-7.1 Los domos forjados sin costura, de acero, contruidos de acuerdo con SA-266 para acero al carbono, y SA-336 para acero aleado, pueden ser utilizados para cualquier parte de una caldera para la cual se especifica o permite calidad de recipiente a presión.
- PG-7.2 Las bridas forjadas, accesorios, boquillas, válvulas, y otras partes sometidas a presión de una caldera deberán ser de un material que cumpla con alguna de las especificaciones de producto forjado listadas en PG-9.
- PG-7.3 Los domos, cuerpos, o cúpulas, pueden ser de construcción conformados sin costura, con o sin cabezales integrales, siempre y cuando el material cumpla con los requisitos del Código para el material del cuerpo.

## PG-8 FUNDICIONES

PG-8.1 Con excepción del uso limitado permitido por PG-8.2 y PG-8.3, las fundiciones usadas en la construcción de recipientes y sus partes deberán cumplir con alguna de las especificaciones listadas en PG-9, para las cuales los valores de tensión máxima admisible se dan en las Tablas 1A y 1B, Sub parte 1 de la Sección II, Parte D. Para todas las fundiciones, con excepción de la fundición de hierro, los valores de tensiones admisibles deberán ser multiplicados por el factor de calidad aplicable de la fundición indicado en PG-25.



## PG-8 FUNDICIONES

Cuando se use fundición de hierro, como se permite en PG-11.1 para las partes estándar sometidas a presión, se deberá cumplir con uno de los siguientes estándares:

- ASME B16.1: Bridas y accesorios bridados para tubería, de fundición gris
- ASME B16.4: Accesorios roscados, de fundición de hierro

## PG-8.2 Fundición de hierro

PG-8.2.1 No deberá usarse fundición de hierro para las boquillas o bridas unidas directamente a la caldera, para cualquier presión o temperatura.

PG-8.2.2 Puede usarse fundición de hierro SA-278 para las conexiones sometidas a presión de la caldera y del sobrecalentador, tales como accesorios para tubería, columnas de agua, válvulas y sus bonetes, para presiones hasta 250 psi (1,7 MPa), siempre que la temperatura del vapor no exceda los 450°F (230°C).

PG-8.3 Fundición de hierro nodular. Puede usarse fundición de hierro nodular SA-395 para las conexiones sometidas a presión de la caldera y del sobrecalentador, tales como accesorios para tubería, columnas de agua, válvulas y sus bonetes, para presiones que no excedan los 350 psi (2,5 MPa), siempre que la temperatura del vapor no exceda los 450°F (230°C).

PG-8.4 No ferrosas. Las fundiciones de bronce deberán cumplir con SB-61, SB-62 y SB-148, y pueden utilizarse solamente para lo siguiente

PG-8.4.1 Bridas y accesorios bridados o roscados que cumplan con los requisitos de presión y temperatura de ASME B16.15 o B16.24, excepto que estos accesorios no deberán usarse cuando sea requerido específicamente acero u otro material. Los accesorios roscados no deberán usarse cuando estén especificados los del tipo bridado.

PG-8.4.1.1 Para válvulas a valores de tensiones admisibles que no excedan aquellos dados en la Tabla 1B, Subparte 1, de la Sección II, Parte D, con temperaturas máximas admisibles de 550°F (290°C) para SB-61 y SB-148, y de 406°F (208°C) para SB-62.

PG-8.4.1.2 Para partes de las válvulas de alivio de presión, sujetas a las limitaciones de PG-73.3.4.

# PG-9 TUBERÍAS, TUBOS Y PARTES CONTENEDORAS DE PRESIÓN

Las tuberías, los tubos, y las partes contenedoras de presión usadas en calderas deberán cumplir con alguna de las especificaciones listadas en este párrafo para las cuales los valores de tensiones máximas admisibles están indicados en las Tablas 1A y 1B, Subparte 1, de la Sección II, Parte D...

PG-9.1 Las partes de la caldera deberán ser únicamente de las siguientes especificaciones:

SA-53 Tubería de acero, negro y galvanizada por inmersión en caliente, soldada y sin costura (excluyendo galvanizada)

SA-105 Productos forjados de acero al carbono, para aplicaciones en tuberías

SA-106 Tubería sin costura de acero al carbono, para servicio a alta temperatura

SA-178 Tubos para calderas y sobrecalentadores soldados por resistencia eléctrica, de acero al carbono y acero al carbono-manganeso

SA-181 Forjados de acero al carbono, para tuberías de propósitos generales

SA-182 Bridas para tubería roladas o forjadas de acero aleado, accesorios forjados, y válvulas y partes, para servicio a alta temperatura (únicamente ferrítico)

...



PG-9.1.2 Los materiales para usar en conectores de tubos o tubería y en la cámara de presión en los dispositivos remotos medidores de nivel de agua, como se hace referencia en PG-12.2, deberán ser de una de las especificaciones listadas en PG-9.1 o de una de las siguientes:

SA-213 Tubos sin costura para calderas, sobrecalentadores e intercambiadores de calor, acero aleado ferrítico y austenítico

...

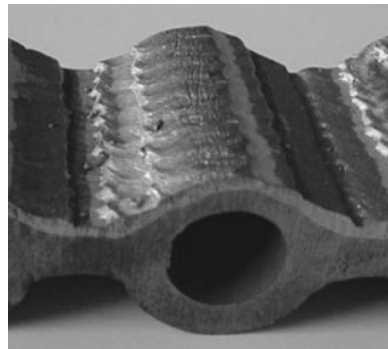
PG-9.2 Las partes de los sobrecalentadores deberán ser de alguna de las especificaciones listadas en PG-9.1, PG-9.1.1, o una de las siguientes:

SA-182

SA-213 ...

PG-9.3 No deberán usarse tubos o tubería de cobre o de aleaciones de cobre en la caldera misma para cualquier servicio en el que la temperatura exceda los 406°F (208°C). Excepto como se indica en PFT-12.1.1, las tuberías de cobre y de aleaciones de cobre deberán ser sin costura, y tener un espesor no menor al de la tubería estándar ASME SCH. 40, y deberán cumplir con alguna de las siguientes especificaciones, SB-42...

PG-9.4 Pueden usarse tubos bimetálicos, con un núcleo de un material aceptable para caldera y sobrecalentador, y con cladding externo de otra aleación metálica, siempre que se cumplan con los requisitos de PG-27.2.1.5. Al aplicar las reglas de PG-27.2.1 para los tubos que son recubiertos por difusión no se deberá incluir la resistencia del clad



PG-9.5 Los productos ERW deberán estar limitados a un espesor máximo de 1/2 in. (13 mm) para las aplicaciones con presión interna. Para las aplicaciones con presión externa, los productos ERW deberán estar limitados a un espesor máximo de 1/2 in. (13 mm) y a un diámetro máximo de NPS 24 (DN 600).



PG-9.6 Además de los otros materiales permitidos por esta Sección, las vainas para instrumentos pueden fabricarse con una de las siguientes aleaciones de titanio:

SB-265...

PG-9.7 Además de los otros materiales permitidos por esta Sección, los siguientes materiales están permitidos solamente para su uso en economizadores o calentadores de agua de alimentación y su tubería asociada:

(a) SA-182, Bridas para tubería forjadas o laminadas, accesorios forjados, válvulas y partes, para servicio a alta temperatura, acero aleado (únicamente S31803)

(b) SA-240, Placa para recipiente a presión, acero aleado (inoxidable ferrítico), cromo (S31803 solamente)

...

PG-10 MATERIAL IDENTIFICADO O PRODUCIDO CON  
UNA ESPECIFICACIÓN NO PERMITIDA POR ESTA  
SECCIÓN, Y MATERIAL NO IDENTIFICADO  
COMPLETAMENTE



**PG-10.1 Identificado con certificación completa del fabricante del material.** Se puede aceptar aquel material identificado con una especificación no permitida por esta Sección, o el material procurado con requisitos de composición química e identificado con un lote único de producción tal como lo requiere una especificación permitida, si cumple con los requisitos de una especificación permitida por esta Sección, siempre que se cumplan satisfactoriamente las condiciones establecidas en PG-10.1.1 o PG-10.1.2.

PG-10.1.1 Recertificación por parte de una organización diferente al fabricante de la caldera o de la parte:

PG-10.1.1.1 Se ha demostrado el cumplimiento de todos los requisitos, incluidos pero no limitados al método de fundición, la práctica de fundición, la desoxidación, la calidad, y el tratamiento térmico de la especificación permitida por esta Sección, con la cual el material se va a recertificar.

PG-10.1.1.2 El fabricante del material ha proporcionado al fabricante de la caldera o de la parte una copia de la certificación, con el análisis químico requerido por la especificación permitida, con la documentación que muestra los requisitos con los cuales el material fue producido y comprado, y que indica que no hay conflicto con los requisitos de la especificación permitida.

PG-10.1.1.3 Se ha entregado al fabricante de la caldera o de la parte una certificación que indica que el material se fabricó y ensayó de acuerdo con los requisitos de la especificación según la cual el material es recertificado, excluyendo los requisitos específicos de marcado. Además, se le han entregado copias de todos los documentos e informes de ensayos relacionados con la demostración de conformidad con los requisitos de la especificación permitida.

PG-10.1.1.4 El material y el certificado de conformidad o el reporte de ensayos del material se han identificado con la designación de la especificación según la cual el material se recertificó y con la anotación “Certificado según PG-10”.

...

## PG-10.1.2 Recertificación por el fabricante de la caldera o de la parte

...

**PG-10.2 Material identificado con un lote de producción particular como es requerido por una especificación permitida por esta sección, pero que no puede ser calificado según PG-10.1**

Cualquier material identificado con un lote de producción particular tal como lo requiere una especificación permitida por esta Sección, pero para el cual la documentación requerida en PG-10.1 no se encuentra disponible, puede aceptarse como que reúne los requisitos de la especificación permitida por esta Sección siempre que se cumplan satisfactoriamente las condiciones establecidas a continuación.

PG-10.2.1 Recertificación por parte de una organización que no sea el fabricante de la caldera o de la parte – No está permitida.

PG-10.2.2 Recertificación por parte del fabricante de la caldera o de la parte.

PG-10.2.2.1 Se realizan análisis químicos en diferentes piezas del lote para establecer un análisis promedio el cual debe aceptarse como representativo del lote. Las piezas elegidas para análisis deberán seleccionarse al azar del lote. La cantidad de piezas seleccionadas deberá ser al menos el 10% del número de piezas del lote, pero no menos de tres...

PG-10.2.2.2 Los ensayos para determinar propiedades mecánicas se realizan de acuerdo con los requisitos de la especificación permitida y los resultados de las pruebas cumplen con los requisitos especificados.



PG-10.2.2.3 Para las aplicaciones en las que las tensiones máximas admisibles están sujetas a una nota de la Tabla 1A de la Sección II, Parte D, en las que se requiere el uso de acero calmado, el Inspector tiene a su disposición la documentación en la cual se establece que el material es un acero calmado.

PG-10.2.2.4 Cuando la especificación permitida incluye requisitos de estructura metalúrgica (por ejemplo, tamaño de grano austenítico fino), se realizan las pruebas y los resultados son suficientes para establecer que se cumplieron esos requisitos de la especificación

PG-10.2.2.5 Cuando los requisitos de la especificación permitida incluyen tratamiento térmico, el material es tratado térmicamente de acuerdo con esos requisitos, ya sea antes o durante la fabricación.

PG-10.2.2.6 Cuando ha sido establecida la conformidad del material con la especificación permitida, el material ha sido marcado como lo requiere la especificación permitida.

## PG-10.3 Material no identificado completamente

El material que no puede calificarse según las disposiciones de PG-10.1 o PG-10.2, tal como los materiales no identificados completamente según los requisitos de la especificación permitida o materiales no identificados, pueden aceptarse como que reúnen los requisitos de una especificación permitida por esta Sección siempre que las condiciones dispuestas a continuación se cumplan satisfactoriamente.

PG-10.3.1 Calificación por parte una organización que no sea el fabricante de la caldera o de la parte - No está permitida.

PG-10.3.2 Calificación por parte del fabricante de la caldera o de la parte.

PG-10.3.2.1 Cada pieza es ensayada para demostrar que cumple con la composición química para análisis de producto y con los requisitos de las propiedades mecánicas de la especificación permitida. Es necesario hacer los análisis solamente para los elementos requeridos por la especificación permitida. Sin embargo, debería considerarse realizar los análisis para los elementos no incluidos en la especificación pero que pueden ser nocivos si se presentan en cantidades excesivas.

PG-10.3.2.2 Se cumplen con las disposiciones de PG-10.2.2.3, PG-10.2.2.4, y PG-10.2.2.5.

PG-10.3.2.3 Cuando se establece la identificación del material con la especificación permitida de acuerdo con PG-10.3.2.1 y PG-10.3.2.2, cada pieza (o paquete, etc., si lo permite la especificación) es marcada con una marca que incluya el número y el grado de la especificación permitida, el tipo o la clase según corresponda, y un número de serie que identifique el lote particular de material

# PG-11 PARTES DE PRESIÓN PREFABRICADAS O PREFORMADAS PROVISTAS SIN UNA MARCA DE CERTIFICACIÓN

PG-11.1 General. En general, todas las partes de presión prefabricadas o preformadas deberán ser certificadas como cumpliendo las reglas de esta Sección mediante reportes de datos ASME y requisitos de marcado de conformidad incluidos en otra parte en esta Sección...

Las partes de presión prefabricadas o preformadas suministradas bajo lo establecido en PG-11.2 hasta PG-11.4 están excluidas de los requisitos de reportes de datos ASME y marcado de conformidad incluidos en otra parte en esta Sección. Las reglas de PG-11.2 hasta PG-11.4 no deberán ser aplicadas a cuerpos y cabezales soldados. Una parte suministrada bajo los requisitos de PG-11.2, PG-11.3, y PG-11.4 no necesita ser fabricada por un poseedor de certificado



PG-11.2 Partes a presión estándar fundidas, forjadas, roladas o estampadas. Las partes sometidas a presión tales como cuerpos, cabezales, tapas removibles y de aberturas de ingreso que son completamente formadas por fundición, forjado, rolado o conformado pueden ser suministradas básicamente como materiales. Todas esas partes deberán ser de materiales permitidos por esta Sección, y el fabricante de la parte deberá suministrar identificaciones de acuerdo con PG-5.

PG-11.3 Partes a presión fundidas, forjadas, roladas o estampadas, soldadas o no soldadas, que cumplen con un estándar de producto ASME.

PG-11.3.1. PG-11.3 aplica a partes sometidas a presión tales como accesorios de tubería, válvulas, bridas, boquillas, tapas para soldar, marcos y cubiertas de entradas de hombre, y carcasas de bombas, que son parte del sistema de circulación de la caldera que cumplen con un estándar de producto ASME aceptado como referencia en PG-42 y que están marcados de acuerdo al mismo.

## ASME B16.5 Bridas y accesorios bridados

...

*El estándar de producto ASME establece las bases para la clasificación presión-temperatura y para el mercado, a menos que sea modificado en PG-42.*

**Table F2-1.1 Pressure-Temperature Ratings for Group 1.1 Materials**

Nominal Designation	Forgings	Castings	Plates
C-Si	A 105 (1)	A 216 Gr. WCB (1)	A 515 Gr. 70 (1)
C-Mn-Si	A 350 Gr. LF2 (1)		A 516 Gr. 70 (1), (2)
C-Mn-Si-V	A 350 Gr. LF6 Cl. 1 (4)		A 537 Cl. 1 (3)
3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Ni	A 350 Gr. LF 3		

Class Temp., °F	Working Pressures by Classes, psig						
	150	300	400	600	900	1500	2500
-20 to 100	285	740	985	1480	2220	3705	6170
200	260	680	905	1360	2035	3395	5655
300	230	655	870	1310	1965	3270	5450
400	200	635	845	1265	1900	3170	5280
500	170	605	805	1205	1810	3015	5025
600	140	570	755	1135	1705	2840	4730
650	125	550	730	1100	1650	2745	4575
700	110	530	710	1060	1590	2655	4425
750	95	505	675	1015	1520	2535	4230
800	80	410	550	825	1235	2055	3430
850	65	320	425	640	955	1595	2655
900	50	230	305	460	690	1150	1915
950	35	135	185	275	410	685	1145
1000	20	85	115	170	255	430	715

**NOTES:**

- (1) Upon prolonged exposure to temperatures above 800°F, the carbide phase of steel may be converted to graphite. Permissible, but not recommended for prolonged use above 800°F.
- (2) Not to be used over 850°F.
- (3) Not to be used over 700°F.
- (4) Not to be used over 500°F.

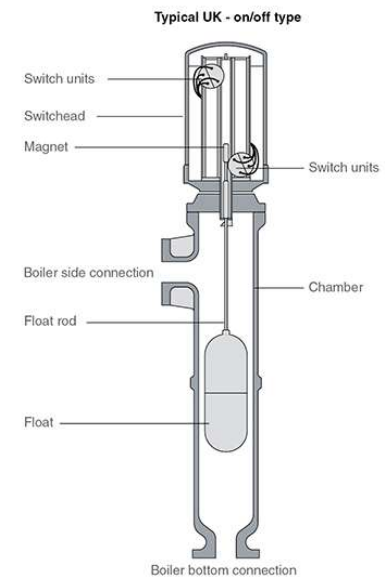
## PG-12 MATERIAL DE LOS INDICADORES DEL NIVEL DE AGUA Y SUS CONECTORES

PG-12.1 Los materiales para el cuerpo y los conectores de los indicadores de nivel deberán cumplir con los requisitos del estándar del fabricante que define la clasificación presión-temperatura marcada en la unidad. Los materiales usados pueden incluir aceros inoxidable austeníticos y aleaciones de base de níquel<sup>1</sup>.



PG-12.2 Las calderas que tengan una presión máxima admisible de trabajo que no exceda los 900 psi (6 MPa) pueden usar métodos alternativos para los indicadores de nivel remotos independientes o para los dispositivos sensores del nivel de agua (ver PG-60 para los requisitos de los indicadores del nivel de agua y las columnas de agua).

Los dispositivos sensores pueden incluir un flotador interno acoplado magnéticamente dentro de una cámara de presión cilíndrica no magnética para detectar a través de la pared la posición del flotador...



...

Las tensiones y las dimensiones de la cámara de presión deberán cumplir con los requisitos apropiados de PG-27 y la Parte PW, deberán cumplir con alguna de las especificaciones indicadas en PG-9.1.2, y deberán estar restringidos a los grados de material enumerados en PG-12.3.

PG-12.3 Los materiales para los conectores y para la cámara de presión del indicador del nivel de agua remoto o de los dispositivos sensores del nivel de agua, con excepción de las columnas de agua, pueden incluir aceros inoxidable austeníticos y aleaciones de base de níquel. El material deberá estar en la condición de tratado térmicamente por recocido de disolución. Si se usan metales de aporte en la soldadura de los aceros inoxidable austeníticos, ellos deberán estar limitados a los de bajo contenido de carbono.

El material deberá ser de uno de los grados de la siguiente lista:

Grade	UNS Number
304L	S30403
316L	S31603
800	N08800
...	N08020
825	N08825
C-276	N10276
...	N06022
690	N06690
59	N06059
625	N06625
600	N06600

## PG-13 RIOSTRAS

Las riostras roscadas deberán ser de acero que cumpla con SA-36, SA/CSA-G40.21, o SA-675.

Los tubos de acero sin costura para riostras roscadas deberán cumplir con SA-192 o SA-210.

Los pernos de riostra, las riostras, las riostras pasantes, o riostras con los extremos para unir con soldadura por fusión deberán cumplir con SA-36, SA/CSA-G40.21, o SA-675.



## PG-14 REMACHES

PG-14.1 Los remaches deberán cumplir con SA-31, Especificación para remaches de acero y barras para remaches, recipientes a presión.

PG-14.1.1 En vez de SA-31, se permite sustituir la barra con la cual se obtienen los remaches por SA-36, Especificación para acero al carbono estructural, según las condiciones especificadas en PG-14.1.1.1 y PG-14.1.1.2.

PG-14.1.1.1 Además de cumplir con SA-36, la barra deberá cumplir con: ...

## PG-16 GENERAL

PG-16.1 El diseño de las calderas de potencia, calderas de agua a alta temperatura y otras partes sometidas a presión incluidas dentro del alcance de estas reglas, deberá cumplir con los requisitos generales de diseño presentados en los siguientes párrafos además de los requisitos específicos para el mismo incluidos en las partes aplicables de esta sección que correspondan a los métodos usados para la construcción.

Esta sección no contiene las reglas para cubrir todos los detalles posibles del diseño. Cuando no se den reglas detalladas, el propósito es que el fabricante, sujeto a la aceptación del inspector, deberá establecer los detalles del diseño, lo cuales serán tan seguros como aquellos establecidos en las reglas de esta sección. Esto puede lograrse por medio de los métodos analíticos apropiados, por el uso de las reglas de otros códigos de diseño, o según lo permita PG-18 por medio de ensayos de aptitud.

**PG-16.3 Espesores mínimos.** A excepción de las calderas eléctricas construidas de acuerdo con las reglas de la Parte PEB, el espesor mínimo de cualquier placa de caldera sometida a presión deberá ser de 1/4 in. (6 mm). El espesor mínimo de las placas en las cuales se pueden aplicar riostras, que no sean las placas del cuerpo cilíndrico exterior, deberá ser de 5/16 in. (8 mm).

Cuando se utiliza una tubería mayor a NPS 5 (DN 125) en lugar de placa, para el cuerpo de los componentes cilíndricos sometidos a presión, el espesor mínimo de la pared no deberá ser menor que 1/4 in. (6 mm) o el espesor mínimo de pared de la tubería estándar listada en ASME B36.10M, Tabla 1. Los requisitos de espesores mínimos indicados anteriormente no incluyen ningún margen por corrosión, erosión, y conformado.

## PG-16.4 Tolerancia inferior en placas.

En las construcciones de acuerdo al código puede usarse material de placa cuyo espesor no se reduzca en más de 0,01 in. (0,3 mm) con respecto al espesor calculado con las fórmulas, siempre que la especificación del material permita el suministro de dichas placas con espesores reducidos en no más que 0,01 in. (0,3 mm) del espesor ordenado.

**PG-16.5 Tolerancia inferior en tuberías y tubos.** El material de tubos y tuberías no se deberá ordenar más delgado que el calculado con las fórmulas aplicables de esta sección. El material ordenado deberá incluir disposiciones sobre la tolerancia inferior de fabricación permitida como se indica en la Sección II en la especificación aplicable de tubería o tubo.

## **PG-17 FABRICACIÓN POR UNA COMBINACIÓN DE MÉTODOS**

Se puede diseñar y fabricar una caldera y sus partes por medio de una combinación de los métodos de fabricación dados en esta Sección, siempre que se cumplan las reglas aplicables para los métodos respectivos de fabricación, y que la caldera se limite al servicio permitido por el método de fabricación que tenga los requerimientos más restrictivos.



## PG-18 VALIDACIÓN DEL DISEÑO POR ENSAYOS DE APTITUD

Cuando no se den reglas para calcular la resistencia de una caldera o cualquier parte de ésta, el Fabricante puede establecer la MAWP mediante el ensayo de un prototipo de tamaño real de acuerdo con A-22, “Ensayos de aptitud para establecer la presión máxima admisible de trabajo”.

## **PG-19 CONFORMADO EN FRÍO DE MATERIALES AUSTENÍTICOS<sup>3</sup>**

Las áreas conformadas en frío de componentes sometidos a presión, fabricados de aleaciones austeníticas, deberán ser tratadas térmicamente durante 20 minutos por cada pulgada de espesor o 10 minutos, lo que sea mayor, a las temperaturas indicadas en la Tabla PG-19 según las siguientes condiciones:

(a) la temperatura del conformado final es inferior a la temperatura mínima de tratamiento térmico indicada en la Tabla PG-19

(b) la temperatura de diseño del metal y las deformaciones de conformado exceden los límites indicados en la Tabla PG-19

**Table PG-19  
Post Cold-Forming Strain Limits and Heat-Treatment Requirements for Austenitic Materials and Nickel-Based Alloys**

Grade	UNS Number	Limitations in Lower Temperature Range					Limitations in Higher Temperature Range			Minimum Heat-Treatment Temperature When Design Temperature and Forming Strain Limits Are Exceeded [Note (1)] and [Note (2)]	
		For Design Temperature				And Forming Strains Exceeding	For Design Temperature Exceeding		And Forming Strains Exceeding		
		Exceeding		But Less Than or Equal to			°F	°C			
		°F	°C	°F	°C		°F	°C			
304	S30400	1,075	(580)	1,250	(675)	20%	1,250	(675)	10%	1,900	(1 040)
304H	S30409	1,075	(580)	1,250	(675)	20%	1,250	(675)	10%	1,900	(1 040)
...	S30432	1,000	(540)	1,250	(675)	15%	1,250	(675)	10%	2,000	(1 095)
304N	S30451	1,075	(580)	1,250	(675)	15%	1,250	(675)	10%	1,900	(1 040)
309S	S30908	1,075	(580)	1,250	(675)	20%	1,250	(675)	10%	2,000	(1 095)
310H	S31009	1,075	(580)	1,250	(675)	20%	1,250	(675)	10%	2,000	(1 095)
310S	S31008	1,075	(580)	1,250	(675)	20%	1,250	(675)	10%	2,000	(1 095)
310HCbN	S31042	1,000	(540)	1,250	(675)	15%	1,250	(675)	10%	2,000	(1 095)
316	S31600	1,075	(580)	1,250	(675)	20%	1,250	(675)	10%	1,900	(1 040)
316H	S31609	1,075	(580)	1,250	(675)	20%	1,250	(675)	10%	1,900	(1 040)
316N	S31651	1,075	(580)	1,250	(675)	15%	1,250	(675)	10%	1,900	(1 040)
321	S32100	1,000	(540)	1,250	(675)	15% [Note (3)]	1,250	(675)	10%	1,900	(1 040)
321H	S32109	1,000	(540)	1,250	(675)	15% [Note (3)]	1,250	(675)	10%	2,000	(1 095)
347	S34700	1,000	(540)	1,250	(675)	15%	1,250	(675)	10%	1,900	(1 040)

Las deformaciones de conformado deberán calcularse de la siguiente manera:

Cilindros conformados a partir de placas

$$\% \text{ de deformación} = \frac{50t}{R_f} \left( 1 - \frac{R_f}{R_o} \right)$$

Tapas esféricas o cóncavas conformadas a partir de placas

$$\% \text{ de deformación} = \frac{50t}{R_f} \left( 1 - \frac{R_f}{R_o} \right)$$

## Curvas de tubos y tubería

$$\% \text{ de deformación} = \frac{100r}{R}$$

donde:

R = radio nominal de doblado hasta la línea central de la tubería o del tubo

r = radio nominal exterior de la tubería o tubo

Rf = radio medio después de conformado

Ro = radio medio original (igual a infinito para una placa plana)

t = espesor nominal de la placa, tubería, o tubo antes del conformado

Ejemplo: Se va a conformar una curva de acero inoxidable tipo 304, con las siguiente dimensiones:

R = 150 mm (radio nominal de doblado hasta la línea central de la tubería o del tubo)

r = 44,4 mm (radio nominal exterior de la tubería o tubo)

Porcentaje de deformación =  $100 \times (r/R) = 100 \times (44,4/150)$

Porcentaje de deformación = 29,6 %

**Table PG-19**  
**Post Cold-Forming Strain Limits and Heat-Treatment Requirements for Austenitic Materials and Nickel-Based Alloys**

Grade	UNS Number	Limitations in Lower Temperature Range				Limitations in Higher Temperature Range			Minimum Heat-Treatment Temperature When Design Temperature and Forming Strain Limits Are Exceeded [Note (1)] and [Note (2)]		
		For Design Temperature		And Forming Strains	For Design Temperature Exceeding	And Forming Strains Exceeding					
		Exceeding	But Less Than or Equal to				°F	°C	°F	°C	
		°F	°C	°F	°C	Exceeding	°F	°C			
304	S30400	1,075	(580)	1,250	(675)	20%	1,250	(675)	10%	1,900	(1 040)
304H	S30409	1,075	(580)	1,250	(675)	20%	1,250	(675)	10%	1,900	(1 040)
	S30422	1,000	(540)	1,250	(675)	15%	1,250	(675)	10%	2,000	(1 100)

PG-19.1 Cuando las deformaciones por el conformado no se pueden calcular de acuerdo con lo indicado en PG-19, el fabricante tiene la responsabilidad de determinar la máxima deformación de conformado.

PG-19.2 Para abocardado, forjado y recalcado, se deberá aplicar tratamiento térmico de acuerdo con la Tabla PG-19, independientemente de la cantidad de deformación.



## PG-20 CONFORMADO EN FRÍO DE ACEROS FERRÍTICOS CON RESISTENCIA AL CREEP MEJORADA

Las áreas conformadas en frío de componentes que retienen presión, fabricados de aleaciones ferríticas **con resistencia al creep mejorada** deberán ser tratadas térmicamente de acuerdo con la Tabla PG-20. El conformado en frío se define como cualquier método realizado a una temperatura inferior a los 1,300°F (705°C) y que produce deformaciones en el material. Los cálculos para las deformaciones en frío deberán realizarse de acuerdo a PG-19

**Table PG-20  
Post Cold-Forming Strain Limits and Heat-Treatment Requirements**

Grade	UNS Number	Limitations in Lower Temperature Range					Limitations in Higher Temperature Range			Required Heat Treatment When Design Temperature and Forming Strain Limits Are Exceeded
		For Design Temperature				And Forming Strains	For Design Temperature Exceeding		And Forming Strains	
		Exceeding		But Less Than or Equal to			°F	°C		
		°F	°C	°F	°C					
91	K90901	1,000	(540)	1,115	(600)	> 25%	1,115	(600)	> 20%	Normalize and temper [Note (1)] Postbend heat treatment [Note (2)], [Note (3)], [Note (4)]
		1,000	(540)	1,115	(600)	> 5 to ≤ 25%	1,115	(600)	> 5 to ≤ 20%	

GENERAL NOTE: The limits shown are for cylinders formed from plates, spherical or dished heads formed from plate, and tube and pipe bends. The forming strain limits tabulated in the table shall be divided by two if PG-19.1 is applied. For any material formed at 1,300°F (705°C) or above, and for cold swages, flares, or upsets, normalizing and tempering is required regardless of the amount of strain.

NOTES:

(1) Normalization and tempering shall be performed in accordance with the requirements in the base material specification, and shall not be performed locally. The material shall either be heat treated in its entirety, or the cold strained area (including the transition

## PG-20.1 Tubos y tuberías de **acero al carbono y de carbono molibdeno**

El tratamiento térmico posterior al conformado para curvas conformadas en frío de tubos y tuberías de acero al carbono y de carbono molibdeno que conducen agua o vapor de agua es requerido como se especifica en este párrafo. Tubos y tuberías que conducen fluido o vapor que no sean ni agua ni vapor de agua están exceptuados de estas reglas...

## **PG-21 PRESIÓN MÁXIMA ADMISIBLE DE TRABAJO**

La presión máxima admisible de trabajo es la presión determinada mediante el empleo de los valores de tensiones admisibles, las reglas de diseño, y las dimensiones indicadas en esta Sección.

PG-21.1 Ninguna caldera, a excepción de un generador de vapor de circulación forzada sin nivel fijo de agua-vapor que cumpla con las disposiciones de PG-67, deberá ser operada a una presión mayor que la presión máxima admisible de trabajo, excepto cuando la válvula o las válvulas de alivio de presión estén descargando, en cuyo momento la presión máxima admisible de trabajo no deberá ser excedida en más de un 6%.

PG-21.2 Se pretende que las condiciones máximas esperadas y sostenidas de presión y temperatura sean seleccionadas suficientemente por encima de toda condición de operación esperada (no necesariamente continua) para permitir una operación satisfactoria de la caldera sin que operen los dispositivos de alivio de presión.

## PG-22 CARGAS

PG-22.1 Las tensiones originadas por la presión hidrostática deberán tenerse en cuenta para determinar el espesor mínimo requerido, a no ser que se disponga otra cosa. Esta sección no contempla cargas adicionales distintas de las originadas por la presión de trabajo o la presión hidrostática. Se deberá prestar consideración a tales cargas adicionales (ver PG-16.1).

PG-22.2 Para las cargas en los accesorios estructurales remitirse a PG-56.

## PG-23 VALORES DE TENSIONES PARA LAS FÓRMULAS DE CÁLCULO

PG-23.1 Los valores de tensiones máximas admisibles de la Sección II, Parte D, Subparte 1, Tablas 1A y 1B, son las tensiones a ser usadas en las formulas de esta Sección para calcular el espesor mínimo requerido o la presión máxima admisible de trabajo de una parte sometida a presión (vea el Apéndice 1 de la Sección II, Parte D).



**Table 1A (Cont'd)**  
**Section I; Section III, Classes 2 and 3; Section VIII, Division 1; and Section XII**  
**Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials**  
 (\*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Min. Tensile Strength, MPa	Min. Yield Strength, MPa	Applicability and Max. Temperature Limits (NP = Not Permitted) (SPT = Supports Only)				External Pressure Chart No.	Notes
			I	III	VIII-1	XII		
1	585	415	649	371	649	NP	CS-3	T6
2	...	...	...	...	...	...	...	...
3	585	415	649	NP	NP	NP	CS-3	T6
4	...	...	...	...	...	...	...	...
5	585	415	649	371	649	NP	CS-3	T6
6	585	415	649	NP	649	NP	CS-3	T6
7	...	...	...	...	...	...	...	...
8	585	415	649	NP	NP	NP	CS-3	T6
9	...	...	...	...	...	...	...	...
10	585	415	649	371	649	NP	CS-3	T6
11	585	415	649	NP	649	NP	CS-3	T6
12	620	415	649	371	649	NP	CS-3	T6
13	620	415	649	NP	649	NP	CS-3	T6
14	620	415	649	NP	649	NP	CS-3	T6

**Table 1A (Cont'd)**  
**Section I; Section III, Classes 2 and 3; Section VIII, Division 1; and Section XII**  
**Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials**  
 (\*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type/Grade	Alloy Desig./UNS No.	Class/Condition/ Temper	Size/Thickness, mm	P-No.	Group No.
(19) 1	9Cr-1Mo-V	Smls. tube	SA-213	T91	K90901	...	...	15E	1
(19) 2	...	...	...	...	...	...	...	...	...
(19) 3	9Cr-1Mo-V	Fittings	SA-234	WP91	K90901	...	...	15E	1
(19) 4	...	...	...	...	...	...	...	...	...
(19) 5	9Cr-1Mo-V	Smls. pipe	SA-335	P91	K90901	...	t ≤ 75	15E	1
(19) 6	9Cr-1Mo-V	Smls. pipe	SA-335	P91	K90901	...	t > 75	15E	1
(19) 7	...	...	...	...	...	...	...	...	...
(19) 8	9Cr-1Mo-V	Forged pipe	SA-369	FP91	K90901	...	...	15E	1
(19) 9	...	...	...	...	...	...	...	...	...
(19) 10	9Cr-1Mo-V	Plate	SA-387	91	K90901	2	t ≤ 75	15E	1
(19) 11	9Cr-1Mo-V	Plate	SA-387	91	K90901	2	t > 75	15E	1
(19) 12	9Cr-1Mo-V	Forgings	SA-182	P91	K90901	...	t ≤ 75	15E	1
(19) 13	9Cr-1Mo-V	Forgings	SA-182	P91	K90901	...	t > 75	15E	1
(19) 14	9Cr-1Mo-V	Forgings	SA-336	P91	K90901	...	...	15E	1

**Table 1A (Cont'd)**  
**Section I; Section III, Classes 2 and 3; Section VIII, Division 1; and Section XII**  
**Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials**  
 (\*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Maximum Allowable Stress, MPa (Multiply by 1000 to Obtain kPa), for Metal Temperature, °C, Not Exceeding														
	40	65	100	125	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475
1	168	168	168	168	168	167	166	164	163	161	157	153	147	141	134
2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
3	168	168	168	168	168	167	166	164	163	161	157	153	147	141	134
4	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
5	168	168	168	168	168	167	166	164	163	161	157	153	147	141	134
6	168	168	168	168	168	167	166	164	163	161	157	153	147	141	134
7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
8	168	168	168	168	168	167	166	164	163	161	157	153	147	141	134
9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
10	168	168	168	168	168	167	166	164	163	161	157	153	147	141	134
11	168	168	168	168	168	167	166	164	163	161	157	153	147	141	134
12	177	177	177	177	177	177	176	175	172	170	166	162	156	149	142
13	177	177	177	177	177	177	176	175	172	170	166	162	156	149	142
14	177	177	177	177	177	177	176	175	172	170	166	162	156	149	142

## **PG-26 FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA DE LA JUNTA SOLDADA**

A temperaturas elevadas, la resistencia a largo plazo de las juntas soldadas puede ser menor que la resistencia a largo plazo del material base. La Tabla PG-26 especifica un factor de reducción de la resistencia de la junta soldada,  $w$ , para usarse para representar la baja resistencia a largo plazo cuando se determina el espesor requerido de los componentes que operan en el rango de creep.

Este factor deberá ser aplicado en el diseño de cilindros que contienen soldaduras a tope longitudinales y a cabezales hemisféricos o cualquier otra sección esférica que contiene segmentos unidos con soldadura. Como se define en PW-11.2, se deberá considerar que las soldaduras a tope longitudinales incluyen las soldaduras espirales (helicoidales).

Los factores de reducción de la resistencia de las soldaduras se aplican a las costuras realizadas con cualquier proceso de soldadura, con o sin la adición de metal de aporte, **independientemente de si la soldadura se realiza como parte de la fabricación del material**, o por el poseedor del certificado como parte de la fabricación según la Sección I.

El diseñador es responsable de determinar si los factores de reducción de la resistencia son aplicables para otras soldaduras (ej. circunferenciales). El factor de reducción de resistencia de la junta soldada no es requerido cuando se evalúan cargas ocasionales, tales como viento y sismo.

**Table PG-26**  
**Weld Strength Reduction Factors to Be Applied When Calculating Maximum Allowable Working Pressure or Minimum Required Thickness of Components Fabricated With a Longitudinal Seam Weld**

Temperature,°F	700	750	800	850	900	950	1,000	1,050	1,100	1,150	1,200	1,250	1,300	1,350	1,400	1,450	1,500	1,550	1,600	1,650
Temperature,°C	371	399	427	454	482	510	538	566	593	621	649	677	704	732	760	788	816	843	871	899
Steel Group	Weld Strength Reduction Factor [Note (1)]-[Note (6)]																			
C-Mo [Note (7)]	...	...	1.00	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Cr-Mo [Note (8)], [Note (9)]	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
CSEF (N + T) [Note (9)], [Note (10)], [Note (11)]	...	...	...	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
CSEF (subcrit) [Note (9)], [Note (11)], [Note (12)]	...	...	...	...	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Austenitic stainless steels and alloys 800H (N08810 and N08811) [Note (13)], [Note (14)]	...	...	...	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	0.59	0.55	0.50	NP	NP	NP
Autogenously welded austenitic stainless [Note (15)]	...	...	...	...	...	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	NP	NP	NP
Nickel base alloys																				
N06045	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	0.59	0.55	0.50	0.50	0.50	0.50	NP	NP	NP
N06600	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
N06690	...	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
N06601	...	...	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	0.59	0.55	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
N06025	...	...	...	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	0.59	0.55	0.50	0.50	0.50	0.50
N10276	...	...	...	...	...	1.00	0.95	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
N06022	...	...	...	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
N06230	...	...	...	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
N06625	...	...	...	...	...	...	...	1.00	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
N06617 (except SAW) [Note (16)]	...	...	...	...	...	...	...	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
N06617 (SAW) [Note (17)]	...	...	...	...	...	...	...	1.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
N07740	...	...	...	...	...	...	...	1.00	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	NP	NP	NP
Autogenously welded nickel base alloys [Note (15)]	...	...	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

GENERAL NOTE: Nothing in this table shall be construed to permit materials that are not permitted by PG-5 through PG-9 of this Section or to permit use of materials at temperatures beyond limitations established by this Section. Several materials covered by this table are currently permitted for Section I application only via code case.

NOTES:

- (1) Cautionary Note: There are many factors that may affect the life of a welded joint at elevated temperature, and all of those factors cannot be addressed in a table of weld strength reduction factors. For example, fabrication issues such as the deviation from a true circular form in pipe (e.g., "peaking" at longitudinal weld seams) or offset at the weld joint can cause an increase in stress that may result in reduced service life, and control of these deviations is recommended.
- (2) NP = not permitted.
- (3) Components made from carbon steel are exempt from the requirements of PG-26 and Table PG-26.



## **PG-27 COMPONENTES CILÍNDRICOS SOMETIDOS A PRESIÓN INTERNA**

PG-27.1 General. A no ser que se seleccionen los requisitos de A-317 del Apéndice no obligatorio A, se deberán utilizar las fórmulas de este párrafo para determinar el espesor mínimo requerido o la presión máxima admisible de trabajo de la tubería, tubos, domos, cuerpos y colectores, de acuerdo con las categorías dimensionales apropiadas como se indica en PG-27.2.1, PG-27.2.2, y PG-27.2.3 para las temperaturas que no excedan aquellas indicadas para los diferentes materiales incluidos en la Sección II, Parte D, Sub parte 1, Tablas 1A y 1B.

El espesor calculado y ordenado del material tiene que incluir los requisitos de PG-16.2, PG-16.3, y PG-16.4. Los cálculos de tensiones deberían incluir las cargas tal como se definen en PG-22, a no ser que la fórmula indique lo contrario.

Cuando sea requerido por las disposiciones de este Código, se debe suministrar un margen en el espesor del material para el roscado y para obtener una estabilidad estructural mínima (ver PG-27.4.3, PG-27.4.5 y PWT-9.2). Si en los cuerpos cilíndricos hay presencia de adelgazamiento localizado, el espesor mínimo requerido puede ser determinado con PG-27 siempre que se cumplan los requisitos del Apéndice obligatorio IV.

## PG-27.2 Fórmulas para realizar los cálculos

PG-27.2.1 Tubos — Hasta 5 in. (125 mm) inclusive de diámetro exterior. Las ecuaciones a continuación se aplican principalmente a tubos utilizados en aplicaciones como tuberías de calderas, tubos de calentadores y recalentadores, y tubos de economizadores, en los cuales grupos de tales elementos tubulares están dispuestos dentro de algún recinto con el propósito de transferir calor a través de los mismos. Los caños usados como tuberías pueden ser diseñados utilizando las ecuaciones de este párrafo:



Para los tubos simples, o tubos bimetálicos cuando la resistencia del recubrimiento no está incluida,<sup>5</sup> use las siguientes ecuaciones

$$t = \frac{PD}{2S_w + P} + 0.005D + e$$
$$P = S_w \left[ \frac{2t - 0.01D - 2e}{D - (t - 0.005D - e)} \right]$$

Ver PG-27.4.2, PG-27.4.4, PG-27.4.8, y PG-27.4.9

5 El desgaste generalizado y la corrosión localizada, incluyendo la corrosión bajo tensión, han sido observadas en el clad de tubos bimetálicos en algunas aplicaciones, tales como calderas de recuperación química. En tales aplicaciones, la elección de si incluir o no la resistencia del clad puede afectar críticamente el rendimiento en servicio, en función de la susceptibilidad ambiental del clad.

Para tubos bimetálicos cuando la resistencia del clad está incluida,<sup>5</sup> usar las siguientes ecuaciones:

$$tb + tc' = \frac{PD}{2Sb + P} + 0.005D + e$$

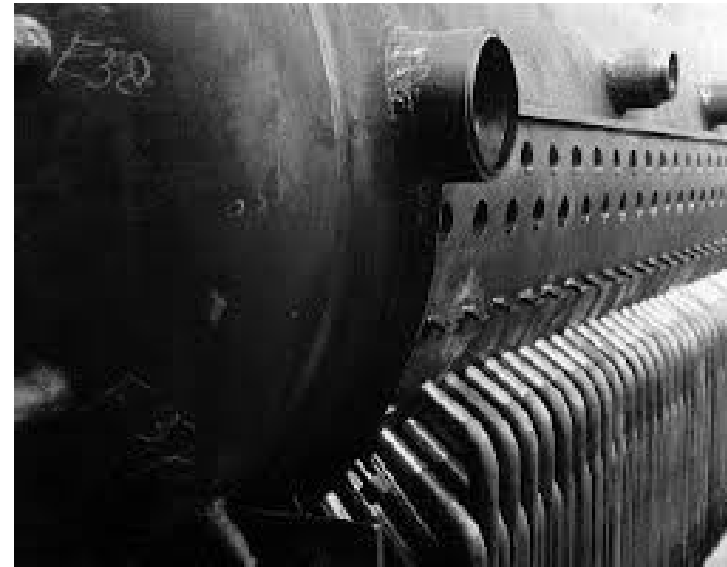
$$tc' = tc \left[ \frac{Sc}{Sb} \right]$$

$$t = tb + tc$$

$$P = Sb \left[ \frac{2(tb + tc') - 0.01D - 2e}{D - [(tb + tc') - 0.005D - e]} \right]$$

Ver PG-27.4.4, PG-27.4.8, PG-27.4.9, y PG-27.4.10.

PG-27.2.1.2 El espesor de la pared de los extremos de los tubos soldados con soldadura de resistencia a los colectores o domos no necesita ser mayor que el espesor del resto del tubo como está determinado por estas fórmulas.



PG-27.2.1.3 El espesor de pared permitido de los extremos de los tubos que se van a conectar por medio de roscado según las limitaciones de PWT-9.2, no deberá ser menor que el valor de  $t$  como lo determina esta fórmula, más  $0,8/n$  ( $20/n$ ), donde  $n$  es igual al número de hilos por pulgada (por mm).

PG-27.2.2 Tubería, domos, cuerpos y colectores. Basado en la resistencia de la virola más débil.

$$t = \frac{PD}{2SE + 2yP} + C \quad \text{or} \quad \frac{PR}{SE - (1 - y)P} + C$$

$$P = \frac{2SE(t - C)}{D - 2y(t - C)} \quad \text{or} \quad \frac{SE(t - C)}{R + (1 - y)(t - C)}$$

Ver PG-27.4.1, PG-27.4.3, y PG-27.4.5 hasta PG-27.4.8.

PG-27.3 Símbolos. Los símbolos usados en las ecuaciones anteriores se definen a continuación:

$C$  = margen mínimo para roscado y estabilidad estructural (ver PG-27.4.3)

$D$  = diámetro exterior del cilindro

$E$  = eficiencia (ver PG-27.4.1)

$e$  = factor de espesor para los extremos de los tubos expandidos (ver PG-27.4.4)

P = presión máxima admisible de trabajo (ver PG-21)

R = radio interior del cilindro; **para tubería, el radio interior es determinado por el radio exterior nominal menos el espesor nominal de pared**

S = valor de la tensión máxima admisible a la temperatura de diseño del metal, como se indica en las tablas especificadas en PG-23, (ver PG-27.4.2)



$S_b$  = valor de la tensión máxima admisible a la temperatura de diseño del metal base, como se presenta en las tablas especificadas en PG-23, para un tubo bimetálico en el cual se va a considerar la resistencia del clad (ver PG-27.4.10)

$S_c$  = valor de la tensión máxima admisible a la temperatura de diseño del metal del clad, como se indica en la Sección II, Parte D, Tablas 1A o 1B, para un tubo bimetálico en el cual se va a considerar la resistencia del clad (ver PG-27.4.10)

$t$  = espesor mínimo requerido (ver PG-27.4.7)

$t_b$  = espesor mínimo requerido del metal base para un tubo bimetálico en el cual se va a considerar la resistencia del clad (ver PG-27.4.10)

$t_c$  = espesor mínimo requerido del recubrimiento para un tubo bimetalico en el cual se va a considerar la resistencia del clad (ver PG-27.4.10)

$t_c'$  = espesor mínimo efectivo del clad para propósitos de resistencia para un tubo bimetalico en el cual se va a considerar la resistencia del clad (ver PG-27.4.10)

$w$  = factor de reducción de la resistencia de la junta soldada según PG-26

$y$  = coeficiente de temperatura (ver PG-27.4.6)

PG-27.4 Los siguientes párrafos se aplican a las fórmulas de PG-27 cuando se hace referencia a ellos.

### PG-27.4.1

$E = 1.0$  para los cilindros sin costura, sin aberturas espaciadas para formar ligamentos

= la eficiencia del ligamento según PG-52 o PG-53 para los cilindros sin costura con ligamentos

=  $w$ , factor de reducción de la resistencia de la junta soldada según PG-26, para cilindros con soldadura longitudinal, sin ligamentos



Para los cilindros con soldadura longitudinal, y con ligamentos ubicados de tal manera que ninguna parte de la soldadura de la costura longitudinal sea penetrada por las aberturas que formen el ligamento, E deberá tomarse como el menor de  $w$  o la eficiencia del ligamento según PG-52 o PG-53. Si alguna parte de la costura longitudinal soldada es penetrada por las aberturas que forman los ligamentos, E deberá tomarse como el producto de  $w$  veces la eficiencia del ligamento.



PG-27.4.2 En la selección del valor de S para los tubos, deberá usarse una temperatura del metal no menor que el promedio de la temperatura máxima esperada de la pared, es decir, la suma de las temperaturas de las superficies interior y exterior del tubo dividida por 2. Para los tubos que no absorben calor, la temperatura del metal puede tomarse como la temperatura del fluido dentro del tubo, pero no menor que la temperatura de saturación.

PG-27.4.3 Cualquier espesor agregado, representado por el término general  $C$ , puede considerarse como aplicado al exterior, interior, o a ambos. El diseñador que use estas fórmulas es responsable de efectuar la selección apropiada del diámetro o radio que corresponda a la ubicación deseada y la magnitud de este espesor adicional. Los términos relacionados con la presión o tensión en la fórmula deberían evaluarse usando el diámetro (o radio) y el espesor remanente que existiría si el espesor “agregado” no se hubiera aplicado, o si se piensa que ha sido removido en su totalidad.

Los valores de C a continuación, no incluyen ningún margen por corrosión y/o erosión, y debería suministrarse un espesor adicional si se espera que éstas ocurran. Asimismo, este margen para el roscado y la estabilidad estructural mínima no tiene el propósito de tener en cuenta las condiciones de aplicación inadecuada de cargas externas o el abuso mecánico.



Tubería roscada [Nota (1)]	Valor de C [nota (2)], in. (mm)
$D \leq 3/4$ in. (19 mm) nominal	0,065 (1,65)
$D > 3/4$ in. (19 mm) nominal	Profundidad de la rosca $h$ [Nota (3)]

NOTAS:

- 1) No deberían roscarse los tubos de acero o no ferrosos, más delgados que Schedule 40 de ASME B36.10M, Welded and Seamless Wrought Steel Pipe
- 2) Los valores de C especificados anteriormente son tales que permiten que el valor efectivo de tensión debido a la presión interna en la pared de la tubería no exceda los valores de S indicados en la Tabla 1A de la Sección II, Parte D, cuando sean aplicables en las fórmulas.
- 3) La profundidad de la rosca  $h$  en in. (mm) puede determinarse mediante la fórmula  $h = 0.8/n$  ( $h = 20/n$ ), donde  $n$  es el número de hilos por pulgada (25 mm) o a partir de lo siguiente:

n	h
8	0.100 (2.5)
11 ½	0.0696 (1.77)

## PG-27.4.4

$e = 0.04$  (1.0) en una longitud por lo menos igual a la longitud del asiento más 1 in. (25 mm) para los tubos expandidos en sus asientos, excepto:

= 0, para los tubos expandidos en sus asientos siempre que el espesor de los extremos del tubo en la longitud del asiento más 1 in. (25 mm) no sea menor que lo siguiente:

a) 0.095 in. (2.41 mm), para tubos de 1 1/4 in. (32 mm) de diámetro exterior y menores

b) 0.105 in. (2.67 mm), para tubos mayores de 1 1/4 in. (32 mm) y hasta 2 in. (50 mm) de diámetro exterior inclusive

- c) 0.120 in. (3.05 mm) para tubos mayores de 2 in. (50 mm) y hasta 3 in. (75 mm) de diámetro exterior inclusive
- d) 0.135 in. (3.43 mm) para tubos mayores de 3 in. (76 mm) y hasta 4 in. (100 mm) de diámetro exterior inclusive
- e) 0.150 in. (3.81 mm) para tubos mayores de 4 in. (100 mm) y hasta 5 in. (125 mm) de diámetro exterior inclusive

= 0, para los tubos soldados con soldadura de resistencia a placas tubulares, colectores y domos. Los tubos con soldadura de resistencia deberán cumplir con los tamaños mínimos de soldaduras de PW-16.

PG-27.4.5 Aún cuando el espesor obtenido por la fórmula es teóricamente amplio para tener en consideración la presión de rotura y el material retirado en el roscado, cuando la tubería de acero sea roscada y se use para presiones de vapor de 250 psi (1,7 MPa) y mayores, ésta deberá ser sin costura y de un espesor al menos igual que SCH. 80 para suministrar una resistencia mecánica adicional.

PG-27.4.6

$y$  = un coeficiente que tiene los siguientes valores:

	Temperatura, °F (°C)							
	900 (480)	950	1,000	1,050	1,100	1,150	1,200	1,250 (675)
	e inferior	(510)	(540)	(565)	(595)	(620)	(650)	y superior
Ferrítico	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Austenítico	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
Aleación 800, 801	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
800H, N08811	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
825	0.4	0.4	0.4	...	...	...	...	...
N06230	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
N06022	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
N06025	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
N06045	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
N06600	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	...
N06601	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	...
N06625	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	...	...	...
N06690	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	...
Aleación 617	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
S31803	0.4	...	...	...	...	...	...	...

Los valores de  $\gamma$  entre las temperaturas indicadas pueden determinarse por medio de interpolación. Para los materiales no ferrosos que no estén incluidos,  $\gamma = 0.4$ .

PG-27.4.7 Si la tubería es ordenada por su espesor nominal de pared, como es la costumbre en las prácticas de mercado, la tolerancia de fabricación en el espesor de pared tiene que tenerse en cuenta. Después de determinar el espesor mínimo de la pared de la tubería  $t$  mediante la fórmula, este espesor mínimo deberá ser incrementado en la cantidad suficiente para suministrar la tolerancia de fabricación permitida en la especificación de la tubería  $t$  aplicable.

...

Puede entonces seleccionarse el espesor de pared comercial siguiente, más grueso, de las listas de espesor estándar (SCH) contenidas en ASME B36.10M. Las tolerancias de fabricación están incluidas en las diferentes especificaciones de tubería mencionadas en PG-9.

PG-27.4.8 Cuando se calcula la presión admisible para una tubería de un espesor de pared mínimo definido, el valor obtenido por las fórmulas puede redondearse a la unidad siguiente más alta de 10 psi (0.1 MPa).

PG-27.4.9 La presión máxima admisible de trabajo  $P$  no necesita incluir la carga por presión hidrostática, PG-22, cuando sea utilizada en esta fórmula.



## PG-28 COMPONENTES SOMETIDOS A PRESIÓN EXTERNA

PG-28.1 Espesor de componentes cilíndricos sometidos a presión externa

PG-28.1.1 La temperatura de diseño no deberá ser menor que la temperatura de pared media esperada.

PG-28.1.1.1 No están permitidas las temperaturas por encima de las temperaturas máximas listadas para cada materiales en la Sección II, Parte D, Sub parte 1, Tablas 1A y 1B.

PG-28.1.1.2 No están permitidas las temperaturas por encima de las temperaturas máximas que se dan en los gráficos para presiones externas.

PG-28.1.1.3 Está permitido el redondeo de los resultados de las fórmulas hasta la próxima unidad de 10 (ver PG-27.4.8).

## PG-28.3 Presión máxima admisible de trabajo para componentes cilíndricos

PG-28.3.1 La presión máxima admisible de trabajo de componentes cilíndricos deberá ser determinada con las siguientes reglas. Los gráficos de presión externa para ser usados en la determinación de los requisitos están dados en la Sub Parte 3 de la Sección II, Parte D. Las Figuras cuyos números se dan en este artículo están contenidas en esa Sub parte. La Sección I incluye reglas de diseño para los anillos rigidizadores para el diseño a presión externa solamente de los hogares (ver PFT-17.11). Para los anillos rigidizadores de otros componentes cilíndricos sometidos a presión externa, ver PG-16.1.

PG-28.3.1.1 Los siguientes símbolos son utilizados en los procedimientos de este artículo

A = factor determinado de la Fig. G en la Sub Parte 3 de la Sección II, Parte D, Sub parte 3, y utilizado para entrar al gráfico aplicable del material, en la Sección II, Parte D. Para el caso de cilindros que tengan valores de  $D_o/t$  menores que 10, ver PG-28.3.1.2 (a).

$A_s$  = área de la sección transversal del anillo de refuerzo

B = factor determinado a partir de gráfico o tabla aplicable del material, en la Sección II, Parte D para la temperatura máxima de diseño del metal

$D_o$  = diámetro externo del componente cilíndrico

$E$  = módulo de elasticidad del material, a la temperatura de diseño.  
(Para este valor ver el gráfico aplicable del material en la Sección II, Parte D. Para temperaturas intermedias se puede interpolar entre líneas)

$I_s$  = momento de inercia requerido, para anillos rigidizadores, con respecto a su eje neutro paralelo al eje del hogar

L = longitud total de un componente cilíndrico entre líneas de soporte, o longitud de diseño de un hogar, considerada como la mayor de lo siguiente:

(a) la mayor entre las distancias entre centros de dos anillos rigidizadores adyacentes

(b) la distancia entre la placa tubular y el centro del primer rigidizador (anillo de refuerzo)

(c) la distancia desde el centro del primer anillo rigidizador a una línea circunferencial en un cabezal conformado ubicada a un tercio de la línea tangente del mismo

$L_s$  = la mitad de la distancia desde el centro de un anillo rigidizador a la próxima línea de soporte en uno de sus lados, más la mitad de la distancia desde el centro a la siguiente línea de soporte o anillo rigidizador en el otro lado, ambas distancia medidas paralelas al eje del cilindro (ver PFT-17.11 para el diseño de anillo rigidizadores) Una línea de soporte es:

- (a) un anillo rigidizador que cumple los requerimientos de PFT-17.11
- (b) una conexión circunferencial a una placa tubular, o a una camisa para una sección encamisada, de un cuerpo cilíndrico
- (c) una línea circunferencial sobre un cabezal conformado a un tercio de la profundidad del cabezal desde la línea tangente del mismo

$P$  = presión externa de diseño

$P_a$  = valor calculado de presión máxima admisible de trabajo para el valor asumido de  $t$

$S$  = el valor máximo admisible de tensión a la temperatura de diseño del metal

$t$  = espesor mínimo requerido de los componentes cilíndricos

$t_s$  = espesor nominal de los componentes cilíndricos



PG-28.3.1.2 Componentes cilíndricos. El espesor mínimo requerido de un componente cilíndrico sometido a presión exterior, ya sea sin costura o con uniones longitudinales a tope, se deberá determinar mediante el siguiente procedimiento:

(a) Cilindros con valores de  $D_o/t$  iguales o mayores que 10

Paso 1. Suponga un valor de  $t$  y determine las relaciones  $L/Do$  y  $Do/t$ .

Paso 2. Entre en la Figura G de la Sección II, Parte D, con el valor de  $L/Do$  determinado en el Paso 1. Para valores de  $L/Do$  mayores a 50, entre al gráfico con un valor de  $L/Do = 50$ . Para los valores de  $L/Do$  menores a 0,05, entre al gráfico con un valor de  $L/Do = 0,05$ .

Paso 3. Muévase horizontalmente hasta la línea correspondiente al valor de  $D_o/t$  determinado en el Paso 1. Se puede interpolar para valores intermedios de  $D_o/t$ . Desde este punto de intersección muévase verticalmente hacia abajo para determinar el valor del factor A.

Paso 4. Usando el valor de A calculado en el Paso 3, entre al gráfico aplicable de la Sección II, Parte D, para el material considerado. Muévase verticalmente hasta la intersección con la línea material/temperatura para la temperatura de diseño. En los casos donde el valor de A cae a la derecha del final de la línea material/temperatura, asumir una intersección con la proyección horizontal del extremo superior de la línea material/temperatura. Para valores de A que caen a la izquierda de la línea de material/temperatura, ver el Paso 7.

Paso 5. Desde la intersección obtenida en el Paso 4, muévase horizontalmente hacia la derecha y lea el valor del factor B.

Paso 6. Usando este valor de B, calcule el valor de la presión máxima externa de trabajo admisible,  $P_a$ , usando la siguiente fórmula:

$$P_a = \frac{4B}{3(D_o / t)}$$

Paso 7. Para los valores de A que caen a la izquierda de la línea material/temperatura aplicable, el valor de Pa deberá ser calculado usando la siguiente fórmula:

$$P_a = \frac{2AE}{3(D_o/t)}$$

Paso 8. Compare el valor calculado de  $P_a$  obtenido en los Pasos 6 o 7 con  $P$ . Si  $P_a$  es menor que  $P$ , seleccione un valor mayor de  $t$  y repita el procedimiento de diseño hasta que se obtenga un valor de  $P_a$  mayor o igual a  $P$ .

(b) Cilindros con valores de  $D_o/t$  menores que 10

Paso 1. Usando el mismo procedimiento dado en (a) anteriormente, obtenga el valor de B. Para valores de  $D_o/t$  menores a 4, el valor del factor A deberá ser calculado utilizando la siguiente fórmula:

$$A = \frac{1.1}{(D_o / t)^2}$$

Para los valores de A mayores que 0,10, utilice un valor de 0,10



Paso 2. Usando el valor de B obtenido en el Paso 1, calcule Pa1 utilizando la siguiente fórmula:

$$P_{a1} = \left[ \frac{2.167}{D_o / t} - 0.0833 \right] B$$

Paso 3. Calcule Pa2 utilizando la siguiente fórmula:

$$P_{a2} = \frac{2S_B}{D_o / t} \left[ 1 - \frac{1}{D_o / t} \right]$$

Donde SB es el menor de 2 veces los valores de tensiones máximas admisibles a la temperatura de diseño del metal, obtenidos de la Sección II, Parte D, Sub parte 1, Tablas 1A y 1B; ó 1,8 veces la resistencia a la fluencia del material la temperatura de diseño del metal, obtenidos de la Sección II, Parte D, Sub parte 1, Tabla Y-1.

Paso 4. El menor de los valores de  $P_{a1}$ , calculado en el Paso 2, o  $P_{a2}$  calculado en el Paso 3, deberá usarse como valor de la presión máxima externa de trabajo admisible,  $P_a$ . Si  $P_a$  es menor que  $P$ , seleccione un valor mayor para  $t$  y repita el procedimiento de diseño hasta que un valor de  $P_a$ , mayor o igual que  $P$  sea obtenido

## PG-29 Tapas cóncavas

PG-29.1 El espesor del disco de partida para una tapa cóncava que no esté arriostrada, con la presión en el lado cóncavo, cuando ésta es un segmento de una esfera, debe calcularse con la siguiente ecuación:

$$t = 5PL / 4.8Sw$$



donde

$L$  = radio al cual se conforma el cabezal, medido en el lado cóncavo

$P$  = presión máxima admisible de trabajo (la carga hidrostática no necesita incluirse)

$S$  = tensión máxima admisible, usando los valores indicados en la Tabla 1A de la Sección II, Parte D

$t$  = espesor mínimo de la tapa

$w$  = factor de reducción de la resistencia de la junta soldada según PG-26

**PG-29.1.1 Si hay presencia de áreas de poco espesor en la porción esférica de la tapa cóncava, el espesor requerido puede ser menor que el espesor calculado en PG-29.1, siempre que se cumplan los requisitos del Apéndice obligatorio IV.**

#### **APÉNDICE OBLIGATORIO IV**

#### **ÁREAS CON ADELGAZAMIENTO LOCALIZADO EN CUERPOS CILÍNDRICOS Y EN SEGMENTOS DE CABEZALES ESFÉRICOS**

##### **IV-1 ALCANCE**

Las reglas de este Apéndice Obligatorio permiten que el espesor de las áreas con adelgazamiento localizado (LTA) sea menor que el espesor requerido:

- (a) en cuerpos cilíndricos sometidos a presión interna como se indica en PG-27

PG-29.4 Excepto que se indique de otra manera en PG-29.3, PG-29.7, y PG-29.12, todas las aberturas que requieren refuerzo colocados en un cabezal conformado como un segmento de esfera, o en un cabezal semielíptico, o en un cabezal hemisférico, incluidos todos los tipos de entradas de hombre, excepto aquellos del tipo integral embutidos hacia adentro, deberá ser reforzados de acuerdo con las reglas de PG-33.

## PG-30 Tapas cóncavas arriostradas

PG-30.1 Cuando las tapas conformadas sean de un espesor menor que el obtenido por PG-29, deberán ser arriostradas **como superficies planas**, no se permite ninguna tolerancia en el arriostramiento para la capacidad de sostener la presión debido a la forma esférica en el arriostrado, a no ser que se cumplan todas las condiciones siguientes: ...

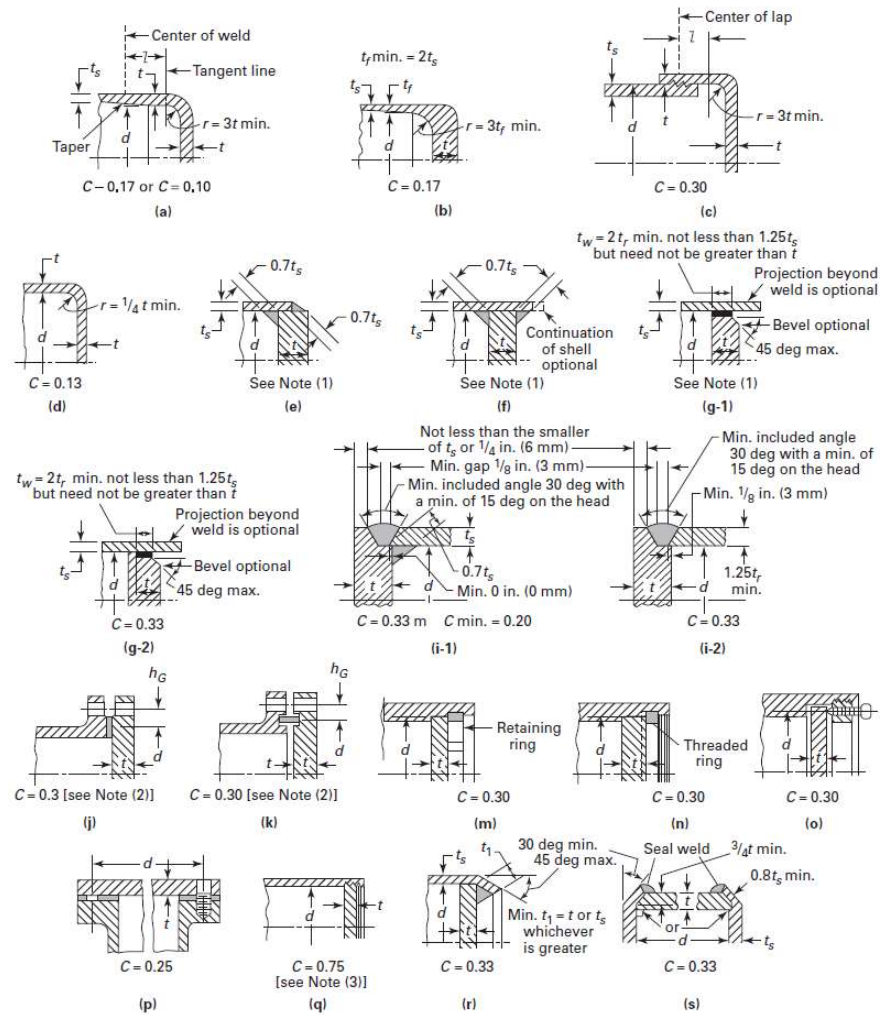


## PG-31 Tapas y cubiertas planas sin riostras

PG-31.1 Las cabezales planos sin riostras, las tapas planas, y las bridas ciegas, deberán cumplir con los requisitos de espesor mínimo indicados en este párrafo. Estos requisitos son aplicables para las tapas y cubiertas circulares y no circulares. Algunos tipos aceptables de tapas y cubiertas planas están representados en la Fig. PG-31



**Figure PG-31**  
**Some Acceptable Types of Unstayed Flat Heads and Covers**



PG-31.2 A continuación, se define la nomenclatura usada en este párrafo y en la Figura PG-31:

C = factor adimensional, que depende del método de fijación del cabezal, y de las dimensiones del cuerpo, tubería o colector, y otros ítems incluidos en PG-31.4 a continuación, adimensional. Los factores para las cubiertas soldadas también incluyen un factor de 0,667, el cual incrementa efectivamente las tensiones admisibles para estas construcciones a 1,5S.

D = longitud mayor de los cabezales o cubiertas no circulares medida perpendicularmente con respecto a la longitud menor

$d$  = diámetro, o longitud menor, medido como se indica en la Figura PG-31

$hg$  = brazo de momento de la empaquetadura, igual a la distancia radial desde la línea del centro de los pernos hasta la línea de reacción de la empaquetadura, como se muestra en la Figura PG-31, esquemas (j) y (k)

$L$  = perímetro del cabezal apernado no circular medido a lo largo de los centros de los orificios para los pernos

$l$  = longitud del faldón de los cabezales rebordeados, medida desde la línea tangente del radio de transición, como se indica en la Figura PG-31, esquemas (a) y (c)

$m$  = relación adimensional  $t_r/t_s$

$P$  = presión máxima admisible de trabajo

$r$  = radio interior de esquina en un cabezal conformado por rebordeo o forja

$S$  = valor de la tensión máxima admisible, usando los valores indicados en la Tabla 1A de la Sección II, Parte D, Sub parte 1

$t$  = espesor mínimo requerido del cabezal o cubierta plana

$t_1$  = dimensión de la garganta de la soldadura de cierre, como se indica en la Figura PG-31, esquema (r)

$t_f$  = espesor nominal del faldón en un cabezal forjado, en el extremo más grueso, como se indica en la Figura PG-31, esquema (b-1)

th = espesor nominal del cabezal o cubierta plana

tr = espesor requerido para la presión, de un cuerpo, tubería o colector, sin costura

ts = espesor mínimo especificado del cuerpo, tubería o colector

tw = espesor a través de la soldadura que une el borde de un cabezal al interior de un domo, tubería o colector, como se indica en la Figura PG-31, esquemas (g-1) y (g-2)

$W$  = carga total de los pernos, como se define en PG-31.3.2

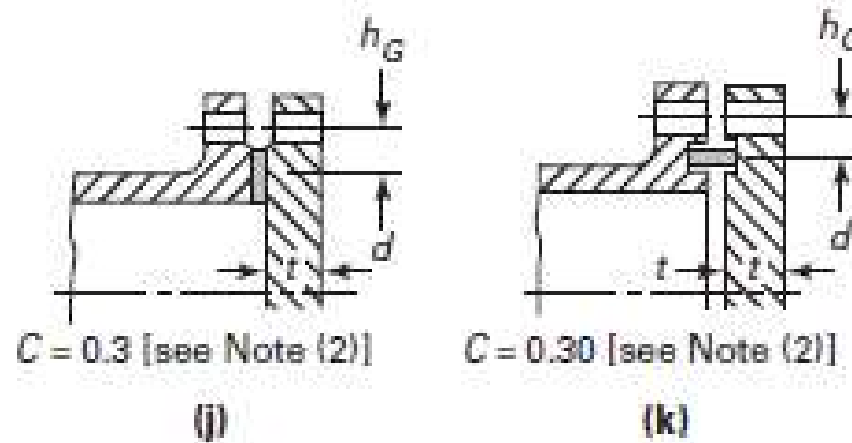
$Z$  = factor adimensional para los cabezales y cubiertas no circulares, el cual depende de la relación entre la longitud menor y la longitud mayor, como se indica en PG-31.3

PG-31.3 El espesor de los cabezales planos, cubiertas, y bridas ciegas, no arriostrados, deberá cumplir con uno de los siguientes tres requisitos.<sup>7</sup>

7 Las ecuaciones proporcionan una construcción segura en la medida que se refiere a la tensión. Pueden ser necesarios mayores espesores si la deflexión causaría fugas en las uniones roscadas o con juntas.



PG-31.3.1 Se deberán aceptar las bridas ciegas circulares de materiales ferrosos, que cumplan con ASME B16.5, para los diámetros y clasificaciones de presión-temperatura de la Tabla 2 de esa norma, si son de los tipos representados en la Figura PG-31, esquemas (j) y (k).



PG-31.3.2 El espesor mínimo requerido de los cabezales planos, cubiertas, y bridas ciegas circulares, no arriostrados, deberá ser calculado según la siguiente ecuación:

$$t = d\sqrt{CP/S} \quad (1)$$

excepto cuando el cabezal, cubierta, o brida ciega estén unidas por pernos, generando un momento en el borde, [esquemas (j) y (k) de la Figura PG-31], en cuyo caso el espesor deberá ser calculado con la siguiente ecuación:

$$t = d\sqrt{(CP/S) + (1.9Wh_G/Sd^3)} \quad (2)$$

## PG-32 Aberturas en cuerpos, colectores y cabezales conformados

PG-32.1 Las reglas para las aberturas y su compensación, desde PG-32 hasta PG-39, se deberán aplicar a todas las aberturas en cuerpos, colectores, y cabezales cóncavos, excepto que se indique otra cosa en PG-29.3, PG-29.7, PG-29.12, PG-32.1.2, PG-32.1.4, PG-32.1.5, y PFT-40.



PG-32.1.2 Aberturas múltiples. Los grupos de aberturas pueden diseñarse de acuerdo con las reglas para ligamentos en PG-52 o PG-53. Las aberturas múltiples que no sean diseñadas como ligamentos deberán cumplir con PG-38.

PG-32.1.3 Aberturas simples. Las aberturas simples se definen como aquellas que tienen una distancia mínima de centro a centro entre aberturas adyacentes, no menor que  $L_{CO}$ , donde

$$L_{CO} = X_1 + X_2$$

$X_1, X_2$  = the limits of compensation parallel to the vessel wall (see [PG-36.2](#)) of any two finished openings under construction, in. (mm)

PG-32.1.4 Aberturas en cuerpos y colectores. No son necesarios los cálculos para determinar la disponibilidad de compensación para una abertura simple, no cubierta por PG-38, PG-52, o PG-53 en cuerpos o colectores cuando el diámetro de la abertura terminada,  $d$ , como se define en PG-33.3, no excede el mayor de (a) ó (b) a continuación

(a) el valor de  $d_{\max}$  como sigue:

(Unidades del sistema de medidas de los Estados Unidos)

$$d_{\max} = 2.75 [Dt (1 - K)]^{1/3}$$

(Unidades del Sistema Internacional)

$$d_{\max} = 8.08 [Dt (1 - K)]^{1/3}$$

(b) el menor entre un cuarto del diámetro interior del cuerpo o colector, o 2 3/8 in. (60 mm).

PG-32.1.5 Aberturas en cabezales cóncavos. No se necesita hacer cálculos para determinar la disponibilidad de compensación para una abertura simple en cabezales cóncavos bajo las mismas condiciones estipuladas para las aberturas en cuerpos o colectores indicadas en PG-32.1.4, siempre que se cumplan los siguientes requisitos adicionales.

...



## PG-32.2 Forma de las aberturas.<sup>10</sup>

10 Las reglas que rigen las aberturas como se dan en el presente Código se basan en la intensificación de tensiones creadas por la existencia de un agujero en una sección que sería simétrica si el agujero no existiese. Se basan en la experiencia con recipientes diseñados con factores de seguridad de 4 y 5 aplicados a la resistencia a la tracción mínima especificada del material del cuerpo. Las cargas externas, tales como las debidas a la expansión térmica o el peso no soportado de las tuberías de conexión, no han sido evaluadas. Estos factores deberían ser objeto de atención en los diseños inusuales o en condiciones de carga cíclica.

PG-32.2.1 Las aberturas en las porciones cilíndricas de los recipientes o en los cabezales conformados deberán ser preferentemente circulares, elípticas, u oblongas.<sup>11</sup>

Cuando la dimensión mayor de una abertura elíptica u oblonga exceda dos veces la dimensión menor, la compensación a través de la dimensión menor deberá incrementarse tanto como sea necesario para proteger contra la distorsión excesiva debida al momento de alabeo.

11 La abertura hecha por una tubería o boquilla circular, cuyo eje no es perpendicular a la pared del recipiente o al cabezal, para fines de diseño puede considerarse una abertura elíptica.

PG-32.2.2 Las aberturas pueden ser de otras formas diferentes a aquellas indicadas en PG-32.2.1, y todas las esquinas deberán ser provistas con un radio adecuado. Cuando las aberturas son de proporciones tales que su resistencia no puede calcularse con un grado suficiente de exactitud, o cuando exista duda sobre la seguridad de un recipiente con dichas aberturas, la parte del recipiente afectada deberá someterse a una prueba hidrostática de aptitud, como se indica en PG-18.

## PG-32.3 Tamaño de las aberturas

PG-32.3.1 Las aberturas debidamente reforzadas en cuerpos cilíndricos y esféricos no están limitadas en cuanto a tamaño y deberán cumplir con las siguientes disposiciones, y con las disposiciones adicionales indicadas en PG-32.3.2.

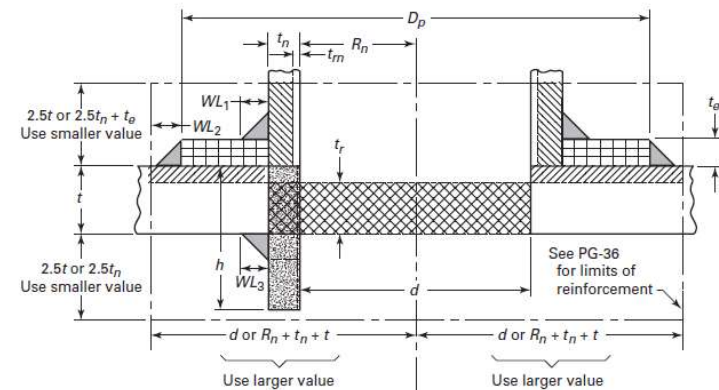
PG-32.3.2 Las reglas para compensación presentadas aquí son aplicables para las aberturas que no excedan las siguientes dimensiones:

(a) para recipientes de hasta 60 in. (1500 mm) de diámetro interior y menores, la mitad del diámetro del recipiente, pero no mayores que 20 in. (500 mm)

(b) para los recipientes de más de 60 in. (1500 mm) de diámetro interior, un tercio del diámetro del recipiente pero no mayores que 40 in. (1000 mm)

# PG-33 COMPENSACIÓN REQUERIDA PARA LAS ABERTURAS EN CUERPOS Y CABEZALES CÓNCAVOS

Figure PG-33.1  
Nomenclature and Equations for Reinforced Openings



For nozzle wall inserted through the vessel wall → For nozzle wall abutting the vessel wall

Notes for set through nozzles, A extends to the nozzle O.D. [Note (1)]

Area required	= $A = (d + 2t_n)t_r F$	$A = dt_r F$
Area available in shell: use larger value	= $A_1 = \begin{cases} (d - 2t_n)(t - F t_r) - 2w_d(t - F t_r)(1 - f_{r1}) \\ 2t(t - F t_r) - 2w_d(t - F t_r)(1 - f_{r1}) \end{cases}$	$A_1 = \begin{cases} d(t - F t_r) \\ 2(t + t_n)(t - F t_r) \end{cases}$
Area available in nozzle projecting outward; use smaller value	= $A_2 = \begin{cases} 2(t_n - t_{rn})(2^{1/2} t_r f_{r1}) \\ 2(t_n - t_{rn})(2^{1/2} t_n + t_o) f_{r1} \end{cases}$	$A_2 = \begin{cases} 2(t_n - t_{rn})(2^{1/2} t_r f_{r1}) \\ 2(t_n - t_{rn})(2^{1/2} t_n + t_o) f_{r1} \end{cases}$
Area available in nozzle projecting inward	= $A_3 = 2t_r f_{r1} h$	$A_3 = 0$
Area available in outward nozzle weld	= $A_{41} = (WL_1)^2 f_{r2}$	$A_{41} = (WL_1)^2 f_{r2}$
Area available in inward nozzle weld	= $A_{43} = (WL_3)^2 f_{r1}$	$A_{43} = 0$
	If $A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} > A$ —————	Opening is adequately reinforced
	If $A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} < A$ —————	Opening is not adequately reinforced so reinforcing elements must be added and /or thickness must be increased
With reinforcing element added:		
Area available in outer element weld	= $A_{42} = (WL_2)^2 f_{r3}$	$A_{42} = (WL_2)^2 f_{r3}$
Area available in element [Note (2)]	= $A_5 = (D_p - d - 2t_n)t_o f_{r3}$	$A_5 = (D_p - d - 2t_n)t_o f_{r3}$
	If $A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + A_5 > A$ —————	Opening is adequately reinforced

## PG-38 Compensación para aberturas múltiples

PG-38.1 Cuando dos aberturas adyacentes que requieran compensación están separadas a menos de dos veces la distancia definida en PG-36.2, de manera que sus límites de compensación se superpongan, las dos aberturas (o similarmente para cualquier grupo de aberturas) deben compensarse de acuerdo con PG-33

*La manera en que la Sección I considera las aberturas:*

- *Aberturas individuales en cuerpos, colectores y cabezales, PG-32 a PG-39*



- *Aberturas realizadas de acuerdo con un patrón definido, PG-52 a PG 53*





## PG-39 Métodos de fijación de tubos y cuellos de accesorios a las paredes del recipiente

PG-39.1 General. Excepto como está limitado en PG-32, los accesorios pueden unirse al cuerpo o cabezal de un recipiente por cualquiera de los métodos de fijación indicados en este párrafo.

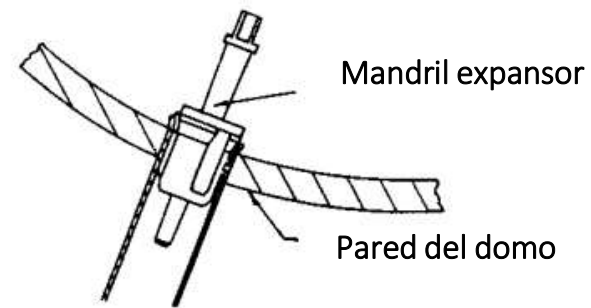
PG-39.2 Conexiones soldadas. La unión por medio de soldadura deberá realizarse de acuerdo con los requisitos de PW-15 y PW-16.

PG-39.4 Conexiones atornilladas. Las conexiones pueden realizarse por medio de espárragos...

## PG-39.5 Conexiones roscadas

PG-39.5.1 Cuando se realice una conexión roscada en un componente de la caldera, deberá hacerse en un orificio roscado. Las roscas deberán cumplir con los requisitos ASME B1.20.1 y suministrar una longitud de roscado para la tubería con el número mínimo de hilos especificado en la Tabla PG-39, después de haber aplicado el margen para la curvatura de la pared del recipiente

PG-39.6 Conexiones expandidas. Siempre que se cumplan los requisitos de compensación, la tubería, tubos, o productos forjados que no excedan de 6 in. (150 mm) de diámetro exterior pueden fijarse a los cuerpos, tapas, cabezales o accesorios insertados a través de una abertura y expandidos de acuerdo con las reglas para la fijación de tubos de las Partes PWT y PFT, la que sea aplicable.



## PG-42 Requisitos generales para bridas, accesorios de tuberías, y válvulas

PG-42.1 Las siguientes normas sobre bridas y accesorios de tubería son aceptables para su uso bajo esta Sección de acuerdo con los requisitos del PG-11.

...

Los rangos de presión-temperatura deberán estar de acuerdo con la norma correspondiente, excepto que para los accesorios ASME B16,9 y B16,11 los rangos presión-temperatura deberán ser calculados considerando las reglas de esta Sección para tubo sin costura recto, incluyendo la tensión máxima admisible del material. Se deberá considerar la tolerancia en espesor de la norma correspondiente

ASME B16.1, Bridas y accesorios bridados para tubería, de fundición gris, clases 25, 125, y 25014

ASME B16.3, Accesorios roscados, de hierro maleable, clases 150 y 300

ASME B16.4, Accesorios roscados, de fundición gris, clases 125 y 250

ASME B16.5, Bridas y accesorios bridados para tubería, NPS 1/2 hasta NPS 24 norma métrica/pulgadas (ver PG-11.3)

....

PG-42.2 Marcado. Todas las válvulas y accesorios deberán ser marcados con el nombre, marca comercial u otra identificación del fabricante, y con su clasificación de presión para su servicio principal; el marcado de la clasificación de presión puede omitirse en:....





PG-42.3 Materiales de las bridas. Las bridas deberán ser fabricadas con los materiales permitidos por esta Sección o con los materiales específicamente listados en las normas de producto aplicables listadas en PG-42.1, pero no de materiales específicamente prohibidos o por fuera de los límites de uso incluidos en esta Sección.

Las bridas forjadas o laminadas pueden hacerse de materiales que cumplan cualquier especificación de productos forjados, entre aquellos materiales permitidos, excepto que no deberá usarse SA-181 para las bridas cuya clasificación de presión sea mayor que la clase 300 (PN 50). Las bridas con cubo no se deberán cortar ni mecanizar a partir de material de placa.

## PG-43 ESPESOR DEL CUELLO DE LAS BOQUILLAS

El espesor mínimo del cuello de una boquilla (incluidas las aberturas de acceso y las aberturas para inspección) no deberá ser menor que el espesor requerido para todas las cargas aplicables. Además, el espesor mínimo del cuello de una boquilla (excepto para las aberturas de acceso y aberturas para inspección) no deberá ser menor que lo siguiente:

(a) El espesor mínimo requerido de cuerpo sin costura a cual es fijado, más el margen por corrosión o erosión, si es aplicable

(b) El espesor mínimo de pared del tubo estándar listado en ASME B36.10M, más un margen por corrosión o erosión, si es aplicable

ASME B36.10M-2000

WELDED AND SEAMLESS WROUGHT STEEL PIPE

TABLE 1 DIMENSIONS AND WEIGHTS OF WELDED AND SEAMLESS WROUGHT STEEL PIPE (CONT'D)

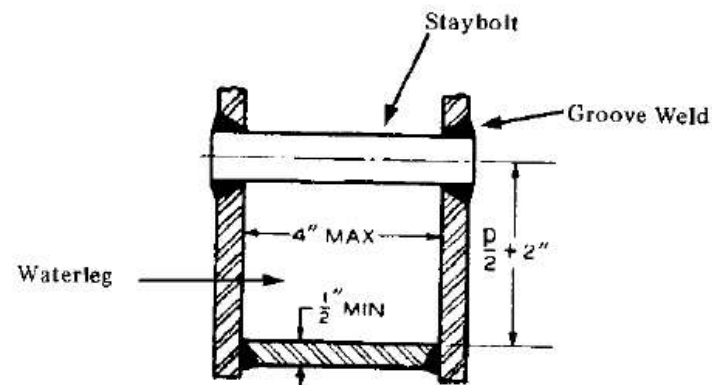
NPS [Note (1)]	Customary Units			Identification [Standard (STD), Extra-Strong (XS), or Double Extra Strong (XXS)]	Schedule No.	DN [Note (2)]	SI Units		
	Outside Diameter, in.	Wall Thickness, in.	Plain End Weight, lb/ft				Outside Diameter, mm	Wall Thickness, mm	Plain End Mass, kg/m
1½	1.900	0.065	1.28	...	5	40	48.3	1.65	1.90
1½	1.900	0.109	2.09	...	10	40	48.3	2.77	3.11
1½	1.900	0.125	2.37	...	30	40	48.3	3.18	3.53
1½	1.900	0.145	2.72	STD	40	40	48.3	3.68	4.05
1½	1.900	0.200	3.63	XS	80	40	48.3	5.08	5.41



Donde

$C = 2.1$  para las riostras soldadas o roscadas a través de placas de espesor no mayor que  $7/16$  in. (11 mm) con los extremos remachados

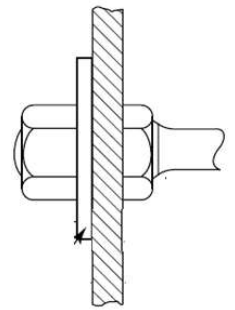
$= 2.2$  para las riostras soldadas o roscadas a través de placas de espesor mayor que  $7/16$  in. (11 mm) con los extremos remachados



= 2.5 para las riostras atornilladas a través de las placas y con una sola tuerca del lado exterior de la placa, o con tuercas en el interior y el exterior, omitiendo las arandelas

= 2.8 para las riostras con cabezas de tamaño no menor que 1.3 veces el diámetro de las riostras roscadas a través de placas, o realizadas con ajuste cónico y con sus cabezas conformadas en la riostra antes de instalarla, y no remachada, dichas cabezas son realizadas para tener un apoyo efectivo sobre la placa

= 3.2 para las riostras con tuercas en el interior y exterior y arandelas en el exterior, cuando el diámetro de las arandelas no es inferior a  $0.4p$  y el espesor no menor de  $t$



$P$  = presión máxima admisible de trabajo, psi (MPa)

$p$  = paso máximo, medido entre líneas rectas que pasan a través de los centros de las riostras en las diferentes filas, estas líneas pueden ser horizontales y verticales, o radiales y circunferenciales, in. (mm)

$S$  = tensión máxima admisible, indicada en la Tabla 1A de la Sección II, Parte D, Sub parte 1, psi (MPa)

$t$  = espesor mínimo de la placa, in. (mm)

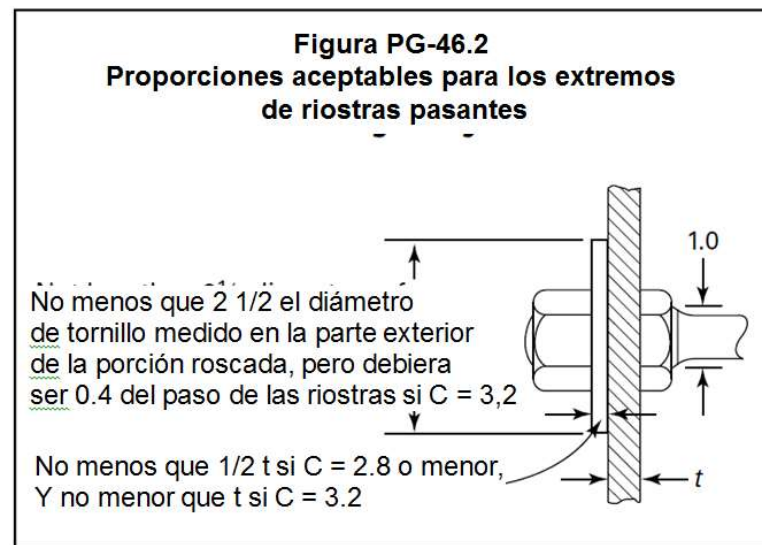


PG-46.2 El espesor mínimo de las placas en las cuales se pueden aplicar riostras, diferentes a las placas exteriores de los cuerpos cilíndricos o esféricos, deberá ser de 5/16 in. (8 mm), con excepción de la construcción soldada cubierta por PW-19.

PG-46.3 Cuando dos placas están conectadas por riostras y solamente una de las placas requiere arriostrado, el valor de C se rige por el espesor de la placa que requiera el arriostramiento.

PG-46.4 Las proporciones aceptables para los extremos de las riostras pasantes con arandelas se indican en la Figura PG-46.2

PG-46.5 El paso máximo deberá ser 8 1/2 in. (215 mm), excepto para las riostras soldadas donde el paso puede ser mayor, siempre que no exceda 15 veces el diámetro de la riostra.



## PG-47 PERNOS DE RIOSTRAS

PG-47.1 Los extremos de las riostras o pernos de riostra roscadas a través de la placa deberán extenderse más allá de la placa no menos de dos hilos cuando sean instaladas, después de lo cual deberán remacharse o deformarse con un proceso equivalente sin un excesivo marcado de las placas; o ellos deberán armarse con tuercas roscadas a través de las cuales el perno o la riostra deberá extenderse

Los pasos de las roscas en los extremos de las riostras roscadas y de ambas placas a unir deberán coincidir, para así permitir la instalación del perno sin dañar las roscas. Los extremos exteriores de las riostras sólidas de 8 in. (200 mm) y menos de longitud, si son de diámetro uniforme en su longitud, deberán ser perforados con orificios testigo de al menos 3/16 in. (5 mm) de diámetro con una profundidad que se extienda al menos 1/2 in. (13 mm), más allá del interior de la placa.

Si estos pernos de riostras se reducen en su sección, por debajo del diámetro de la raíz de la rosca, entre sus extremos, los orificios testigos deberán extenderse al menos 1/2 in. (13 mm) más allá del punto donde comienza la reducción de la sección. Se pueden utilizar pernos de riostras huecos, en lugar de los sólidos con los extremos perforados. Los pernos de riostras sólidos de más de 8 in. (200 mm) de longitud y los pernos de riostras flexibles con articulaciones o del tipo rótula no necesitan perforarse.

## PG-52 Ligamentos

PG-52.1 Las reglas de PG-52 son aplicables a los grupos de aberturas que forman un patrón definido en las partes sometidas a presión, ver Figuras PG-52.2 hasta PG-52.5 para ejemplos de grupos de aberturas en un patrón definido (Para los patrones no definidos, ver PG-53). La eficiencia del ligamento entre los agujeros de los tubos deberán ser determinados como sigue (ver Figura PG-52.1)

En las fórmulas de PG-52 se utilizan los símbolos definidos a continuación.

$d$  = diámetro de las aberturas, in. (mm)

$E$  = eficiencia del ligamento

$n$  = número de aberturas en la longitud  $p_1$

$p$  = paso longitudinal de aberturas adyacentes, in. (mm)

$p'$  = paso diagonal de aberturas adyacentes, in. (mm)

$p_1$  = paso entre aberturas iguales en una serie de grupos simétricos de aberturas, in. (mm)

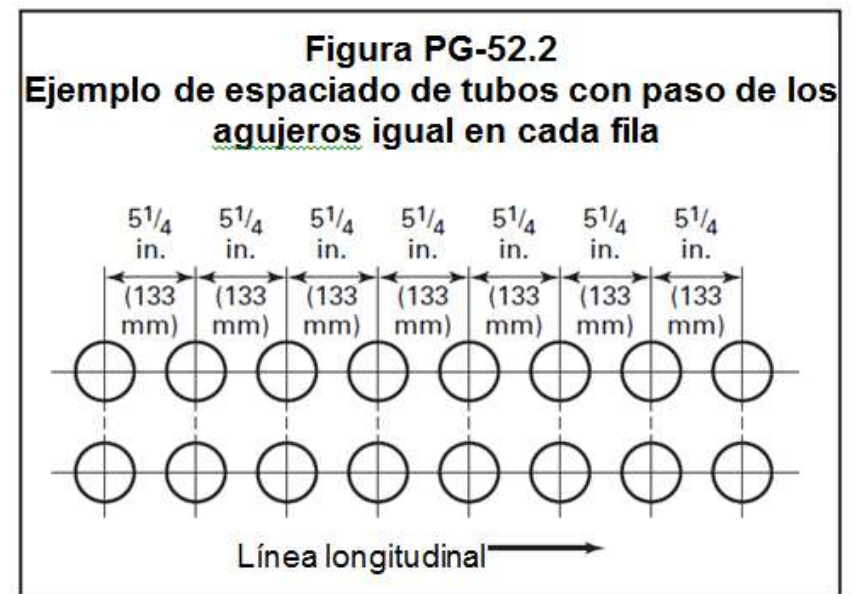
$p_c$  = paso circunferencial de aberturas adyacentes, in. (mm)

El paso deberá ser determinado en el radio medio del cilindro.

## PG-52.2 Aberturas paralelas al eje del recipiente

PG-52.2.1 Cuando el paso de los tubos en todas las filas de tubos es igual (como se muestra en la Figura PG-52.2), la fórmula es

$$E = \frac{p - d}{p}$$

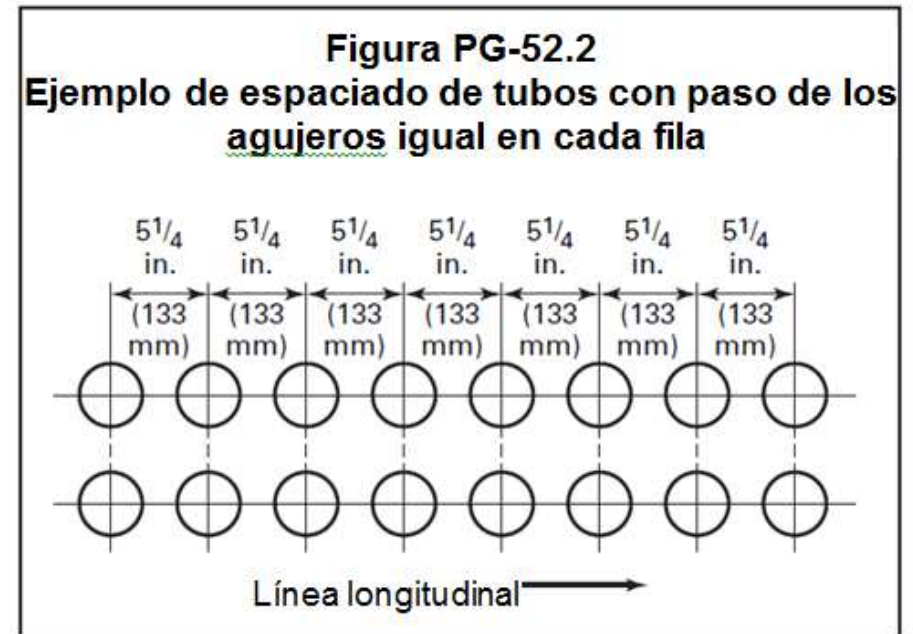




Ejemplo: el paso de agujeros de los tubos en el domo, como se representa en la Figura PG-52.2, es igual a 5 1/4 in. El diámetro del tubo es 3 1/4 in. El diámetro de los agujeros para tubos es 3 9/32 in.

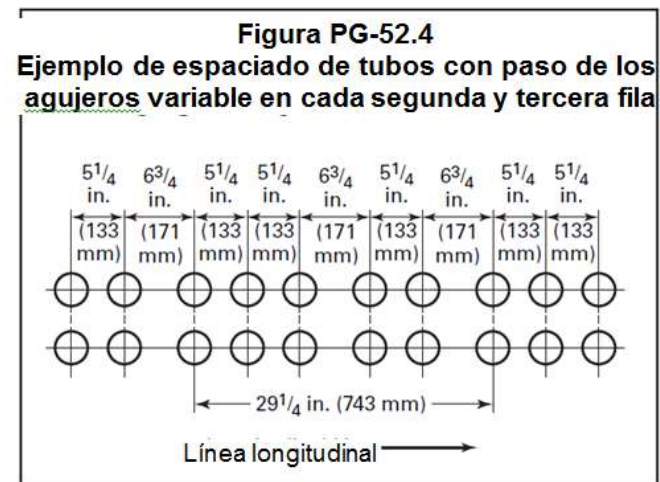
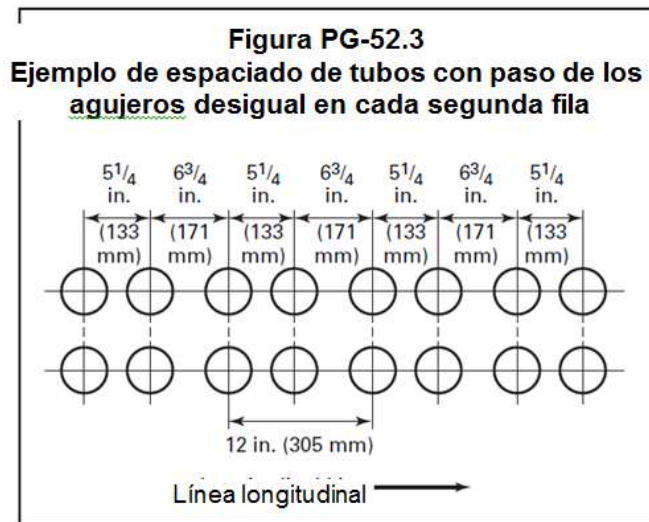
$$\frac{p - d}{p} = \frac{5.25 - 3.281}{5.25}$$

= 0.375 de eficiencia de ligamento



PG-52.2.2 Cuando el paso de los agujeros para tubos es distinto en alguna fila y con un patrón definido (como en la Figura PG-52.3 o la Figura PG-52.4), la ecuación es

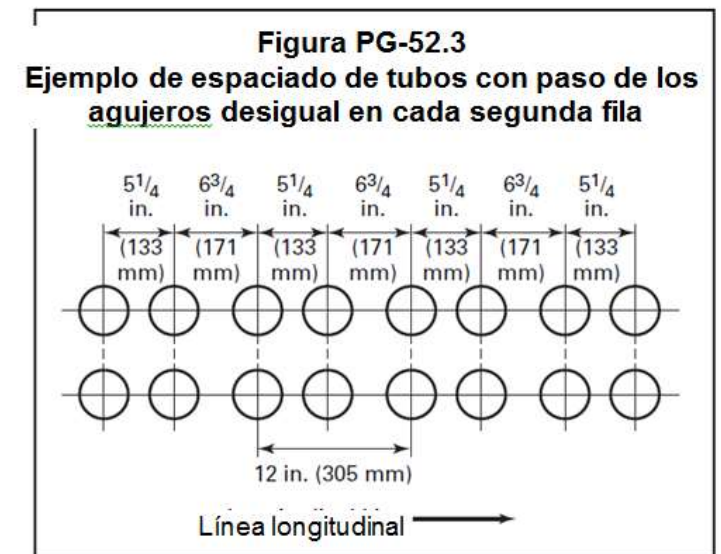
$$E = \frac{p_1 - nd}{p_1}$$



Ejemplo: el espaciado es como el que se muestra en la Figura PG-52.3. El diámetro de los agujeros para tubos es 3 9/32 in.

$$\frac{p_1 - nd}{p_1} = \frac{12 - 2 \times 3.281}{12}$$

= 0.453 de eficiencia de ligamento



PG-52.4 Orificios a lo largo de una diagonal. Cuando en un cuerpo o domo se perforan los agujeros para tubos como se muestra en la Figura PG-52.5, la eficiencia de estos ligamentos deberá ser la obtenida del diagrama de la Figura PG-52.1. Se deberán calcular la abscisa  $(p - d)/p$  y la relación  $p'/p$ . Con esos valores se puede leer la eficiencia en el eje de las ordenadas. Si el punto cae arriba de la curva de igual eficiencia de ligamentos diagonales y longitudinales, los ligamentos longitudinales serán los más débiles, en cuyo caso la eficiencia se calcula con la siguiente ecuación:

$$\frac{p - d}{p} \quad (1)$$

**Figura PG-52.5**  
**Ejemplo de espaciado de tubos con agujeros**  
**de los tubos en líneas diagonales**

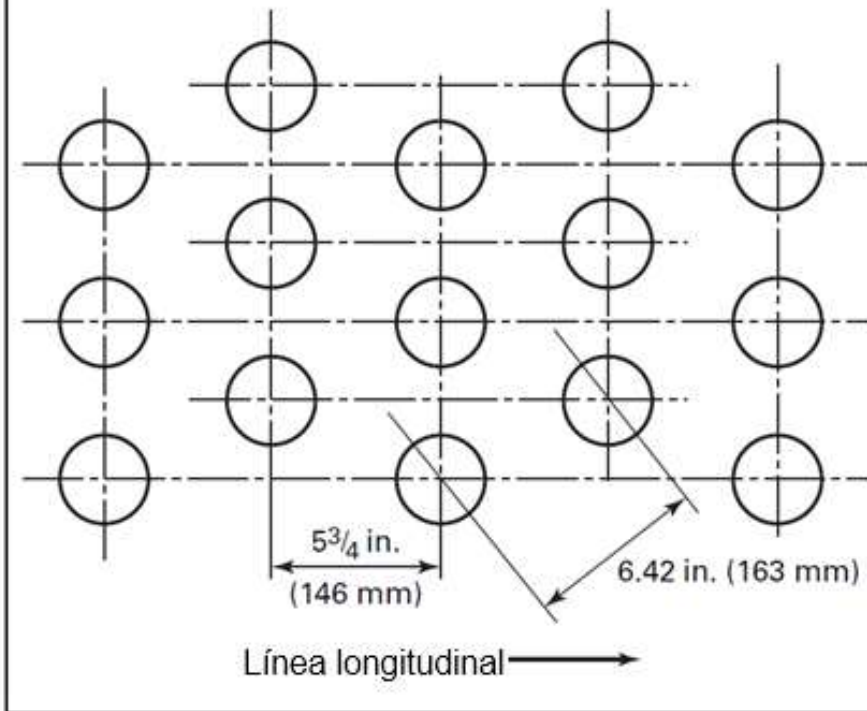
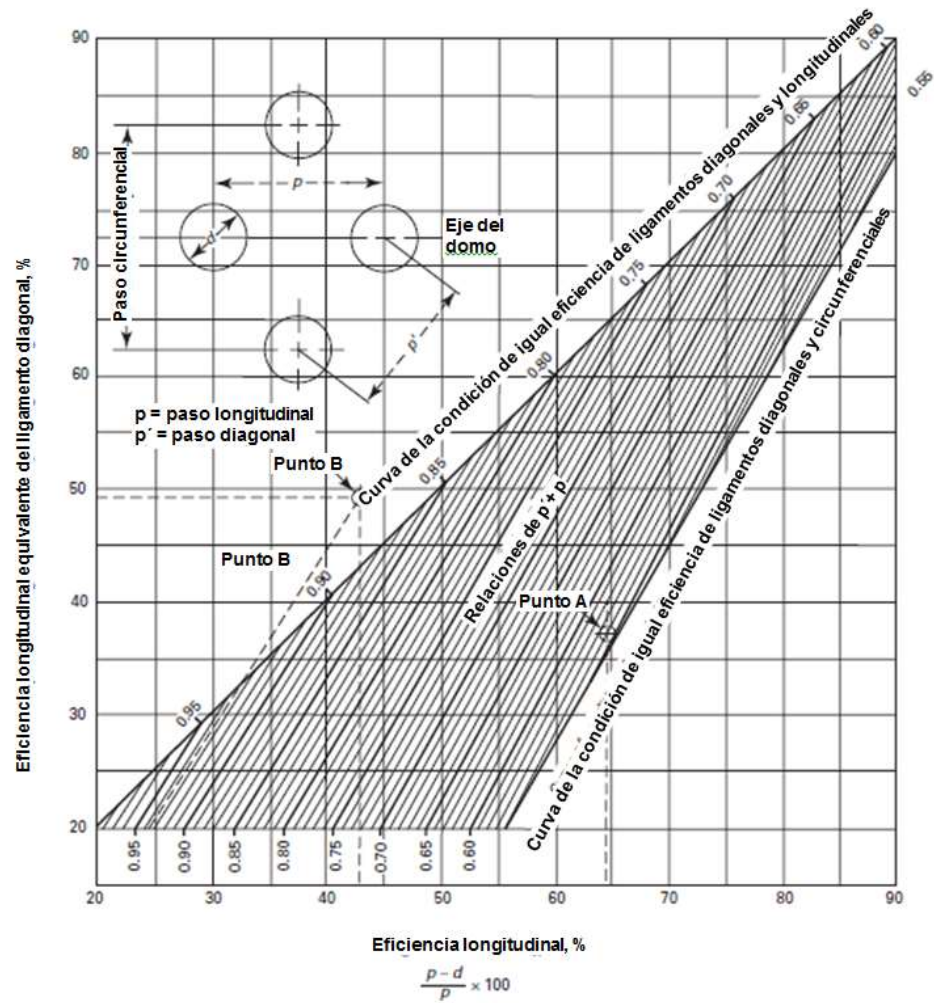


Figura PG-52.1  
 Diagrama para determinar la eficiencia longitudinal y diagonales entre  
 aberturas en cuerpos cilíndricos



Ejemplo:

(1) El paso diagonal de los agujeros para tubos en un domo, como se muestra en la Figura PG-52.5, es 6.42 in. El diámetro de los agujeros es 4 1/32 in. El paso longitudinal de los agujeros para tubos es 11 1/2 in.

$$\frac{p - d}{p} = \frac{11.5 - 4.031}{11.5} = 0.649 \quad (2)$$

$$\frac{p'}{p} = \frac{6.42}{11.5} = 0.558 \quad (3)$$

El punto correspondiente a estos valores se representa como A en el diagrama de la Figura PG-52.1, y la eficiencia correspondiente es de 37.0%. Como el punto cae por debajo de la curva de igual eficiencia de ligamentos diagonales y longitudinales, el ligamento diagonal es el más débil.

## PG-53 LIGAMENTOS

PG-53.1 Las reglas de este párrafo se aplican a los grupos de aberturas que no formen un patrón definido en las partes sometidas a presión (para los patrones definidos, ver PG-52). La eficiencia del ligamento entre agujeros para tubos deberá ser determinada como sigue:...



# FABRICACIÓN

## PG-75 GENERAL

La fabricación de calderas y las partes de las mismas deberá cumplir con los requisitos generales de fabricación de los párrafos siguientes, y, además con los requisitos específicos para la fabricación estipulados en las Partes de esta Sección que sean pertinentes a los métodos usados de construcción.

A menos que sea requiera de otra manera para verificar el cumplimiento con las partes específicas de esta Sección, se deberá realizar inspección visual para verificar el cumplimiento de los requisitos aplicables en cuanto a dimensiones, preparación de juntas, y alineación antes de soldar o unir, y de la condición de las soldaduras terminadas, como sigue:

(a) La inspección visual deberá estar limitada a las partes del conjunto que son accesibles para ser observadas a simple vista (con o sin anteojos). Esto se realiza normalmente cuando se tiene suficiente acceso para acercar los ojos a una distancia dentro de 24 in. (600 mm) de la superficie a ser inspeccionada y a un ángulo no menor que 30 grados con respecto a la superficie a ser inspeccionada. Se pueden utilizar espejos para lograr ver el componente a ser inspeccionado.

(b) La iluminación del área a ser inspeccionada debe ser adecuada para proporcionar una observación clara, sin sombras y especialmente libre de reflejos. Se puede utilizar iluminación adicional cuando la luz natural no sea adecuada para una inspección apropiada.

(c) El área bajo observación deberá estar limpia y libre de cualquier elemento extraño tal como escamas, arena, salpicaduras de soldadura y escoria, virutas de corte, etc.

(d) A criterio del fabricante o del inspector, se pueden utilizar técnicas de inspección visual complementarias para verificar la aceptabilidad de áreas sospechosas.

(e) El fabricante puede optar por realizar la inspección visual de acuerdo con la Sección V, Artículo 9.

## PG-76 CORTE DE PLACAS Y OTROS PRODUCTOS

PG-76.1 Las placas pueden cortarse por medio de mecanizado, troquelado, cizallado, o por corte con procesos con gas o arco eléctrico, o chorros de agua a alta presión (con y sin abrasivos) siempre que se deje metal suficiente en los bordes no terminados para así poder cumplir con los requisitos de PG-79.

## PG-77 IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL

El fabricante deberá describir en su sistema de control de calidad el procedimiento para mantener la identificación de los materiales de las partes a presión como así también el tipo de material. La identificación del material deberá mantenerse hasta que el reporte de datos (reporte de datos parcial o maestro) para el componente que contiene dicho material sea completado

PG-77.1 Cuando la caldera esté terminada, deberá permanecer visible en las placas del cuerpo, hogar, y cabezales, un grupo de estampas del fabricante, con el nombre del fabricante, número de identificación de la placa, número de la especificación de material, incluyendo el grado, clase y tipo, según corresponda; excepto para las tapas que contengan orificios para tubos y cubrejuntas, que deberán tener visible al menos una porción suficiente de tales estampas para la identificación.

# PG-80 FUERA DE REDONDEZ PERMISIBLE EN LOS CUERPOS CILÍNDRICOS

PG-80.1 Presión interna. Las secciones cilíndricas terminadas de los colectores, cuerpos, domos, y componentes similares, deberán ser circulares en cualquier sección dentro de un límite de 1% del diámetro medio, basado en las diferencias entre los diámetros medios máximo y mínimo en cualquier sección. Para determinar la diferencia en los diámetros, las medidas se pueden obtener en el interior o exterior, y cuando el componente esté fabricado con placas de diferentes espesores las medidas deberán corregirse para tener en cuenta el espesor de la placa si ello aplica, para determinar los diámetros en la línea media del espesor de la placa.



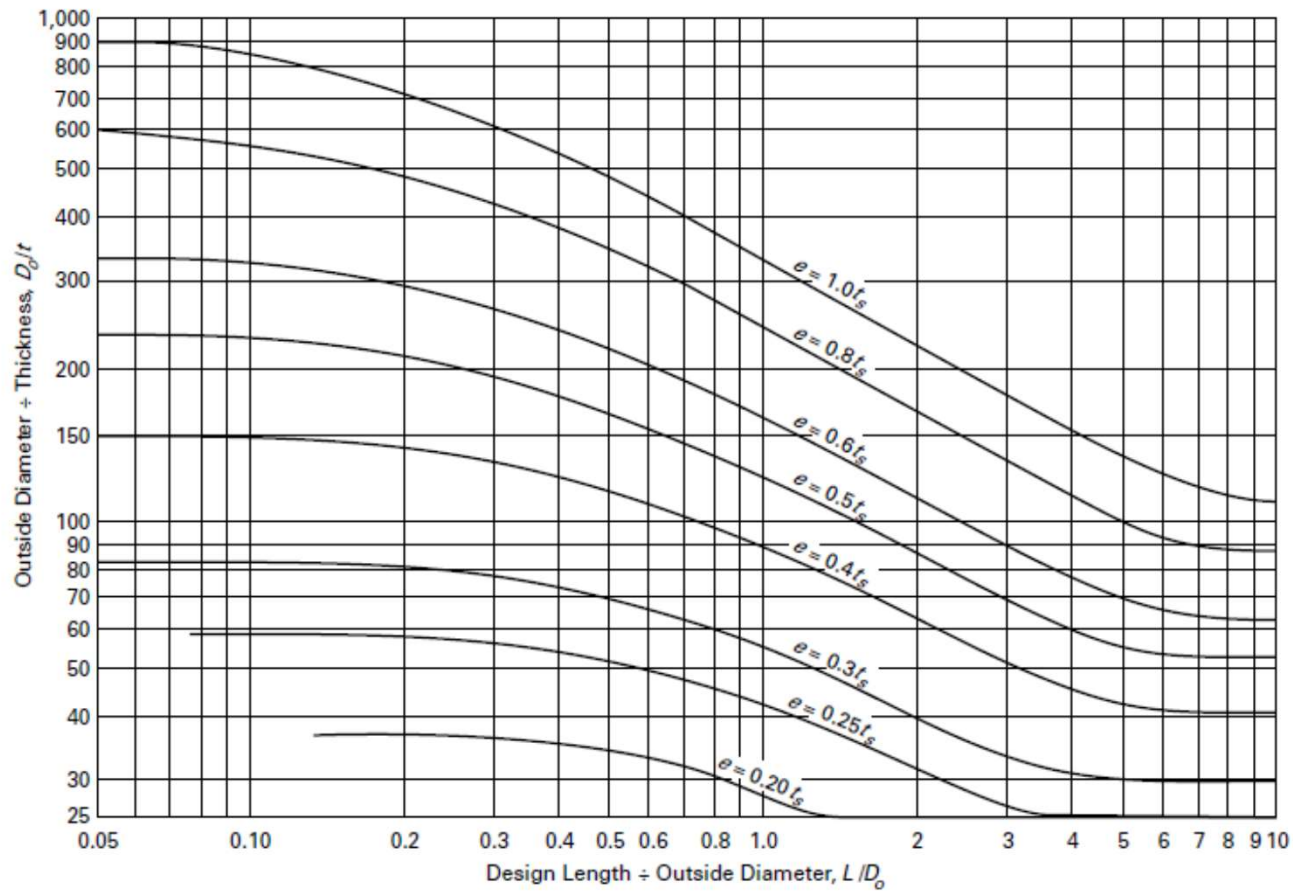
PG-80.2 Presión externa. Los hogares cilíndricos soldados y las otras partes cilíndricas sometidas a presión externa deberán ser rolados hasta tener prácticamente forma circular verdadera, con una desviación máxima positiva o negativa que no supere lo siguiente:

(a) Para componentes mayores que 24 in. (600 mm) de O.D., la desviación máxima permitida,  $e$ , deberá ser obtenida de la Fig. PG-80. Los símbolos  $L$ ,  $D_0$  y  $t_s$  están definidos en PG-28.3.1.1. Cuando el componente en cualquier sección transversal está fabricada de placas de diferentes espesores,  $t_s$  es el espesor nominal de la placa más delgada

(b) Para los componentes iguales o menores que 24 in. (600 mm) de O.D., la desviación máxima no deberá superar el 1% del O.D.

Figure PG-80  
 Maximum Permissible Deviation From a Circular Form,  $e$ , for Cylindrical Parts Under External Pressure

(21)



GENERAL NOTES

## PG-81 TOLERANCIA PARA CABEZALES CONFORMADOS

Cuando los cabezales sean fabricados con una forma aproximadamente elipsoidal, la superficie interior de tales cabezales deberá pasar por fuera, y no por dentro, de una elipse verdadera dibujada con el eje mayor igual al diámetro interior del cabezal y la mitad del eje menor igual a la profundidad del cabezal. La desviación máxima a partir de la elipse verdadera no deberá exceder de 0.0125 veces el diámetro interior del cabezal.

# INSPECCIÓN Y PRUEBAS

## PG-90 GENERAL

PG-90.1 Un Inspector Autorizado (AI) deberá inspeccionar cada caldera, sobrecalentador, pared de agua, o economizador, durante la construcción y luego de su terminación. El AI puede realizar inspecciones en otras etapas del trabajo que el designe (PW-46.2). Se requiere que cada fabricante o ensamblador acuerde por los servicios de los Inspectores Autorizados (vea el Preámbulo y PG-91) para realizar las inspecciones en todo su trabajo que se encuentre dentro del alcance de esta Sección, ya sea en el taller o en campo. Los deberes del AI están descritos en otros lugares de esta Sección e incluyen lo siguiente:

PG-90.1.1 Verificar que el fabricante o ensamblador tenga un certificado de autorización ASME válido, que cubra el alcance de sus actividades código (PG104.2.1, PG-105.5).

PG-90.1.2 Monitorear el cumplimiento con el Programa aceptado de Control de Calidad, y verificar que cualquier cambio cumpla con los requisitos de esta Sección (PG-105.4, PEB-18, A-300).

PG-90.1.3 Verificar que el poseedor del certificado tenga los libros necesarios del Código, Adenda, y Casos Código, para cubrir el trabajo que está realizando.

PG-90.1.4 Revisar un número seleccionado de los cálculos de diseño del fabricante para verificar el cumplimiento de la Sección I (PG-90.3).

PG-90.1.5 Testificar y aprobar las pruebas de comprobación para establecer la presión máxima admisible de trabajo (MAWP) (A-22).

PG-90.1.6 Verificar que el poseedor del certificado tenga los controles suficientes para asegurar que el material usado para la construcción cumple con los requisitos aplicables de esta Sección (PG-10, PG-11, PG-105.4, A-302.4).

PG-90.1.7 Cuando se corte material de placa en dos o más piezas, verificar que los controles del poseedor del certificado suministren un medio seguro de identificación para mantener la trazabilidad de materiales (PG-77.2, A-302.4)

PG-90.1.8 Verificar que el personal del poseedor del certificado esté examinando los bordes resultantes de los cortes antes de soldar (PW-29.3).

PG-90.1.9 Verificar que todas las especificaciones de los procedimientos de soldadura, registros de calificación de procedimiento, registros de calificación de soldadores y operadores de soldadura, cumplan con los requisitos de esta Sección (PW-1.2, PW-28, PW-40.2, PW-47, PW48, PW-53, PB-47, PB-48).

PG-90.1.10 Si es necesario realizar reparaciones con soldadura, aceptar el método y la extensión de las reparaciones y verificar que se usen únicamente procedimientos de soldadura, soldadores y operarios de soldadura calificados (PG-78, PW-40.2, PW-54.2, PB-33).



PG-90.1.11 Verificar que todos los tratamientos térmicos requeridos hayan sido realizados y estén documentados apropiadamente (PG-19, PG-20, PG-11.3.4, PW-39, PW-44.4, PW-44.6, PW-49, y Apéndice Obligatorio C).

PG-90.1.12 Verificar que los exámenes no destructivos y las pruebas requeridas hayan sido efectuados por personal calificado y que los resultados estén apropiadamente documentados (PG-25.2, PG-93.1, PW-11, PW-44.7, PW-44.8, PW-51, PW-52).

PG-90.1.13 Realizar las inspecciones requeridas y presenciar las pruebas hidrostáticas (PG-99, PW-54, PB-49, PMB-21, PEB-17, PEB-18).

PG-90.1.14 Verificar que el representante responsable del poseedor del certificado haya firmado el Reporte de Datos y que este esté correcto antes de firmarlo (PG-104, PG-112, PG-113, PW-1.2.5, PB-1.4.5).

PG-90.1.15 Antes del estampe, verificar que el componente cumpla con los requisitos de esta Sección. Después del estampe, verificar que el estampado es correcto y que la placa de datos, si se usa, haya sido colocada correctamente (PG-106, PG-108, PG-109, PW-1.2.5, PB-1.4.5).

PG-90.3 El Fabricante es responsable de la preparación de los cálculos de diseño para demostrar el cumplimiento con las reglas de la Sección I y su firma en el formulario reporte de datos del fabricante deberá ser considerado como una certificación de que estos han sido realizados. El fabricante deberá tener disponibles los cálculos de diseño para el Inspector Autorizado cuando este los solicite. El Inspector Autorizado tiene el deber de revisar un número seleccionado de los cálculos de diseño del fabricante para verificar el cumplimiento con la Sección I.

## PG-99 PRUEBA HIDROSTÁTICA

La prueba hidrostática de la caldera terminada debe realizarse de acuerdo con los siguientes requisitos:

Luego que una caldera haya sido terminada (ver PG-104), deberá someterse a pruebas de presión usando agua a una temperatura no menor que la ambiente, pero en ningún caso inferior a 70°F (20°C). Cuando en este párrafo se especifiquen las presiones pruebas requeridas, ya sean máximas o mínimas, éstas se aplican al punto más alto del sistema de la caldera.

Cuando la caldera sea terminada en el taller del fabricante sin la tubería exterior a la caldera, la prueba hidrostática siguiente de la tubería exterior a la caldera deberá ser responsabilidad de un poseedor de una marca de certificación válida con el designador “S”, “A”, o “PP”. Las válvulas de alivio de presión no necesitan incluirse en la prueba hidrostática. Las pruebas deberán hacerse en dos etapas, en la siguiente secuencia:

PG-99.1 Las pruebas de presión hidrostática deberán realizarse elevando gradualmente la presión hasta no menos de 1 1/2, veces la presión máxima admisible de trabajo que se expresa en el reporte de datos y que vaya a ser estampada en la caldera. Ninguna parte de la caldera deberá ser sometida a tensiones primarias de membrana mayores del 90% de su resistencia a la fluencia (0,2% de deformación) a la temperatura de prueba. Las tensiones primarias de membrana a las cuales la caldera estará sujeta durante la prueba hidrostática deberán ser consideradas cuando se diseñen los componentes. No se requiere una inspección visual desde cerca en esta etapa.

PG-99.2 Luego, la presión de prueba hidrostática puede reducirse hasta la presión máxima admisible de trabajo, que se expresa en el reporte de datos y que vaya a ser estampada en la caldera, y se mantiene esta presión mientras la caldera se examina visualmente minuciosamente. La temperatura del metal no deberá superar los 120°F (50°C) durante este examen visual

## PG-99.4 Manómetros de prueba

PG-99.4.1 Deberá conectarse un manómetro, visible al operador que controla la presión aplicada a las partes sometidas a presión. La presión hidrostática en la posición del manómetro deberá tenerse en cuenta, de manera que se alcance la presión de prueba requerida en la parte superior.

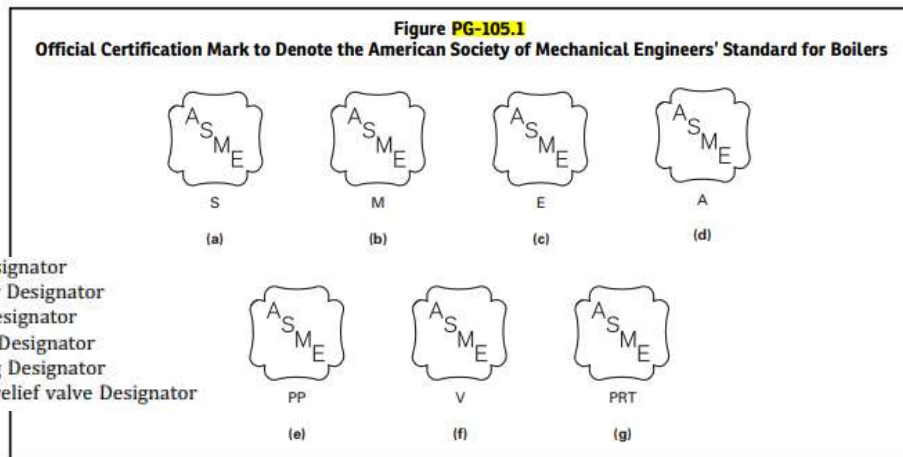


PG-99.4.2 El rango de los manómetros con agujas indicadoras usados en la prueba deberá ser preferentemente de aproximadamente el doble que la presión máxima de prueba, pero en ningún caso deberá ser menor que 1 1/2 veces dicha presión. El espaciado entre las marcas de graduación deberá ser tal que el inspector y el operador que controla la prueba deberán ser capaces de determinar el momento en que se haya aplicado la presión de prueba requerida. Los medidores de presión digitales que tienen un rango mayor de presiones, pueden utilizarse siempre que las lecturas den el mismo o mayor grado de exactitud que el que se obtendría con un manómetro.

## PG-106 ESTAMPADO DE CALDERAS

PG-106.1 El Fabricante deberá estampar cada caldera, sobrecalentador, pared de agua, o economizador fabricado de acuerdo con esta Sección en la presencia del Inspector Autorizado, después de la prueba hidrostática, en el taller del fabricante, excepto que, en los casos donde las calderas, sobrecalentadores, paredes de agua, o economizadores no sean completados y se prueben hidrostáticamente antes del despacho, el estampado apropiado deberá ser aplicado en campo y los reportes de datos requeridos en PG-112 y PG-113 deberán ser firmados por el mismo o diferentes Inspectores quienes deberán indicar las porciones del trabajo realizadas en taller y en campo.

El estampado deberá consistir en la marca de certificación apropiada mostrada en la Figura PG-105.1, la cual deberá ser colocada en cada parte del equipo listada anteriormente en las posiciones indicadas en PG-111, excepto lo que se indica en PG-106.2.



**Figure PG-106**  
Form of Stamping

Certified by

ASME  
S

-----  
 (Name of Manufacturer)  
 -----  
 (Max. allow. working pressure when built)  
 -----  
 (Heating surface, boiler, and waterwalls)  
 -----  
 (Maximum designed steaming capacity)  
 -----  
 Manufacturer's serial number      -----  
 Year built

PG-106.2 Cuando una caldera acuotubular esté configurada integralmente con su economizador, sobrecalentador y/o paredes de agua, el estampado requerido en PG-106.1 para tales partes que sean fabricadas por el fabricante de la caldera puede combinarse en un estampe único ubicado como se especifica en PG-111.5. La marcas de identificación deberán estar ubicadas en todos los colectores tal como se requiere en PG-111.10, PG-111.11, y PG-111.12.

PG-106.4 Además de la marca de certificación, los siguientes datos deberán también ser estampados con letras y números de una altura de por lo menos 5/16 in. (8 mm) [5/32 in. (4 mm) en calderas miniatura en caso de ser necesario], dispuestas como se muestra en la Figura PG-106.

## PG-106.4.1 Datos en calderas

(a) Número de serie del fabricante

(b) Certificado por (nombre del fabricante)

(c) Presión máxima admisible de trabajo cuando se construyó

(d) Superficie de calefacción (o energía de entrada para calderas eléctricas)

(e) Año de fabricación

(f) Capacidad máxima de generación de vapor de diseño (o, para calderas de agua de alta temperatura, salida máxima de diseño)

## PG-106.4.2 Datos en paredes de agua, sobrecalentadores, o economizadores.

(a) Número serie del fabricante

(b) Certificado por (nombre del Fabricante)

(c) Presión máxima admisible de trabajo cuando se construyó

(d) Superficie de calefacción (no se requiere para los sobrecalentadores integrales) (absorción nominal para un economizador aislable)

(e) Para los sobrecalentadores aislables o no integrales encendidos por separado, la superficie de calefacción o la capacidad mínima de descarga de la válvula de alivio de presión, calculada a partir de la absorción máxima de calor esperada (determinado por el fabricante)

## PG-110 ESTAMPADO DE VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN

Cada válvula de alivio de presión deberá estar claramente marcada, con la información requerida, por el fabricante o el ensamblador (ver PG-73.4.4), de manera tal que la marca no se borre durante el servicio. El marcado deberá estar ubicado en la válvula o en una placa de identificación fijada de manera segura a la válvula. La otra información requerida puede ser estampada, grabada, impresa, colada, aplicada por otros medios aceptables para la organización designada ASME en la válvula o en la placa de identificación.



Para unidades diferentes de las indicadas a continuación, ver PG-4. El marcado deberá incluir lo siguiente:

(a) El nombre (o una abreviatura aceptable) del fabricante y ensamblador, según sea aplicable

(b) Número de diseño o tipo del fabricante

(c) NPS (DN) (tamaño nominal de tubería en la entrada de la válvula)

(d) Presión de ajuste \_\_\_\_\_ psi (MPa), y si es aplicable por PG-73.5.2, diferencial de presión de prueba en frío \_\_\_\_\_ psi (MPa)

## (e) Capacidad

(1) capacidad \_\_\_\_\_ lb/hr (kg/hr) (para el servicio de vapor saturado de acuerdo con PG-69.2) o

(2) capacidad \_\_\_\_\_ lb/hr (kg/hr) a \_\_\_\_\_ °F (°C) (para válvulas de alivio de presión accionadas por potencia de acuerdo con PG-69.4, o para válvulas de alivio de presión para servicio de vapor sobrecalentado de acuerdo con PG-68.7 o servicio de vapor supercrítico de acuerdo con PG-67.5) o

(3) capacidad \_\_\_\_\_ gal/min (l/min) a 70°F (20°C) a una sobrepresión de 10% o 3 psi (20 kPa), lo que sea mayor, para válvulas certificadas en agua o

(4) ) capacidad \_\_\_\_\_ lb/hr (kg/hr) a \_\_\_\_\_ °F (°C) \_\_\_\_\_  
(identificación del fluido) (para vaporizadores de fluidos orgánicos de acuerdo con PVG-12.4)

(f) año de fabricación, o alternativamente, puede marcarse un código en la válvula de manera que el fabricante o ensamblador de la válvula pueda identificar el año en que la válvula fue ensamblada y probada

(g) Marca de certificación tal como se muestra en la Figura PG-105.1 con un designador “V” ubicado por debajo de la marca de certificación. Se puede utilizar un método de marcado diferente del estampado aprobado por la Sociedad, siempre que este sea aceptable para la organización designada ASME.

(h) El piloto de una válvula de alivio de presión accionada por piloto deberá ser claramente marcado por el fabricante o ensamblador, indicando el nombre del fabricante, el número de diseño o de tipo del fabricante, la presión de ajuste en libras por pulgada cuadrada (MPa), y el año de fabricación, o alternativamente, el fabricante puede usar una codificación para identificar el año de fabricación.

## PG-113 FORMULARIO REPORTE DE DATOS MAESTRO

PG-113.1 El Fabricante de las calderas [vea PG-104, Nota (1)] deberá usar el Reporte de Datos Maestro (utilizando los Formularios de Reporte de Datos P-2, P-2A, P-3, P-3A, o PL-1, según corresponda) para documentar completamente todas las partes de una caldera terminada [excepto por la tubería exterior a la caldera; vea PG-104, Nota (2)] como que tienen la certificación Código de acuerdo con los requisitos del Código para el diseño, construcción y calidad de la mano de obra.

PG-113.2 Cuando una caldera ensamblada en campo sea documentada en Formularios de Datos de los fabricantes diferentes al fabricante [vea PG-104-, Nota (1)] responsable por la caldera terminada, el fabricante de la caldera deberá completar el Formulario Reporte de Datos Maestro aplicable registrando los datos requeridos a partir de todos los Formularios Reporte de Datos de soporte que sean requeridos por la caldera completa. Todos los Formularios de Datos deberán anexarse en forma segura al Reporte de Datos Maestro. Los Reportes de Datos deberán claramente separar la fabricación en taller del ensamble en campo y en el caso de unidades grandes, las hojas suplementarias pueden usarse para registrar la información.

El bloque de certificación de la inspección en taller y el bloque de certificación del ensamble en campo deberán claramente designar los componentes certificados por el Inspector en planta, y aquellos que serán certificados por el Inspector en campo. Los Reportes de Datos certificados suministrados por muchos fabricantes serán sometidos a la autoridad del Inspector de planta o campo de aceptar los componentes fabricados por otros fabricantes e incluidos en la fabricación de la caldera completa.

PG-113.3 El Fabricante de la caldera [vea PG-104, Nota (1)] tiene la responsabilidad de distribuir las copias de los Formularios completos de Reporte de Datos Maestros (Formulario de Reporte de Datos P-2, P-2A, P-3, P-3A, o PL-1, según corresponda) a la agencia de inspección y el número requerido de autoridades apropiadas. El sistema de control de calidad del fabricante deberá incluir los requisitos para la preparación del Reporte de Datos del Fabricante. El Fabricante deberá conservar los Reportes de Datos del Fabricante por un mínimo de 5 años.



# PARTE PW REQUISITOS PARA CALDERAS FABRICADAS POR SOLDADURA

## GENERAL

### PW-1 ALCANCE

PW-1.1 Alcance. Las reglas en la Parte PW son aplicables a las calderas y a sus partes componentes, incluidas las tuberías construidas según las disposiciones de esta Sección, que son fabricadas por soldadura, y deberán ser utilizadas conjuntamente con los requisitos generales de la Parte PG y también con los requisitos específicos en las Partes aplicables de esta Sección que sean pertinentes al tipo de caldera en consideración.

# PARTE PW REQUISITOS PARA CALDERAS FABRICADAS POR SOLDADURA

PW-1.2 Responsabilidad. Cada Fabricante<sup>21</sup> (titular del Certificado de Autorización) es responsable de la soldadura realizada por su organización y deberá establecer los procedimientos y realizar las pruebas requeridas en la Sección IX para calificar los procedimientos de soldadura que se utilicen en construcción de soldaduras bajo la Sección I...

## *CALIFICACIÓN*

PW-1.2.1 Toda la construcción Código deberá ser responsabilidad del Fabricante.

PW-1.2.2 Todas las soldaduras se deberán realizar de acuerdo con las especificaciones de procedimiento de soldadura del Fabricante que el Fabricante ha calificado de acuerdo con los requisitos de la Sección IX.

PW-1.2.3 Todos los soldadores deberán ser calificados por el Fabricante de acuerdo con los requisitos de la Sección IX.

PW-1.2.4 El sistema de control de calidad del Fabricante deberá incluir como mínimo

PW-1.2.4.1 Un requisito para que el Fabricante supervise administrativa y técnicamente de manera completa y exclusiva a todos los soldadores.

PW-1.2.4.2 Evidencia de la autoridad del Fabricante para asignar y retirar soldadores según su criterio sin la participación de ninguna otra organización.

PW-1.2.4.3 Un requisito para la asignación de los símbolos de identificación de los soldadores

PW-1.2.4.4 Evidencia de que este programa ha sido aceptado por la Agencia de Inspección Autorizada del Fabricante que proporciona el servicio de inspección.

PW-1.2.5 El Fabricante deberá ser responsable del cumplimiento de la soldadura con el Código, incluido el estampado de la marca de certificación con el designador apropiado, y de proporcionar los Formularios Reporte de Datos, realizados correctamente y refrendados por el inspector autorizado.

PW-1.3 Definiciones de soldadura. Por algunos de los términos más comunes relacionados con la soldadura, consultar la Sección IX, QG-109.2.

# MATERIALES

## PW-5 GENERAL

PW-5.1 Los materiales usados en la construcción soldada de partes sometidas a presión deberán cumplir con una de las especificaciones mencionadas en la Sección II y deberán estar limitados a aquellos permitidos específicamente en las Partes PG, PWT y PFT y cuyos valores de tensión admisible aparecen en las Tablas 1A y 1B de la Sección II, Parte D, Subparte 1, para la construcción según la Sección I y cuyos Números P de Grupo de soldadura se asignan en la Sección IX.

PW-5.2 Los aceros al carbono y aleados que tengan un contenido de carbono superior al 0.35% no deberán ser utilizados en construcciones soldadas ni deberán ser cortados por oxicorte u otros procesos de corte por medios térmicos.

PW-5.4 Los electrodos de soldadura y el metal de aporte se deberán seleccionar para proporcionar un metal de soldadura depositado cuya composición química y propiedades mecánicas sean compatibles con los materiales a unir y con las condiciones de servicio esperadas.

Cuando se utiliza metal de aporte Grado 91 (ej. AWS B9, EN CrMo91, etc.) para realizar las soldaduras en componentes retenedores de presión en materiales P-No. 15E Gr. 1, el contenido de níquel y manganeso (Ni + Mn) del metal de aporte no deberá exceder 1.2 %.

# DISEÑO

## PW-8 GENERAL

Las reglas en los siguientes párrafos se aplican específicamente al diseño de calderas y sus partes que sean fabricadas por soldadura, y deberán ser utilizadas junto con los requisitos generales para el diseño que figuran en la Parte PG y también con los requisitos específicos para el diseño en las Partes aplicables de esta Sección que correspondan al tipo de caldera en consideración



## PW-9 DISEÑO DE JUNTAS SOLDADAS

PW-9.1 Las juntas longitudinales, circunferenciales y de otro tipo, que unen los materiales usados para domos, cuerpos u otras partes sometidas a presión, excepto que se indique otra cosa en PG-31, PG-39, PW-41, PWT-11 y en la Parte PFT, deberán ser soldaduras a tope de completa penetración. Las soldaduras deberían ser preferiblemente del tipo a tope soldada de ambos lados, pero también puede ser del tipo de soldadura a tope soldada de un solo lado con el metal de aporte agregado desde un lado solamente cuando se fabrican para ser equivalentes a una junta a tope soldada de ambos lados mediante la utilización de medios para lograr una penetración completa.

PW-9.2 Ranuras para soldar. Las dimensiones y la forma de los bordes a ser unidos por las soldaduras a tope deberán ser tales que permitan una completa fusión y penetración en la junta.

PW-9.3 Transiciones en juntas a tope entre materiales de diferentes espesores. No es la intención de este párrafo el ser aplicado a diseños de juntas para las cuales hay disposiciones específicas en otro lugar de este código.

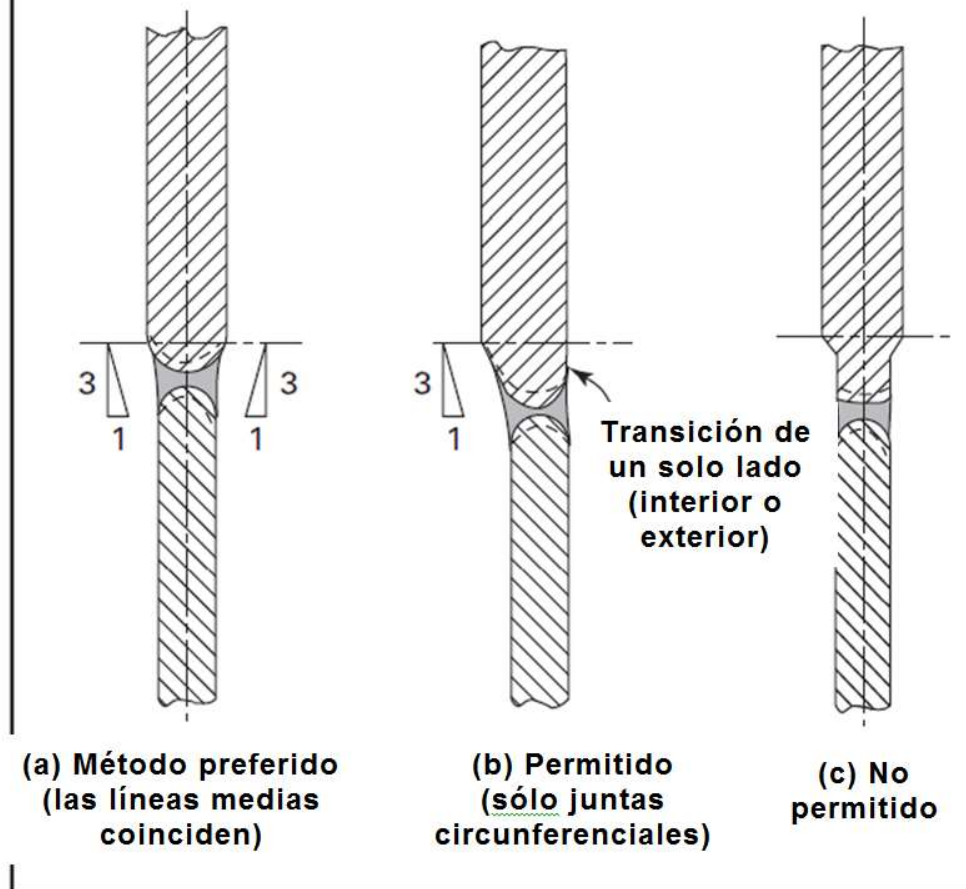
Se deberán cumplir los requisitos de PW-9.3.1 hasta PW-9.3.3, según sean aplicables al tipo específico de parte sometida a presión.

...

PW-9.3.1 Cuerpos, domos, y recipientes (incluyendo aquellos fabricados con materiales que cumplan con especificaciones de tubo o tubería). Cuando se unan materiales de distinto espesor con una junta a tope, se deberá proporcionar una transición gradual si la diferencia en espesor es mayor que un cuarto del espesor del material más delgado ó 1/8 in. (3 mm), lo que sea menor. Para la transición se puede utilizar cualquier proceso que proporcione una transición gradual uniforme. La soldadura puede estar parcial o totalmente dentro de la sección de transición, o adyacente a la misma, como se indica en la Figura PW-9.3.1. La transición gradual deberá tener una longitud no menor que 3 veces la diferencia de espesor entre las superficies adyacentes, como se muestra en la Figura PW-9.3.1.

Figura PW-9.3.1

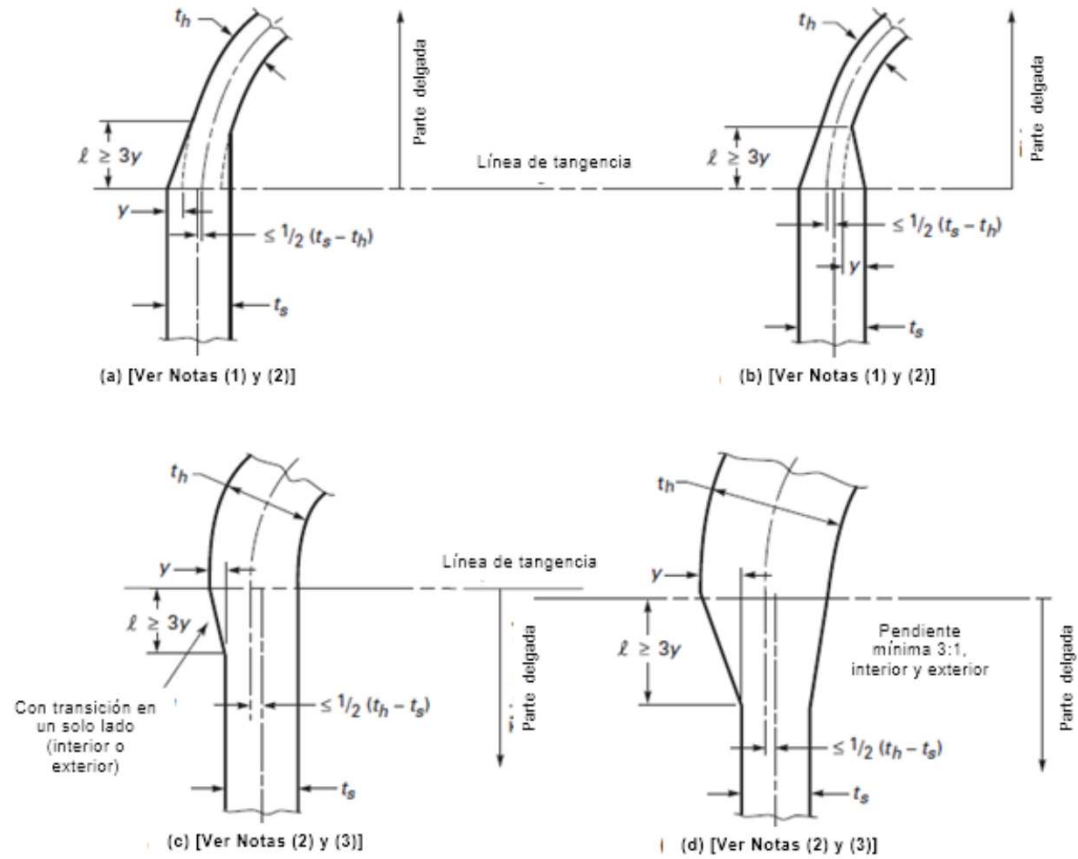
Soldadura a tope de placas de distinto espesor



PW-9.3.2 Tubos y tuberías. Cuando se sueldan circunferencialmente componentes de tubo o tubería de diferentes diámetros o espesores, la transición no deberá tener una pendiente superior a los  $30^{\circ}$  desde el diámetro más pequeño hasta el más grande. La transición se puede formar con cualquier proceso que ofrezca una transición uniforme. La soldadura puede estar parcial o totalmente dentro de la sección de transición, o adyacente a la misma. La alineación deberá cumplir con las disposiciones de PW-34.

PW-9.3.3 Cabezales unidos a cuerpos. Se deberá proporcionar una transición gradual con una longitud no menor que 3 veces la diferencia de espesor entre las superficies adyacentes de las secciones a tope, como se muestra en la Figura PW-9.3.3, esquemas (a) y (b) en las juntas formadas entre cuerpos y cabezales en los cuales la diferencia en espesor es mayor que un cuarto del espesor del material más delgado ó 1/8 in. (3 mm), lo que sea menor.

Figura PW-9.3.3  
Cabezales unidos a cuerpos

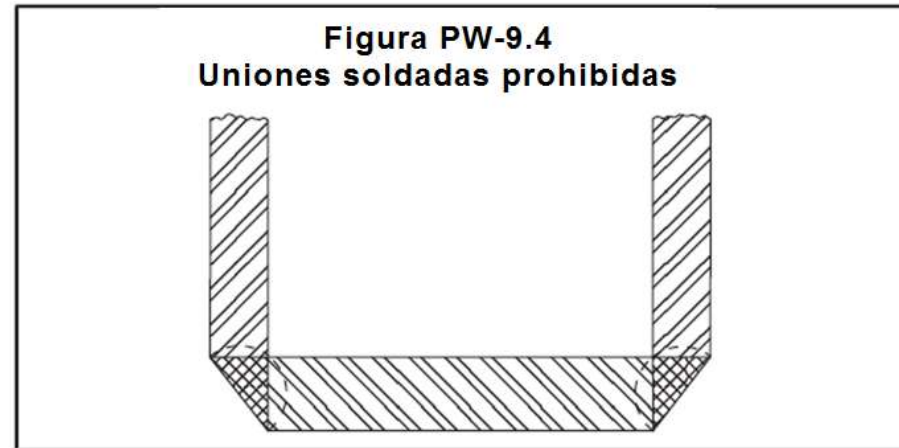


Cuando sea requerida una transición en cualquier cabezal conformado de espesor mayor al del cuerpo y que vaya a ser unido con soldadura a tope [ver Figura PW-9.3.3, esquemas (c) y (d)], la longitud del faldón medida desde la línea de tangencia deberá cumplir los requerimientos de la Figura PW-9.3.3 y la transición deberá estar completamente dentro del faldón



Cuando la transición sea formada mediante la remoción de material de la sección más gruesa, el espesor mínimo del material, luego que el material sea removido, no deberá ser menor que el requerido en la Parte PG. La desalineación de la línea media entre el cuerpo y el cabezal no deberá ser mayor que la mitad de la diferencia entre los espesores reales del cuerpo y el cabezal, como se muestra en la Figura PW-9.3.3, esquemas (a) hasta (d).

PW-9.4 Juntas soldadas prohibidas. Las juntas de esquina que se muestran en la Figura PW-9.2 están prohibidas.



## PW-10 TRATAMIENTO TÉRMICO

Los recipientes y las partes de recipientes deberán ser precalentados y tratados térmicamente posterior a la soldadura de acuerdo con los requisitos en PW-38 y PW-39.

## PW-11 EXAMEN VOLUMÉTRICO DE JUNTAS SOLDADAS A TOPE

PW-11.1 Las juntas soldadas a tope que requieren examen volumétrico se especifican en la Tabla PW-11. A menos que la Tabla PW-11 limite el examen volumétrico a un solo método, se puede usar el método radiográfico o el método ultrasónico. La aceptación de la soldadura deberá ser determinada utilizando el método seleccionado para el examen inicial de la soldadura terminada. Si son requeridas reparaciones, éstas deberán ser examinadas usando el mismo método por el cual se detectaron las imperfecciones no aceptadas. Los exámenes posteriores de la soldadura luego de la aceptación no se encuentran dentro de los requisitos de esta Sección y deberá ser un tema de acuerdo entre el Fabricante y el usuario.

La experiencia ha demostrado que las juntas soldadas a tope que no requieren examen volumétrico por estas reglas se han comportado en servicio de manera segura y confiable, incluso si contienen imperfecciones que pueden aparecer en exámenes posteriores. Todos los estándares de examen y aceptación más allá de los requisitos de esta Sección no entran en el alcance de este Código y deberán ser un tema que el Fabricante y el usuario deben acordar

PW-11.3 Para el uso de la Tabla PW-11, el tamaño y el espesor de las juntas soldadas a tope se definen como el más grande y más grueso de los dos bordes a tope después de la preparación del borde.

<b>Tabla PW-11</b>			
<b>Examen volumétrico de juntas soldadas a tope</b>			
	Condiciones de servicio de la parte de presión [Nota (1)]		
	Sujeto al calor radiante del hogar [Nota (2)]	No sujeto al calor radiante del hogar [Nota (2)]	
Tipo de soldadura a tope	Contiene vapor y/o agua	Contiene agua	Contiene vapor
Longitudinal	Todos los tamaños y espesores	Todos los tamaños y espesores	Todos los tamaños y espesores
Soldaduras circunferenciales en domos y cuerpo	> NPS 10 (DN 50) o > 1 1/8 in. (29 mm) de espesor	> NPS 10 (DN 50) o > 1 1/8 in. (29 mm) de espesor	> NPS 10 (DN 50) o > 1 1/8 in. (29 mm) de espesor
Soldaduras circunferenciales en tubos, tuberías, y colectores	> NPS 4 (DN 100) o > 1/2 in. (13 mm) de espesor	> NPS 10 (DN 50) o > 1 1/8 in. (29 mm) de espesor	> NPS 16 (DN 400) o > 1 5/8 in. (41 mm) de espesor

**NOTAS GENERALES:**

(a) A menos que sea exceptuado por esta tabla, todas las juntas soldadas a tope circunferenciales serán examinadas volumétricamente en toda su longitud.

(b) El examen volumétrico es requerido cuando se exceda el límite ya sea de tamaño o de espesor (es decir que las limitaciones de diámetro y espesor se aplican independientemente).

(c) El examen radiográfico deberá ser realizado de acuerdo con PW-51.

(d) El examen ultrasónico deberá ser realizado de acuerdo con PW-52.

(e) El personal que realiza el examen volumétrico requerido por esta tabla deberá estar calificado y certificado de acuerdo con PW-50.

(f) Cuando cualquier combinación de parámetros radiográficos produzca una penumbra geométrica mayor que 0.07 in. (1.8 mm) se deberá utilizar UT.

(g) Cuando el espesor sea menor que 1/2 in. (13 mm) se deberá usar RT.

(h) Ambos, RT y UT, son requeridos para soldaduras en materiales ferríticos en los que se usa el proceso de electroescoria. Si se utiliza un tratamiento térmico de refinamiento de grano (austenizado), el examen UT deberá ser realizado luego de que el tratamiento térmico sea realizado. Si no se utiliza un tratamiento térmico de austenizado, el examen UT deberá ser realizado luego de un tratamiento térmico posterior a la soldadura intermedio, o luego de finalizado el tratamiento térmico posterior a la soldadura final.

(i) Ambos, RT y UT, son requeridos para soldaduras en todo material en los que se usa el proceso de soldadura por fricción conducida continua.

(j) Para calderas eléctricas, el examen volumétrico no es requerido cuando la presión máxima admisible de trabajo es  $\leq 100$  psig (700 kPa), y el diámetro interior es  $\leq 16$  in. (400 mm) (ver PEB-9).

(k) Para calderas humotubulares, el examen volumétrico no es requerido para

- (1) juntas soldadas a tope longitudinales en hogares realizadas con la adición de metal de aporte, siempre que un ensayo de doblado de una muestra de la junta soldada para cada sección del hogar cumpla con los requerimientos de PW-53
- (2) juntas soldadas a tope circunferenciales en hogares (ver PFT-14)
- (3) Soldaduras a tope y juntas en esquina que cumplan con los requerimientos de PFT-21.1 hasta PFT-21.3 para piernas de agua, hogares, y cajas de fuego

(l) El examen volumétrico no es requerido para calderas miniatura (ver PMB-9).

(m) El examen volumétrico no es requerido para la soldadura longitudinal en productos ERW que cumplan con una especificación de material aceptable cuando se usen para construcción, dentro de los límites de PG-9.5.

(n) Para calderas acuotubulares, el examen volumétrico no es requerido para soldaduras a tope y juntas en esquina que cumplan con los requerimientos de PWT-12 y PFT-21.

**NOTAS:**

(1) Las condiciones de servicio y el contenido de las partes a presión son las determinadas por el diseñador.

(2) Una soldadura no será considerada sujeta al calor radiante del hogar cuando esté ubicada en una porción de una parte sometida a presión que tenga cinco o más filas de tubos entre ella y el hogar.

## PW-14 ABERTURAS EN LAS SOLDADURAS O ADYACENTES A ÉSTAS

Todo tipo de abertura, que cumpla con los requisitos de compensación mencionados en PG-32 a PG-44, puede estar ubicada en una junta soldada.

## PW-15 CONEXIONES SOLDADAS

PW-15.1 Las boquillas, otras conexiones, y su compensación, se pueden unir a los recipientes mediante soldadura por arco o gas. Se deberá suministrar suficiente soldadura y compensación en cualquier lado del plano que atraviesa el centro de la abertura, paralelo al eje longitudinal del recipiente, para desarrollar la resistencia necesaria, según se establece en PG-37, en corte o tracción, lo que sea aplicable (ver la Figura PW-15 para ejemplos de cálculo, donde, si una soldadura de filete tiene catetos diferentes, el valor de WL1 o WL2 se deberá tomar como la longitud del cateto menor).



PW-15.1.1 Los factores de corrección de tensión en PW-15.2 se deberán aplicar a todas las soldaduras.

PW-15.1.2 La resistencia de las soldaduras de filete deberá basarse en la mitad del área sujeta a corte, calculada utilizando el diámetro promedio de la soldadura.

PW-15.1.3 La resistencia de las soldaduras de ranura deberá basarse en la mitad del área sujeta a corte o tracción, según corresponda, calculada con la mínima dimensión de profundidad de soldadura en la dirección considerada.

PW-15.1.6 No se requieren los cálculos de resistencia para las soldaduras de fijación de boquilla en el caso de las configuraciones de soldadura que se muestran en la Figura PW-16.1, esquemas (a) hasta (c), (g), (h), (o), de (q-1) hasta (q-4), (u-1), (v-1), (w-1), (y) y (z).

PW-15.2 Valores de tensión para el metal soldado. Los valores de tensiones admisibles para las soldaduras de ranura y filete en porcentajes de los valores de tensiones para el material del recipiente son los siguientes:

Material	Porcentaje
Soldadura de ranura, en tracción	74 %
Soldadura de ranura, en corte	60 %
Soldadura de filete, en corte	49 %

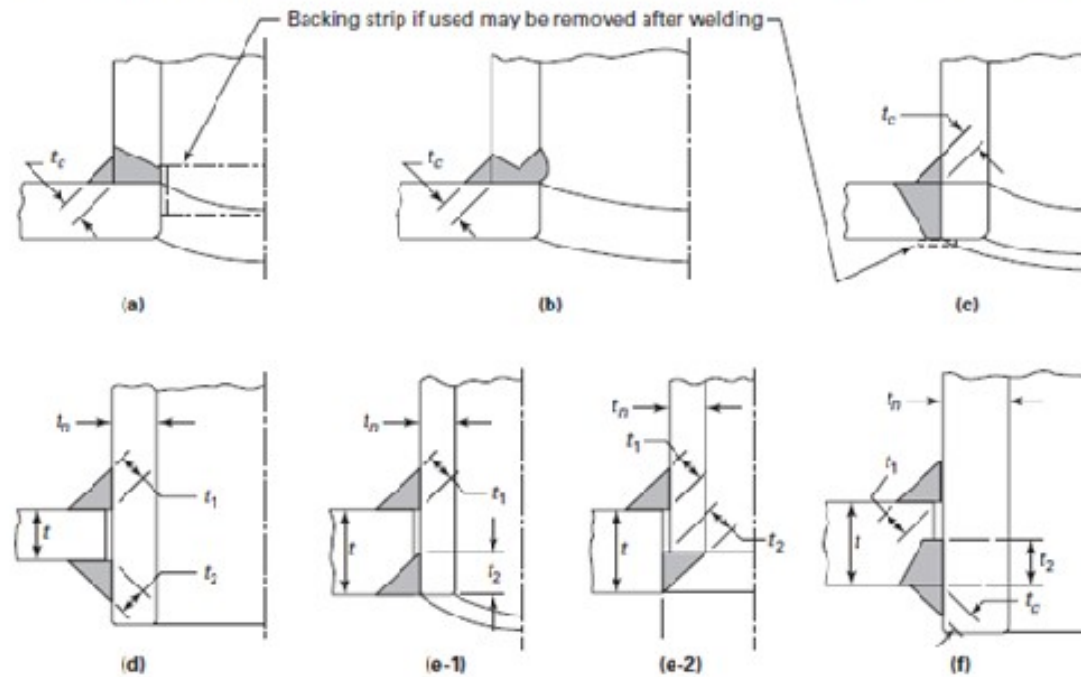
NOTA: Estos valores se obtienen al combinar los siguientes factores: 87½% para carga combinada de extremo y lateral, 80% para la resistencia al corte, y los factores aplicables de eficiencia de junta.

PW-15.3 Las placas de compensación y las monturas de las boquillas fijadas en el exterior de un recipiente se deberán suministrar con al menos un orificio testigo [tamaño máximo 1/4 in. (6 mm) de macho para roscar] que puede ser aprovechado para un examen preliminar con agua jabonosa y aire comprimido para evaluar la hermeticidad de las soldaduras que sellan el interior del recipiente. Estos orificios testigos deberán permanecer abiertos cuando el recipiente está en funcionamiento

PW-15.4 La Figura PW-16.1 muestra algunos tipos de conexiones soldadas por fusión que son aceptables.

Cuando la cara de los extremos de boquillas o cuellos de las entradas de hombre deban permanecer sin soldar en el recipiente terminado, estas caras de los extremos no deberán cortarse con cizalla a no ser que se quite por lo menos 1/8 in. (3 mm) de metal adicional, mediante cualquier otro método que produzca un acabado suave.

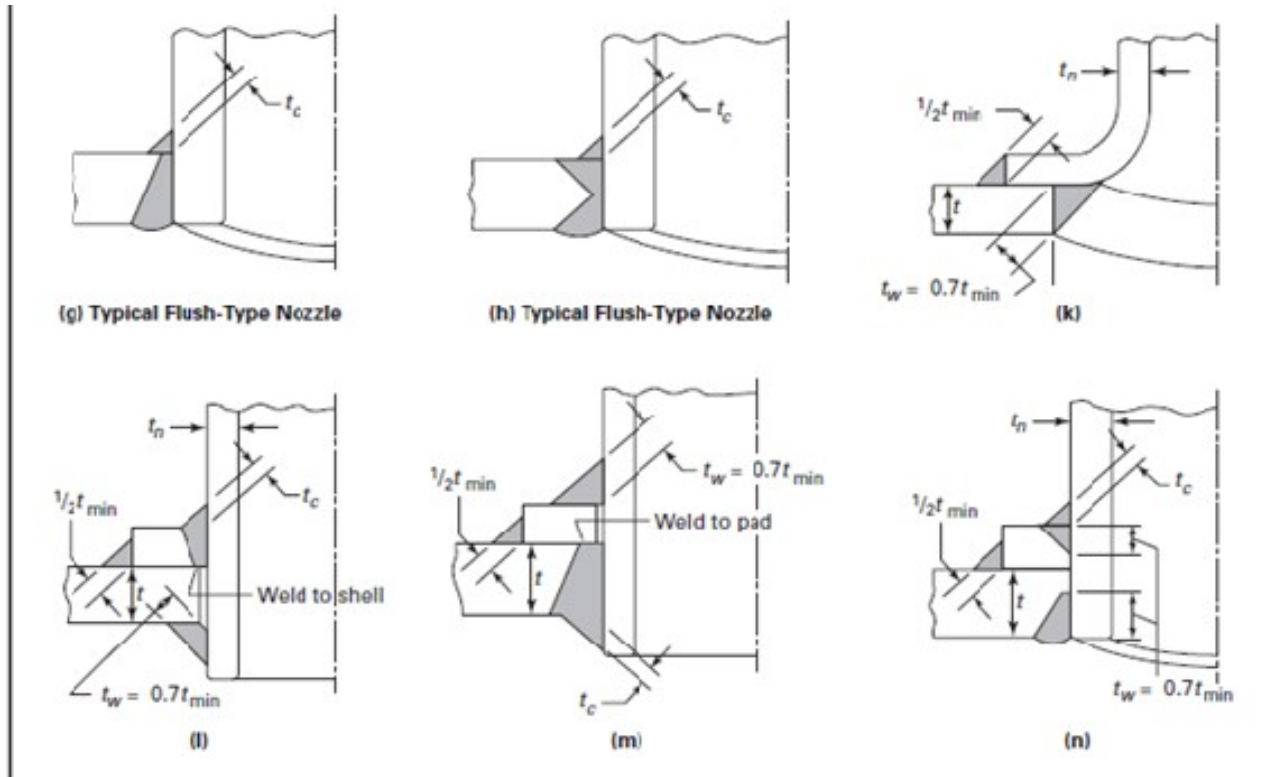
**Figure PW-16.1**  
**Some Acceptable Types of Welded Nozzles and Other Connections to Shells, Drums, and Headers**



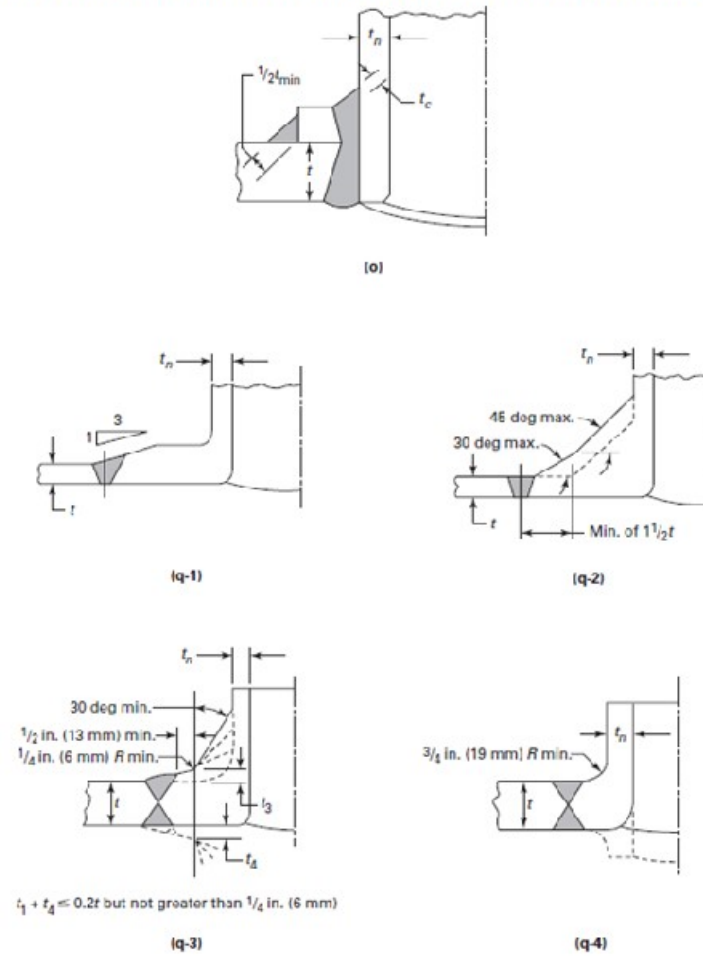
For illustrations (d) through (f):

$$t_1 + t_2 \geq 1\frac{1}{4}t_{\min}$$

$t_1$  and  $t_2$  shall each be not less than the smaller of  $\frac{1}{4}$  in. (6 mm) or  $0.7t_{\min}$



**Figure PW-16.1**  
**Some Acceptable Types of Welded Nozzles and Other Connections to Shells, Drums, and Headers (Cont'd)**



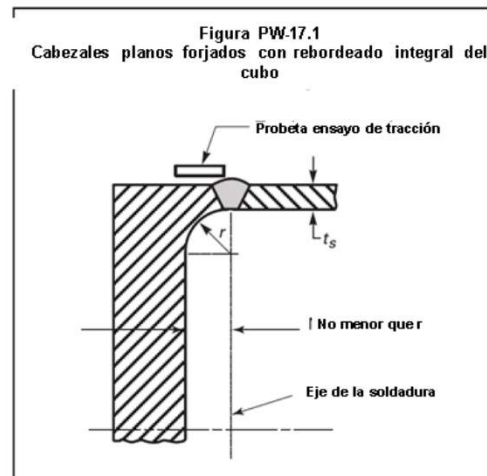


## PW-16 REQUISITOS MÍNIMOS PARA LAS SOLDADURAS DE FIJACIÓN

PW-16.1 General. Excepto como se permite en PW-16.5, PW-16.6 y PW-16.7, las boquillas y otras conexiones a cuerpos, domos, y colectores, se deberán fijar con soldaduras de penetración completa desde uno o ambos lados, soldaduras de penetración parcial aplicadas desde ambos lados, soldaduras de filete aplicadas desde ambos lados o soldaduras de filete y de penetración parcial en lados opuestos. Además de los cálculos de resistencia requeridos en PG-37, la ubicación y el tamaño mínimo de las soldaduras de fijación para las boquillas y otras conexiones deberán cumplir con los requisitos establecidos en este párrafo...

## PW-17 CABEZALES PLANOS FORJADOS CON REBORDEADO INTEGRAL DEL CUBO

Cuando el cubo es forjado integralmente con el cabezal plano o es mecanizado a partir de forjado, el cubo deberá tener los requisitos mínimos de acuerdo con la figura PW-17-1. El cubo deberá tener la resistencia a la tracción mínima y el alargamiento mínimo que estén especificados para el material, medidos en la dirección paralela al eje del recipiente.



## PW-19 RIOSTRAS SOLDADAS

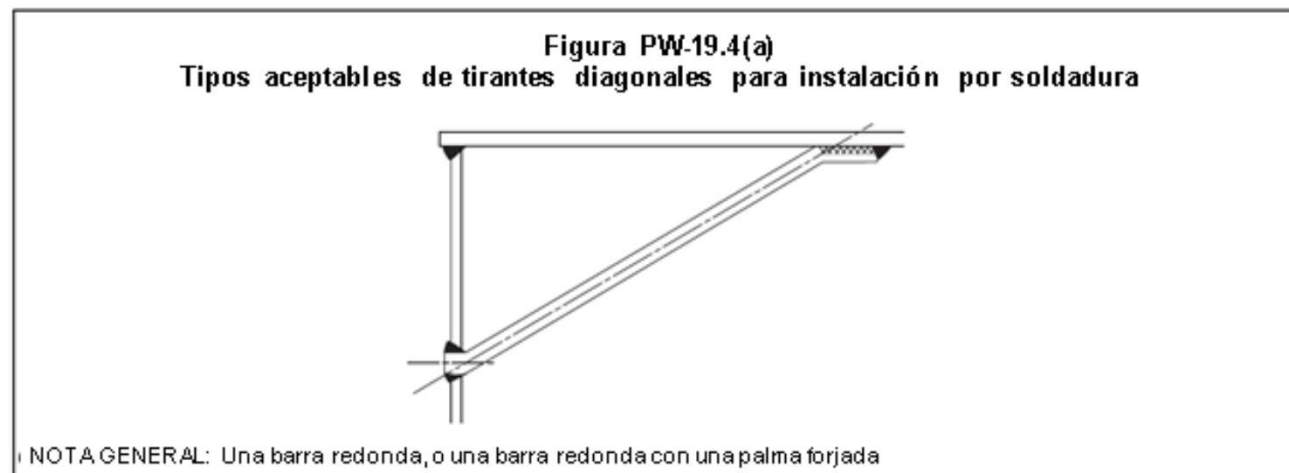
Las riostras soldadas se pueden usar en lugar del roscado y deberán cumplir con los requisitos de PW-19.1 hasta PW-19.8.

PW-19.1 Las riostras deberán ser insertadas en orificios avellanados a través de la placa, excepto como se indica en PW-19.4, y se deberán fijar con soldaduras de completa penetración. El área en corte de la soldadura, medida de manera paralela a la porción de la riostra que se extiende a través de la placa, no deberá ser menor que 1.25 veces el área transversal requerida de la riostra, pero en ningún caso el tamaño de la soldadura deberá ser menor que 3/8 in. (10 mm).

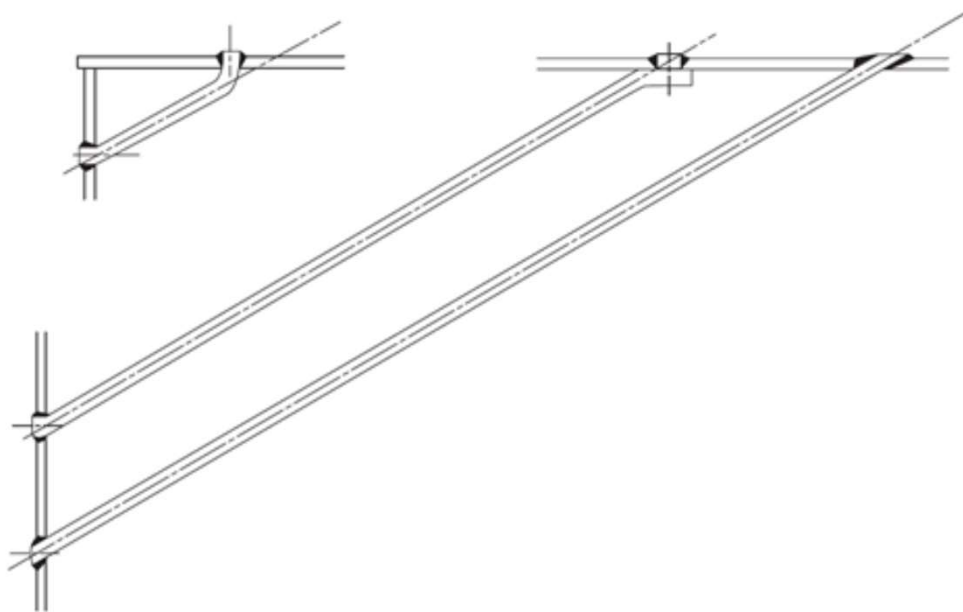
PW-19.2 Los extremos de las riostras no deberán estar cubiertos por el metal de soldadura y la cara de las soldaduras no deberá estar por debajo de la superficie exterior de las placas.

PW-19.3 Los extremos de las riostras insertadas a través de la placa no se deberán proyectar más de 3/8 in. (10 mm) desde las superficies de la placa expuestas a los gases primarios del hogar.

PW-19.4 Las riostras diagonales deberán ser fijadas a la superficie interior del cuerpo, pero no al cabezal, sólo con soldaduras de filete, como se describe en PW-19.4.1 y PW-19.4.3 [Ver las Figuras PW-19.4(a) y PW-19.4(b)].



**Figura PW-19.4(b)**  
**Tipos no aceptables de tirantes diagonales para instalación por soldadura**



# FABRICACIÓN

## PW-26 GENERAL

Las reglas en los siguientes párrafos se aplican específicamente a la fabricación de calderas y sus partes que son fabricadas con soldadura, y se deberán usar en conjunto con los requisitos generales de fabricación de la Parte PG y también con los requisitos específicos de fabricación en las Partes aplicables de esta Sección que concernientes al tipo de caldera en consideración

## PW-27 PROCESOS DE SOLDADURA

Los procesos de soldadura que se pueden usar bajo esta Parte deberán cumplir con todos los requisitos de pruebas de la Sección IX y están restringidos a PW-27.1 hasta PW-27.4.



## FABRICACIÓN

PW-27.1 Los siguientes procesos de soldadura se pueden usar para cualquier construcción Sección I: arco con electrodo revestido, arco sumergido, arco con electrodo metálico y protección gaseosa, arco con electrodo metálico y protección plasma-gas híbrido, arco con núcleo de fundente, arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa, arco de plasma, arco con hidrógeno atómico, oxi-hidrógeno, oxiacetilénica, haz laser, haz de electrones, flash, inducción, aluminotérmica con presión, por presión con gas, y soldadura por fricción por inercia y fricción conducida continua.

## PW-28 CALIFICACIÓN DE SOLDADURA Y REGISTROS DE SOLDADURA

PW-28.1 Requisitos para la calificación de los procedimientos de soldadura, soldadores, y operadores de soldadura

PW-28.1.1 Las especificaciones de los procedimientos de soldadura, los soldadores y los operadores de soldadura que se usan en la soldadura de partes sometidas a presión y en la unión de partes que no soportan presión no sometidas a carga, tales como enganches y cáncamos permanentes o temporarios, a partes sometidas a presión, deberán ser calificados de acuerdo con la Sección IX.

PW-28.1.3 La soldadura de todas las muestras de prueba deberá ser realizada por el Fabricante. El ensayo de todas las muestras de ensayo deberá ser responsabilidad del Fabricante. La calificación de un procedimiento de soldadura, un soldador o un operador de soldadura, realizado por un Fabricante, no deberá calificar a ese procedimiento, soldador u operador de soldadura para ningún otro Fabricante, excepto que se indique lo contrario en QG-106.1 (c) y QG-106.2 (g) de la Sección IX.

PW-28.2 No se deberán realizar trabajos de producción hasta que se hayan calificado los procedimientos, los soldadores y los operadores de soldadura, excepto que la calificación de desempeño por examen no destructivo volumétrico de acuerdo con la Sección IX, QW-304 para soldadores o QW-305 para operadores de soldadura, puede realizarse durante los primeros 3 ft (1 m) de la primera soldadura de producción.

PW-28.4.1 El Fabricante también deberá también establecer un procedimiento a través del cual para todas las juntas soldadas, excepto como se permite en PW-28.4.2 y PW-28.4.3, pueda identificarse el soldador o el operador de soldadura que las realizó. Este procedimiento deberá usar uno o más de los siguientes métodos y deberá ser aceptado por el Inspector Autorizado. El soldador o el operador de soldadura puede estampar su marca de identificación en o adyacente a todas las juntas soldadas que haya realizado, o puede estampar su marca en o adyacente a una soldadura continua, o en una serie de juntas similares realizadas por el en intervalos menores a 3 ft (1 m), o, en lugar de estampar la marca, el Fabricante puede llevar un registro de las juntas soldadas y de los soldadores u operadores de soldadura que hicieron esas juntas.

PW-29.3 El método usado para la preparación del metal base deberá dejar las ranuras para soldadura con superficies razonablemente suaves y sin muescas profundas, estrías o irregularidades. Las superficies para soldadura deberán estar libres de escamas, óxido, aceite, grasa u otro material extraño.

PW-29.4 Las superficies de fundición a ser soldadas deberán ser mecanizadas, esmeriladas o amoladas donde sea necesario para eliminar escamas de fundición y para exponer el metal sano.

## PW-29 PREPARACIÓN DEL METAL BASE

PW-29.1 La preparación de las juntas antes de la soldadura puede incluir cualquiera de los métodos convencionales normalmente utilizados, tales como mecanizado, corte térmico, esmerilado, amolado o combinaciones de estos métodos.

PW-29.2 Cuando se use el corte térmico, se deberá tener en cuenta el efecto de dicho proceso en las propiedades mecánicas y metalúrgicas del metal base.

PW-29.3 El método usado para la preparación del metal base deberá dejar las ranuras para soldadura con superficies razonablemente suaves y sin muescas profundas, estrías o irregularidades. Las superficies para soldadura deberán estar libres de escamas, óxido, aceite, grasa u otro material extraño.



## PW-31 ENSAMBLE

PW-31.1 Las partes que se sueldan deberán ser ajustadas, alineadas, y mantenidas en posición durante la operación de soldadura, dentro de la tolerancia que se especifica en PW-33.

PW-31.2 Se pueden usar barras, gatos, mordazas, puntos de soldadura u otros medios apropiados para mantener alineados los bordes de las partes que se deben soldar.

PW-31.3 Las soldaduras de montaje usadas para asegurar la alineación deberán, ya sea ser removidas completamente cuando han cumplido su propósito, o sus extremos de inicio y detención deberán ser preparados adecuadamente mediante amolado u otro medio apropiado de manera tal que sean incorporados de manera satisfactoria en la soldadura final.

## PW-33 TOLERANCIA DE ALINEACIÓN, ENVOLVENTES Y RECIPIENTES (INCLUIDOS CAÑO O TUBO UTILIZADOS COMO ENVOLVENTE)

PW-33.1 La alineación de las secciones en los bordes a soldar a tope deberá ser tal que el desplazamiento máximo no sea mayor que la cantidad correspondiente que aparece en la Tabla PW-33, donde  $t$  es el espesor nominal de la sección más delgada de la junta.

PW-33.2 Las juntas en recipientes esféricos y dentro de cabezales y juntas entre cuerpos cilíndricos y cabezales hemisféricos deberán cumplir con los requisitos de PW-33.1 indicados anteriormente para juntas longitudinales en cuerpos cilíndricos.

PW-33.3 Todo desplazamiento dentro de la tolerancia admisible mencionada anteriormente deberá ser ajustado con una transición de 3 a 1 sobre el ancho de la soldadura terminada, o si fuera necesario, mediante el agregado de metal de soldadura adicional más allá de lo que sería el borde de la soldadura.

Table PW-33 Alignment Tolerance of Sections to Be Butt Welded		
Section Thickness, in. (mm)	Direction of Joints in Cylindrical Shells	
	Longitudinal in. (mm)	Circumferential in. (mm)
Up to $\frac{1}{2}$ (13), incl.	$\frac{1}{4}t$	$\frac{1}{4}t$
Over $\frac{1}{2}$ (13) to $\frac{3}{4}$ (19), incl.	$\frac{1}{8}$ (3.0)	$\frac{1}{4}t$
Over $\frac{3}{4}$ (19) to $1\frac{1}{2}$ (38), incl.	$\frac{1}{8}$ (3.0)	$\frac{3}{16}$ (5)
Over $1\frac{1}{2}$ (38) to 2 (50), incl.	$\frac{1}{8}$ (3.0)	$\frac{1}{8}t$
Over 2 (50)	Lesser of $\frac{1}{16}t$ or $\frac{3}{8}$ (10)	Lesser of $\frac{1}{8}t$ or $\frac{3}{4}$ (19)

## PW-34 ALINEACIÓN, TUBO Y TUBERÍA

PW-34.1 Cuando los tubos o las tuberías se sueldan juntos, la alineación deberá ser tal que las superficies interiores permitan una completa penetración de la soldadura. La soldadura deberá cumplir con los requisitos de refuerzo de PW-35.

## PW-35 JUNTAS LONGITUDINALES Y CIRCUNFERENCIALES TERMINADAS

PW-35.1 Las soldaduras a tope deberán tener una completa penetración de la junta. Para garantizar que las ranuras de la soldadura sean llenadas completamente, de manera que la superficie del metal soldado en ningún lugar esté por debajo de la superficie de los materiales base adyacentes, se puede agregar el metal de soldadura como refuerzo en cada cara de la soldadura. El espesor del refuerzo de la soldadura en cada cara no deberá exceder lo siguiente:

Nominal Thickness, in. (mm)	Maximum Reinforcement, in. (mm)	
	Circumferential	
	Joints in Pipe and Tubing	Other Welds
Up to $\frac{1}{8}$ (3)	$\frac{3}{32}$ (2.5)	$\frac{3}{32}$ (2.5)
Over $\frac{1}{8}$ (3) to $\frac{3}{16}$ (5), incl.	$\frac{1}{8}$ (3.0)	$\frac{3}{32}$ (2.5)
Over $\frac{3}{16}$ (5) to $\frac{1}{2}$ (13), incl.	$\frac{5}{32}$ (4.0)	$\frac{3}{32}$ (2.5)
Over $\frac{1}{2}$ (13) to 1 (25), incl.	$\frac{3}{16}$ (5.0)	$\frac{3}{32}$ (2.5)
Over 1 (25) to 2 (50), incl.	$\frac{1}{4}$ (6.0)	$\frac{1}{8}$ (3.0)
Over 2 (50) to 3 (75), incl.	[Note (1)]	$\frac{5}{32}$ (4.0)
Over 3 (75) to 4 (100), incl.	[Note (1)]	$\frac{7}{32}$ (5.5)
Over 4 (100) to 5 (125), incl.	[Note (1)]	$\frac{1}{4}$ (6.0)
Over 5 (125)	[Note (1)]	$\frac{5}{16}$ (8.0)

NOTE:  
 (1) The greater of  $\frac{1}{4}$  in. (6 mm) or  $\frac{1}{8}$  times the width of the weld in inches (mm).

Se permiten las superficies tal como quedan después de soldar; sin embargo, la superficie de las soldaduras deberá estar lo suficientemente libre de ondulaciones, estrías, sobremontas, y crestas y valles abruptos de manera de evitar concentradores de tensiones. Las socavaduras no deberán exceder 1/32 in. (0.8 mm) o el 10% del espesor de la pared, el que sea menor, y no deberán avanzar sobre el espesor requerido de la sección.

PW-35.2 No es necesario retirar el metal de refuerzo de soldadura excepto que fuera necesario para cumplir con los requisitos de espesor en PW-35.1.

PW-35.3 Las bandas de respaldo usadas en las juntas soldadas longitudinales deberán ser removidas y la superficie soldada deberá ser preparada para el examen volumétrico cuando sea requerido. Los anillos de respaldo interiores pueden permanecer en las juntas circunferenciales de cilindros, siempre que cumplan con los requisitos de PW-41.



## PW-39 REQUISITOS PARA EL TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA

Las reglas en los siguientes párrafos se aplican específicamente a la fabricación de la caldera misma y sus partes y no se aplican a la tubería exterior definida en el Preámbulo.

PW-39.1 Antes de aplicar los requisitos y excepciones detalladas en estos párrafos, se deberán realizar las calificaciones satisfactorias de los procedimientos de soldadura que se usarán de acuerdo con todas las variables esenciales de la Sección IX, incluidas las condiciones del tratamiento térmico posterior a la soldadura o la falta de tratamiento térmico posterior a la soldadura e incluyendo otras restricciones que se indican a continuación.

Excepto que se especifique de otra manera PFT-29, PMB-9, PW-39.8, PW-40.2, PW-40.3, y en las notas en las Tablas PW-39-1 hasta PW-39-14, todas las partes sometidas a presión soldadas de las calderas de potencia deberán recibir un tratamiento térmico posterior a la soldadura a una temperatura no menor que aquellas especificadas en las Tablas PW-39-1 hasta PW-39-14. Los materiales en las Tablas PW-39-1 hasta PW-39-14 son listados de acuerdo con el agrupamiento del número P de materiales de QW-420 de la Sección IX.

PW-39.3 En los procedimientos que siguen, el volumen del metal que requiere ser calentado para cumplir o exceder las temperaturas mínimas de tratamiento térmico posterior a la soldadura que aparecen en las Tablas PW-39-1 hasta PW-39-14, se define como la banda de calentamiento. Como mínimo, la banda de calentamiento deberá contener la soldadura y una parte del metal base a cada lado de la soldadura que se trata térmicamente, incluyendo las zonas afectadas por el calor. El ancho de cada parte del metal base a ser incluida en la banda de calentamiento deberá ser igual al menor entre el espesor del recipiente o cuerpo, o 2 in. (50 mm).

La soldadura deberá ser calentada lentamente hasta la temperatura especificada en las Tablas PW-39-1 hasta PW-39-14, y mantenida por el tiempo especificado, y se deberá permitir que ellas se enfríen lentamente en atmósfera quieta hasta una temperatura que no exceda los 800°F (425°C). Las velocidades sugeridas de calentamiento y enfriamiento para el tratamiento térmico posterior a la soldadura se muestran en A-101.

Tabla PW-39-1				
Requisitos obligatorios para el tratamiento térmico posterior a la soldadura de partes sometidas y accesorios - P-No. 1				
Material	Temperatura mínima de mantenimiento, °F (°C)	Tiempo mínimo de mantenimiento a la temperatura normal para espesor de soldadura (Nominal)		
		Hasta 2 in. (50 mm)	Mayor a 2 in. hasta 5 in. (50 mm hasta 125 mm)	Mayor a 5 in. (125 mm)
P-No. 1 Gr. Nos. 1, 2, 3	1,100 (595)	1 hr/in. (1 hr/25 mm), 15 min mínimo	2 hr más 15 min por cada pulgada adicional (25 mm) sobre 2 in. (50 mm)	2 hr más 15 min por cada pulgada adicional (25 mm) sobre 2 in. (50 mm)

**NOTAS GENERALES:**

(a) El tratamiento térmico posterior a la soldadura no es requerido para materiales P No. 1 Grupo 1 cuando el carbón equivalente (CE) calculado es menor o igual que 0.45 y el espesor nominal, tal como se define en PW-39.3, es igual o menor que 1.5 in. (38 mm). Cuando el espesor nominal es mayor que 1.5 in. (38 mm), el PWHT no es requerido cuando el CE es igual o menor que 0.45 y se aplica un precalentamiento mínimo de 250°F (120°C). Las soldaduras por electroescoria deberán seguir los requisitos de PWHT de PW-27.3 y PW-39.7.

(b) El obligatorio tratamiento térmico posterior a la soldadura no es obligatorio para los materiales P-No.1 Grupos 1, 2, y 3, bajo las siguientes condiciones:

- cuando el espesor nominal de la soldadura, tal como se define en PW-39.3, no excede 3/4 in. (19 mm); y se aplica un precalentamiento mínimo a 200 °F (95 °C) cuando el espesor nominal del metal base de cualquiera de los metales en la junta soldada excede de 1 in. (25 mm). Para pernos de riostra soldados de acuerdo con PW-19, el diámetro de la riostra no se utiliza para determinar los requisitos de precalentamiento.
- cuando el espesor nominal de la soldadura, tal como se define en PW-39.3, es mayor que 3/4 in. (19 mm) pero no excede de 1 1/2 in. (38 mm), y:
  - el carbono equivalente calculado, CE, de cada uno de los metales base en la junta soldada es menor o igual que 0.45, utilizando la fórmula

$$CE = C + (Mn + Si)/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$

Nota: Para calcular el CE se deberá utilizar el límite máximo de composición química de la especificación del material o los valores reales de un análisis químico o de un reporte de pruebas del material. Si no se dispone de los resultados de análisis químico requeridos para los dos últimos términos de la fórmula, esos dos términos deberán ser sustituidos por 0.15 % como sigue:

$$CE = C + (Mn + Si)/6 + 0.15$$

- se aplica un precalentamiento mínimo de 250 °F (120 °C)
- ninguna pasada individual de la soldadura excede de 1/4 in. (6 mm)

- para soldaduras utilizadas para fijar superficies extendidas de transferencia de calor a tubos, y pernos de sujeción a partes de presión
- Para pernos soldados a partes de presión, siempre que sea aplicado un precalentamiento a una temperatura mínima de 200 °F (95 °C) cuando el espesor de la parte de presión exceda de 1 in. (25 mm)
- para recubrimientos de metal soldado resistentes a la corrosión en material de tubos o tuberías, siempre que se cumplan todas las condiciones siguientes:
  - el espesor del recubrimiento es de 1/4 in. (6 mm) o menor
  - se aplica un precalentamiento a una temperatura mínima de 200 °F (95 °C) cuando el espesor de la parte de presión exceda de 3/4 in. (19 mm)
  - el material del tubo o tubería
    - no excede de NPS 5 (DN 125) de diámetro exterior
    - no es utilizado como domo o cuerpo
- para soldadura de fijación de pernos que no soportan carga que no excedan de 1/2 in. (13 mm) de diámetro cuando se utilizan los procesos de soldadura de pernos automática o soldadura automática de pernos por resistencia
- para fijar alambre desnudo de termocuplas mediante soldadura de descarga de capacitor o soldadura de resistencia eléctrica, siempre que se cumplan los siguientes requisitos:

## PW-40 REPARACIÓN DE DEFECTOS

PW-40.1 Las imperfecciones de soldaduras, tales como fisuras, poros, y falta de fusión, detectadas visualmente o por pruebas de fugas o por los exámenes descritos en PW-11, y que deban rechazarse, deberán ser removidas por medios mecánicos o procesos de repelado térmico. Después de esto, la junta se deberá volver a soldar y examinar.

## PW-41 JUNTAS CIRCUNFERENCIALES EN TUBERÍAS, TUBOS Y COLECTORES

Las reglas en los párrafos a continuación se aplican específicamente a la caldera misma y a sus partes.

PW-41.1 Las juntas circunferenciales soldadas a tope en tuberías, tubos y colectores deberán cumplir con los requisitos del examen radiográfico y ultrasónico de la Tabla PW-11.

PW-41.2 Todas las juntas circunferenciales soldadas por arco o gas, de partes cubiertas en este párrafo, y soldadas de acuerdo con lo mencionado aquí, deberán tener una junta a tope soldada de ambos lados o una junta a tope soldada desde un solo lado que sea equivalente a una junta a tope soldada de ambos lados, excepto que se mencione lo contrario en PW-41.4 y PW-41.5.



PW-41.2.2 Al soldar juntas a tope desde un solo lado, es requerida la penetración completa en la raíz. Esto deberá ser demostrado con la calificación del procedimiento a ser utilizado. Si no se puede asegurar una penetración completa de otra forma, el procedimiento deberá incluir un anillo de respaldo o su equivalente

# CALDERAS HUMOTUBULARES

## PARTE PFT

### REQUISITOS PARA CALDERAS HUMOTUBULARES

#### GENERAL

#### PFT-1 GENERAL

Las reglas en la Parte PFT son aplicables a calderas humotubulares y las partes de éstas, y deberán ser utilizadas conjuntamente con los requisitos generales en la Parte PG así como también con los requisitos específicos de las partes aplicables de esta Sección que apliquen al método de fabricación utilizado.

## PFT-18 HOGARES CORRUGADOS

PFT-18.1 La presión máxima admisible de trabajo en hogares corrugados, tales como el Leeds de bulbo suspendido, Morison, Fox, Purves o Brown, que tienen porciones planas en los extremos que no superan las 9 in. (230 mm) de longitud (excepto los ductos en los que específicamente se dejan longitudes mayores), cuando son nuevos y prácticamente circulares, deberá calcularse de la siguiente manera:

$$P = Ct/D$$

donde

$C = 17,300$  (119), una constante para hogares Leeds, cuando las ondulaciones no son mayores que 8 in. (200 mm) de centro a centro y no tienen menos de 2 1/4 in. (57 mm) de profundidad

= 15,600 (108), una constante para hogares Morison, cuando las ondulaciones no son mayores que 8 in. (200 mm) de centro a centro y no tienen menos de 1 1/4 in. (32 mm) de profundidad, y el radio de la ondulación externa  $r$ , no es superior a la mitad del radio de la curva de suspensión  $R$  (vea Figura PFT-18.1)

= 14,000 (97), una constante para hogares Fox, cuando las ondulaciones no son mayores que 8 in. (200 mm) de centro a centro y no tienen menos de 1 1/2 in. (38 mm) de profundidad

= 14,000 (97), una constante para hogares Purves, cuando las proyecciones de los nervios no son mayores que 9 in. (230 mm) de centro a centro, y no tienen menos de 1 3/8 in. (35 mm) de profundidad

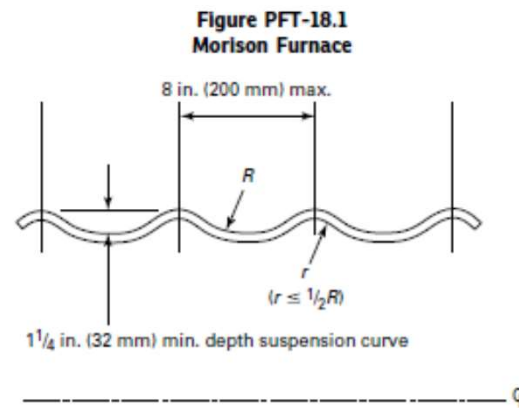
= 14,000 (97), una constante para hogares Brown, cuando las ondulaciones no son mayores que 9 in. (230 mm) de centro a centro y no tienen menos de 1 5/8 in. (41 mm) de profundidad

D = diámetro medio

P = presión máxima admisible de trabajo

t = espesor, no menor que 5/16 in. (8 mm) para hogares Leeds, Morison, Fox y Brown, y no menor que 7/16 in. (11 mm) para hogares Purves

Al calcular el diámetro medio del hogar Morison, el menor diámetro interior más 2 in. (50 mm), puede tomarse como el diámetro medio.



PFT-18.2 El espesor de un hogar corrugado o acanalado deberá ser comprobado mediante una medición real realizada por el fabricante del hogar, por medición del espesor de las porciones corrugadas. Para los hogares Brown y Purves, el punto de medición deberá estar en el centro de la segunda parte plana; para el hogar Morison, Fox y de otros tipos similares, en el centro de la ondulación superior, alejado por lo menos hasta la cuarta ondulación desde el extremo del hogar.

## PFT-25 ARRIOSTRAMIENTO DE SEGMENTOS DE CABEZALES

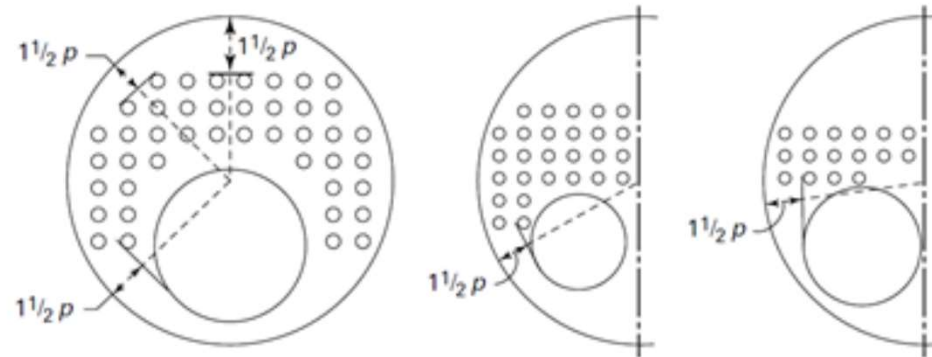
PFT-25.1 Un segmento de un cabezal deberá estar arriostrado mediante riostras pasantes o riostras diagonales de cabezal a cabezal.

PFT-25.2 Las riostras deberán utilizarse en placas tubulares de una caldera humotubular si la distancia entre los bordes de los orificios de los tubos excede el paso máximo de los pernos de riostra para el espesor correspondiente de la placa y la presión indicado en PG-46.



Ninguna parte de la placa tubular comprendida entre el tubo, el hogar o la cámara de desviación enfriada por agua y el cuerpo, necesita estar arriestrada si la mayor distancia medida a lo largo de una línea radial, desde la superficie interna del cuerpo hasta el punto central de la tangente a cualquier par de orificios de los tubos, o un orificio de tubo, y el hogar o la cámara de desviación enfriada por agua en el lado del cuerpo de esos orificios, no excede 1.5 veces el valor de  $p$  obtenido al aplicar la fórmula de PG-46 con  $C$  igual a 1.8 ó 1.9 dependiendo del espesor de la placa. Los orificios de los tubos, o el orificio del tubo y el hogar o la cámara de desviación enfriada por agua (vea Figura PFT-25), para los cuales se puede trazar una tangente común al aplicar esta regla, no deberán estar a una distancia mayor de borde a borde que el paso máximo al que se hace referencia.

**Figura PFT-25**  
**Ejemplo de arriostramiento de cabezales adyacentes a hogares cilíndricos**



## PFT-28 PERNOS DE RIOSTRAS Y RIOSTRAS

PFT-28.1 El área requerida en el punto de menor sección transversal neta de los pernos de riostras y las riostras deberá ser como se indica en PG-49. La tensión máxima admisible por pulgada cuadrada en el punto de la menor área transversal neta deberá ser como se indica en la Tabla 1A de la Sección II, Parte D Sub Parte 1. Para determinar el área transversal neta de pernos de riostra perforados o huecos, se deberá restar el área transversal neta del orificio.

PFT-28.2 La longitud de la riostra entre soportes deberá medirse desde las caras internas de las placas arriostradas. Las tensiones son básicamente de tracción. Para calcular las tensiones en riostras diagonales, ver PFT-32.

PFT-28.3 Cuando los tirantes de riostra están atornillados a través de placas y remachados sobre las mismas, deberán estar soportados a intervalos que no superen los 6 pies (1.8 m) de longitud. Los tirantes que superen los 6 pies (1.8 mm) de longitud pueden utilizarse sin soporte si están fijados con tuercas y arandelas o si se fijan con soldadura según lo indicado en PW-19, siempre que la menor sección transversal del tirante de riostra no sea menor que la de un círculo de 1 in. (25 mm) de diámetro y se cumplan los requisitos de PG-46.8.

## PFT-31 RIOSTRAS TUBO

PFT-31.1 Cuando se utilizan tubos como riostras en calderas multi-tubulares para soportar las placas tubulares, la sección transversal requerida de esos tubos deberá determinarse de acuerdo con PG-49.

PFT-31.2 El espesor requerido de la placa tubular y el paso máximo de las riostras tubo deberán calcularse con las siguientes ecuaciones:

$$t = \sqrt{\frac{P}{CS} \left( p^2 - \frac{\pi d^2}{4} \right)}$$
$$p = \sqrt{\frac{CSt^2}{P} + \frac{\pi d^2}{4}}$$

Donde

$C = 2.1$  para placas tubulares que no superen las  $7/16$  in. (11 mm) de espesor

$= 2.2$  para placas tubulares de más de  $7/16$  in. (11 mm) de espesor

$d =$  diámetro exterior del tubo

$P =$  presión de diseño

$p =$  paso máximo medido entre los centros de los tubos en diferentes líneas, que pueden ser horizontales, verticales o inclinadas

$S =$  valor de la tensión máxima admisible para el material de las placas tubulares indicado en la Tabla 1A de la Sección II, Parte D, Sub Parte 1.

$t =$  espesor requerido de la placa tubular

PFT-31.3 No es necesario hacer ningún cálculo para determinar la disponibilidad de la sección transversal requerida o del paso máximo admisible para tubos dentro o en el perímetro de un juego de tubos que tengan una separación menor que dos veces su diámetro promedio.

PFT-31.4 Las riostras tubo pueden fijarse con cualquiera de los medios aceptables representados en la Figura PFT-12.1.

# CALDERAS ACUOTUBULARES

## PARTE PWT

### REQUISITOS PARA CALDERAS ACUOTUBULARES

#### PWT-1 GENERAL

Las reglas de la parte PWT son aplicables a calderas acuotubulares y sus partes y deberán ser usadas en conjunto con los requisitos generales en la parte PG así como con los requisitos especiales de las partes aplicables de esta Sección que se aplican al método de fabricación usado. Las reglas en la parte PWT no se aplican a la tubería exterior de la caldera.



## PWT-9 TUBOS Y TUBERÍAS

PWT-9.1 Los tubos del economizador, del generador de la caldera, y del sobrecalentador deberán cumplir con las especificaciones listadas en PG-9.

PWT-9.2 Los tubos de acero sin costura que no excedan NPS 1 1/2 (DN 40) cumpliendo con SA-53 o SA-106 pueden ser roscados en la placa tubular, domo, o un accesorio de acero de una caldera acuotubular. Los accesorios de acero, de ser usados, deben cubrir totalmente las roscas.

## PWT-11 CONEXIONES DE TUBOS

Los tubos, las tuberías, y los niples pueden ser conectados a cuerpos, cabezales, colectores, y accesorios, por uno de los siguientes métodos.

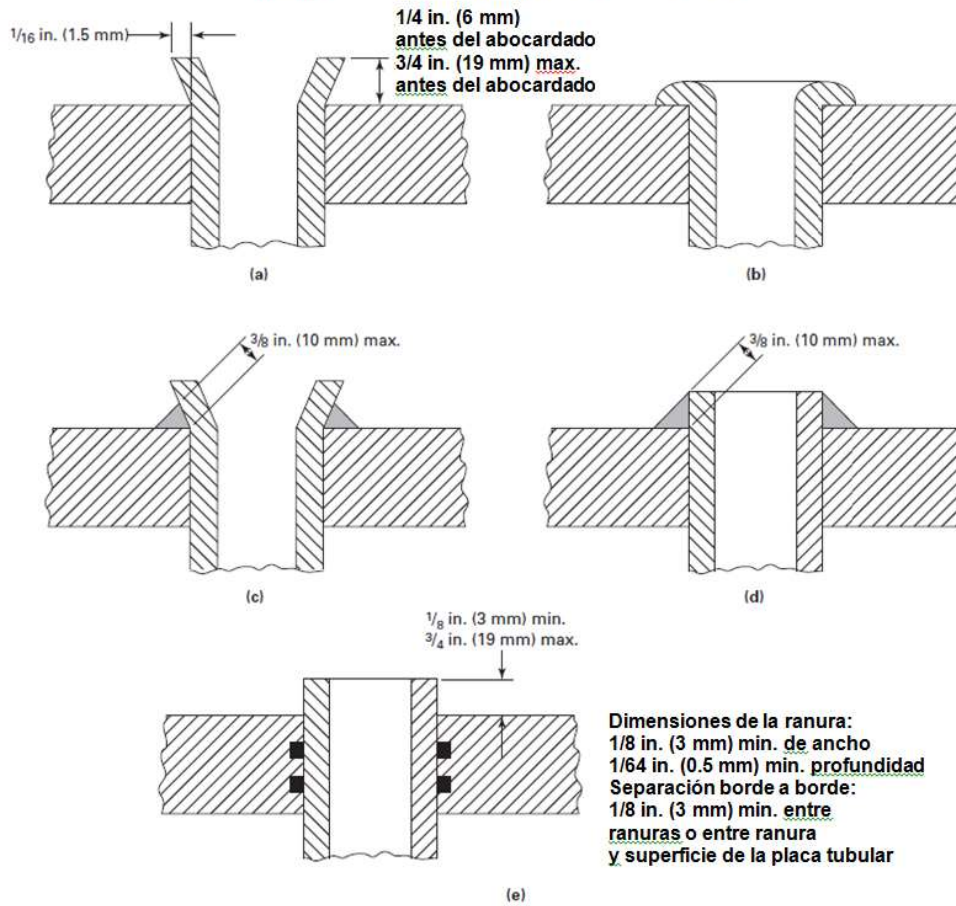
PWT-11.1 Los tubos pueden ser conectados por expansión, abocardado, rebordeado, y con soldadura de sello, en las combinaciones siguientes ilustradas en la Figura PWT-11:

- (a) expandido y abocardado [ilustración (a)]
- (b) expandido y rebordeado [ilustración (b)]
- (c) expandido, abocardado, con soldadura de sello, y re-expandido después de la soldadura [ilustración (c)]

(d) expandido, con soldadura de sello, y re-expandido después de la soldadura, o soldadura de sello y expandido después de la soldadura [ilustración (d)]

(e) expandido solamente, en placas tubulares que tengan espesor no menor de 5/8 in. (16 mm), donde los agujeros para tubo contienen una o más ranuras, como muestra la Figura PWT-11. Las ranuras de los agujeros para tubos pueden tener un perfil ya sea redondeado o cuadrado.

Figura PWT-46.2  
Ejemplos de formas aceptables de fijación de tubos



## PWT-12 INSTALACIÓN DE PERNOS DE RIOSTRA EN COLECTORES Y PIERNAS DE AGUA TIPO CAJA

Las placas delantera y trasera de colectores tipo caja y piernas de agua arriostrados con pernos pueden ser unidas entre ellas mediante soldadura por cualquiera de los métodos descritos en PFT-21 para cajas de fuego y piernas de agua, siempre que se cumplan los requisitos de PFT-21 y de la Figura PFT-21 referidos a espesor y ancho del colector.

**PWT-13 ARRIOSTRAMIENTO DE SEGMENTOS DE CABEZALES**  
Se deberán usar las reglas en PFT-25.2 para determinar si se requiere arriostramiento.

## PWT-14 PUERTAS DE ENCENDIDO

Una caldera acuotubular deberá tener puertas de encendido del tipo de apertura hacia adentro, a menos que tales puertas sean provistas con dispositivos sólidos y efectivos de enclavamiento o cierre, o contruidos de manera tal de prevenir que ellas, cuando están cerradas, sean abiertas por la presión en el lado del quemador.

...

# CALDERAS ELÉCTRICAS

## PARTE PEB

## REQUISITOS PARA CALDERAS ELÉCTRICAS

## GENERAL

## PEB-1 GENERAL

Las reglas en la Parte PEB son aplicables a calderas eléctricas y las partes de éstas, y deberán utilizarse junto con los requisitos generales en la Parte PG así como también con los requisitos especiales en las Partes aplicables de esta Sección que se apliquen al método de fabricación utilizado.



## PEB-2 ALCANCE

PEB-2.1 Esta Parte contiene reglas especiales para la construcción de calderas eléctricas, del tipo electrodo y del tipo con resistencia de inmersión. Esta parte no incluye calderas eléctricas donde el calor se aplica externamente al recipiente a presión de la caldera por elementos calefactores de resistencia eléctrica, bobinas de inducción u otros medios eléctricos. Esos tipos de calderas eléctricas deberán ser construidos de acuerdo con otras partes aplicables de esta Sección.

PEB-2.2 Las calderas eléctricas y las partes de éstas que no excedan el diámetro, volumen o límites de presión de PMB-2 pueden construirse utilizando los párrafos aplicables de la parte PMB conjuntamente con esta parte.

PEB-2.3 Una caldera del tipo electrodo se define como una caldera eléctrica en la cual se genera calor por el paso de una corriente eléctrica utilizando el agua como conductor.

PEB-2.4 Una caldera del tipo resistencia de inmersión se define como una caldera eléctrica en la cual se genera calor por el paso de una corriente eléctrica a través de un elemento de calefacción por resistencia sumergido directamente en agua o encerrado en una tubería y sumergido en agua.

## PEB-3 REQUISITOS OPCIONALES PARA EL RECIPIENTE A PRESIÓN DE LA CALDERA

El recipiente a presión de la caldera puede construirse conforme al Código ASME para Recipientes a Presión Sección VIII, División 1, normas para calderas de vapor sin fuego [UW-2(c)] sometidas a las condiciones especificadas en PEB-3.1 hasta PEB-3.4.

PEB-3.1 El Fabricante que certifica y estampa la caldera terminada deberá especificarle al titular de la estampa “U” todos los requisitos adicionales de la Parte PEB, que no son requisitos de la Sección VIII, División 1, y deberá garantizar que estos requisitos se cumplan.

PEB-3.2 Estos requisitos adicionales son:

PEB-3.2.1 Los materiales de construcción deberán cumplir con los requisitos de PEB-5.1 y PEB-5.3.

PEB-3.2.2 Las aberturas para inspección deberán cumplir con los requisitos de PEB-10.

PEB-3.3 El recipiente a presión de la caldera deberá tener estampado el símbolo “U” del Código ASME y las letras “UB”, y debe documentarse con el Reporte de Datos ASME U-1 o U-1A.

# MATERIALES

## PEB-5 GENERAL

PEB-5.1 A menos que se permita específicamente en otros lugares de esta Sección, los materiales utilizados en la construcción de partes sometidas a presión para calderas eléctricas deberán cumplir con una de las especificaciones en la Sección II y deben limitarse a aquellas permitidas por PG-6, PG-7, PG-8 y PG-9 para las cuales se indican valores de tensión admisible en las Tablas 1A y 1B de la Sección II, Parte D. Las partes misceláneas sometidas a presión deberán cumplir con los requisitos de PG-11.

PEB-5.2 Los cuerpos sin costura o soldados, las placas o los cabezales de las calderas eléctricas no deberán ser inferiores a 3/16 in. (5 mm) de espesor.

PEB-5.3 Las calderas eléctricas del tipo con elemento de inmersión pueden fabricarse de acero inoxidable austenítico tipo 304, 304L, 316, 316L y 347 de cualquier especificación de material incluida en PG-6 y PG-9, siempre que haya una declaración de precaución, claramente marcada en la caldera en una ubicación visible, que indique que la caldera deberá ser operada solamente con agua desionizada, que tenga una conductividad máxima de 1 microSiemen por cm ( $1 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) [resistividad mínima específica de 1 megaohmio por cm ( $1 \text{M}\Omega/\text{cm}$ )].

# DISEÑO

## PEB-8 GENERAL

PEB-8.1 Las reglas de los siguientes párrafos se aplican específicamente al diseño de calderas eléctricas y las partes de éstas. Estas reglas se deberán usar junto con los requisitos generales para el diseño que figuran en la parte PG, todos los requisitos aplicables de la parte PMB para calderas miniatura y con los requisitos específicos de diseño en las partes aplicables de esta Sección que se apliquen al método de fabricación utilizado.



## PEB-9 SOLDADURA

Las calderas eléctricas pueden construirse por soldadura de fusión cumpliendo con todos los requisitos de esta Sección, excepto que, cuando no se exceden las limitaciones de PMB-2.1. no son requeridos el tratamiento térmico posterior a la soldadura, el examen volumétrico de las juntas soldadas, ni los exámenes no destructivos descritos en PG-93.1.

## PEB-11 SUMINISTRO DE AGUA DE ALIMENTACIÓN

PEB-11.1 La fuente de agua de alimentación de las calderas eléctricas deberá ser capaz de cumplir con los requisitos aplicables de PG-61. Las conexiones del agua de alimentación a una caldera eléctrica no deberán ser inferiores a NPS 1/2 (DN 15), excepto lo permitido en PMB-11.

PEB-11.2 Las calderas eléctricas que no superan los límites de diámetro, volumen o presión de PMB-2, pueden tener el suministro de agua de alimentación a través de la conexión de purga, si así se desea.

## PEB-12 PURGA

PEB-12.1 Para la tubería de purga para cada recipiente a presión de la caldera eléctrica, que tiene un contenido normal de agua que no supera los 100 galones (380 L), se requiere que descargue a través de una sola válvula.

PEB-12.2 El tamaño mínimo de las tuberías de purga y los accesorios deberá ser NPS 1 (DN 25), salvo que para las calderas de 200 kW de potencia o menores el tamaño mínimo de la tubería y los accesorios puede ser de NPS 3/4 (DN 20). Las calderas eléctricas que no superan los límites de diámetro, volumen o presión de PMB-2 pueden tener conexiones de purga de acuerdo con PMB-12

## PEB-13 INDICADORES DE NIVEL DE AGUA

PEB-13.1 Las calderas eléctricas del tipo electrodo deben tener como mínimo un visor de nivel. El visor de nivel deberá estar ubicado de manera tal que indique los niveles de agua en el arranque y bajo condiciones de máxima carga de vapor establecidas por el Fabricante.

PEB-13.2 Las calderas eléctricas del tipo resistencia deberán tener como mínimo un visor de nivel. El visor de nivel deberá estar al menos 1 in. (25 mm) por encima del nivel mínimo de agua permitido, determinado el fabricante. Cada caldera eléctrica de este tipo también deberá contar con un corte automático por bajo nivel de agua en cada recipiente a presión de la caldera y debe ubicarse de manera tal que corte automáticamente el suministro de energía a los elementos de calefacción antes de que la superficie del agua se encuentre por debajo del nivel visible en el visor de nivel.

## PEB-15 VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN

PEB-15.1 Cada caldera eléctrica debe tener como mínimo una válvula de alivio de presión. Las calderas eléctricas con una entrada de potencia superior a 1100 kW deberán tener dos o más válvulas de alivio de presión.

PEB-15.2 La capacidad mínima de alivio de la válvula de alivio de presión para calderas eléctricas deberá ser de 3 1/2 lb/hr/kW (1.6 kg/hr/kW). La presión de ajuste no deberá ser mayor que la MAWP estampada en la caldera (ver PEB-18.3.2).

PEB-15.3 Las válvulas de alivio de presión deberán instalarse de acuerdo con PG-71.2 en posición vertical. Las calderas eléctricas que no superan los límites de diámetro, volumen o presión de PMB-2, pueden tener válvulas de alivio de presión instaladas en otra posición que no sea vertical, siempre que

(a) el diseño de la válvula esté aprobado para esa posición

(b) la válvula no sea mayor que NPS 3/4 (DN 20)

(c) el ángulo máximo de desviación de la posición vertical no supere los 30 grados

(d) la ubicación de la boquilla sea tal que ningún material pueda interferir con la operación y pueda acumularse en la entrada de la válvula

(e) la abertura de descarga del cuerpo de la válvula y la tubería de descarga estén orientadas de manera tal que el drenaje sea adecuado

## PEB-16 DISPOSITIVOS AUTOMÁTICOS

Las calderas eléctricas deberán contar con controles de presión y/o temperatura y un corte automático por bajo contenido de agua. No se requiere corte por bajo nivel de agua para las calderas del tipo electrodo.

## PEB-17 PRUEBA HIDROSTÁTICA

PEB-17.1 Cada recipiente a presión de la caldera eléctrica deberá someterse a una prueba hidrostática cuando de finalice la fabricación, de acuerdo con PG-99 o PMB-21, según corresponda.



# PEB-18 INSPECCIÓN Y ESTAMPADO DE CALDERAS

PEB-18.1

PEB-18.3

PEB-18.3.2 PMTA (deberá de listarse en la forma P-2A)

**FORM P-2A MANUFACTURER'S DATA REPORT FOR ALL TYPES OF ELECTRIC BOILERS**  
**As Required by the Provisions of the ASME Code Rules, Section I**

Page \_\_\_ of \_\_\_

PART I — To Be Completed by the Manufacturer of the Boiler Pressure Vessel

1. Manufactured by \_\_\_\_\_  
(Name and address of manufacturer of boiler pressure vessel)

2. Manufactured for \_\_\_\_\_  
(Name and address of purchaser)

3. Location of installation \_\_\_\_\_  
(Name and address)

4. Type \_\_\_\_\_ Boiler No. \_\_\_\_\_  
(instance element, electrode) (Drawing No.) (Mfr's. Serial No.) (CRN)

5. The chemical and physical properties of all parts meet the requirements of Material Specifications of the ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE. The design conforms to Section I of the ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE. Addenda to \_\_\_\_\_ (Date) (if applicable), and Code Cases \_\_\_\_\_ (Year) (Number)

Manufacturer's Partial Data Reports properly identified and signed by Commissioned inspectors are attached for the following items of this report: \_\_\_\_\_

6. Shells or drums \_\_\_\_\_  
(Name of part, item number, mfr's name, and identifying Designator)

7. Joints \_\_\_\_\_  
(No.) (mat'l. spec. gr.) (thickness) (diameter (OD)) (length, inside) (diameter (OD)) (length, inside)

8. Heads \_\_\_\_\_  
(No.) (mat'l. spec. No.; thickness — flat, dished, ellipsoidal — radius of dished)

9. Other Parts: 1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_ 3. \_\_\_\_\_  
(Brief description — i.e., drums, boiler piping, etc.)

10. Openings: (a) Steam \_\_\_\_\_ (b) Pressure Relief Valve \_\_\_\_\_  
(No., size, and type) (No., size, and type)

(c) Blowoff \_\_\_\_\_ (d) Feed \_\_\_\_\_  
(No., size, and type) (No., size, type, and location)

(e) Manholes: No. \_\_\_\_\_ Size \_\_\_\_\_ Location \_\_\_\_\_  
 (f) Handholes: No. \_\_\_\_\_ Size \_\_\_\_\_ Location \_\_\_\_\_  
 (g) Elements/Electrodes: No. \_\_\_\_\_ Size \_\_\_\_\_ Location \_\_\_\_\_

11. Boiler Supports: No. \_\_\_\_\_ Type \_\_\_\_\_  
(brackets, legs, or lugs)

Attachment \_\_\_\_\_  
(bolted or welded)

12. MAWP \_\_\_\_\_ Based on \_\_\_\_\_  
(Code para. and/or formula)

13. Shop Hydrostatic Test \_\_\_\_\_ 14. Maximum Designed Steaming Capacity \_\_\_\_\_

15. Remarks \_\_\_\_\_

**CERTIFICATE OF COMPLIANCE OF BOILER PRESSURE VESSEL**

We certify that this boiler pressure vessel meets the requirements of Section I of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code.  
 Our Certificate of Authorization No. \_\_\_\_\_ to use the (S) or (M) \_\_\_\_\_  
 Designator expires \_\_\_\_\_  
 Date \_\_\_\_\_ Signed \_\_\_\_\_ Name \_\_\_\_\_  
(Authorized Representative) (Mfr. of boiler pressure vessel)

10/7/151



# CALDERAS MINIATURA

## PARTE PMB

## REQUISITOS PARA CALDERAS MINIATURA

## GENERAL

### PMB-1 General

Las reglas en la Parte PMB son aplicables a calderas miniatura y las partes de éstas, y deberán ser usadas en conjunto con los requisitos generales de la Parte PG, así como también con los requisitos especiales en las Partes aplicables de esta Sección que se apliquen al método de fabricación utilizado.

## PMB-2 ALCANCE

PMB-2.1 La clasificación de las calderas miniatura se aplica a calderas que no superan los siguientes límites:

- (a) 16 in. (400 mm) de diámetro interno del cuerpo
- (b) 20 ft<sup>2</sup> (1.9 m<sup>2</sup>) de superficie de calentamiento (no aplicable a calderas eléctricas)
- (c) 5 ft<sup>3</sup> (0.14 m<sup>3</sup>) de volumen bruto, excluyendo la cubierta y el aislamiento
- (d) 100 psig (700 kPa) de presión máxima admisible de trabajo

PMB-2.2 Si una caldera cumple con la clasificación de miniatura, las reglas de esta parte deberán complementar a las reglas de calderas de potencia y prevalecer sobre ellas cuando exista un conflicto. Cuando se exceda cualquiera de los límites que se indican en PMB-2.1, se deberán aplicar las reglas de calderas de potencia

PMB-5.2 Los cuerpos sin costura y soldados, fabricados a partir de tuberías, para calderas miniatura no deberán tener menos de a  $3/16$  in. (5 mm) de espesor. Los cuerpos o los cabezales fabricados a partir de placas no deberán tener menos de  $1/4$  in. (6 mm) de espesor. Los cabezales utilizados como placas tubulares, con los tubos expandidos, deberán tener como mínimo  $5/16$  in. (8 mm) de espesor.

PMB-5.3 Las partes de calderas de vapor que no tengan un volumen mayor que 600 in.<sup>3</sup> (0.01 m<sup>3</sup>) pueden ser fundidas a partir de aleación de cobre que cumpla con los requisitos de SB-61 o SB-62, con espesor de pared no inferior a 1/4 in. (6 mm). Esas partes de calderas de vapor deberán contar como mínimo con un tapón de limpieza de bronce de no menos de 1/2 in. (13 mm) y deberán ser probadas a una presión hidrostática de 600 psi (4 MPa).

PMB-5.4 Los cabezales o las partes de las calderas miniatura, cuando no están expuestas a la acción directa del fuego, pueden estar fabricadas de fundición de hierro o fundición maleable, siempre y cuando ésta cumpla con una especificación permitida en esta Sección



## PMB-10 ABERTURAS PARA LIMPIEZA

PMB-10.1 Toda caldera miniatura que supere las 12 in. (300 mm) de diámetro interno o que tenga más de 10 pies<sup>2</sup> (0,9 m<sup>2</sup>) de superficie de calentamiento deberá tener no menos de tres tapones de limpieza de bronce de 1 in. (25 mm), los cuales deberán estar atornillados en aberturas en el cuerpo cerca del fondo.

Las calderas que no superen las 12 in. (300 mm) de diámetro interno y tengan menos de 10 pies<sup>2</sup> (0.9 m<sup>2</sup>) de superficie de calentamiento no necesitan tener más de dos aberturas de 1 in. (25 mm) para limpieza, una de las cuales puede utilizarse para la fijación de la válvula de purga. Estas aberturas deberán estar dispuestas opuestas entre sí cuando sea posible. Todas las aberturas roscadas en la caldera deberán contar con un refuerzo de soldadura, si fuera necesario, para engranar cuatro hilos de rosca completos en ese lugar.

PMB-10.2 Las calderas miniaturas de un diseño que emplea una cubierta superior removible con brida para inspección y limpieza no necesitan tener aberturas para limpieza.

## PMB-11 SUMINISTRO DE AGUA DE ALIMENTACIÓN

PMB-11.1 Todas caldera miniatura deberá contar como mínimo con una bomba de alimentación u otro dispositivo de alimentación, excepto cuando estén conectadas a una tubería principal de agua que tenga presión suficiente para alimentar la caldera o cuando se opera sin extracción de vapor (tal como en un sistema cerrado). En el último caso, en lugar de un dispositivo de alimentación, se deberá proporcionar una conexión o una abertura adecuada para llenar la caldera cuando esté fría. Las aberturas de las conexiones de agua de alimentación de las calderas miniatura no deberán ser inferiores a NPS ½ (DN 15) para tuberías de hierro o acero y a NPS 1/4 (DN 8) para tuberías de bronce o cobre.

PMB-11.2 La tubería de alimentación deberá contar con una válvula de retención y una válvula de bloqueo de tamaño no inferior al de la tubería. El agua de alimentación puede suministrarse a través de la conexión de purga, si así se desea.

## PMB-12 PURGA

Cada caldera miniatura deberá contar con una conexión de purga, no inferior a NPS 1/2 (DN 15), ubicada de manera tal de drenar desde la zona con agua más baja que sea posible. La purga deberá contar con una válvula o un grifo no inferior a NPS ½ (DN 15).

## PMB-13 MEDIDORES DE NIVEL DE AGUA

PMB-13.1 Toda caldera miniatura para operar con un nivel de agua definido deberá contar con un visor de nivel para determinar el nivel de agua. El nivel mínimo permitido de agua de las calderas verticales deberá estar en un punto a un tercio de la altura del cuerpo arriba del cabezal superior o la placa tubular. Cuando la caldera está equipada con un hogar interno, el nivel mínimo de agua permitido no deberá ser inferior a un tercio de la longitud de los tubos arriba de la parte superior de la placa tubular del hogar. En el caso de calderas pequeñas operadas en un sistema cerrado donde no hay espacio suficiente para el visor de nivel de agua, es posible utilizar indicadores de nivel del agua del tipo ojo de buey.

PMB-13.2 Las calderas miniaturas deberán tener la parte visible más baja del indicador de nivel de agua ubicada como mínimo 1 in. (25 mm) por encima del nivel mínimo de agua permitido especificado por el Fabricante

## PMB-14 DISPOSITIVOS Y ACCESORIOS

Todas las válvulas, los accesorios para tubería y los dispositivos conectados a una caldera miniatura deberán ser como mínimo iguales a los de los requisitos de la Clase 125 (PN 20) o la Clase 150 (PN 20) de las Normas de ASME correspondientes que figuran en PG-42.

## PMB-15 VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN

PMB-15.1 Cada caldera miniatura deberá contar con una válvula de alivio de presión sellada, no menor que NPS 1/2 (DN 15).

PMB-15.2 La capacidad mínima de alivio de la válvula de alivio de presión deberá ser determinada de acuerdo con PG-67.2.

PMB-15.3 Se deberá cumplir con todas las demás disposiciones para las válvulas de alivio de presión de esta Sección.



## PMB-16 VÁLVULAS DE INTERRUPCIÓN PARA VAPOR

Cada línea de vapor de una caldera miniatura deberá contar con una válvula de interrupción ubicada lo más cerca posible del cuerpo o domo de la caldera, excepto cuando la caldera y el receptor de vapor operan como un sistema cerrado.

## PMB-17 DISPOSITIVOS AUTOMÁTICOS

Todas las calderas miniatura operadas con gas, electricidad, petróleo o encendido mecánico deberán contar con un sistema de corte automático de combustible por bajo nivel de agua, excepto las calderas eléctricas del tipo electrodo como está previsto en PEB-16

## PMB-21 PRUEBAS HIDROSTÁTICAS E INSPECCIÓN

PMB-21.1 Además de las inspecciones requeridas en otros lugares de esta Sección, cada recipiente a presión de calderas miniatura deberá ser inspeccionado mientras está siendo probado a una presión hidrostática equivalente a tres veces la presión máxima admisible de trabajo.

PMB-21.1.1 Se permite una temperatura mínima del metal de 60°F (15°C) durante la prueba hidrostática de PMB-21.1, siempre que el espesor del cuerpo sea de 3/8 in. (10 mm) o menor y siempre que en la construcción del recipiente a presión se utilicen materiales No. P 8 o los siguientes materiales P No. 1 específicos:

SA-53 Tubería grado E o S

SA-106 Tubería

SA-516 Placa

SA-105 Productos forjados

SA-234 Accesorios

PMB-21.2 Las calderas miniatura terminadas con tubería exterior a la caldera (BEP) ensamblada mecánicamente y con tubería para conectar controles e instrumentos de medición o instrumentación, se las deberá someter a una prueba hidrostática final a una presión no inferior a 1 1/2 veces la MAWP del recipiente a presión. A las calderas eléctricas miniatura se las deberá someter a una prueba hidrostática final de acuerdo con PEB-17.2.

PMB-21.3 Para calderas miniatura terminadas, con tubería exterior de la caldera (BEP), o con tubería para conectar controles e instrumentos de medición o instrumentación, soldadas o con soldadura brazing, se aplican los requisitos de inspección de PG-90.1 y los requisitos de prueba hidrostática de PG-99

# Bibliografía

- Sección I – BVPC
- Sección II- BVPC

# ¡Muchas gracias!

