

ASME B31.4-2022  
(Revisión de ASME B31.4-2019)

# Tubería Transporte Sistemas para Líquidos y Lodos

---

Código ASME para tuberías a presión, B31

UN CÓDIGO INTERNACIONAL DE TUBERÍAS ®



ASME B31.4-2022  
(Revisión de ASME B31.4-2001)

# Tubería Transporte Sistemas para Líquidos y Lodos

---

Código ASME para tuberías a presión, B31

UN CÓDIGO INTERNACIONAL DE TUBERÍAS®



**The American Society of  
Mechanical Engineers**

Two Park Avenue • Nueva York, NY • 10016 EE. UU.

Fecha de emisión: 8 de diciembre de 2022

La próxima edición de este Código está programada para publicarse en 2025. Este Código entrará en vigencia 6 meses después de la Fecha de emisión.

ASME emite respuestas por escrito a las consultas relacionadas con la interpretación de los aspectos técnicos de este Código. Las interpretaciones se publican en la página web del Comité y en <https://go.asme.org/Interpretations>. Periódicamente ciertas acciones del Comité ASME B31 pueden ser publicadas como Casos. Los casos se publican en el sitio web de ASME en la página del Comité B31 en <http://go.asme.org/B31committee> a medida que se emiten.

Las erratas de los códigos y estándares se pueden publicar en el sitio web de ASME en las Páginas del comité de los códigos y estándares asociados para proporcionar correcciones a los elementos publicados incorrectamente o para corregir errores tipográficos o gramaticales en los códigos y estándares. Dicha fe de erratas se utilizará en la fecha publicada.

La página del Comité B31 se puede encontrar en <https://go.asme.org/B31committee>. Se puede acceder a las Páginas del Comité B31 asociadas para cada código y estándar desde esta página principal. Hay una opción disponible para recibir automáticamente una notificación por correo electrónico cuando se publican erratas para un código o estándar en particular. Esta opción se puede encontrar en la página del comité correspondiente después de seleccionar "Errata" en la sección "Información de publicación".

ASME es la marca registrada de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

Este código o estándar internacional fue desarrollado bajo procedimientos acreditados por cumplir con los criterios de los Estándares Nacionales Estadounidenses y es un Estándar Nacional Estadounidense. El Comité de Normas que aprobó el código o la norma se equilibró para garantizar que las personas con intereses competentes y interesados tuvieran la oportunidad de participar. El código o estándar propuesto se puso a disposición del público para su revisión y comentarios, lo que brindó la oportunidad de obtener aportes públicos adicionales de la industria, la academia, las agencias reguladoras y el público en general.

ASME no "aprueba", "califica" ni "respalda" ningún artículo, construcción, dispositivo patentado o actividad. ASME no toma ninguna posición con respecto a la validez de los derechos de patente afirmados en relación con los elementos mencionados en este documento, y no se compromete a asegurar a nadie que utilice un estándar contra la responsabilidad por la infracción de cualquier patente de letras aplicable, ni ASME asume ningún tal responsabilidad. Se advierte expresamente a los usuarios de un código o estándar que la determinación de la validez de dichos derechos de patente y el riesgo de infracción de dichos derechos es responsabilidad exclusiva de ellos.

La participación de representantes de agencias federales o personas afiliadas a la industria no debe interpretarse como un compromiso del gobierno o de la industria. aprobación de este código o norma.

ASME acepta la responsabilidad solo por aquellas interpretaciones de este documento emitidas de acuerdo con los procedimientos ASME establecidos y políticas, lo que impide la emisión de interpretaciones por parte de particulares.

Ninguna parte de este documento puede reproducirse de ninguna forma,  
en un sistema de recuperación electrónica o de otro  
modo, sin el permiso previo por escrito del editor.

La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos  
Dos Park Avenue, Nueva York, NY 10016-5990

Copyright © 2022 por LA  
SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS MECÁNICOS Todos  
los derechos  
reservados Impreso en EE. UU.

# CONTENIDO

Prefacio . . . . .	vi
Lista del comité . . . . .	viii
Correspondencia con el Comité B31 . . . . .	x
Introducción . . . . .	xi
Resumen de cambios . . . . .	xiv
Capítulo I Alcance y Definiciones . . . . .	1
400 Declaraciones generales . . . . .	1
Capítulo dos Diseño . . . . .	11
401 cargas . . . . .	11
402 Cálculo de tensiones . . . . .	13
403 Criterios para Ductos . . . . .	15
404 Criterios para accesorios, ensamblajes y otros componentes (Alternativamente, Criterios para componentes) . . . . .	21
Capítulo III Materiales . . . . .	34
423 Materiales — Requisitos generales . . . . .	34
425 Materiales aplicados a piezas misceláneas . . . . .	35
Capítulo IV Requerimientos dimensionales. . . . .	39
426 Requisitos dimensionales para componentes de tubería estándar y no estándar . . . . .	39
Capítulo V Construcción, Soldadura y Montaje. . . . .	41
434 Construcción . . . . .	41
435 Montaje de Componentes de Tubería . . . . .	54
Capítulo VI Inspección y prueba . . . . .	55
436 inspección _ . . . . .	55
437 Prueba _ . . . . .	56
Capítulo VII Procedimientos de operación y mantenimiento . . . . .	59
450 Procedimientos de operación y mantenimiento que afectan la seguridad de líquidos y lodos Sistemas de Tuberías de Transporte . . . . .	59
451 Operación y mantenimiento de oleoductos . . . . .	60
452 Operación y mantenimiento de instalaciones de almacenamiento, terminales y estaciones de bombeo Control de corrosión. . . . .	70
453 Plan de emergencia . . . . .	71
454 Registros . . . . .	72
455 Calificación de un sistema de tuberías para una presión de operación más . . . . .	72
457 alta Abandono de un sistema de tuberías . . . . .	73
Capítulo VIII Control de Corrosión . . . . .	74
460 General . . . . .	74
461 Control de Corrosión Externa para Tuberías Enterradas o Sumergidas . . . . .	74
462 Control de Corrosión Interna . . . . .	77

463	Control de Corrosión Externa para Tuberías Expuestas a la Atmósfera . . . . .	78
464	Tuberías en ambientes árticos . . . . .	79
465	Tuberías en servicio de alta temperatura . . . . .	79
466	Control de corrosión externa para tuberías con aislamiento térmico . . . . .	80
467	Corrosión por tensión y otros fenómenos . . . . .	81
468	Registros . . . . .	81
Capítulo IX	Sistemas de tuberías de líquidos en alta mar. . . . .	82
A400	Declaraciones generales . . . . .	82
A401	cargas . . . . .	83
A402	Cálculo de tensiones . . . . .	85
A403	Criterios para Ductos . . . . .	89
A404	Criterios para accesorios, ensamblajes y otros componentes (Alternativamente, Criterios para componentes) . . . . .	89
A405	pipa _ . . . . .	90
A406	Otras consideraciones de . . . . .	90
A423	diseño Materiales: requisitos generales . . . . .	91
A434	Construcción . . . . .	91
A436	inspección _ . . . . .	92
A437	Prueba _ . . . . .	93
A450	Procedimientos de operación y mantenimiento que afectan la seguridad de líquidos y lodos Sistemas de Tuberías de Transporte . . . . .	93
A451	Operación y Mantenimiento de Ductos . . . . .	93
A452	Operación y Mantenimiento de Estaciones de Bombeo, Terminales e Instalaciones de . . . . .	95
A454	Almacenamiento . . . . .	95
A460	Plan de Emergencia General. . . . .	95
A461	Control de Corrosión Externa para Tuberías Enterradas o Sumergidas . . . . .	95
A463	Control de Corrosión Externa para Tuberías Expuestas a la Atmósfera . . . . .	96
Capítulo X	Sistemas de tuberías de dióxido de carbono. . . . .	97
B400	Declaraciones generales . . . . .	97
B423	Materiales — Requisitos generales . . . . .	97
B434	Construcción . . . . .	97
B437	Prueba _ . . . . .	97
B451	Operación y Mantenimiento de Ductos . . . . .	98
B454	Plan de . . . . .	98
Capítulo XI	Emergencia Sistemas de Ductos de Lodos y Aguas de Proceso. . . . .	99
C400	Declaraciones generales . . . . .	99
C401	cargas . . . . .	99
C403	Criterios para Ductos . . . . .	99
C404	Criterios para accesorios, ensamblajes y otros componentes (Alternativamente, Criterios para componentes) . . . . .	100
C423	Materiales — Requisitos generales . . . . .	100
C426	Requisitos dimensionales para componentes de tubería estándar y no estándar . . . . .	100
C434	Construcción . . . . .	100
C437	Prueba _ . . . . .	102
C451	Plan de Emergencia de Operación y . . . . .	102
C454	Mantenimiento de Oleoductos . . . . .	102

C457	Abandono de un sistema de tuberías . . . . .	102
C460	General . . . . .	102
C461	Control de Corrosión Externa para Tuberías Enterradas o Sumergidas . . . . .	102
C468	Registros . . . . .	102
Apéndice Obligatorio		
I	Estándares referenciados . . . . .	103
Apéndices no obligatorios		
A	Envío de Consultas Técnicas al Comité de Tuberías a Presión B31 . . . . .	107
B	Publicaciones que pueden ser de beneficio informativo . . . . .	108
Cifras		
400.1.1-1	Diagrama que muestra el alcance de ASME B31.4, excluyendo los sistemas de tuberías de dióxido de carbono (Consulte la Figura 400.1.1-2) . . . . .	3
400.1.1-2	Diagrama que muestra el alcance de ASME B31.4 para sistemas de tuberías de dióxido de carbono . . . . .	4
400.1.1-3	Diagrama que muestra el alcance de ASME B31.4 para sistemas de tuberías para lodos . . . . .	5
404.3.3.1-1	Salidas extruidas reforzadas . . . . .	24
404.3.4-1	Detalles de soldadura para aberturas con envolvente completa Tipos de refuerzo . . . . .	26
404.3.4-2	Detalles de soldadura para aberturas con refuerzo de tipo localizado . . . . .	27
404.3.4-3	Detalles de soldadura para aberturas sin refuerzo que no sean en cabecera y ramal Paredes . . . . .	28
404.3.5-1	Refuerzo de Conexiones de Ramales . . . . .	30
434.8.6-1	Diseño de junta soldada a tope aceptable para espesores de pared . . . . .	46
434.8.6-2	iguales Diseño de junta soldada a tope aceptable para espesores de pared . . . . .	47
434.8.6-3	desiguales Detalles de fijación recomendados para bridas . . . . .	48
451.6.2.2-1	Interacción de tipo . . . . .	63
451.6.2.2-2	I Interacción de tipo . . . . .	63
451.6.2.9-1	II Diseño de soldadura de filete en el extremo del manguito que contiene presión (Tipo B) . . . . .	69
Mesas		
403.2.1-1	Factores de juntas de soldadura aplicables a las especificaciones de tuberías comunes . . . . .	17
403.3.1-1	Valores admisibles para tensiones del sistema de . . . . .	17
404.3.4-1	tuberías Criterios de diseño para conexiones de ramales . . . . .	28
423.1-1	soldados Normas y especificaciones de materiales . . . . .	36
426.1-1	Normas dimensionales . . . . .	40
434.6-1	Cobertura Mínima para Tuberías Enterradas . . . . .	43
451.6.2.9-1	Métodos aceptables de reparación de tuberías (tubería sin muescas, sin arrugas y sin pandeo)	—
451.6.2.9-2	Métodos aceptables de reparación de tuberías para abolladuras, torceduras, ondulaciones, arrugas y fugas Acoplamientos y reparaciones previas defectuosas . . . . .	67
A402.3.2-1	Factores de diseño para sistemas de oleoductos marinos . . . . .	87
C423.1-1	Estándares de materiales . . . . .	101
C423.1-2	Normas de materiales no aplicables a los sistemas de tuberías para lodos de la Tabla . . . . .	101
C426.1-2	423.1-1 Normas dimensionales no aplicables a los sistemas de tuberías para lodos de la Tabla 426.1-1	101

## PREFACIO

La necesidad de un código nacional para tuberías a presión se hizo cada vez más evidente entre 1915 y 1925. Para satisfacer esta necesidad, el Comité Estadounidense de Normas de Ingeniería [más tarde cambió a la Asociación Estadounidense de Normas (ASA)] inició el Proyecto B31 en marzo de 1926 a pedido de la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos (ASME), y con dicha sociedad como único patrocinador. Después de varios años de trabajo del Comité Seccional B31 y sus subcomités, se publicó una primera edición en 1935 como un Código Estándar Tentativo Estadounidense para Tuberías a Presión.

En 1937 se inició una revisión de la norma provisional original. Se dedicó un esfuerzo de varios años más a asegurar la uniformidad entre las secciones y a eliminar los requisitos divergentes y las discrepancias, así como a mantener el código al tanto de los desarrollos actuales en la técnica de soldadura, cálculos de tensión, y referencias a nuevos estándares dimensionales y materiales. Durante este período, se agregó una nueva sección sobre tuberías de refrigeración, preparada en cooperación con la Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Refrigeración (ASRE) y que complementa el Código Estándar Estadounidense para Refrigeración Mecánica. Este trabajo culminó en el Código estándar estadounidense para tuberías a presión de 1942.

Los Suplementos 1 y 2 del código de 1942, que aparecieron en 1944 y 1947, respectivamente, introdujeron nuevos estándares de dimensiones y materiales, una nueva fórmula para el espesor de las paredes de las tuberías y requisitos más completos para las tuberías de control e instrumentación. Poco después de que se emitiera el código de 1942, se establecieron procedimientos para manejar las consultas que requieren una explicación o interpretación de los requisitos del código, y para publicar dichas consultas y respuestas en Ingeniería Mecánica para información de todos los interesados.

Los aumentos continuos en la severidad de las condiciones de servicio, con desarrollos simultáneos de nuevos materiales y diseños iguales para cumplir con estos requisitos más altos, habían señalado la necesidad para 1948 de cambios más extensos en el código que los que podrían proporcionar solo los suplementos. Se tomó la decisión de ASA y ASME de reorganizar el Comité Seccional y sus diversos subcomités, e invitar a los distintos organismos interesados a reafirmar sus representantes o designar nuevos. Luego de su reorganización, el Comité Seccional B31 realizó una revisión intensiva del código de 1942 y se aprobó y publicó un código revisado en febrero de 1951 con la designación ASA B31.1-1951, que incluía (a) una revisión general y extensión de los requisitos para estar de acuerdo con las prácticas

vigentes en ese momento (b) la revisión de las referencias a los estándares dimensionales existentes y las especificaciones de materiales, y la adición de nuevas referencias (c) la aclaración de los requisitos ambiguos o conflictivos El Suplemento

No. 1 de ASA B31.1 fue aprobado y publicado en 1953 como ASA B31.1a-1953. Este Suplemento y otros

las revisiones aprobadas se incluyeron en una nueva edición publicada en 1955 con la designación ASA B31.1-1955.

Una revisión realizada por los comités ejecutivo y seccional B31 en 1955 resultó en la decisión de desarrollar y publicar secciones de la industria como documentos de código separados del Código estándar estadounidense B31 para tuberías a presión. ASA B31.4-1959 fue el primer documento de código separado para sistemas de tuberías de transporte de petróleo y reemplazó la parte de la Sección 3 de ASA B31.1-1955 que cubría los sistemas de tuberías de transporte de petróleo. En 1966, B31.4 se revisó para ampliar la cobertura de soldadura, inspección y prueba, y para agregar nuevos capítulos que cubran los requisitos de construcción y los procedimientos de operación y mantenimiento que afectan la seguridad de los sistemas de tuberías. Esta revisión se publicó con la designación USAS B31.4-1966, Sistemas de tuberías para el transporte de petróleo líquido, ya que ASA se reconstituyó como el Instituto de Normas de los Estados Unidos de América (USASI) en 1966.

USASI cambió su nombre, a partir del 6 de octubre de 1969, a American National Standards Institute, Inc. (ANSI), y USAS B31.4-1966 fue redesignado como ANSI B31.4-1966. El Comité Seccional B31 fue redesignado como Código B31 para Tuberías a Presión del Comité Nacional Estadounidense de Estándares y, debido al amplio campo involucrado, más de 40 sociedades de ingeniería diferentes, oficinas gubernamentales, asociaciones comerciales, institutos y similares tenían uno o más representantes en el Comité de Estándares. B31, más algunos "Miembros individuales" para representar los intereses generales. Las actividades del Código se subdividieron según el alcance de las distintas secciones, y la dirección general de las actividades del Código recaía en los funcionarios del Comité de Normas B31 y en un Comité Ejecutivo cuyos miembros consistían principalmente en funcionarios del Comité de Normas y presidentes de los Comités de Especialistas Técnicos y de Sección.

El Código ANSI B31.4-1966 fue revisado y publicado en 1971 con la designación ANSI B31.4-1971.

El Código ANSI B31.4-1971 fue revisado y publicado en 1974 con la designación ANSI B31.4-1974.

En diciembre de 1978, el Comité Nacional Estadounidense de Normas B31 se convirtió en un Comité ASME con procedimientos acreditados por ANSI. La revisión de 1979 fue aprobada por ASME y posteriormente por ANSI el 1 de noviembre de 1979, con la designación ANSI/ASME B31.4-1979.

Luego de la publicación de la edición de 1979, el Comité de la Sección B31.4 comenzó a trabajar en la expansión del alcance del Código para cubrir los requisitos para el transporte de alcoholes líquidos. Se revisaron las referencias a los estándares dimensionales existentes y las especificaciones de materiales, y se agregaron nuevas referencias. Se hicieron otras aclaraciones y revisiones editoriales para mejorar el texto. Estas revisiones llevaron a la publicación de dos adiciones a ANSI/ASME B31.4. El apéndice "b" fue aprobado y publicado en 1981 como ANSI/ASME B31.4b-1981. El apéndice "c" fue aprobado y publicado en 1986 como ANSI/ASME B31.4c-1986.

La edición de 1986 de ANSI/ASME B31.4 incluía los dos apéndices publicados anteriormente a la edición de 1979.

Después de la publicación de la edición de 1986, se hicieron aclaraciones y revisiones editoriales para mejorar el texto. Además, se revisaron las referencias a las normas existentes y las especificaciones de materiales, y se agregaron nuevas referencias. Estas revisiones llevaron a la publicación de un apéndice que fue aprobado y publicado en 1987 como ASME/ANSI B31.4a-1987.

La edición de 1989 de ASME/ANSI B31.4 incluía los apéndices publicados anteriormente a la edición de 1986.

Después de la publicación de la edición de 1989, se hicieron revisiones aclaratorias para mejorar el texto. Además, se revisaron y actualizaron las referencias a las normas existentes y las especificaciones de materiales. Estas revisiones dieron lugar a la publicación de una adenda que fue aprobada y publicada en 1991 como ASME B31.4a-1991.

La edición de 1992 de ASME B31.4 incluía los apéndices publicados anteriormente a la edición de 1989 y una revisión del mantenimiento de válvulas. La edición de 1992 fue aprobada por ANSI el 15 de diciembre de 1992 y designada como edición ASME B31.4-1992.

La edición de 1998 de ASME B31.4 incluía los apéndices publicados anteriormente a la edición de 1992. En la edición de 1998 también se incluyeron otras revisiones y la adición del [Capítulo IX](#), Sistemas de tuberías de líquidos costa afuera. La edición de 1998 fue aprobada por ANSI el 11 de noviembre de 1998 y designada como edición ASME B31.4-1998.

La edición de 2002 de ASME B31.4 incluyó los apéndices publicados anteriormente a la edición de 1998 junto con revisiones a la sección de mantenimiento y referencias actualizadas. La edición de 2002 fue aprobada por ANSI el 5 de agosto de 2002 y designada como ASME B31.4-2002.

La edición 2006 de ASME B31.4 contenía una nueva sección de reparación, junto con revisiones a la sección de definiciones, expansión de los estándares de materiales Tabla 423.1 y estándares dimensionales Tabla 426.1, y referencias actualizadas. La edición de 2006 fue aprobada por ANSI el 5 de enero de 2006 y designada como ASME B31.4-2006.

La edición de 2009 de ASME B31.4 contenía revisiones importantes a la sección de definiciones; [Capítulo II](#), Diseño; y [el Capítulo VIII](#), Control de la Corrosión. Se revisaron y actualizaron las normas de materiales Tabla 423.1 y referencias. La edición de 2009 fue aprobada por ANSI el 14 de septiembre de 2009 y designada como ASME B31.4-2009.

La edición 2012 de ASME B31.4 contenía un alcance revisado y un nuevo capítulo para incorporar los requisitos de ASME B31.11, Sistemas de tuberías de transporte de lodos. También hubo un nuevo capítulo para tuberías de dióxido de carbono, que extrajo toda la información anterior sobre dióxido de carbono en un capítulo independiente. La sección de definiciones también fue revisada con nuevas entradas. La edición de 2012 fue aprobada por ANSI el 14 de septiembre de 2012 y designada como ASME B31.4-2012.

La edición 2016 de ASME B31.4 contenía un alcance revisado y actualizaciones de la sección de estrés en el [Capítulo II](#). Se agregó un nuevo párrafo en [el Capítulo III](#) para los requisitos de materiales en aplicaciones de baja temperatura. Además, se incluyeron cambios en todo el documento para hacer referencia a los requisitos mínimos de espesor de pared permitidos por las especificaciones de fabricación. La edición de 2016 fue aprobada por ANSI el 22 de febrero de 2016 y designada como ASME B31.4-2016.

La edición de 2019 de ASME B31.4 contenía una revisión del [Capítulo IX](#) para alinearla con la numeración estandarizada de otros capítulos. En el [Capítulo II](#) se hizo referencia a un nuevo estándar para mejorar la precisión de los cálculos que utilizan factores de flexibilidad e intensificación de esfuerzos. Se completaron las actualizaciones del texto y la tabla del [Capítulo VI](#) sobre reparaciones permitidas. La edición de 2019 fue aprobada por ANSI el 18 de julio de 2019 y designada como ASME B31.4-2019.

ASME B31.4-2022 fue aprobado por ANSI el 6 de septiembre de 2022.

# COMITÉ ASME B31

## Código para tuberías de presión

(La siguiente es la lista del Comité al momento de la aprobación de este Código).

### FUNCIONARIOS DEL COMITÉ DE NORMAS

CH Eskridge, Jr., Presidente  
KA Vilminot, Vicepresidente  
J. Oh, Secretario

### PERSONAL DEL COMITÉ DE NORMAS

D. Anderson, jubilado	GA Jolly, Samshin, Ltd.
RJT Appleby, consultor KC	K. Kaplan, Consultor WJ
Bodenhamer, TRC Pipeline Services RM	Mauro, Jubilado JE
Bojarczuk, jubilado MR	Meyer, CDM Smith — División Industrial T. Monday, Team Industries, Inc.
Braz, MRBraz and Associates, PLLC M.	J. Oh, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos
Burkhart, The Burkhart Group, Inc.	W. Olson, Ingeniería Interestatal del Golfo
RD Campbell, Bechtel Corp.	DW Raho, CCM 2000 M.
J. Caylor, Caylor Engineering and Associates, PLLC JS	Rana, Consultor RK
Chin, TC Energy DD	Reamey, Turner Industries Group, LLC MJ
Christian, Victaulic Co.	Rosenfeld, RSI Pipeline Solutions, LLC JT
RP Deubler, Becht Engineering Co., Inc.	Schmitz, Southwest Gas Corp.
DW Diehl, jubilado M.	SK Sinha, SOCOTEC Ingeniería, Inc.
Engelkemier, Cargill CH	WJ Sperko, Sperko Engineering Services, Inc.
Eskridge, Jr., Becht Engineering Co., Inc.	FW Tatar, Consultor KA
DJ Fetzner, DR Frikken	Vilminot, Commonwealth Associates, Inc.
jubilado, Becht Engineering Co., Inc.	PD Flenner, miembro colaborador, Flenner Engineering Services ML
RA Grichuk, S&B Ingenieros y Constructores, Ltd.	Nayyar, miembro colaborador, NICE
RW Haupt, asociados de ingeniería de tuberías a presión, Inc.	

### B31.4 COMITÉ DE LA SECCIÓN DE SISTEMAS DE TRANSPORTE POR TUBERÍAS DE LÍQUIDOS Y LODOS

WM Olson, presidente, Gulf Interstate Engineering	B. Mittelstadt, Dynamic Risk Assessment Systems, Inc.
A. Baty, vicepresidente, Paterson and Cooke USA, Ltd.	D. Moore, Trout Hydrodynamics, Inc..
A. Maslowski, Secretario, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos	A. Morton, TD Williamson, Inc.
E. Alavi, Transferencia de Energía EL Baniak, Instituto Estadounidense del Petróleo J. Barrett, TC	B. Mumme, Flint Hills Resources G.
Energy KC Bodenhamer, TRC Pipeline Services WM Cauthen, Tiger Energy Services, Inc.	Newman, Departamento de Transporte de EE. UU.
DD Christian, Victaulic R.	GR Petru, Acapella Engineering Services, LLC A.
Duran, Chevron SP	Post, ClockSpring NRI TM
Gade, Gulf Interstate Engineering KM	Shie, Shell Pipeline Co., LP S.
Haley, The Equity Engineering Group, Inc.	Singh, Bechtel Oil, Gas, and Chemicals, C <sup>a</sup> .
EM Jorritsma, Proyectos e Ingeniería de Shell DB	DA Soenjoto, Integrity Tech Services JC
Kadokia, Consultor PW Klein,	Spowart, EnSiteUSA, Inc.
BHP S. Koetting,	A. Steiner, RSI Pipeline Solutions L.
ExxonMobil Pipeline Co.	Sweeney, Stantec Consulting Services, Inc.
CE Kolovich, Quest Integrity M.	S. Szemanek, Marathon Petroleum Corp.
Leupp, Marathon Pipe Line Y. Li,	WL Trimble, Worley Y.
Enbridge Pipelines, Inc.	Yu, Enbridge Z.
S. McKenna, Burns y McDonnell TP	Booth, Miembro Contribuyente, DNV GL MA
McMahan, DNV GL	Boring, Miembro Contribuyente, DNV GL A.
	Esmaili, Miembro Contribuyente, APA Group D.
	Gilroy, Miembro Contribuyente, Bechtel Oil, Gas, and Chemicals, C <sup>a</sup>
	T. Guterrez, miembro colaborador, Burrow Global Services, LLC B.
	Slater, miembro colaborador, BP Exploration Alaska

### B31 COMITÉ EJECUTIVO

KA Vilminot, Presidente, Commonwealth Associates, Inc.  
CH Eskridge, Jr., Vicepresidente, Becht Engineering Co., Inc.  
D. Anderson, Jubilado  
MR Braz, MRBraz and Associates, PLLC M.  
Burkhart, The Burkhart Group, Inc.  
RD Campbell, Bechtel Engineering Co., Inc.  
J. Caylor, Caylor Ingeniería y Asociados, PLLC

DD Christian, Victaulic P.  
Deubler, Becht Engineering Co., Inc.  
M. Engelkemier, Cargill DR  
Frikken, Becht Engineering Co., Inc.  
W. Olson, Gulf Interstate Engineering M.  
Rana, Consultor SK  
Sinha, Lucius Pitkin, Inc.

### B31 COMITÉ DE FABRICACIÓN Y EXAMEN

RD Campbell, presidente de Bechtel Corp.  
S. Findlan, vicepresidente, Stone and Webster, Inc.  
U. D'Urso, Secretario, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos DA  
Bingham, Laboratorio Nacional de Los Álamos B. Boseo,  
Burns y McDonnell PM Davis, Wood  
Group USA, Inc.  
M. DeLong, IHI Energy Solutions Inc.  
R. Duran, Chevron  
JW Frey, Joe W. Frey Servicios de Ingeniería, LLC

DR Frikken, Becht Engineering Co., Inc.  
S. Gingrich, AECOM T.  
Lunes, Team Industries, Inc.  
AD Nalbandian, Thielsch Ingeniería, Inc.  
RK Reamey, Turner Industries Group, LLC WJ  
Sperko, Sperko Engineering Services, Inc.  
JP Swezy, Jr., Inspección y seguros de Bureau Veritas KP Wu,  
Stellar Energy Systems PD Flenner,  
miembro colaborador, Flenner Engineering Services

### B31 COMITÉ TÉCNICO DE MATERIALES

RP Deubler, Presidente, Becht Engineering Co., Inc.  
C. Henley, vicepresidente, Kiewit Engineering Group, Inc.  
C. Rodrigues, Secretario, Sociedad Americana de Mecánica  
Ingenieros  
BT Bounds, Bechtel Energy, Inc.  
WP Collins, WPC Solutions, LLC CH  
Eskridge, Jr., consultor A. Esmaili,  
APA Group RA Grichuk,  
S&B Engineers and Constructors, Ltd.  
J. Gundlach, Michigan Tubos y tuberías sin soldadura  
AA Hassan, PGESCO

L. Henderson, Jr., Kiewit Engineering Group, Inc.  
T. Hudson, Black y Veatch GA  
Jolly, Samshin, Ltd.  
CJ Melo, S&B Ingenieros y Constructores, Ltd.  
K. Pham, Fluor Enterprise DW  
Rahoi, CCM 2000 RA  
Schmidt, Canadoil S.  
Tonkins, BP Americas DK  
Verma, Bechtel Energy, Inc.  
Z. Djilali, miembro colaborador, Sonatrach M.  
Nayyar, miembro colaborador, NICE

### B31 COMITÉ TÉCNICO DE DISEÑO MECÁNICO

M. Engelkemier, presidente, Cargill  
D. Arnett, vicepresidente, Exxonmobil Research and Engineering R.  
Rahaman, secretario, The American Society of Mechanical  
Ingenieros  
GA Antaki, Becht Engineering Co., Inc.  
R. Bethea, Hill — Construcción naval de Newport News  
DJ Fetzner, Consultor DA  
Fraser, Centro de Investigación Ames de la NASA  
JA Graziano, Consultor JD  
Hart, SSD, Inc.

RW Haupt, asociados de ingeniería de tuberías a presión, Inc.  
BP Holbrook, Consultor RA  
Leishear, Leishear Engineering, LLC GD Mayers,  
Serco, Inc.  
TQ McCawley, Consultor JE  
Meyer, CDM Smith — División Industrial P. Moore,  
Burns and McDonnell A. Paulin, Paulin  
Research Group MJ Rosenfeld, RSI  
Pipeline Solutions, LLC H. Kosasayama, Miembro  
colaborador, JGC Corp.

## CORRESPONDENCIA CON EL COMITÉ B31

General. Los estándares ASME se desarrollan y mantienen con la intención de representar el consenso de los intereses interesados. Como tal, los usuarios de este Código pueden interactuar con el Comité solicitando interpretaciones, proponiendo revisiones o un caso y asistiendo a las reuniones del Comité. La correspondencia debe dirigirse a:

Secretario, Comité de Normas B31  
Sociedad Estadounidense de Ingenieros  
Mecánicos Two  
Park Avenue New York, NY  
10016-5990 <http://go.asme.org/Inquiry>

Propuesta de revisiones. Se realizan revisiones periódicas al Código para incorporar los cambios que parecen necesarios o deseables, según lo demuestra la experiencia adquirida con la aplicación del Código. Las revisiones aprobadas se publicarán periódicamente.

El Comité da la bienvenida a las propuestas de revisión de este Código. Dichas propuestas deben ser lo más específicas posible, citando el(los) número(s) de párrafo, la redacción propuesta y una descripción detallada de las razones de la propuesta, incluida cualquier documentación pertinente.

Proponiendo un Caso. Se pueden emitir casos para proporcionar reglas alternativas cuando esté justificado, para permitir la implementación temprana de una revisión aprobada cuando la necesidad sea urgente, o para proporcionar reglas no cubiertas por las disposiciones existentes. Los casos entran en vigencia inmediatamente después de la aprobación de ASME y se publicarán en la página web del Comité de ASME.

Las solicitudes de casos deberán proporcionar una declaración de necesidad e información de antecedentes. La solicitud debe identificar el Código y el(los) número(s) de párrafo, figura o tabla, y estar escrita como Pregunta y Respuesta en el mismo formato que los Casos existentes. Las Solicitudes de Casos también deben indicar la(s) edición(es) aplicable(s) del Código al que se aplica el Caso propuesto.

Interpretaciones. Previa solicitud, el Comité de Normas B31 dará una interpretación de cualquier requisito del Código. Las interpretaciones solo pueden realizarse en respuesta a una solicitud por escrito enviada al Secretario del Comité de Normas B31.

Las solicitudes de interpretación deben enviarse preferiblemente a través del Formulario de envío de interpretación en línea. Se puede acceder al formulario en <http://go.asme.org/InterpretationRequest>. Al enviar el formulario, el Solicitante recibirá un correo electrónico automático de confirmación de recepción.

Si el Solicitante no puede utilizar el formulario en línea, puede enviar la solicitud por correo al Secretario del Comité de Normas B31 a la dirección anterior. La solicitud de interpretación debe ser clara e inequívoca. Se recomienda además que el Solicitante presente su solicitud en el siguiente formato:

Sujeto: Cite los números de párrafo correspondientes y el tema de la consulta en una o dos palabras.  
Edición: Cite la edición aplicable del Código para el cual se solicita la interpretación.  
Pregunta: Formule la pregunta como una solicitud de interpretación de un requisito específico adecuado para la comprensión y el uso general, no como una solicitud de aprobación de un diseño o situación patentada. Proporcione una pregunta condensada y precisa, redactada de tal manera que sea aceptable una respuesta de "sí" o "no".  
Respuesta(s) propuesta(s): Proporcione una(s) respuesta(s) propuesta(s) en forma de "Sí" o "No", con una explicación según sea necesario. Si ingresa respuestas a más de una pregunta, numere las preguntas y las respuestas.  
Información de antecedentes: Proporcione al Comité cualquier información de antecedentes que ayude al Comité a comprender la investigación. El Inquirir también puede incluir cualquier plano o dibujo que sea necesario para explicar la pregunta; sin embargo, no deben contener nombres o información de propiedad exclusiva.

Las solicitudes que no estén en el formato descrito anteriormente pueden ser reescritas en el formato apropiado por el Comité antes de ser respondidas, lo que puede cambiar inadvertidamente la intención de la solicitud original.

Además, ASME no actúa como consultor para problemas de ingeniería específicos o para la aplicación general o la comprensión de los requisitos del Código. Si, con base en la información de la consulta presentada, el Comité opina que el Solicitante debe buscar ayuda, la consulta se devolverá con la recomendación de que obtener dicha asistencia.

Los procedimientos de ASME prevén la reconsideración de cualquier interpretación cuando o si hay disponible información adicional que podría afectar una interpretación. Además, las personas perjudicadas por una interpretación pueden apelar al Comité o Subcomité ASME competente. ASME no "aprueba", "certifica", "califica" ni "respalda" ningún artículo, construcción, dispositivo patentado o actividad.

Asistencia a las reuniones del comité. El Comité de Normas B31 celebra regularmente reuniones y/o conferencias telefónicas abiertas al público. Las personas que deseen asistir a cualquier reunión y/o conferencia telefónica deben comunicarse con el Secretario del Comité de Normas B31.

## INTRODUCCIÓN

El Código ASME B31 para tuberías a presión consta de una serie de secciones publicadas individualmente, cada una de las cuales es una norma nacional estadounidense. Las reglas para cada Sección reflejan los tipos de instalaciones de tuberías consideradas durante su desarrollo, como sigue:

B31.1 Tuberías de energía: tuberías que normalmente se encuentran en estaciones generadoras de energía eléctrica, plantas industriales e institucionales, sistemas de calefacción geotérmicos y sistemas de calefacción y refrigeración centralizados y urbanos

B31.3 Tubería de proceso: tubería que normalmente se encuentra en las refinerías de petróleo; instalaciones de producción de petróleo y gas natural en tierra y mar adentro; plantas químicas, farmacéuticas, textiles, de papel, de procesamiento de minerales, de semiconductores y criogénicas; instalaciones de procesamiento de alimentos y bebidas; y plantas de procesamiento y terminales relacionados B31.4

Sistemas de transporte por tuberías para líquidos y lodos: tuberías que transportan productos peligrosos que son predominantemente líquidos entre instalaciones, campos de producción y almacenamiento, plantas y terminales, y dentro de terminales y estaciones de bombeo, regulación y medición asociadas con sistemas de tuberías de líquido B31.5 Tuberías de refrigeración y componentes de transferencia de

calor: tuberías para refrigerantes y refrigerantes secundarios B31.8 Sistemas de tuberías de transmisión y distribución de gas: tuberías que transportan productos que son predominantemente gas entre fuentes y terminales, incluidas las estaciones de compresores, regulación y medición, y gasoductos de recolección

B31.9 Tuberías de servicios de construcción: tuberías que normalmente se encuentran en edificios industriales, institucionales, comerciales y públicos, y en residencias de unidades múltiples, que no requieren el rango de tamaños, presiones y temperaturas cubiertas en B31.1

B31.12 Tuberías y oleoductos de hidrógeno: tuberías en servicio de hidrógeno gaseoso y líquido y tuberías en servicio de hidrógeno gaseoso

Esta es la Sección B31.4 del Código, Sistemas de transporte por tuberías para líquidos y lodos. En adelante, en esta Introducción y en el texto de esta Sección B31.4 del Código, donde se usa la palabra "Código" sin una identificación específica, significa esta Sección del Código.

Es responsabilidad del usuario seleccionar la Sección del Código que más se acerque a una instalación de tubería propuesta. Los factores a considerar incluyen las limitaciones de la Sección del Código, los requisitos jurisdiccionales y la aplicabilidad de otros códigos y normas. Se cumplirán todos los requisitos aplicables de la Sección del Código seleccionada. Para algunas instalaciones, más de una Sección del Código puede aplicarse a diferentes partes de la instalación. Ciertas tuberías dentro de una instalación pueden estar sujetas a otros códigos y normas nacionales o industriales. El usuario también es responsable de imponer requisitos complementarios a los del Código si es necesario para garantizar la seguridad de las tuberías para la instalación propuesta.

El Código especifica los requisitos de ingeniería que se consideran necesarios para el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento seguros de las tuberías a presión. Si bien la seguridad es la consideración principal, este factor por sí solo no regirá necesariamente las especificaciones finales para cualquier instalación u operación de tuberías. El Código no es un manual de diseño. Muchas decisiones que se deben tomar para producir una instalación de tubería sólida y para mantener la integridad del sistema durante la operación no se especifican en detalle dentro de este Código. El Código no reemplaza los juicios de ingeniería sólidos por parte de la empresa operadora y el diseñador.

En la mayor medida posible, los requisitos del Código para el diseño se establecen en términos de fórmulas y principios básicos de diseño. Estos se complementan según sea necesario con requisitos específicos para garantizar la aplicación uniforme de los principios y para guiar la selección y aplicación de elementos de tubería. El Código prohíbe los diseños y prácticas que se sabe que son inseguros y contiene advertencias donde se justifica la precaución, pero no la prohibición.

Esta Sección del Código incluye

(a) referencias a especificaciones de materiales aceptables y estándares de componentes, incluidos los requisitos dimensionales y clasificaciones de presión y temperatura

(b) requisitos para el diseño de componentes y conjuntos, incluidos los soportes de tuberías (c) requisitos y datos para la evaluación y limitación de esfuerzos, reacciones y movimientos asociados con presiones claro, los cambios de temperatura y otras fuerzas

(d) orientación y limitaciones en la selección y aplicación de materiales, componentes y métodos de unión

## INTRODUCCIÓN

El Código ASME B31 para tuberías a presión consta de una serie de secciones publicadas individualmente, cada una de las cuales es una norma nacional estadounidense. Las reglas para cada Sección reflejan los tipos de instalaciones de tuberías consideradas durante su desarrollo, como sigue:

B31.1 Tuberías de energía: tuberías que normalmente se encuentran en estaciones generadoras de energía eléctrica, plantas industriales e institucionales, sistemas de calefacción geotérmicos y sistemas de calefacción y refrigeración centralizados y urbanos

B31.3 Tubería de proceso: tubería que normalmente se encuentra en las refinerías de petróleo; instalaciones de producción de petróleo y gas natural en tierra y mar adentro; plantas químicas, farmacéuticas, textiles, de papel, de procesamiento de minerales, de semiconductores y criogénicas; instalaciones de procesamiento de alimentos y bebidas; y plantas de procesamiento y terminales relacionados B31.4

Sistemas de transporte por tuberías para líquidos y lodos: tuberías que transportan productos peligrosos que son predominantemente líquidos entre instalaciones, campos de producción y almacenamiento, plantas y terminales, y dentro de terminales y estaciones de bombeo, regulación y medición asociadas con sistemas de tuberías de líquidos

B31.5 Tuberías de refrigeración y componentes de transferencia de calor: tuberías para refrigerantes y refrigerantes secundarios B31.8 Sistemas de tuberías de transmisión y distribución de gas: tuberías que transportan productos que son predominantemente gas entre fuentes y terminales, incluidos compresores, estaciones de regulación y medición, y recolección de gas tuberías

B31.9 Tubería de servicios de construcción: tubería que normalmente se encuentra en edificios industriales, institucionales, comerciales y públicos, y en residencias de unidades múltiples, que no requiere el rango de tamaños, presiones y temperaturas cubiertas en B31.1

B31.12 Tuberías y oleoductos de hidrógeno: tuberías en servicio de hidrógeno gaseoso y líquido y tuberías en servicio de hidrógeno gaseoso

Esta es la Sección B31.4 del Código, Sistemas de transporte por tuberías para líquidos y lodos. De aquí en adelante, en esta Introducción y en el texto de esta Sección B31.4 del Código, donde se utilice la palabra "Código" sin una identificación específica, significará esta Sección del Código.

Es responsabilidad del usuario seleccionar la Sección del Código que más se acerque a una instalación de tubería propuesta. Los factores a considerar incluyen las limitaciones de la Sección del Código, los requisitos jurisdiccionales y la aplicabilidad de otros códigos y normas. Se cumplirán todos los requisitos aplicables de la Sección del Código seleccionada. Para algunas instalaciones, más de una Sección del Código puede aplicarse a diferentes partes de la instalación. Ciertas tuberías dentro de una instalación pueden estar sujetas a otros códigos y normas nacionales o industriales. El usuario también es responsable de imponer requisitos complementarios a los del Código si es necesario para garantizar la seguridad de las tuberías para la instalación propuesta.

El Código especifica los requisitos de ingeniería que se consideran necesarios para el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento seguros de las tuberías de presión. Si bien la seguridad es la consideración principal, este factor por sí solo no regirá necesariamente las especificaciones finales para cualquier instalación u operación de tuberías. El Código no es un manual de diseño. Muchas decisiones que se deben tomar para producir una instalación de tubería sólida y para mantener la integridad del sistema durante la operación no se especifican en detalle dentro de este Código. El Código no reemplaza los juicios de ingeniería sólidos por parte de la empresa operadora y el diseñador.

En la mayor medida posible, los requisitos del Código para el diseño se establecen en términos de fórmulas y principios básicos de diseño. Estos se complementan según sea necesario con requisitos específicos para garantizar la aplicación uniforme de los principios y para guiar la selección y aplicación de elementos de tubería. El Código prohíbe los diseños y prácticas que se sabe que son inseguros y contiene advertencias donde se justifica la precaución, pero no la prohibición.

Esta Sección del Código incluye

(a) referencias a especificaciones de materiales aceptables y estándares de componentes, incluidos los requisitos dimensionales y clasificaciones de presión y temperatura

(b) requisitos para el diseño de componentes y conjuntos, incluidos los soportes de tuberías (c) requisitos y datos para la evaluación y limitación de esfuerzos, reacciones y movimientos asociados con presiones claro, los cambios de temperatura y otras fuerzas

(d) orientación y limitaciones en la selección y aplicación de materiales, componentes y métodos de unión

(e) requisitos para la fabricación, montaje y montaje de tuberías (f)  
requisitos para el examen, inspección y prueba de tuberías (g)  
procedimientos para la operación y el mantenimiento que son esenciales para la  
seguridad pública (h) disposiciones para proteger las tuberías de corrosión y corrosión/erosión interna

Se pretende que esta edición de la Sección B31.4 del Código no sea retroactiva. A menos que se haga un acuerdo específico entre las partes contratantes para usar otra edición, o el organismo regulador competente impone el uso de otra edición, la última edición emitida al menos 6 meses antes de la fecha del contrato original para la primera fase de actividad que cubre un sistema de tuberías. o sistemas será el documento rector para todo el diseño, materiales, fabricación, montaje, examen y prueba de la tubería hasta la finalización del trabajo y la operación inicial.

Se advierte a los usuarios de este Código que no hagan uso de las revisiones del Código sin asegurarse de que sean aceptables para el autoridades competentes en la jurisdicción donde se instalará la tubería.

Los usuarios del Código notarán que los párrafos del Código no están necesariamente numerados consecutivamente. Tales discontinuidades resultan de seguir un esquema común, en la medida de lo posible, para todas las Secciones del Código. De esta manera, el material correspondiente está numerado correspondientemente en la mayoría de las Secciones del Código, facilitando así la referencia por parte de aquellos que tienen la ocasión de utilizar más de una Sección.

El Código está bajo la dirección del Comité B31 de ASME, Código para tuberías a presión, que está organizado y opera según los procedimientos de la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos que han sido acreditados por el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares. El Comité es continuo y mantiene todas las Secciones del Código actualizadas con nuevos desarrollos en materiales, construcción y prácticas industriales. Las nuevas ediciones se publican a intervalos de 3 a 5 años.

Cuando ninguna Sección del Código ASME para Tuberías a Presión cubre específicamente un sistema de tuberías, a su discreción, el usuario puede seleccionar cualquier Sección que se determine que es de aplicación general. Sin embargo, se advierte que pueden ser necesarios requisitos adicionales a la Sección elegida para proporcionar un sistema de tuberías seguro para la aplicación prevista. Las limitaciones técnicas de las diversas Secciones, los requisitos legales y la posible aplicabilidad de otros códigos o normas son algunos de los factores que el usuario debe considerar para determinar la aplicabilidad de cualquier Sección de este Código.

El Comité ha establecido un procedimiento ordenado para considerar las solicitudes de interpretación y revisión de los requisitos del Código. Para recibir consideración, las consultas deben hacerse por escrito y deben brindar detalles completos (ver [Correspondencia con el Comité B31](#) que cubre la preparación de consultas técnicas).

La respuesta aprobada a una consulta se enviará directamente al solicitante. Además, la pregunta y la respuesta serán publicados en la base de datos de interpretaciones de ASME.

Un Caso es la forma prescrita de respuesta a una consulta cuando el estudio indica que la redacción del Código necesita aclaración o cuando la respuesta modifica los requisitos existentes del Código o otorga permiso para usar nuevos materiales o construcciones alternativas. El Caso se publicará en la página web B31.4 en <http://cstools.asme.org/>.

Normalmente, un Caso se emite por un período limitado, después del cual puede renovarse, incorporarse al Código o dejar que caduque si no hay indicios de una mayor necesidad de los requisitos cubiertos por el Caso. Sin embargo, las disposiciones de un Caso pueden utilizarse después de su vencimiento o retiro, siempre que el Caso entrara en vigor en la fecha del contrato original o se adoptara antes de la finalización de la obra, y las partes contratantes acuerden su uso.

Los materiales se enumeran en las tablas de tensión solo cuando se ha demostrado un uso suficiente en las tuberías dentro del alcance del Código. Los materiales pueden estar cubiertos por un Caso. Las solicitudes de listado deberán incluir evidencia de uso satisfactorio y datos específicos para permitir el establecimiento de tensiones permisibles, límites de temperatura máximos y mínimos y otras restricciones.

Se pueden encontrar criterios adicionales en las pautas para la adición de nuevos materiales en el Código de recipientes a presión y calderas de ASME, Sección II y Sección VIII, División 1, Apéndice B. (Para desarrollar el uso y ganar experiencia, se pueden usar materiales no listados de acuerdo con [párrafo 423.1.](#))

# ASME B31.4-2022

## RESUMEN DE CAMBIOS

Luego de la aprobación del Comité ASME B31 y ASME, y luego de la revisión pública, el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares aprobó ASME B31.4-2022 el 6 de septiembre de 2022.

A lo largo de ASME B31.4-2022, "hierro fundido" se ha cambiado a "hierro gris". Además, esta edición incluye los siguientes cambios identificados por una nota al margen, (22).

Página	Ubicación	Cambiar
2	400.1.1	Cuarto párrafo revisado
2	400.2	(1) Definición de inclusión eliminada (2) Definiciones de hierro fundido, hierro dúctil, hierro gris, laminación, hierro maleable y resistencia a la tracción mínima especificada añadida (3) Definición del límite elástico mínimo especificado, Sy revisada
12	401.2.3.6	última frase añadida
13	402.1	(1) En el segundo párrafo, última oración revisada (2)
14	402.6.2	Tabla 402.1-1 eliminada En
17	403.3.1	nomenclatura, definición de i revisada Último
17	403.3.2	párrafo revisado Revisado
19	403.6.2.4	en su totalidad Última
19	403.8.2	oración añadida
33	404.9.1	última frase añadida
34	423.2.5	En el segundo párrafo, primera oración revisada
36	Tabla 423.1-1	Primer párrafo revisado
45	434.8.7	Revisado
49	434.13.1	En el subpárrafo (a), cuarta oración revisada En
50	434.14	el segundo párrafo, se agregó la última oración
60	451.5	última frase añadida
60	451.6.1	Subpárrafo (b) revisado
62	451.6.2.3	Subpárrafos (a), (b), (c), (e) y (g) revisados
62	451.6.2.4	Segundo párrafo revisado
63	451.6.2.6	(1) Primer párrafo añadido
64	451.6.2.9	(2) Subpárrafo (c) revisado
—	Tabla 451.6.2.9-1	Revisado
67	Tabla 451.6.2.9-2	Revisado
69	Figura 451.6.2.9-1	Revisado
86	A402.3.2	Agregado
		En incisos. (a)(2) y (a)(3), definiciones de ii e i0 revisadas

Página	Ubicación	Cambiar
99	Capítulo XI	(1) Título revisado (2) C400, C400.1, C400.2, C401.2.3.7, C403.2, C403.3.1, C423.2.1, C423.2.4, C434.21.3, C451.5 y C457 revisado (3) En la Tabla C423.1-1, se agregó información para AWWA C504 y AWWA C516, se revisó la Nota general y se agregó la Nota (1) Actualizado
103	Anexo I Obligatorio	
108	Apéndice B no obligatorio	Actualizado
109	Índice	Actualizado

DEJADOEN BLANCO INTENCIONADAMENTE

# Capítulo I

## Alcance y Definiciones

### 400 DECLARACIONES GENERALES

(a) Este Código de sistemas de transporte por tubería es uno de varias secciones de ASME B31 y es responsabilidad del usuario de este Código seleccionar la Sección aplicable. Esta Sección se publica como un documento separado por conveniencia. Este Código está destinado a aplicarse a los sistemas de tuberías que transportan líquidos, incluidos, entre otros, petróleo crudo, condensado, productos líquidos de petróleo, gasolina natural, líquidos de gas natural, gas licuado de petróleo, dióxido de carbono (supercrítico), alcohol líquido, amoníaco anhidro líquido, agua de producción, agua de inyección, salmuera, biocombustibles y lodos. A lo largo de este Código, estos sistemas se denominarán sistemas de tuberías de líquidos.

(b) Los requisitos de este Código son adecuados para la seguridad en las condiciones normalmente encontradas en la operación de sistemas de tuberías de líquidos. No se proporcionan específicamente los requisitos para todas las condiciones anormales o inusuales, ni se prescriben todos los detalles de ingeniería y construcción. Todo el trabajo realizado dentro del alcance de este Código deberá cumplir con las normas de seguridad expresas o

implícitas. (c) El propósito principal de este Código es establecer los requisitos para el diseño, la construcción, la inspección, la prueba, la operación y el mantenimiento seguros de los sistemas de tuberías de líquidos para la protección del público en general y del personal de la empresa operadora, así como para la protección razonable de los sistemas de tuberías contra vandalismo y daños accidentales por parte de terceros, y una protección razonable del medio ambiente.

(d) Este Código se ocupa de la seguridad de los empleados en la medida en que se ve afectada por el diseño básico, la calidad de los materiales y la mano de obra, y los requisitos para la construcción, inspección, prueba, operación y mantenimiento de los sistemas de tuberías de líquidos. Las reglamentaciones de seguridad industrial existentes relativas a áreas de trabajo, prácticas de trabajo seguras y dispositivos de seguridad no

pretenden ser reemplazadas por este Código. (e) Se advierte al diseñador que el Código no es un manual de diseño. El Código no elimina la necesidad del ingeniero o juicio de ingeniería competente. El Código generalmente emplea un enfoque simplificado para muchos de sus requisitos.

(1) Para el diseño y la construcción, un diseñador puede optar por utilizar un análisis más completo y riguroso para desarrollar los requisitos de diseño y construcción. Cuando el diseñador decide adoptar este enfoque, el

El diseñador deberá proporcionar detalles y cálculos que demuestren que el diseño, la construcción, el examen y las pruebas son consistentes con los criterios de este Código. Estos detalles serán adecuados para que la empresa operadora verifique la validez de la aproximación y deberán ser aprobados por la empresa operadora. Los detalles se documentarán en el diseño de ingeniería.

(2) Para la operación y el mantenimiento, la empresa operadora puede optar por utilizar un análisis más riguroso para desarrollar los requisitos de operación y mantenimiento. Cuando la empresa operadora decida adoptar este enfoque, deberá proporcionar detalles y cálculos que demuestren que tales prácticas alternativas son consistentes con los objetivos de este Código. Los detalles se documentarán en los registros operativos y se conservarán durante la vida útil de la instalación.

(f) Este Código no será retroactivo ni interpretará que se aplica a los sistemas de tuberías instalados antes de la fecha de emisión que se muestra en la portada del documento en lo que respecta al diseño, materiales, construcción, montaje, inspección, y las pruebas se refieren. Sin embargo, se pretende que las disposiciones de este Código se apliquen dentro de los 6 meses posteriores a la fecha de emisión para la reubicación, reemplazo y mejora o cambio de los sistemas de tuberías existentes; ya la operación, mantenimiento y control de la corrosión de sistemas de tuberías nuevos o existentes.

Después de que las revisiones del Código sean aprobadas por ASME y ANSI, pueden ser utilizados por acuerdo entre las partes contratantes a partir de la fecha de emisión. Las revisiones se convierten en requisitos obligatorios o mínimos para nuevas instalaciones 6 meses después de la fecha de emisión, excepto para instalaciones de tuberías o componentes contratados o en construcción antes del final del período de 6 meses. (g) Se advierte a los usuarios de este Código que en algunas áreas la legislación puede establecer jurisdicción gubernamental sobre el tema cubierto por este Código y se les advierte que no hagan uso de revisiones que sean menos restrictivas que los requisitos anteriores sin tener

garantía de que han sido aceptados por las autoridades correspondientes en la jurisdicción donde se instalará la tubería. Las reglas del Departamento de Transporte de los EE. UU. que rigen el transporte por tubería en el comercio interestatal y extranjero de petróleo, productos derivados del petróleo y líquidos como el amoníaco anhidro o el dióxido de carbono se prescriben en la Parte 195: Transporte de

Líquidos Peligrosos por Tubería, Título 49 —Transporte, Código de Regulaciones Federales.

## 400.1 Alcance

400.1.1 Este Código prescribe los requisitos para el diseño, los materiales, la construcción, el montaje, la inspección, las pruebas, la operación y el mantenimiento de los sistemas de tuberías de líquidos entre campos o instalaciones de producción, parques de tanques, instalaciones de almacenamiento sobre o subterráneas, plantas de procesamiento de gas natural, refinerías, estaciones de bombeo, plantas de amoníaco, terminales (marítimas, ferroviarias y de camiones) y otros puntos de entrega y recepción, así como tuberías que transportan líquidos dentro de las estaciones de bombeo, patios de tanques y terminales asociadas con sistemas de tuberías de líquidos (véanse las Figuras 400.1) . . 1-1 y 400.1.1-2).

Este Código también prescribe requisitos para el diseño, materiales, construcción, montaje, inspección, prueba, operación y mantenimiento de tuberías que transportan lodos acuosos de materiales no peligrosos como carbón, minerales, concentrados y otros materiales sólidos, entre una planta de procesamiento de lodos o terminal y un

planta o terminal receptora (ver Figura 400.1.1-3).

La tubería consta de tubería, bridas, pernos, juntas, válvulas, dispositivos de alivio, accesorios y las partes que contienen presión de otros componentes de la tubería. También incluye colgadores y soportes, y otros elementos del equipo necesarios para evitar sobrecargar las partes que contienen presión. No incluye estructuras de soporte como marcos de edificios, montantes o cimientos, ni ningún equipo como se define en el párr. 400.1.2(b).

Los requisitos para tuberías costa afuera se encuentran en el Capítulo IX. Los requisitos para las tuberías de dióxido de carbono se encuentran en el Capítulo X. Los requisitos para las tuberías de lodos y agua de proceso se encuentran en el Capítulo XI.

También se incluyen dentro del alcance de este Código (a)

tuberías primarias y auxiliares asociadas de petróleo líquido y amoníaco anhidro líquido en terminales de tuberías (marítimas, ferroviarias y de camiones), patios de tanques, estaciones de bombeo, estaciones reductoras de presión y estaciones de medición, incluyendo trampas rascadoras, coladores y bucles de fermentación

b) tuberías primarias y auxiliares para lodos en instalaciones de almacenamiento, terminales de tuberías, estaciones de bombeo, estaciones de estrangulación y estaciones reductoras de presión, incluidas las tuberías hasta la primera válvula de las líneas auxiliares de agua conectadas

(c) tanques de almacenamiento y de trabajo, incluido el almacenamiento tipo tubería fabricado con tuberías y accesorios, y las tuberías que conectan estas instalaciones

(d) tuberías de petróleo líquido, amoníaco anhidro líquido y lodos ubicadas en propiedades que han sido designadas para dichas tuberías dentro de refinerías de petróleo, líneas de gas natural, procesamiento de gas, amoníaco, plantas a granel y sistemas de transporte de lodos

(e) aquellos aspectos de operación y mantenimiento de sistemas de tuberías de líquidos y lodos relacionados con la seguridad y protección del público en general, operando

el personal de la empresa, el medio ambiente, la propiedad y los sistemas de tuberías [véanse los párrs. 400(c) y 400(d)]

400.1.2 Este Código no se desarrolló para aplicarse a (a) tuberías de servicio de edificios, como agua, aire o vapor (b) recipientes a presión, intercambiadores de calor, bombas, medidores y otros equipos similares, incluidas tuberías internas y conexiones para tuberías, excepto lo limitado por el párr. 423.2.4(b)

(c) tuberías con una temperatura de diseño inferior a  $-20^{\circ}\text{F}$  ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) o superior a  $250^{\circ}\text{F}$  ( $120^{\circ}\text{C}$ ) [para aplicaciones por debajo de  $-20^{\circ}\text{F}$  ( $-30^{\circ}\text{C}$ ), véanse los párrs. 423.2.1(a) y 423.2.6] (d) revestimiento, tubería o tubería utilizada en pozos de petróleo y conjuntos de cabeza de pozo

## 400.2 Definiciones

A continuación se definen algunos de los términos más comunes relacionados con las tuberías. Para términos de soldadura usados en este Código pero no mostrados aquí, definiciones de acuerdo con AWS A3.0 aplicar.

cargas accidentales: cualquier carga no planificada o combinación de cargas no planificadas causadas por la intervención humana o fenómenos naturales.

corrosión activa: corrosión

que continúa o no se detiene.

anomalía: una indicación detectada mediante un examen no destructivo (como una inspección en línea).

soldadura por arco (AW)<sup>1</sup>: un grupo de procesos de soldadura que produce coalescencia de piezas de trabajo calentándolas con un arco. Los procesos se utilizan con o sin

la aplicación de presión y con o sin metal de aporte.

soldadura automática 1 : soldadura con equipo que requiere solo ocasionalmente o ninguna observación de la soldadura, y ningún ajuste manual de los controles del equipo.

relleno: material colocado en un hoyo o zanja para llenar el espacio excavado alrededor de una

tubería. imperfección contundente: una imperfección caracterizada por variaciones suavemente contorneadas en el espesor de la pared.<sup>2</sup>

acoplamiento de ruptura: un componente instalado en la tubería para permitir que la tubería se separe cuando se aplica una carga axial predeterminada al acoplamiento.

pandeo: una condición en la que la tubería ha sufrido una deformación plástica suficiente para causar un arrugamiento permanente en la pared de la tubería o una deformación transversal excesiva causada por cargas que actúan solas o en combinación con la presión hidrostática.

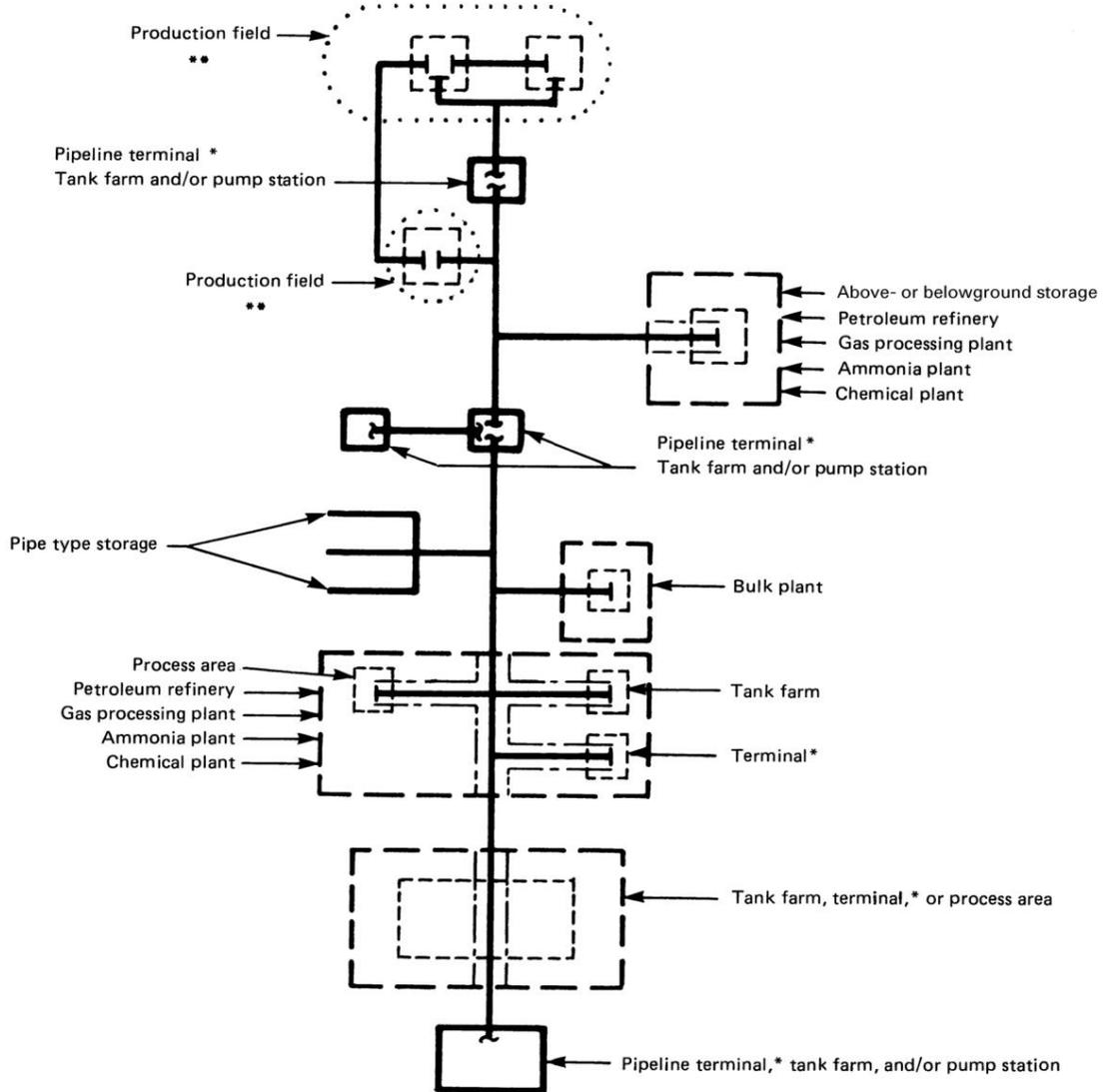
<sup>1</sup> Estos términos de soldadura están de acuerdo con AWS A3.0.

<sup>2</sup> Las imperfecciones agudas pueden volverse romas mediante el esmerilado, pero la ausencia de una imperfección aguda debe verificarse mediante un examen visual y no destructivo.

ASME B31.4-2022

Figura 400.1.1-1

Diagrama que muestra el alcance de ASME B31.4, excluyendo los sistemas de tuberías de dióxido de carbono (consulte la Figura 400.1.1-2)

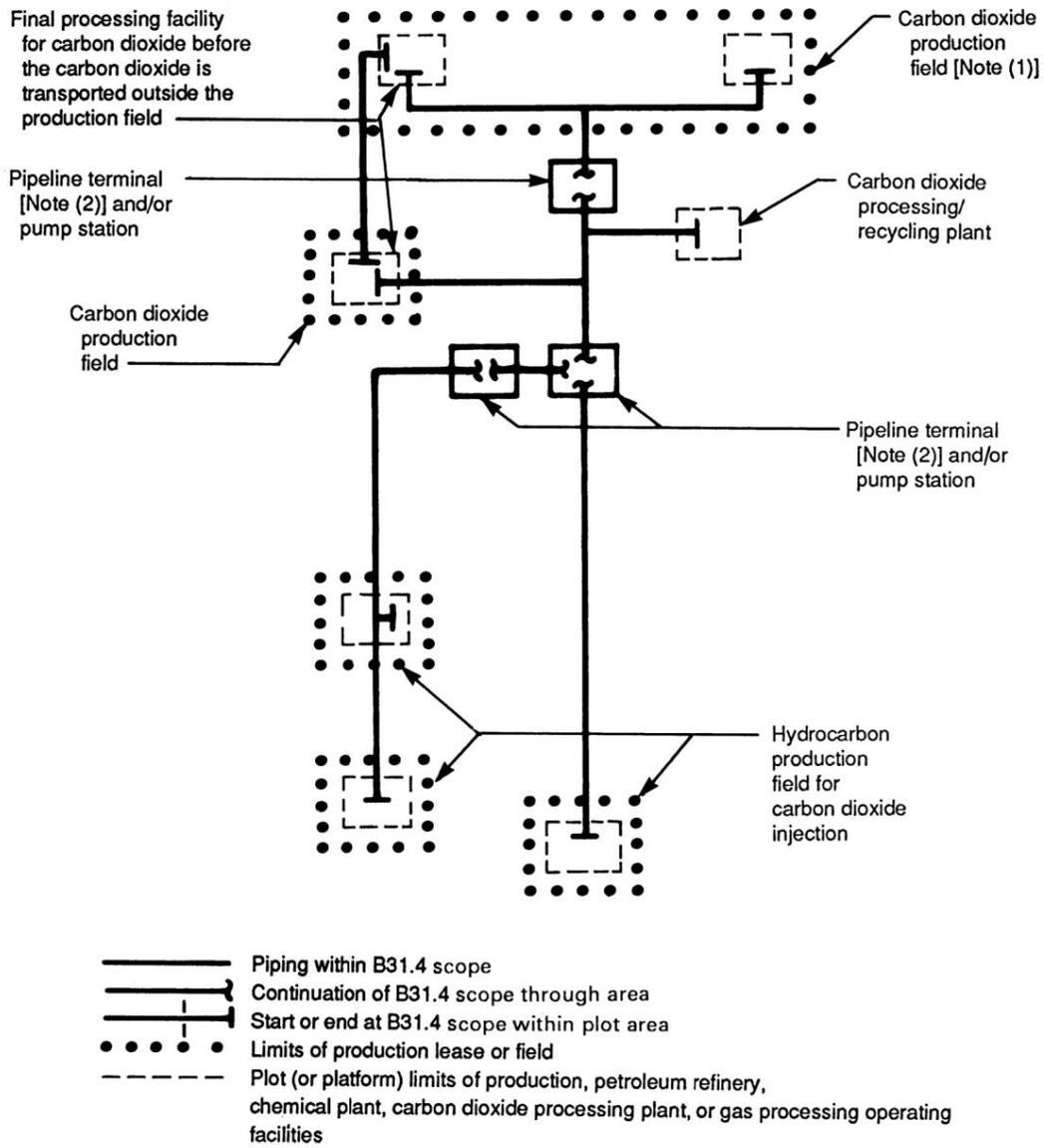


- \* Marine, rail, or truck (all loading or unloading)
- \*\* Onshore or offshore
- Piping within B31.4 scope
- Continuation of B31.4 scope through area
- Start or end at B31.4 scope within plot area
- ..... Limits of production lease or field
- - - - Plot (or platform) limits of production, petroleum refinery, chemical plant, ammonia plant, bulk plant, or gas processing operating facilities
- - - - Corridor within property of petroleum refinery, chemical plant, ammonia plant, or gas processing plant set aside for B31.4 piping
- Property line of petroleum refinery, chemical plant, ammonia plant, gas processing plant, or bulk plant

ASME B31.4-2022

Figura 400.1.1-2

Diagrama que muestra el alcance de ASME B31.4 para sistemas de tuberías de dióxido de carbono



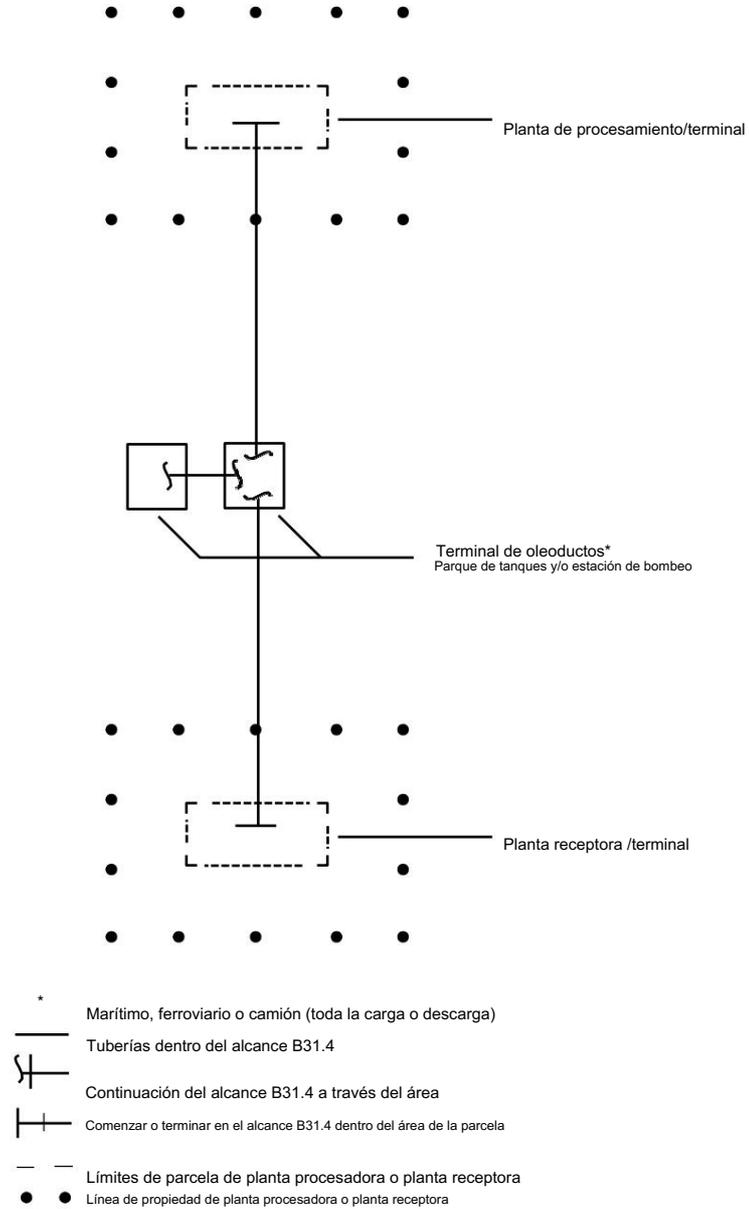
NOTAS:

(1) En tierra o mar adentro.

(2) Marítimo, ferroviario o camión (todas las operaciones de carga o descarga).

Figura 400.1.1-3

Diagrama que muestra el alcance de ASME B31.4 para sistemas de tuberías para lodo



soldadura a tope (típicamente, una unión a tope, soldadura de ranura en V simple): una soldadura entre dos miembros alineados aproximadamente en el mismo plano.

protección catódica (CP): técnica para reducir la corrosión de una superficie metálica al convertir esa superficie en el cátodo de una celda electroquímica.

hierro fundido: un término genérico para la familia de aleaciones de fundición con alto contenido de carbono, silicio y hierro, incluido el hierro gris, el blanco hierro, hierro maleable y hierro dúctil.

caracterizar: cuantificar el tipo, tamaño, forma, orientación y ubicación de una anomalía. revestimiento: composición

líquida, licuable o masilla que, después de su aplicación sobre una superficie, se convierte en una película protectora sólida o adherente funcional. El revestimiento también incluye envoltura de cinta.

sistema de recubrimiento: número completo y tipos de capas aplicadas a una superficie en un orden predeterminado. (Cuando se usa en un sentido más amplio, se incluyen la preparación de la superficie, los pretratamientos, el espesor de la película seca y la forma de aplicación).

resorte en frío: desviación deliberada de la tubería, dentro de su límite elástico, para compensar la expansión térmica anticipada.

pandeo de columna: pandeo de una viga o tubería bajo una carga axial de compresión en la que las cargas provocan una deflexión lateral inestable; también conocido como pandeo por levantamiento. componente: un artículo o elemento individual instalado en línea con una tubería en un sistema de tuberías, como, entre otros, válvulas, codos, tes, bridas y cierres. conectores: componentes, excepto bridas, utilizados con el propósito de unir mecánicamente dos secciones de tubería.

consecuencia: impacto que la falla de un oleoducto podría tener sobre el público, los empleados, la propiedad y el medio ambiente.

corrosión: deterioro de un material, generalmente un metal, que resulta de una reacción con su entorno.

inhibidor de corrosión: sustancia química o combinación de Sustancias que, cuando están presentes en el medio ambiente o en una superficie, previenen o reducen la corrosión.

defecto 1: una discontinuidad o discontinuidades que por naturaleza o efecto acumulado hacen que una parte o producto no pueda cumplir con los estándares o especificaciones de aceptación mínimos aplicables. El término designa la rechazabilidad.

abolladura: deformación cóncava permanente de la cruz circular sección de la tubería que produce una disminución en la diámetro.

vida de diseño: un período de tiempo utilizado en los cálculos de diseño, seleccionado con el fin de verificar que un componente reemplazable o permanente es adecuado para el período de servicio previsto. La vida de diseño no pertenece a la vida del sistema de tuberías porque un mantenimiento adecuado

y el sistema de tubería protegido puede proporcionar servicio de transporte de líquidos indefinidamente.

detectar: detectar u obtener indicaciones medibles de una anomalía o falla en el revestimiento de una tubería usando inspección en línea u otras tecnologías.

discontinuidad 1: una interrupción de la estructura típica de un material, como la falta de homogeneidad en sus características mecánicas, metalúrgicas o físicas. Una discontinuidad no es necesariamente un defecto.

fundición dúctil: metal base de hierro gris al que se le añade un inoculante en estado fundido para que al solidificarse, el grafito se presente en forma de esferas o nódulos distribuidos aleatoriamente en una matriz de ferrita. Se requiere una resistencia a la tracción mínima de 60 000 psi (414 MPa).

ductilidad: medida de la capacidad de un material para deformarse plásticamente antes de fracturarse. electrolito: una

sustancia química que contiene iones que migran en un campo eléctrico. Para propósitos de este Código, los electrolitos incluyen el suelo o líquido adyacente y en contacto con un sistema de tubería metálica enterrada o sumergida, así como algunos productos líquidos transportados.

empleador: el propietario, fabricante, fabricante, contratista, ensamblador o instalador responsable de la soldadura, soldadura fuerte y NDE realizadas por su organización, incluidas las calificaciones de procedimiento y desempeño.

diseño de ingeniería: diseño detallado desarrollado a partir de los requisitos operativos y conforme a los requisitos del Código, incluidos todos los dibujos y especificaciones necesarios, que rigen una instalación de tuberías. entorno: entorno o condiciones (físicas, químicas o mecánicas) en las que existe un material.

epoxi: tipo de resina formada por la reacción de polioles alifáticos o aromáticos (como el bisfenol) con epoclorhidrina y caracterizada por la presencia de grupos terminales oxirano reactivos. evaluación: una revisión, después de la caracterización

de una anomalía procesable, para determinar si la anomalía cumple con los criterios de aceptación especificados.

examen: inspección física directa de una tubería que puede incluir el uso de técnicas o métodos de examen no destructivo (NDE). experiencia: actividades de trabajo realizadas en un

método NDT específico bajo la dirección de una supervisión calificada, incluida la ejecución del método NDT y actividades relacionadas, pero sin incluir el tiempo dedicado a programas de capacitación organizados.

falla: término general usado para implicar que una parte en servicio se ha vuelto completamente inoperable; aún funciona, pero es incapaz de realizar satisfactoriamente la función prevista; o se ha deteriorado gravemente hasta el punto de que se ha vuelto poco fiable o inseguro para su uso continuado.

fatiga: proceso de desarrollo o agrandamiento de una fisura como resultado de ciclos repetidos de tensión. soldadura de filete1: una

soldadura de sección transversal aproximadamente triangular que une dos superficies aproximadamente a la derecha ángulos entre sí en una junta de traslape, junta en T o junta de esquina.

película: capa de material delgada, no necesariamente visible.

soldadura de filete completo1 : una soldadura de filete cuyo tamaño es igual al espesor del miembro más delgado unido.

soldadura por arco metálico con gas (GMAW)1 : un proceso de soldadura por arco que utiliza un arco entre un metal de aporte continuo eléctrico y el baño de soldadura. El proceso se usa con protección de un gas suministrado externamente y sin la aplicación de presión. soldadura por arco de tungsteno

con gas (GTAW)1: un proceso de soldadura por arco que utiliza un arco entre un electrodo de tungsteno (no consumible) y el baño de soldadura. El proceso se utiliza con gas de protección y sin aplicación de presión. corrosión general: pérdida uniforme o gradualmente variable del espesor de la pared en un área.

soldadura circunferencial: soldadura a tope circunferencial completa que une tuberías o

componentes. gubia: pérdida de metal inducida mecánicamente, que provoca ranuras o cavidades alargadas localizadas en una tubería de

metal. hierro gris: un hierro fundido que tiene una microestructura grafitica. Él recibe su nombre del color gris de la fractura que forma, que se debe a la presencia de grafito. Se requiere una resistencia a la tracción mínima de 21 000 psi (145 MPa).

prueba hidrostática o prueba hidrostática: una prueba de presión que utiliza agua como medio de prueba.

imperfección: discontinuidad o irregularidad que se detecta por inspección. incidente:

liberación no intencional de líquido debido a la falla de una tubería.

indicación:

hallazgo de una técnica o método de ensayo no destructivo que se desvía de lo esperado. Él

puede o no ser un defecto.

inspección en línea (ILI): técnica de inspección de tuberías de acero que utiliza dispositivos conocidos en la industria como cerdos inteligentes o inteligentes. Estos dispositivos corren dentro de la tubería y brindan indicaciones de pérdida de metal, deformación y otros defectos.

herramientas de inspección en línea: cualquier dispositivo instrumentado o vehículo que registra datos y utiliza métodos de prueba no destructivos u otras técnicas para inspeccionar la tubería desde el interior.

También conocido como cerdo inteligente o inteligente.

tubería en servicio: una tubería que contiene líquido para ser transportado. El líquido puede o no estar fluyendo.

inspección: uso de una técnica o método de ensayo no destructivo.

integridad: la capacidad de la tubería para resistir todas las cargas previstas (incluida la tensión circunferencial debida a la presión de operación) dentro del factor de diseño establecido por esta sección.

evaluación de la integridad: proceso que incluye la inspección de las instalaciones de la tubería, la evaluación de las indicaciones resultantes de las inspecciones, el examen de la tubería utilizando una variedad de técnicas, la evaluación de los resultados de los exámenes, la caracterización de la evaluación por tipo de defecto y la gravedad, y la determinación de la integridad resultante de la tubería a través del análisis.

presión interna de diseño: presión interna utilizada en cálculos o análisis para el diseño de presión de un componente de tubería (ver [párrafo 401.2.2.2](#)); incluye los factores presentados en el [párr. 403.2.1](#). laminación: discontinuidad

plana, generalmente orientada paralela o casi paralela a la superficie de la tubería, que es el resultado de inconsistencias en el material utilizado en el proceso de fabricación de la tubería.

lanzador: dispositivo de tubería que se utiliza para insertar un raspatubos en una tubería presurizada, a veces denominada trampa para rascadores.

fuga: escape involuntario de líquido de la tubería. La fuente de la fuga puede ser agujeros, grietas (incluidas las que se propagan y las que no se propagan, longitudinales y circunferenciales), la separación o la extracción y las conexiones sueltas. longitud: un trozo de tubería de la longitud entregada desde el molino.

Cada pieza se llama longitud, independientemente de su dimensión real. Esto a veces se llama articulación, pero se prefiere "longitud".

sección de línea o sección de tubería: tramo continuo de tubería entre estaciones de bombeo adyacentes, entre una estación de bombeo y una válvula de bloqueo, o entre válvulas de bloqueo adyacentes.

gas(es) licuado(s) de petróleo (GLP): petróleo líquido compuesto predominantemente de los siguientes hidrocarburos, solos o como mezclas: butano (normal butano o isobutano), butileno (incluidos los isómeros), propano, propileno y etano. alcohol

líquido: cualquiera de un grupo de compuestos orgánicos que contienen solo hidrógeno, carbono y uno o más radicales hidroxilo que permanecerán líquidos en una corriente en movimiento en una tubería.

amoníaco anhidro líquido: compuesto formado por la combinación de los dos elementos gaseosos nitrógeno e hidrógeno, en la proporción de una parte de nitrógeno por tres partes de hidrógeno, en volumen, comprimido a una estado líquido.

inspección de partículas magnéticas (MPI): un método de prueba no destructivo que utiliza campos de fuga magnética y materiales indicadores adecuados para revelar indicaciones de discontinuidad en la superficie y cerca de la superficie.

tuberías de línea principal: todas las tuberías de tubería en línea, accesorios, codos, válvulas de retención y válvulas de bloqueo entre trampas raspadoras.

hierro maleable: un hierro fundido que, después de ser fundido como hierro blanco, se convierte mediante tratamiento térmico en una matriz de ferrita que contiene partículas de temple distribuidas al azar carbono y sustancialmente libre de todo el carbono combinado. Se requiere una resistencia a la tracción mínima de 50 000 psi (345 MPa). presión máxima de

operación: una presión establecida por la empresa operadora que es la presión más alta a la que se puede operar un sistema de tuberías con la debida consideración para (a) la presión interna de diseño (b) la presión de prueba hidrostática

- (c) la presión de diseño de cualquier componente de la tubería (d) presión de operación segura (e) desviaciones de las condiciones normales de operación en estado estable

presión máxima de funcionamiento en estado estable: presión máxima (suma de la presión de cabeza estática, la presión requerida para superar las pérdidas por fricción y cualquier contrapresión) en cualquier punto en un sistema de tuberías cuando el sistema está operando en condiciones de estado estable.

daño mecánico: tipo de daño del metal en una tubería o revestimiento de tubería causado por la aplicación de una fuerza externa.

El daño mecánico puede incluir abolladuras, remoción de recubrimientos, remoción de metal, movimiento de metal, trabajo en frío del metal subyacente, perforaciones y daño residual.

hace hincapié

pérdida de metal: tipos de anomalías en las tuberías en las que se ha eliminado metal de la superficie de la tubería, por lo general debido a la corrosión o al

desgarro. inglete: dos o más secciones rectas de tubería emparejadas y unidas en una línea que biseca el ángulo de unión para producir un cambio de dirección. mitigación: limitación o

reducción de la probabilidad de ocurrencia o consecuencia esperada para un determinado evento.

tamaño nominal de la tubería (NPS): consulte ASME B36.10M para ver la definición.

examen no destructivo (NDE) o ensayo no destructivo (NDT): método de ensayo, como radiografía, ultrasónico, ensayo magnético, líquidos penetrantes, visual, ensayo de fugas, corriente de Foucault y emisión acústica, o una técnica de ensayo, como fuga de flujo magnético, inspección de partículas magnéticas, ultrasónico de onda transversal y ultrasónico de onda de compresión de contacto.

operador o compañía operadora: individuo, sociedad, corporación, agencia pública, propietario, agente u otra entidad actualmente responsable del diseño, construcción, inspección, prueba, operación y mantenimiento de las instalaciones de la tubería.

soldadura con gas oxcombustible (OFW)<sup>1</sup>: un grupo de procesos de soldadura que produce coalescencia de piezas de trabajo calentándolas con una llama de gas oxcombustible. Los procesos se utilizan con o sin la aplicación de presión y con o sin metal de aporte.

petróleo: petróleo crudo, condensado, gasolina natural, líquidos de gas natural, gas licuado de petróleo y productos de petróleo líquido. raspador: un

dispositivo que se pasa internamente a través del interior de una tubería para limpiar o inspeccionar la tubería, o para separar fluidos por lotes.

pigging: uso de cualquier dispositivo, herramienta o vehículo autónomo e independiente que se mueve por el interior de la tubería para inspeccionar, dimensionar, limpiar o secar.

tubería: un tubo, generalmente cilíndrico, utilizado para transportar un fluido o transmitir la presión de un fluido, normalmente denominado "tubería" en la especificación aplicable. También incluye cualquier componente similar designado como "tubo" utilizado para el mismo propósito. A continuación se definen los tipos de tubería, según el método de fabricación.

Tubería soldada por arco sumergido doble: tubería que tiene una unión a tope con costura longitudinal o helicoidal producida por al menos dos pasadas, una de las cuales está en el interior de la tubería.

La coalescencia se produce calentando con un electrodoméstico arco o arcos entre el electrodo o electrodos de metal desnudo

y el trabajo La soldadura está protegida por una capa de material granular fusible sobre el trabajo. No se usa presión y el metal de aporte para las soldaduras internas y externas se obtiene del electrodo o electrodos.

Tubería soldada eléctricamente: tubería

que tiene una junta longitudinal a tope en la que la coalescencia se produce simultáneamente en toda el área de las superficies colindantes por el calor obtenido de la resistencia al flujo de corriente eléctrica entre las dos superficies, y por la aplicación de presión después de calentar.

sustancialmente completado. El tapajuntas y el recalado van acompañados de la expulsión de metal de la junta. Tubería soldada por fusión eléctrica: tubería que tiene una unión a tope con costura longitudinal o

helicoidal en la que la coalescencia se produce en el tubo preformado mediante soldadura por arco eléctrico manual o automática. La soldadura puede ser simple o doble y puede hacerse con o sin el uso de metal de aporte. La tubería soldada con costura helicoidal también se fabrica mediante el proceso de soldadura por fusión eléctrica con una junta de solape o una junta de costura cerrada.

tubería soldada por inducción eléctrica: tubería producida en tramos individuales o en tramos continuos a partir de una estructura enrollada que tiene una junta a tope longitudinal o helicoidal en la que la coalescencia se produce por el calor obtenido de la resistencia de la tubería a la corriente eléctrica inducida y por la aplicación de presión. tubería soldada por resistencia eléctrica: tubería

producida en tramos individuales o continuos a partir de una estructura enrollada, que tiene una junta a tope longitudinal o helicoidal en la que la coalescencia se produce por el calor obtenido de

resistencia de la tubería al flujo de corriente eléctrica en un circuito del cual la tubería es parte, y por la aplicación de presión.

tubería soldada a tope en horno:

Tubería soldada a tope en horno, soldada en campana: tubería producida en longitudes individuales a partir de un esqueleto de longitud cortada, con su unión a tope longitudinal soldada por forja por la presión mecánica desarrollada al estirar el esqueleto calentado en el horno a través de un troquel en forma de cono (comúnmente conocido como la "campana de soldadura") que sirve como matriz combinada de formación y soldadura.

tubería soldada a tope en horno, soldadura continua: tubería producida en longitudes continuas a partir de una estructura enrollada y posteriormente cortada en longitudes individuales, con su unión a tope longitudinal soldada por forja por la presión mecánica desarrollada al laminar la estructura formada en caliente a través de un conjunto de soldadura de paso redondo rollos Tubería soldada por traslapo en

horno: tubería que tiene una junta de traslape longitudinal hecha por el proceso de soldadura por forja en el que la coalescencia se produce calentando el tubo preformado a la temperatura de soldadura y pasándolo por un mandril ubicado entre dos rodillos de soldadura que comprimen y

soldar los bordes superpuestos.

tubo sin costura: tubo producido perforando un tocho seguido de laminado o trefilado, o ambos.

tubería: todas las partes de las instalaciones físicas a través de las cuales se mueve el líquido durante el transporte, incluidas las tuberías, las válvulas, los accesorios, las bridas (incluidos los pernos y las juntas), los reguladores, los recipientes a presión, los amortiguadores de pulsaciones, las válvulas de alivio, los accesorios conectados a la tubería, las unidades de bombeo, instalaciones de medición, estaciones reguladoras de presión, estaciones limitadoras de presión, estaciones de alivio de presión y conjuntos fabricados. Se incluyen en esta definición las líneas de transmisión y recolección de líquidos, que transportan líquidos desde las instalaciones de producción hasta las ubicaciones en tierra, y el equipo de almacenamiento de líquidos del tipo de tubería cerrada, que está fabricado o forjado a partir de tubería o fabricado a partir de tubería y accesorios.

sección de tubería: tramo continuo de tubería entre estaciones de bombeo adyacentes, entre una estación de bombeo y una válvula de bloqueo, o entre válvulas de bloqueo adyacentes.

Espesor nominal de la pared de la tubería: el espesor de la pared enumerado en las especificaciones aplicables de la tubería o los estándares dimensionales incluidos en este Código por referencia. La dimensión del grosor de la pared indicada está sujeta a las tolerancias que se indican en la especificación o norma.

elementos de soporte de tuberías: los elementos de soporte de tuberías consisten en accesorios y accesorios estructurales de la siguiente manera:

(a) Accesorios. Los accesorios incluyen elementos que transfieren la carga desde la tubería o el accesorio estructural hasta la estructura o el equipo de soporte. Incluyen accesorios de tipo colgante, como varillas de suspensión, soportes colgantes de resorte, tirantes oscilantes, contrapesos, tensores, puntales, cadenas, guías y anclajes, y accesorios de tipo rodamiento, como sillas de montar, bases, rodillos, ménsulas y soportes deslizantes. .

(b) Adjuntos estructurales. Los accesorios estructurales incluyen elementos que se sueldan, atornillan o sujetan a la tubería, como clips, orejetas, anillos, abrazaderas, horquillas, correas y faldones.

picaduras: corrosión localizada de una superficie metálica que está confinada a un área pequeña y toma la forma de cavidades

llamados pozos.

presión: a menos que se indique lo contrario, la presión se expresa en libras por pulgada cuadrada (bar) por encima de la presión atmosférica, es decir, la presión manométrica se abrevia como psig (bar). prueba de

presión: medio por el cual se evalúa la integridad de un equipo (tubería), en el cual el elemento se llena con un fluido, se sella y se somete a presión. Se utiliza para validar la integridad y detectar defectos de construcción y materiales defectuosos.

Cualificación: conocimiento, destrezas y habilidades demostrados y documentados, junto con la capacitación y/o experiencia documentadas requeridas para que el personal desempeñe adecuadamente las funciones de un trabajo o tarea específica.

receptor: dispositivo de tubería utilizado para retirar un raspador de una tubería presurizada, a veces denominado trampa para rascadores.

tensión residual: tensión presente en un objeto en ausencia de cualquier carga externa, típicamente resultante de procesos de fabricación o construcción. resistividad: (a) resistencia

por unidad

de longitud de una sustancia con sección transversal uniforme.

(b) medida de la capacidad de un electrolito (p. ej., suelo) para resistir el flujo de carga eléctrica (p. ej., corriente de protección catódica).

intervalo de retorno: intervalo de tiempo determinado estadísticamente entre eventos sucesivos de igualdad o superación de las condiciones ambientales de diseño. derecho de paso (ROW): franja

de tierra en la que se construyen tuberías, vías férreas, líneas eléctricas, carreteras, autopistas y otras instalaciones similares. Por lo general, un acuerdo de derecho de paso por escrito garantiza el derecho a traspasar la propiedad que pertenece a otros o que está ocupada por ellos. Los acuerdos de ROW generalmente permiten el derecho de entrada y salida para la instalación, operación y mantenimiento de la instalación. El ancho del derecho de vía varía en función de factores tales como el uso de la tierra existente, el espacio de trabajo de construcción, las restricciones ambientales y los requisitos de mantenimiento de la instalación. El ancho generalmente se especifica en el acuerdo de ROW, luego de la negociación con el propietario afectado, por acción legal o por la autoridad de permisos.

riesgo: medida de la pérdida potencial en términos tanto de la probabilidad del incidente (verosimilitud) de ocurrencia como de la magnitud de las consecuencias.

presión de operación segura: la presión derivada del cálculo de la resistencia restante en una anomalía o defecto usando un método aceptable (por ejemplo, ASME B31G o un

análisis de ingeniería) y aplicando un factor de diseño o seguridad apropiado. soldadura de costura:

soldadura longitudinal o helicoidal en tubería. segmento: tramo

de tubería o parte del sistema que tiene características únicas en una ubicación geográfica específica. soldadura semiautomática1: soldadura manual con equipo que controla automáticamente una o más de las condiciones de soldadura.

deberá: "deberá" o "no deberá" se utiliza para indicar que una disposición es obligatoria.

soldadura por arco de metal blindado (SMAW)1: un proceso de soldadura por arco con un arco entre un electrodo cubierto y el baño de soldadura. El proceso se utiliza con blindaje de la descomposición de la cubierta del electrodo, sin aplicación de presión, y con metal de aporte del electrodo.

debería: "debería" o "se recomienda" se utiliza para indicar que una disposición no es obligatoria sino recomendada como buena práctica. cerdo

inteligente: término general de la industria para los dispositivos de inspección interna (ver inspección en línea).

licuefacción del suelo: una condición del suelo, generalmente causada por una carga cíclica dinámica (p. ej., terremoto, olas), donde la resistencia al corte efectiva del suelo se reduce de tal manera que el suelo exhibe las propiedades de un líquido.

tramo: una sección de tubería que no está soportada.

límite elástico mínimo especificado,  $S_y$ : expresado en libras por pulgada cuadrada (psi) o en megapascuales (MPa), límite elástico mínimo prescrito por la especificación bajo la cual se fabricó la tubería o el componente. resistencia a la tracción mínima especificada,  $S_t$ :

expresada en libras por pulgada cuadrada (psi) o en megapascuales (MPa), resistencia a la tracción mínima prescrita por la especificación bajo la cual se fabricó la tubería o el componente.

deformación: cambio en la longitud de un material en respuesta a una fuerza aplicada, expresada en base a la unidad de longitud (p. ej., pulgadas por pulgada o milímetros por milímetro). tensión: resistencia de

un cuerpo a una fuerza aplicada, expresada en unidades de fuerza por unidad de área (psi o MPa). También puede denominarse tensión unitaria.

fisuración por corrosión bajo tensión (SCC): forma de ataque ambiental del metal que implica una interacción de un entorno corrosivo local y tensiones en el metal, lo que da como resultado la formación y el crecimiento de grietas. nivel de tensión: nivel de tensión tangencial

o circunferencial, normalmente expresado como un porcentaje del límite elástico mínimo especificado. soldadura por arco sumergido (SAW)1: un proceso de

soldadura por arco que utiliza un arco o arcos entre un electrodo de metal desnudo

o electrodos y el baño de soldadura. El arco y el metal fundido

están protegidos por una capa de fundente granular sobre las piezas de trabajo. El proceso se usa sin presión y con metal de aporte del electrodo y, a veces, de una fuente suplementaria (varilla de soldadura, fundente o gránulos de metal).

estudio:

(a) mediciones, inspecciones u observaciones destinadas a descubrir e identificar eventos o condiciones que indiquen una desviación de la operación normal o una condición no dañada de la tubería. (b) medición de la ubicación física de la tubería y/o instalaciones instaladas

en relación con puntos de referencia o características geográficas conocidas. sistema o sistema de tuberías: ya sea toda la infraestructura de tuberías del operador o

grandes porciones de la infraestructura que tienen puntos de inicio y parada definibles. soldadura por puntos1: una soldadura hecha para mantener partes de una soldadura en la alineación adecuada hasta que se realicen las soldaduras finales.

temperaturas: expresadas en grados Fahrenheit (°F) a menos que se indique lo contrario.

Esfuerzo de tracción: fuerza de tracción aplicada dividida por el área de la sección transversal original.

conexión: una conexión donde se dejó un espacio para dividir una tubería en secciones de prueba, o para instalar una sección de reemplazo probada previamente, o en la construcción de una línea continua en un lugar como un río o un cruce de carretera. soldadura de amarre:

una conexión de amarre que usa una soldadura, típicamente una soldadura circunferencial.

herramienta: término genérico que significa cualquier tipo de dispositivo instrumentado o cerdo.

formación: programa organizado desarrollado para impartir los conocimientos y habilidades necesarios para la cualificación.

revestimiento de peso: cualquier revestimiento aplicado a la tubería con el fin de aumentar la gravedad específica de la tubería.

soldadura1: una coalescencia localizada de metales o no metales

producido ya sea por calentamiento de los materiales a la temperatura de soldadura, con o sin la aplicación de presión, o por la aplicación de presión sola y con o sin el uso de material de relleno.

soldador1: aquel que realiza soldadura manual o semiautomática.

operador de soldadura1: alguien que opera equipo de soldadura de control adaptativo, automático, mecanizado o robótico. procedimientos de

soldadura1: los métodos y prácticas detallados involucrados en la producción de una pieza soldada. curvatura arrugada: curvatura de

tubería producida por una máquina de campo o un proceso controlado que puede resultar en discontinuidades de contorno prominentes en el radio interior. La arruga es delib

erately introducido como un medio de acortar el meridiano interior de la curva.

## Capítulo dos Diseño

### 401 CARGAS

#### 401.1 Clasificaciones de carga

401.1.1 Clasificación de Cargas. El diseño de una tubería debe basarse en la consideración de las cargas identificadas

en esta sección en la medida en que sean significativos para el sistema propuesto y aplicables a la instalación y operación propuestas. Las cargas que puedan causar o contribuir a la falla de la tubería o la pérdida de capacidad de servicio del sistema de tuberías deben identificarse y contabilizarse en el diseño. Para el diseño de resistencia, las cargas deben clasificarse como una de las siguientes: (a)

- sostenidas (b)
- ocasionales (c) de
- construcción (d)
- transitorias

401.1.2 Cargas sostenidas. Las cargas sostenidas son aquellas que surgen del uso previsto del sistema de tuberías y las cargas de otras fuentes. El peso de la tubería, incluidos los componentes, fluidos y lodos, y las cargas debidas a la presión son ejemplos de cargas sostenidas. La cobertura del suelo, la presión hidrostática externa y la vibración debida al equipo son ejemplos de cargas sostenidas de otras fuentes.

Fuerzas de reacción en los apoyos de cargas sostenidas y cargas debidas a desplazamiento sostenido o rotaciones de  
Los apoyos también son cargas sostenidas.

401.1.3 Cargas ocasionales. Ejemplos de cargas ocasionales son las resultantes del viento, la nieve, el hielo, los movimientos sísmicos, el tráfico rodado y ferroviario, los cambios de temperatura, las corrientes y las olas, excepto cuando deban considerarse cargas sostenidas (cargas causadas por cambios de temperatura también puede considerarse sostenido en algunos casos).

Las cargas resultantes del pretensado, las fuerzas residuales de la instalación, el hundimiento, el asentamiento diferencial, el levantamiento por congelamiento y el asentamiento por deshielo se incluyen en las cargas ocasionales.

401.1.4 Cargas de Construcción. Las cargas necesarias para la instalación y prueba de presión del sistema de tuberías son cargas de construcción. Los ejemplos de cargas de construcción incluyen manipulación, almacenamiento, instalación y pruebas hidráulicas.

401.1.5 Cargas Transitorias. Las cargas que pueden ocurrir durante la operación de la tubería, como fuego, impacto, caída de objetos y condiciones transitorias (durante deslizamientos de tierra, daños de terceros, colisiones de equipos y accidentes

sobrepresión), incluida la sobretensión, son ejemplos de cargas transitorias.

#### 401.2 Aplicación de Cargas

401.2.1 Restringido versus no restringido. La condición de restricción es un factor en el comportamiento estructural de la tubería y, en consecuencia, afecta los esfuerzos y los límites de esfuerzo aplicables. El grado de restricción puede variar con las actividades de construcción de la tubería, las condiciones de apoyo, las propiedades del suelo, el terreno y el tiempo. Para propósitos de diseño, este Código reconoce dos condiciones de restricción, restringida y

desenfrenado. A continuación se proporciona orientación para categorizar la condición de sujeción. Los ejemplos dados no son completos ni definitivos. (a) "Sin restricciones"

significa que la tubería puede desplazarse lateralmente y deformarse axialmente. Las tuberías no restringidas pueden incluir lo siguiente:

- (1) tubería sobre el suelo que está configurada para acomodar moderar la expansión térmica o soportar el movimiento
- (2) curvas de campo y tubería adyacente enterrada en suelo blando o no consolidado
- (3) una sección sin relleno de tubería enterrada que está libre para desplazarse lateralmente o que contiene una curva (4) secciones de tubería no ancladas (b) Las tuberías "restringidas" pueden incluir lo siguiente:
  - (1) secciones de tubería enterrada
  - (2) secciones de tubería sobre el suelo unidas a soportes rígidos poco espaciados, anclados en cada extremo y en cambios de dirección (3) curvas de campo y tubería adyacente enterrada en suelo rígido o consolidado Porciones de tubería enterrada

pueden ser sólo parcialmente restringida. Las interacciones tubería-suelo deben evaluarse para garantizar que el suelo proporcione la restricción adecuada para limitar el movimiento de la tubería según sea necesario para evitar niveles inaceptables de tensión y/o tensión en la tubería y para evitar fallas en el soporte del suelo. particularmente en curvas laterales y curvas laterales. Puede encontrar orientación sobre el movimiento en los codos de la tubería, la interacción del suelo, incluida la capacidad de carga del suelo y los resortes del suelo utilizados para representar las fuerzas del suelo en la tubería, en la publicación de la ASCE American Lifelines Alliance "Guidelines for the Design of Buried Pipe Lines", julio. 2001 (con adiciones hasta 2005) y ASME B31.1, Apéndice VII no obligatorio.

#### 401.2.2 Cargas sostenidas

401.2.2.1 Generalidades. En el caso de cargas constantes, se utilizará el valor esperado de la carga. En el caso de cargas variables, se utilizará el valor más alto o más bajo especificado, el que sea más crítico. En el caso de cargas provocadas por deformación, se utilizará el valor extremo previsto.

401.2.2.2 Presión de diseño interna. La tubería y los componentes en cualquier punto de la tubería deben diseñarse para una presión de diseño interna que no debe ser menor que la presión máxima de operación en estado estable en ese punto, ni menos que la presión de carga estática en ese punto con la tubería en una condición estática. La presión operativa máxima en estado estacionario será la suma de la presión de cabeza estática, la presión requerida para superar las pérdidas por fricción y la contrapresión aplicada. Se puede tomar crédito por la presión externa hidrostática modificando la presión de diseño interna para su uso en cálculos que involucren el diseño de presión de tubería y componentes.

El aumento de presión por encima de la presión operativa máxima en estado estable debido a sobretensiones y otras variaciones de las operaciones normales se permite de acuerdo con el párr. 403.3.4.

401.2.2.3 Presión hidrostática externa. La tubería se debe diseñar para soportar el diferencial máximo esperado entre las presiones externas e internas.

401.2.2.4 Efectos de peso. Los efectos del peso combinados con cargas y fuerzas de otras causas se deben considerar en el diseño de tuberías. Se debe considerar el efecto del peso combinado de la tubería, el revestimiento y otros accesorios (en el aire y sumergidos) en las tensiones y deformaciones de la instalación. También se tendrá en cuenta la variabilidad debida al peso de las tolerancias de fabricación del revestimiento y la absorción de agua.

401.2.2.5 Cargas Residuales. El sistema de tuberías normalmente se instalará de manera que se minimicen las cargas residuales. Una excepción es cuando un diseñador planea deliberadamente cargas residuales.

401.2.2.6 Subsistencia. Las cargas resultantes del hundimiento se considerarán en el diseño cuando las tuberías o los segmentos de tuberías estén ubicados en áreas donde se sabe que ocurren hundimientos.

#### 401.2.3 Cargas Ocasionales

401.2.3.1 Terremotos. Los siguientes efectos deben ser considerados cuando se diseña para terremotos:

- (a) efectos directos debido a las vibraciones del suelo
- (b) efectos inducidos (licuefacción, deslizamientos) (c) efectos debido al cruce de fallas activas en la superficie

401.2.3.2 Cargas de viento. Las cargas de viento se deben considerar en el diseño de tuberías por encima del nivel del suelo. Consulte ASCE 7 para la aplicación de cargas de viento.

401.2.3.3 Cargas de hielo. Los siguientes efectos se deben considerar cuando se diseña para cargas de hielo:

- (a) hielo congelado en tuberías y estructuras de soporte (b) hielo a la deriva (ruptura del hielo del río o en aguas costeras) (c) fuerzas de impacto debido al deshielo del hielo (d) fuerzas debidas a la expansión del hielo

401.2.3.4 Tráfico Vial y Ferroviario. Carga de tierra y cíclica. Se considerarán las cargas por ferrocarril y por camión. Tráfico máximo. Las cargas por eje se establecerán en consulta con el las autoridades de tránsito correspondientes y otras personas que operen en las inmediaciones del oleoducto.

401.2.3.5 Vibración. Se considerarán las cargas resultantes de la vibración (incluido el efecto de vórtice de Karmon) y la resonancia.

401.2.3.6 Olas y Corrientes. Las cargas resultantes de las olas y las corrientes se deben considerar en el diseño de tuberías a través de cursos de agua. API RP 1133 se puede utilizar como orientación adicional. 022P

401.2.3.7 Efectos de la Temperatura. La temperatura de diseño es la temperatura del metal esperada en operación normal. No es necesario variar la tensión de diseño para temperaturas del metal entre  $-20^{\circ}\text{F}$  ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) y  $250^{\circ}\text{F}$  ( $120^{\circ}\text{C}$ ).

Sin embargo, algunos de los materiales que cumplen con las especificaciones aprobadas para uso bajo este Código pueden no tener propiedades adecuadas para la parte inferior de la banda de temperatura cubierta por este Código. Se debe prestar atención a las propiedades a baja temperatura de los materiales utilizados para que las instalaciones estén expuestas a temperaturas del suelo inusualmente bajas, temperaturas atmosféricas bajas o condiciones de operación transitorias.

La temperatura de diseño debe establecerse teniendo en cuenta las variaciones de temperatura resultantes de los cambios de presión y las temperaturas ambientales extremas.

Se debe considerar las posibles condiciones que pueden causar bajas temperaturas en las tuberías que transportan líquidos que se convierten en gases en o cerca de las condiciones atmosféricas. Consulte ASME B31T para obtener más información sobre evaluar la idoneidad de los materiales de las tuberías que pueden estar sujetos a fallas por fragilidad debido a las condiciones de servicio a baja temperatura.

Cuando las tuberías están expuestas al sol, se debe tener en cuenta la temperatura del metal y la expansión del fluido resultante de la ganancia de calor solar.

#### 401.2.4 Cargas de Construcción

401.2.4.1 Cargas de instalación. Se considerarán las cargas inducidas durante el transporte, la manipulación, el almacenamiento y el descenso. Los aumentos en la presión externa durante la aplicación de lechada a presión o las disminuciones en la presión interna durante el secado al vacío se deben considerar como cargas de instalación.

401.2.4.2 Prueba hidrostática. Se deben considerar las cargas que ocurren durante la prueba hidrostática. Estas cargas incluyen el peso del contenido, el efecto final térmico y presurizado.

### 401.3 Combinación de Cargas

Cuando se calculan esfuerzos o deformaciones equivalentes, la combinación más crítica de tensiones sostenidas, ocasionales y Se considerarán la construcción y las cargas transitorias que se puede esperar que ocurran.

Si la filosofía de funcionamiento es mantener el pleno funcionamiento durante condiciones ambientales extremas, el sistema debe estar diseñado para la acción concurrente de las cargas esperadas sostenidas y ocasionales.

Si la filosofía de operación es tal que las operaciones se reducirán o descontinuarán bajo condiciones ambientales extremas, se deben considerar las siguientes combinaciones de carga:

(a) las cargas operativas de diseño más las cargas ambientales al nivel permisible (b) las cargas operativas reducidas más el máximo en cargas ambientales

A menos que se pueda esperar razonablemente que ocurran juntos, no es necesario considerar una combinación de cargas transitorias en combinación con cargas ocasionales.

Los efectos de las cargas sostenidas causadas por deformaciones se tendrán en cuenta sólo en la medida en que se vea afectada la capacidad de soportar otras cargas.

Cuando se combinan cargas ambientales con cargas de construcción, la carga ambiental debe seleccionarse para reflejar la carga más severa que probablemente se encuentre durante la fase de construcción.

Al considerar las cargas durante las pruebas, no es necesario considerar las cargas ocasionales o transitorias como si ocurrieran al mismo tiempo que las cargas sostenidas y de construcción existentes en el momento de la prueba.

## 402 CÁLCULO DE TENSIONES

### 402.1 Generalidades

Se deben considerar los esfuerzos circunferenciales, longitudinales, cortantes y equivalentes, teniendo en cuenta los esfuerzos de todas las cargas sostenidas, ocasionales, de construcción y transitorias relevantes, incluidas las vibraciones, la resonancia y el hundimiento. Se deben considerar los efectos de todas las partes de la tubería y todas las restricciones, soportes, guías y fuentes de fricción. Cuando se realicen los cálculos de flexibilidad, también se considerarán los movimientos lineales y angulares de los equipos a los que se ha adherido la tubería.

Los cálculos deberán tener en cuenta los factores de intensificación de tensiones que se encuentren en componentes que no sean tuberías rectas simples. Se puede tomar crédito por la flexibilidad adicional de tales componentes. En ausencia de datos aplicables más directamente, se pueden usar los factores de flexibilidad y los factores de intensificación de tensión en ASME B31J.

Los cálculos de las tensiones de la tubería en bucles, curvas y desviaciones se deben basar en el rango total desde la temperatura mínima hasta la máxima normalmente esperada, independientemente de si la tubería tiene resortes en frío o no. Además de

expansión de la propia línea, se tendrán en cuenta los movimientos lineales y angulares de los equipos a los que se une.

Cálculos de fuerzas y momentos térmicos en anclajes y equipos tales como bombas, medidores e intercambiadores de calor se deben basar en la diferencia entre la temperatura de instalación y la temperatura de operación mínima o máxima anticipada, la que resulte en una mayor tensión.

Las dimensiones nominales de la tubería y los accesorios se utilizarán en los cálculos de flexibilidad.

### 402.2 Propiedades

402.2.1 Coeficiente de Expansión Térmica. El coeficiente lineal de expansión térmica para el acero de alta resistencia al carbono y de baja aleación puede tomarse como  $6,5 \times 10^{-6}$  pulg./pulg./°F para temperaturas de hasta 250 °F ( $11,7 \times 10^{-6}$  mm/mm/°C). para temperaturas de hasta 120°C).

402.2.2 Módulos de elasticidad. Los cálculos de flexibilidad se basarán en el módulo de elasticidad a temperatura ambiente.

402.2.3 Relación de Poisson,  $\nu$ . La relación de Poisson se tomará como 0,3 para el acero.

### 402.3 Estrés por presión interna

Tanto para tuberías restringidas como no restringidas, la El esfuerzo circunferencial (circunferencial) debido a la presión interna se calcula como

(Unidades habituales de EE. UU.)

$$S_H = \frac{P_i D}{2t}$$

(Unidades SI)

$$S_H = \frac{P_i D}{20t}$$

dónde

D = diámetro exterior de la tubería, pulg. (mm)

P<sub>i</sub> = presión manométrica de diseño interno, psi (bar)

S<sub>H</sub> = tensión circunferencial (circunferencial) debida a tensión interna presión, psi (MPa) t = espesor de pared de la tubería, pulg. (mm)

La ecuación anterior puede no ser aplicable para tubería D/t inferior a 20.

### 402.4 Estrés por presión externa

Tanto para tuberías restringidas como no restringidas, la El esfuerzo circunferencial de la presión externa, P<sub>e</sub>, se calcula como para la presión interna, sustituyendo P<sub>e</sub> por P<sub>i</sub>. Para la presión externa en la ecuación, el esfuerzo de compresión es negativo.

Los sistemas de tuberías costa afuera requieren consideraciones adicionales ciones. Consulte el [Capítulo IX](#).

## 402.5 Estrés por expansión térmica

402.5.1 Tubería restringida. El esfuerzo de expansión térmica en la tubería restringida se calcula como

$$SE = E (\alpha T_2 - \alpha T_1)$$

dónde

E = módulos de elasticidad

SE = tensión de expansión térmica, psi (MPa)

T1 = temperatura de la tubería en el momento de la instalación o finalización de la conexión final, °F (°C)

T2 = temperatura de funcionamiento, °F (°C)

$\alpha$  = coeficiente de expansión térmica, pulg/pulg/°F (mm/mm/°C)

En la ecuación anterior, el esfuerzo de compresión es un valor negativo.

402.5.2 Tubería no restringida. Los cálculos tendrán en cuenta la flexibilidad y los factores de intensificación de tensiones de los componentes de las tuberías.

El rango de tensión que resulta de la expansión térmica en tuberías, accesorios y componentes en tuberías no restringidas se calcula de la siguiente manera, usando el módulo de elasticidad a la temperatura instalada:

$$SE = \sqrt{S_b^2 + 4a^2}$$

dónde

Sb = esfuerzo de flexión resultante, psi (MPa)

St = esfuerzo de torsión, psi (MPa)

El estrés térmico se calculará para el rango de temperaturas mínimas y máximas de funcionamiento.

El esfuerzo de flexión resultante, Sb, se calcula de la siguiente manera:

$$S_b = \frac{(y_o \sqrt{\frac{M_i^2}{I} + \frac{M_o^2}{I}})}{I}$$

dónde

ii = factor de intensificación de tensiones en el plano según

baillar con [para. 402.1](#). Tenga en cuenta que ii es 1 para

tubería. io = factor de intensificación de tensiones fuera del plano en de acuerdo con [el párr. 402.1](#). Tenga en cuenta que io es 1 donde para tubería.

Mi = momento de flexión en el plano, pulg.-lb (N·m)

Mo = momento de flexión fuera del plano, pulg.-lb (N·m)

Z = módulo de sección de la tubería o de la salida del accesorio, según corresponda, pulg.<sup>3</sup> (cm<sup>3</sup>)

El esfuerzo de torsión resultante, St, se calcula como

$$s = t \frac{M_t}{2Z}$$

dónde

Mt = momento de torsión, pulg.-lb (N·m)

## 402.6 Esfuerzo longitudinal

402.6.1 Tubería restringida. La tensión longitudinal en la tubería restringida se calcula como

$$SL = SE + \nu SH + \frac{M}{Z} + Fa/A$$

dónde

A = área metálica de la sección transversal nominal de la tubería, pulg.<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)

Fa = fuerza axial, como el peso sobre un elevador, lb (N)

M = momento de flexión, pulg.-lb (N·m)

SE = tensión de expansión térmica, psi (MPa)

SH = esfuerzo circunferencial (circunferencial) debido a la presión interna, psi (MPa)

Z = módulo de sección de la tubería, in.<sup>3</sup> (cm<sup>3</sup>)  $\nu$  = relación de Poisson

Ejemplos de fuerza, Fa, son las fuerzas debidas a la presión diferencial sobre una válvula enterrada y las fuerzas de fricción debidas al movimiento de la tubería a través del suelo. Fa puede ser positivo o negativo, dependiendo de la dirección de la fuerza.

SH puede ser un valor positivo o negativo.

Tanto los valores positivos como los negativos de M/Z deben ser considerado en el análisis.

Las tensiones residuales de la construcción a menudo están presentes para la expansión, las curvas elásticas y el asentamiento diferencial. Los diseñadores deben determinar si tales tensiones deben evaluarse.

402.6.2 Tubería no restringida. La tensión longitudinal de la presión y las cargas externas en no restringido tubería se calcula como

(Unidades habituales de EE. UU.)

$$SL = \frac{P_i D}{4t} + \frac{S_o y}{4t} + \frac{F_a}{A}$$

(Unidades SI)

$$S_L = \frac{P_i D}{40 t} + \frac{S_o y}{40 t} + \frac{F_a}{A}$$

A = área de metal de la sección transversal nominal de la tubería, pulg.<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)

D = diámetro exterior de la tubería, pulg. (mm)

Fa = fuerza axial, como el peso sobre un elevador, lb (N)

i = intensificación de la tensión del componente en el plano de carga de acuerdo con [el párr. 402.1](#), limitado por  $0.75i \geq 1$ . Para tubería recta,  $i = 1.0$ .

M = momento de flexión a través de la sección transversal nominal de la tubería debido al peso o a la carga de inercia sísmica, pulg.-lb (N·m)

Pi = presión manométrica de diseño interno, bar (psi) t = espesor de pared de la tubería, mm (pulg)

Z = módulo de sección de la tubería o de la salida del accesorio, según corresponda, in.<sup>3</sup> (cm<sup>3</sup>)

La tensión longitudinal de la presión en una línea no restringida debe incluir la consideración de la tensión de flexión o la tensión axial que puede ser causada por el alargamiento de la tubería debido a la presión interna y dar como resultado tensión en las curvas y en las conexiones y producir cargas adicionales en el equipo y en los soportes.

#### 402.7 Combinación de tensiones

En la tubería restringida, los esfuerzos longitudinales y circunferenciales se combinan de acuerdo con la teoría del esfuerzo cortante máximo de la siguiente manera:

$$\text{secuencia} = 2 \sqrt{\left[ \frac{(S_L - S_H)}{2} \right]^2 + \text{calle}^2}$$

dónde

Seq = tensión combinada equivalente

St = esfuerzo de torsión, psi (MPa)

Cuando se puede ignorar St, el cálculo de la tensión combinada se puede reducir a lo siguiente:

$$|S_L - S_H|$$

tal que cuando  $S_L < 0$ ,  $|S_L| \leq (S_x - S_H)$ , y cuando  $S_L > 0$ ,  $S_L \leq (S_x + S_H)$

dónde

Sx = tensión axial, psi (MPa)

Alternativamente, las tensiones pueden combinarse de acuerdo con la teoría de la energía de distorsión máxima de la siguiente manera:

$$\text{secuencia} = \sqrt{S_H^2 - S_H S_L + S_L^2 + 3e_r^2}$$

#### 402.8 Esfuerzos por cargas de tránsito vial y ferroviario

El esfuerzo efectivo total debido a la presión de diseño interna, el cambio de temperatura y las cargas externas (incluidas las cargas sostenidas, ocasionales y transitorias) en la tubería instalado debajo de vías férreas o carreteras sin el uso de cubiertas se calculará de acuerdo con API RP 1102 u otros métodos de cálculo. Se comprobará la fatiga de los componentes de tensión cíclica.

Cuando se utilicen tripas, la misma metodología puede ser utilizado para el diseño de la carcasa.

### 403 CRITERIOS PARA TUBERÍAS

#### 403.1 generales

Los análisis de diseño e instalación se basarán en métodos de ingeniería aceptados, resistencias de materiales y condiciones de diseño aplicables.

Los requisitos de diseño de este Código son adecuados para la seguridad pública en las condiciones que normalmente se encuentran en los sistemas de tuberías dentro del alcance de este Código, incluidas las líneas dentro de aldeas, pueblos, ciudades y áreas industriales.

Sin embargo, el diseño deberá brindar una protección razonable para evitar daños a la tubería debido a condiciones externas inusuales que se pueden encontrar en cruces de ríos, áreas de aguas costeras en alta mar y tierra adentro, puentes, áreas de tráfico pesado, tramos largos autosoportados, suelo inestable, vibraciones, peso de accesorios especiales o fuerzas resultantes de condiciones térmicas anormales.

Algunas de las medidas de protección que el diseño puede proporcionar son revestir con tubería de acero de mayor diámetro, agregar una capa protectora de concreto, agregar una tapa de concreto, aumentar el espesor de la pared, bajar la línea a una mayor profundidad o indicar la presencia de la línea con marcadores adicionales.

En ningún caso donde el Código se refiera al valor mínimo especificado de una propiedad física deberá valor de la propiedad se utilice para establecer el valor de esfuerzo permisible.

Los ductos dentro del alcance de este Código pueden estar sujetos a condiciones durante la construcción y operación donde la presión externa excede la presión interna. La pared de la tubería seleccionada deberá proporcionar la resistencia adecuada para evitar el colapso, teniendo en cuenta las propiedades mecánicas, las variaciones en el espesor de la pared permitidas por las especificaciones del material, la falta de redondez, las tensiones de flexión y las cargas externas.

Las fuerzas y los momentos transmitidos a los equipos conectados, como válvulas, filtros, tanques, recipientes a presión y bombas, se mantendrán dentro de los límites de tensión especificados aquí y en otros códigos aplicables.

Se pueden usar revestimientos o revestimientos externos o internos de cemento, plástico u otros materiales en tuberías de acero que cumplan con los requisitos de este Código. No se considerará que estos revestimientos o revestimientos añaden resistencia a menos que pueda demostrarse que lo hacen.

Todos los componentes de tuberías y tuberías en línea deben estar diseñados para permitir el paso de dispositivos de inspección interna instrumentados.

#### 403.2 Criterios para Espesor de Pared de Tubería y Tolerancias

403.2.1 Criterios. El espesor de pared nominal de las secciones rectas de tubería de acero debe ser igual o mayor que tn determinado de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$t \geq t + A$$

dónde

A = suma de las concesiones para roscado, ranurado, corrosión y erosión según se requiere en los párrs. 403.2.2 a 403.2.4, y aumento en el espesor de la pared si se usa como medida de protección en el párr. 403.1

tn = espesor de pared nominal que satisface los requisitos de presión y tolerancias

t = espesor de pared de diseño de presión calculado en pulgadas (milímetros) de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

(Unidades habituales de EE. UU.)

$$t = \frac{P_i D}{2S}$$

(Unidades SI)

$$t = \frac{P_i D}{20S}$$

donde

D = diámetro exterior de la tubería, pulg. (mm)

P<sub>i</sub> = presión manométrica de diseño interno, psi (bar)

S = valor de tensión admisible aplicable, psi (MPa), según lo determinado por la siguiente ecuación: S =

$$F \times E \times S_y$$

E = factor de junta de soldadura como se especifica en la [Tabla 403.2.1-1](#)

F = factor de diseño. El valor de F utilizado en este Código no deberá ser superior a 0,72. Cuando se indique por servicio o ubicación, los usuarios de este Código pueden optar por utilizar un factor de diseño, F, inferior a 0,72. Al establecer el factor de diseño, se ha tenido debidamente en cuenta y se ha tenido en cuenta la tolerancia de espesor inferior y la profundidad máxima permitida de las imperfecciones previstas en las especificaciones aprobadas por el Código.

S<sub>y</sub> = límite elástico mínimo especificado del tubo, psi (MPa)

403.2.2 Espesor de pared y tolerancias de defectos. Las tolerancias de espesor de pared y las tolerancias de defectos para tubería deben ser las especificadas en las especificaciones de tubería aplicables o los estándares dimensionales incluidos en este Código por referencia en el [Apéndice I obligatorio](#). Los factores de diseño en este Código se establecieron con la debida consideración para espesores inferiores.

Tolerancia al espesor y profundidad máxima permitida de las imperfecciones permitidas por las normas de referencia; no es necesaria ninguna asignación adicional.

403.2.3 Corrosión. No se requiere un margen de espesor de pared para la corrosión si la tubería y los componentes están protegidos contra la corrosión de acuerdo con los requisitos y procedimientos prescritos en el [Capítulo VIII](#).

403.2.4 Roscado y ranurado. En A de la ecuación del [párr. 403.2.1](#) cuando este Código permita tuberías roscadas o ranuradas (ver [párrafo 404.8.3](#)).

El espesor de pared mínimo nominal para tubería roscada debe ser pared estándar (ver ASME B36.10M).

403.2.5 Uso de Alta Relación D/t. Se advierte al diseñador que la susceptibilidad al aplanamiento, la ovalidad, el pandeo y las abolladuras aumenta con la relación D/t, la disminución de la pared

Tabla 403.2.1-1

Factores de juntas de soldadura aplicables a las especificaciones de tuberías comunes

Especificación	Calificación	Factor de junta de soldadura, E
Sin costura		
API 5L	A25 a X80Q/M 1,00	
ASTM A53	Todo	1.00
ASTM A106	Todo	1.00
ASTM A333	6	1.00
ASTM A524	Todo	1.00
Soldadura a tope en horno, soldadura continua		
ASTM A53	Tipo F, Grado A	0,60
API 5L	A25	0,60
Soldado por Resistencia Eléctrica y Soldado por Flash Eléctrico		
API 5L	A25 a X80Q/M 1,00	
ASTM A53	Todo	1.00
ASTM A135	Todo	1.00
ASTM A333	6	1.00
Fusión eléctrica soldada		
ASTM A134	Todo	0.80
ASTM A139	Todo	0.80
ASTM A671	Todo	1,00 <a href="#">[Nota (1)]</a>
ASTM A671	Todo	0.70 <a href="#">[Nota (2)]</a>
ASTM A672	Todo	1,00 <a href="#">[Nota (1)]</a>
ASTM A672	Todo	0,80 <a href="#">[Nota (2)]</a>
Arco Sumergido Soldado		
API 5L	A25 a X120M <a href="#">[Nota 3]</a>	1.00
ASTM A381	Y35 a Y65	1.00

NOTAS GENERALES:

(a) Para algunos cálculos del Código, particularmente con respecto a las conexiones de ramales [ver [párr. 404.3.5\(c\)](#)] y expansión, flexibilidad, uniones estructurales, soportes y restricciones (ver [párrafo 404.9](#)), no es necesario considerar el factor de junta de soldadura, E. (b) Las definiciones de los diversos tipos de tubería se dan en el [párr. 400.2](#).

NOTAS:

- (1) El factor se aplica solo a la tubería Clase X2, cuando el examen radiográfico se ha realizado después del tratamiento térmico posterior a la soldadura (PWHT).
- (2) El factor aplica para tubería Clase X3 (sin examen radiográfico) o para tubería Clase X2 cuando el examen radiográfico se realiza antes de PWHT.
- (3) Para aplicaciones en alta mar, se aplica el Anexo J de API 5L, que especifica un grado de resistencia máximo permitido hasta X80MO.

Tabla 403.3.1-1

Valores admisibles para las tensiones del sistema de tuberías

Ubicación	Interno y Externo Presión Estrés, SH	Admisible Expansión Estrés, SE	Aditivo Longitudinal Estrés, SL	La suma de	Estrés efectivo	
				Longitudinal Tensiones de sostenido y Cargas ocasionales	Equivalente a carcasa o Tubería combinada sin revestimiento en Estrés, <small>SECIONES</small>	Carretera o Ferrocarril cruces
Tubería restringida	0.72(E)Si	0.90 años	0.90Sy [Nota (1)]	0.90 años	0.90 años	0.90Sy [Nota (2)]
Tubería sin restricciones	0.72(E)Si	SA [Nota (3)]	0.75Sy [Nota (1)]	0.80 años	n / A	0.90Sy [Nota (2)]
Tuberías ascendentes y de plataforma en aguas navegables interiores	0.60(E)Si	0.80 años	0.80 años	0.90 años	n / A	n / A

## NOTAS GENERALES:

- (a) Sy = límite elástico mínimo especificado del material de la tubería, psi (MPa) (b) E = factor de unión soldada (consulte la Tabla 403.2.1-1) (c) En el establecimiento de factores de diseño, se ha dado la debida consideración a y se ha tenido en cuenta la tolerancia de subespesor y profundidad máxima permisible de imperfecciones prevista en las especificaciones aprobadas por el Código.
- (d) SL en la tabla anterior es el valor máximo permisible para tubería no restringida calculado de acuerdo con el párr. 402.6.2. El valor máximo de SL para tubería restringida se calcula de acuerdo con el párr. 402.6.1.
- (e) Véase el párr. 403.10 para tensiones admisibles de tubería usada.

## NOTAS:

- (1) Los esfuerzos de flexión de la viga deben incluirse en el esfuerzo longitudinal para aquellas partes de la línea restringida o no restringida que están soportadas sobre el suelo
- (2) El esfuerzo efectivo es la suma del esfuerzo causado por el cambio de temperatura y por los esfuerzos circunferenciales, longitudinales y radiales de los esfuerzos internos. presión de diseño y cargas externas en tuberías instaladas debajo de vías férreas o carreteras.
- (3) Véase el párr. 403.3.2.

espesor, disminución del límite elástico y combinaciones de los mismos. Las tuberías con una relación D/t superior a 100 pueden requerir medidas de protección adicionales durante la construcción. Véase el párr. 403.2.2 y la Nota general bajo la Tabla A402.3.2-1 para tolerancias de espesor de pared incluidas en los factores de diseño.

dónde

f = factor de fatiga calculado como  $f = 6,0 N^{-0,2}$ , donde f no puede exceder 1,2 para materiales ferrosos con resistencia a la tracción mínima especificada  $\leq 75\ 000$  psi (517 MPa), o 1,0 para todos los demás materiales N = número equivalente de ciclos de desplazamiento completo durante el vida útil esperada del sistema de tuberías Sc = menor de  $1/3S_u$  o

## 403.3 Criterios para prevenir fallas en el rendimiento

- 403.3.1 Criterios de Resistencia. El esfuerzo longitudinal máximo debido a las cargas axiales y de flexión durante la instalación y la operación debe limitarse a un valor que evite el pandeo de la tubería o que perjudique la capacidad de servicio de la tubería instalada. Otros esfuerzos resultantes de las actividades de instalación de tuberías, como los tramos, se limitarán a los mismos criterios. En lugar de un criterio de tensión, se puede utilizar un límite de tensión de instalación permisible.

Los valores de tensión para la tubería de acero durante la operación no deben exceda los valores permitidos en la Tabla 403.3.1-1 como calculo por las ecuaciones de este capítulo.

Los sistemas de tuberías de lodo y agua de proceso requieren algunas consideraciones nacionales. Consulte el Capítulo XI.

- 403.3.2 Criterios para el esfuerzo permisible debido a cambios periódicos o Carga cíclica. Para tuberías no restringidas, el esfuerzo de expansión permisible, SA, es el siguiente:  $SA = f [1.25(S_c +$

Sh) SL]

—

$\geq 3S_y$  a la más baja entre la temperatura instalada o la temperatura mínima de funcionamiento = 20 000 psi (138 MPa) máximo  
 Sh = menor de  $1/3S_u$  o  $2/3S_y$  a la mayor temperatura instalada o máxima de funcionamiento = 20 000 psi (138 MPa) máximo  
 Su = resistencia a la tracción mínima especificada, psi (MPa)  
 Sy = límite elástico mínimo especificado, psi (MPa)

403.3.3 Criterios de deformación para tuberías. Cuando una tubería puede experimentar un desplazamiento no cíclico de su soporte (como un movimiento de falla a lo largo de la ruta de la tubería o un asentamiento o hundimiento del soporte diferencial a lo largo de la tubería), los límites de tensión longitudinal y combinada pueden reemplazarse con un límite de deformación permisible, siempre que ya que las consecuencias de la fluencia no perjudican la capacidad de servicio de la tubería instalada. La deformación longitudinal máxima permisible depende de la ductilidad del material, cualquier plástico previamente experimentado

deformación y el comportamiento de pandeo de la tubería. Cuando se anticipen deformaciones plásticas, la excentricidad de la tubería, la falta de redondez de la tubería y la capacidad de la soldadura para

someterse a dichas tensiones sin efectos perjudiciales. La deformación máxima se limitará al 2%.

403.3.4 Criterios para sobrepresión transitoria. La sobrepresión transitoria incluye el aumento de presión debido a la sobrepresión. Las presiones de sobretensión en una tubería de líquido se producen por un cambio en la velocidad del fluido en movimiento que resulta del cierre de una estación de bombeo o unidad de bombeo, el cierre de una válvula o el bloqueo del fluido en movimiento.

Se deben realizar cálculos de sobretensiones y se deben proporcionar controles y equipos de protección adecuados para que el aumento de presión debido a sobretensiones y otras variaciones de las operaciones normales no exceda la presión de diseño interna en ningún punto del sistema de tuberías y equipos en más del 10 %.

#### 403.4 Criterios para Prevenir Pandeo y Ovalidad Excesiva

El sistema de tuberías se debe diseñar e instalar de manera que se evite el pandeo local o la ovalidad excesiva de la tubería, el colapso y el pandeo de las columnas durante la instalación y las operaciones. Los procedimientos de diseño, instalación y operación deberán considerar el efecto de la presión externa; cargas de flexión, axiales y de torsión; impacto; tolerancias de fresado en el espesor de pared; falta de redondez; y otros factores aplicables. También se debe considerar la mitigación del pandeo por propagación que puede seguir al pandeo o abolladuras locales. El espesor de la pared de la tubería se seleccionará para resistir el colapso debido a la presión externa.

#### 403.5 Criterios para Prevenir la Fatiga

La tubería debe diseñarse, instalarse y operarse para limitar las fluctuaciones de tensión a magnitudes y frecuencias que no perjudiquen la capacidad de servicio de la tubería. Las cargas que pueden causar fatiga incluyen variaciones de presión interna, corrientes y vibraciones inducidas por el desprendimiento de vórtices. Los tramos de tubería deben diseñarse para evitar vibraciones resonantes inducidas por vórtices cuando sea práctico.

Cuando se deban tolerar vibraciones, los esfuerzos resultantes debido a la vibración se incluirán en los esfuerzos admisibles.

enumerados en el párr. 403.3.1. Si se utilizan estándares de aceptación alternativos para soldaduras circunferenciales en API 1104, el análisis de tensión cíclica debe incluir la determinación de un espectro de fatiga previsto al que está expuesta la tubería durante su vida útil de diseño. Consulte el Capítulo 2 de ASME B31.3 para obtener orientación.

#### 403.6 Criterios para evitar la pérdida de estabilidad en el lugar 403.6.1

Criterios de resistencia durante la instalación y las pruebas. El diseño contra la pérdida de estabilidad en el lugar deberá estar de acuerdo con las disposiciones del párr. 403.6.2, excepto que las condiciones actuales de diseño de la instalación se basarán en las disposiciones del párr. 401.3. Si se va a cavar una zanja en la tubería, se debe diseñar para que tenga estabilidad durante el período anterior a la excavación de la zanja.

#### 403.6.2 Criterios de Resistencia Durante las Operaciones

403.6.2.1 Generalidades. El diseño de la tubería para la estabilidad lateral y vertical en el fondo se rige por características permanentes, como la topografía y las características del suelo, y por eventos transitorios, como eventos hidrodinámicos, sísmicos y de comportamiento del suelo que probablemente ocurran durante la vida útil prevista. Las condiciones de diseño a considerar se proporcionan en los párrs. 403.6.2.2 a 403.6.2.7.

La tubería se diseñará para evitar movimientos horizontales y verticales o se diseñará de modo que cualquier movimiento se limite a valores que no causen Esfuerzos y deformaciones a superar.

(a) Los factores típicos que se deben considerar en el diseño de estabilidad

incluyen (1) llanuras aluviales y pantanos y otros lugares sujetos a condiciones de inmersión (2) fuerzas

de corriente (3)

propiedades del suelo

(4) socavación y expansión resultante (5)

licuefacción del suelo

(6) derrumbe de

taludes (b) La estabilidad puede obtenerse por medios tales como, pero no limitado a

(1) ajuste del peso sumergido de la tubería (2)

excavación de zanjas y/o recubrimiento de la

tubería (3) anclaje

(4) pesos de sujeción o instalación Se

deben considerar las condiciones de diseño de estabilidad operativa e instalación en el fondo.

403.6.2.2 Condiciones actuales de diseño. Las condiciones actuales de diseño operativo se deben basar en un evento que tenga un intervalo de retorno mínimo de no menos de 100 años.

403.6.2.3 Estabilidad Contra Corrientes. El peso sumergido de la tubería debe diseñarse para resistir o limitar el movimiento en cantidades que no causen que los esfuerzos longitudinales y combinados excedan los límites especificados en la Tabla 403.3.1-1. El peso sumergido se puede ajustar mediante el recubrimiento del peso y/o aumentando el espesor de la pared de la tubería.

Se considerará la dirección de la corriente.

La tubería y sus accesorios pueden enterrarse hasta mejorar la estabilidad.

El relleno u otras opciones de cobertura protectora deberán usar materiales y procedimientos que minimicen el daño a la tubería y los revestimientos.

El anclaje se puede usar solo o junto con otras opciones para mantener la estabilidad. Los anclajes deben estar diseñados para soportar cargas laterales y verticales. esperado de la ola de diseño y las condiciones actuales. Los anclajes deben estar espaciados para evitar esfuerzos excesivos en la tubería. La socavación se considerará en el diseño del sistema de anclaje. Se considerará el efecto de los anclajes sobre el sistema de protección catódica.

Los pesos de tipo bloque intermitente, de abrazadera o de fijación (pesos de río) no deben usarse en tuberías donde existe la posibilidad de que el peso quede sin soporte debido a la socavación.

δ22P 403.6.2.4 Aproximaciones a tierra. La tubería en la zona de acceso a la costa debe instalarse en una estructura adecuada sobre el agua o enterrarse o perforarse a la profundidad necesaria para evitar problemas de socavación, expansión o estabilidad que puedan afectar la integridad y el funcionamiento seguro de la tubería durante su vida útil prevista. Variación estacional en el espesor cercano a la costa de los sedimentos del fondo marino y la costa se considerará la erosión de la línea durante la vida útil de la tubería. API RP 1133 se puede utilizar como orientación adicional.

403.6.2.5 Falla de talud y licuefacción del suelo. La falla de taludes se considerará en las zonas donde se espera (deslizamientos de lodo, taludes pronunciados, áreas de hundimiento sísmico). Si no es práctico diseñar el sistema de tuberías para sobrevivir al evento, la tubería se debe diseñar para una ruptura controlada con disposiciones para minimizar la pérdida del contenido de la tubería.

El diseño para los efectos de la licuefacción se realizará para áreas de ocurrencia conocida o esperada. La licuefacción del suelo normalmente resulta de sobrepresiones de ondas cíclicas o carga sísmica de suelos susceptibles. Se seleccionará la gravedad específica a granel de la tubería, o se seleccionarán métodos alternativos para garantizar tanto la

y estabilidad vertical.

Las condiciones sísmicas de diseño utilizadas para predecir la licuefacción del fondo o el derrumbe de taludes deben ser por lo menos tan severas como las utilizadas para los cálculos de resistencia operativa de diseño de la tubería. La ocurrencia de licuefacción del suelo debido a sobrepresiones hidrostáticas se basará en un intervalo mínimo de retorno de tormenta de no

menos de 100 años

403.6.2.6 Áreas propensas a terremotos. Cuando se vaya a tender una tubería a través de una zona de falla conocida o en un área propensa a terremotos, se debe considerar la necesidad de flexibilidad en la tubería y sus componentes para minimizar la posibilidad de daño debido a un terremoto. La flexibilidad en la tubería se puede proporcionar mediante la instalación de la tubería sobre el nivel del suelo o por encima del mismo o mediante el uso de acoplamientos separables, bucles holgados, secciones de tubería flexibles u otras soluciones específicas del sitio. Los acoplamientos de ruptura deben estar diseñados para evitar la pérdida del fluido transportado en caso de una separación del acoplamiento.

403.6.2.7 Interacción Tubería-Suelo. Los factores de interacción tubería-suelo que se utilicen deberán ser representativos de las condiciones del suelo en el sitio y el revestimiento de la tubería.

#### 403.7 Criterios para Prevenir Fractura

403.7.1 Generalidades. La prevención de fracturas durante la instalación y operación debe ser considerada en la selección de materiales de acuerdo con los requisitos de la [sección 423](#). Procedimientos de soldadura y criterios de aceptación de defectos de soldadura

considerará la necesidad de evitar fracturas durante la instalación y el funcionamiento. Véase [el párr. 434.8.5](#).

403.7.2 Consideraciones de diseño. La probabilidad de que se propaguen fracturas frágiles y dúctiles se debe considerar en el diseño de tuberías que transportan líquidos que se convierten en gases en o cerca de las condiciones atmosféricas. Se debe proporcionar protección para limitar la ocurrencia y la longitud de las fracturas a lo largo de la tubería con consideración especial en áreas industriales, áreas residenciales, áreas comerciales, cruces de ríos, cruces de carreteras y ferrocarriles y otras áreas apropiadas.

403.7.3 Fracturas frágiles. Se evitará la propagación de fracturas frágiles mediante la selección de un tubo de acero que se rompa de manera dúctil a las temperaturas de funcionamiento.

403.7.4 Fracturas dúctiles. La propagación de fracturas dúctiles debe minimizarse mediante la selección de un tubo de acero con la tenacidad a la fractura adecuada y/o mediante la instalación de protectores contra fracturas adecuados. Ver ASME B31T para

más información sobre cómo determinar la tenacidad apropiada del acero de la tubería. La consideración del diseño debe incluir el diámetro de la tubería, el espesor de la pared, la tenacidad a la fractura, el rendimiento fuerza, presión de operación, temperatura de operación y las características de descompresión de la tubería contenido.

#### 403.8 Criterios para cruces

403.8.1 Generalidades. El cruce de agua, ferrocarriles, carreteras, tuberías extranjeras y servicios públicos requiere variaciones en el diseño básico de tuberías. La ubicación de tuberías enterradas, líneas de servicios públicos y otras estructuras subterráneas a lo largo y que cruzan el derecho de paso propuesto se determinará y considerará en el diseño.

403.8.2 Cruces de agua con trincheras. El diseño de cruces de ríos, arroyos, lagos y cuerpos de agua interiores deberá incluir la investigación de la composición del fondo y las capas subyacentes, la variación de los bancos, la velocidad del agua, la socavación y las condiciones estacionales especiales.

Cuando se requiera, se prepararán planos y especificaciones detalladas, teniendo en cuenta éstas y las consideraciones o limitaciones especiales impuestas por los organismos reguladores involucrados. Los planos y especificaciones deberán describir la posición de la línea que muestra la profundidad por debajo del nivel medio bajo del agua cuando corresponda.

Se puede especificar una tubería de pared más gruesa. El enfoque y la posición de la línea en las orillas son importantes, al igual que la posición de la línea en el fondo. Se darán consideraciones especiales a la profundidad de la cubierta y otros medios para proteger la tubería en los cruces costeros y ribereños.

Se prestará especial atención a los revestimientos protectores y al uso de revestimientos de peso, pesos de río y anclas. API RP 1133 se puede utilizar como orientación adicional.

δ22P

403.8.3 Cruces Taladrados Direccionalmente. Se debe dar consideración específica a las tensiones y cargas dinámicas asociadas con la instalación de cruces perforados direccionalmente, incluyendo carga axial, fluencia, pandeo, flexión y otras cargas dinámicas o una combinación de estas cargas. Las tensiones calculadas en la tubería y los accesorios no deberán exceder los límites permisibles identificados

en la Tabla 403.3.1-1, incluidos los esfuerzos de flexión residuales.

Los diseños deberán incluir la selección de la ubicación de los puntos de entrada y salida de la instalación propuesta, los espacios libres en los puntos de cruce de otras instalaciones subterráneas y el espacio entre el cruce perforado direccionalmente y las tuberías, los servicios públicos y los cables subterráneos paralelos.

Al finalizar la ruta de la tubería propuesta, cada operador deberá (a) realizar un

estudio del sitio para identificar tuberías, servicios públicos, cables y otras estructuras subterráneas cercanas que puedan verse potencialmente afectadas por las operaciones de perforación e instalación

(b) contactar y comunicarse con otras instalaciones propietarios identificados en (a)

(c) ubicar y marcar físicamente todas las tuberías, servicios públicos, cables y otras estructuras subterráneas cercanas o paralelas dentro de los 100 pies (30 m) de la operación de perforación

(d) analizar la precisión del método especificado para el seguimiento de la posición de la sarta piloto durante la perforación, incluido el efecto sobre el sistema de seguimiento de las líneas paralelas de energía o comunicación (superficiales o subterráneas) y los sistemas de protección catódica que operan en las inmediaciones ( e ) realizar perforaciones

en el suelo y evaluaciones geotécnicas si se desconocen las condiciones del subsuelo

403.8.4 Cruces elevados. Los puentes aéreos suspendidos u otras estructuras aéreas utilizadas para suspender tuberías se deben diseñar y construir dentro de las restricciones o regulaciones del organismo regulador que tenga jurisdicción. Se pueden utilizar puentes colgantes, puentes de acero prefabricados, puentes de hormigón armado y puentes de tuberías autoperforantes. Los esfuerzos producidos por el peso de la tubería, las cargas ambientales y otras cargas predecibles no deben exceder los esfuerzos máximos permitidos por este Código. Cuando sea necesario, se prepararán planos y especificaciones detallados.

El diseño de cruces elevados utilizando un puente dedicado con tramos autosoportados que están especialmente diseñados para el cruce de la tubería deberá considerar lo siguiente:

(a) tubería y peso del contenido (b)

cargas externas como viento, nieve y hielo (c) inundaciones

(d) tensiones

térmicas (e) aislamiento

eléctrico de la tubería de la estructura de acero de soporte para evitar la interferencia con la protección catódica de la tubería (f) control de la

corrosión atmosférica

403.8.5 Cruces adjuntos a puentes. Además de los problemas de soporte estructural, el movimiento diferencial entre el puente y la tubería debido a tensiones térmicas y cargas externas se considerará en el diseño del cruce de la tubería. Además de las consideraciones de diseño enumeradas en el párr. 403.8.4, se deben considerar los requisitos especiales para evitar que los vehículos, los productos químicos descongelantes, los componentes del puente y otros peligros específicos del sitio dañen la tubería.

403.8.6 Cruces de carreteras y ferrocarriles. Esfuerzos por presión interna de diseño y carga externa en tubería instalada bajo vías férreas o carreteras sin uso de revestimiento no debe exceder los esfuerzos permisibles especificados en la Tabla 403.3.1-1. Se prefiere la instalación de tubería portadora sin revestimiento. La instalación del portador, o la carcasa, si se usa, puede estar de acuerdo con API RP 1102 u otro estándar apropiado. Si se utiliza un revestimiento, la tubería portadora revestida debe estar sostenida de manera independiente fuera de cada extremo del revestimiento y aislada del revestimiento en toda la sección del revestimiento, y los extremos del revestimiento deben sellarse con un material duradero no conductor de electricidad.

403.8.7 Cruces de Ductos y Servicios. Los cruces de tuberías deben diseñarse para proporcionar un mínimo de 12 pulgadas. (300 mm) de separación entre la tubería y otras tuberías y servicios públicos, a menos que se proporcionen otras medidas de protección. El asentamiento del suelo, la socavación y las cargas cíclicas se deben considerar en el diseño de cruces de tuberías para garantizar que se mantenga la separación durante el vida útil de diseño de ambas líneas. Se deberá considerar el apoyo de otras tuberías y servicios públicos durante y después de la construcción.

## 403.9 Criterios de Expansión y Flexibilidad

403.9.1 Tuberías no restringidas. Las tuberías deben diseñarse para tener suficiente flexibilidad para evitar que la expansión o la contracción causen tensiones en el material de la tubería o en los componentes de la tubería que excedan los permisibles especificados en este documento, incluidas juntas, conexiones, puntos de anclaje o puntos de guía.

NOTA: Las fuerzas y los momentos admisibles en el equipo pueden ser menores que para la tubería conectada.

No se requiere un análisis de la flexibilidad adecuada de la tubería no restringida para una tubería que

(a) ha sido previamente analizado (b) es

de tamaño uniforme, no tiene más de dos puntos de anclaje y no tiene restricciones intermedias, y cae dentro de las limitaciones de la siguiente fórmula empírica:

$$Dy/(LU)^2 \leq k$$

dónde

D = diámetro exterior de la tubería, pulg. (mm)

K = 0,03 para las unidades habituales de EE. UU. enumeradas anteriormente

= 208 para las unidades SI enumeradas anteriormente

L = longitud desarrollada de la tubería entre anclajes,  
pies (m)

U = distancia en línea recta entre anclajes, pies (m) y = resultante de las deformaciones por desplazamiento total, mm (pulg), que debe absorber la tubería ( $U\Delta T$ )

Toda tubería que no cumpla los requisitos indicados anteriormente se analizará mediante un método simplificado, aproximado o completo, según corresponda. Se tendrán en cuenta los efectos de todas las partes de la tubería y los componentes y de todas las restricciones, incluida la fricción.

403.9.2 Tuberías enterradas restringidas. Las tuberías enterradas se consideran restringidas. Los cálculos de estrés son necesarios para tuberías enterradas siempre que se esperen cambios significativos de temperatura o que la tubería se desvíe de una línea recta. La operación segura de una tubería enterrada se basa en la suposición de que la tubería se mantiene en su posición en el suelo mediante el apoyo del suelo debajo y en los lados. La tubería también debe contar con una cubierta de suelo adecuada para evitar que se levante del suelo en las curvas. Los efectos de flotabilidad en una tubería sumergida se deben considerar en su estabilidad.

En los extremos de una tubería enterrada, las fuerzas térmicas y de presión pueden causar un movimiento longitudinal significativo de la tubería, ya que el suelo normalmente no puede proporcionar la restricción para evitar el movimiento. La longitud de la tubería sujeta a movimiento axial puede ser de varios cientos de pies, y el extremo de la tubería debe estar anclado para evitar el movimiento o diseñado para acomodar el movimiento al final de la tubería.

Las secciones de tubería enterradas que no están completamente restringidas, como en una estación de bombeo, se moverán a través del suelo y deben analizarse para ver si están sobrecargadas por la reacción con el suelo. Se puede encontrar orientación sobre la interacción suelo-tubería en las "Pautas para el diseño de tuberías enterradas" de ASCE American Lifelines Alliance, julio de 2001 (con adiciones hasta febrero de 2005) y ASME B31.1, Nonmandatory Apéndice VII.

403.9.3 Tuberías aéreas restringidas. Las tuberías aéreas restringidas deben estar ancladas de modo que la expansión o contracción longitudinal debida a los cambios térmicos y de presión sea absorbida por la compresión o tensión axial directa. También se debe considerar el esfuerzo de flexión de la viga y la posible inestabilidad elástica de la tubería y sus soportes debido a las fuerzas longitudinales de compresión. Los soportes serán diseñado para proporcionar la rigidez necesaria para evitar el pandeo lateral.

#### 403.10 Criterios para tubería usada

La tubería usada de especificación conocida enumerada en la [Tabla 403.2.1-1](#) puede usarse de acuerdo con las ecuaciones de diseño de la [sección 402](#) de este Código, sujeto a los criterios de esta sección y los requisitos de prueba. de [párrs. 437.4.1, 437.6.1, 437.6.3 y 437.6.4](#).

#### 403.11 Criterios para tubería trabajada en frío

El esfuerzo permisible para la tubería que ha sido trabajada en frío para cumplir con el límite elástico mínimo especificado y posteriormente se calienta a 600 °F (300 °C) o más (exceptuando la soldadura) debe reducirse al 75 % del valor del esfuerzo permisible según se define en el [párrafo 403.2.1](#).

#### 403.12 Criterios para esfuerzos cortantes y de carga

Los valores de esfuerzo admisible en cortante no deben exceder el 45 % del límite elástico mínimo especificado de la tubería, y los valores de esfuerzo admisible en apoyo no deben exceder 90% del límite elástico mínimo especificado de la tubería.

#### 403.13 Criterios para soportes y restricciones estructurales

Valores de tensión de tracción y compresión permisibles para los materiales usados en soportes estructurales y restricciones no deben exceder el 66% del rendimiento mínimo especificado fortaleza. Los valores de tensión admisibles en cortante y carga no deben exceder el 45 % y el 90 % del límite elástico mínimo especificado, respectivamente. Se pueden usar materiales de acero de especificaciones desconocidas para soportes y restricciones estructurales, siempre que se use una resistencia a la fluencia de 24 000 psi (165 MPa) o menos.

### 404 CRITERIOS PARA ACCESORIOS, MONTAJES Y OTROS COMPONENTES (ALTERNATIVAMENTE, CRITERIOS PARA COMPONENTES)

#### 404.1 Criterios generales para componentes de tubería

404.1.1 Accesorios para soldadura a tope de acero. Cuando se utilicen accesorios de soldadura a tope de acero (consulte [los párrafos 404.2.5 y 404.3.2](#)), deberán cumplir con ASME B16.9, ASME B16.28 o MSS SP-75.

404.1.2 Componentes que tienen valores nominales específicos de presión y temperatura. Dentro de los límites de temperatura del metal de -20 °F (-30 °C) a 250 °F (120 °C), los valores nominales de presión para los componentes deben cumplir con los establecidos para 100 °F (40 °C) en las normas y especificaciones de materiales enumeradas en la [Tabla 423.1-1](#). Las molduras, empaques, sellos y empaques no metálicos deben estar hechos de materiales que no se vean afectados por el fluido en la tubería. y deberán ser capaces de soportar las presiones y temperaturas a las que serán sometidos en servicio. Se debe dar consideración a las posibles condiciones que pueden causar bajas temperaturas en las tuberías que transportan líquidos que se convierten en gases en o cerca de las condiciones atmosféricas.

404.1.3 Valores nominales: componentes que no tienen valores nominales específicos de presión y temperatura. Los componentes de tubería que no tengan clasificaciones de presión establecidas pueden calificarse para su uso como se especifica en [los párrs. 404.10 y 423.1\(b\)](#).

404.1.4 Criterios de Presión. El componente de tubería en cualquier punto del sistema de tubería debe diseñarse para una presión de diseño interna que no debe ser menor que la presión máxima de operación en estado estable en ese punto, o menos que la presión de carga estática en ese punto con la línea en una condición estática. La presión máxima de operación en estado estable será la suma de la presión de carga estática, la presión requerida para superar las pérdidas por fricción y cualquier contrapresión requerida. Se puede dar crédito por la presión externa hidrostática, de la manera adecuada, al modificar la presión de diseño interna para su uso en los cálculos que involucran el diseño de presión de los componentes de la tubería. Se permite un aumento de presión por encima de la presión operativa máxima en estado estable debido a sobretensiones y otras variaciones de las operaciones normales de acuerdo con el [párr. 404.1.5](#).

Se deben tomar medidas en el diseño para soportar o aliviar el aumento de presión causado por el calentamiento del fluido estático en un componente de tubería.

El componente de tubería debe estar diseñado para soportar el diferencial máximo posible entre las presiones externas e internas a las que estará expuesto el componente.

404.1.5 Criterios de sobrepresión. El aumento de presión debido a sobretensiones (ver [párrafo 403.3.4](#)) y otras variaciones de las operaciones normales no debe exceder la presión de diseño interna en ningún punto del sistema de tuberías y equipos en más del 10 %.

404.1.6 Capacidades — Consideraciones para diferentes condiciones de presión. Cuando se conectan dos líneas que operan a diferentes condiciones de presión, la válvula que separa las dos líneas debe estar clasificada para el servicio más severo.

condición. Cuando una línea está conectada a una pieza de equipo que opera a una condición de presión más alta que la de la línea, la válvula que separa la línea del equipo debe estar clasificada por lo menos para la condición de operación del equipo. La tubería entre las condiciones más severas y la válvula debe estar diseñada para soportar las condiciones de operación del equipo o tubería a la que está conectada.

404.1.7 Accesorios que exceden el alcance de los tamaños estándar. Accesorios que excedan el alcance de los tamaños estándar o que se aparten de las dimensiones enumeradas en los estándares a los que se hace referencia en [los párrs.](#) Se pueden usar [404.1.1](#) y [404.4.1](#), siempre que los diseños cumplan con los requisitos de este Código.

404.1.8 Accesorios y conexiones especiales. Se permitirán accesorios de acero fundido, forjado, forjado o soldado diferentes de los especificados en las Normas Nacionales Estadounidenses aplicables y las Prácticas Estándar MSS, siempre que su diseño esté de acuerdo con [el párr. 404.10](#).

404.1.9 Termopozos. Los termopozos deben cumplir con ASME PTC 19.3 TW.

## 404.2 Cambios direccionales

404.2.1 Generalidades. Los cambios de dirección, vertical y horizontal, se pueden realizar doblando la tubería en el campo, insertando codos de inducción (también llamados codos en caliente) o instalando codos o codos fabricados.

El espesor mínimo de la pared de la tubería antes de la flexión, las curvas de campo o las curvas de inducción se determinará como para la tubería recta de acuerdo con el [párr. 403.2.1](#).

404.2.2 Curvas de campo. Los codos de obra son codos en frío, generalmente realizados en obra durante la construcción, para permita que la tubería se ajuste al contorno de la zanja. Las curvas de campo incluyen curvas verticales (sags y overbends), curvas horizontales para adaptarse a cambios de dirección y curvas combinadas.

Los dobleces deben estar libres de pandeo, grietas u otros evidencia de daño mecánico. Ondulaciones o arrugas que cumplan con los requisitos del [párr. 451.6.2.8](#) son aceptables.

Las curvas de campo deberán cumplir con los requisitos del [párr. 434.7.1](#).

El radio mínimo de las curvas en frío del campo, excepto cuando se indique en los dos párrafos siguientes, será como sigue:

Diámetro nominal	Radio mínimo de
	Doble en diámetros de tubería
NPS 12 y menor	18D
14	21
16	24
18	27
NPS 20 y más grande	30

En algunos casos, la tubería de pared delgada requerirá el uso de un mandril interno cuando se doble a los radios mínimos tabulados anteriormente.

Las curvas se pueden hacer doblando la tubería en tamaños NPS 14 y mayores a un radio mínimo de 18D. Sin embargo, doblar la tubería a radios que se acerquen a 18D deberá cumplir con los criterios de este párrafo y dependerá de espesor de pared, ductilidad, relación entre el diámetro de la tubería y el espesor de pared, uso de mandril de doblado y habilidad del equipo de doblado. Se deben hacer dobleces de prueba para determinar que el procedimiento de doblez en campo usado produce dobleces que cumplen los requisitos de este párrafo y que el espesor de la pared después de la flexión no sea menor que el mínimo permitido por la especificación de la tubería.

Las curvas frías deben tener tangentes en cada extremo de acuerdo bailar con [para. 434.7.1\(d\)](#).

404.2.3 Curvas de Inducción. Los codos por inducción se hacen calentando la tubería y formando el codo bajo condiciones controladas. El espesor mínimo de la pared de la tubería antes de doblarla se determinará como para la tubería recta de acuerdo con el [párr. 403.2.1](#). Las curvas de inducción deberán cumplir con ASME B16.49.

Los dobleces deben estar libres de pandeo, grietas u otros evidencia de daño mecánico. Ondulaciones o arrugas que cumplan con los requisitos del párr. 451.6.2.8 son aceptables.

El diámetro de la tubería no debe reducirse en ningún punto en más del 21/2 % del diámetro nominal, y el codo completo debe pasar el raspador de tamaño especificado.

Cuando se hacen dobleces en caliente en tuberías que han sido trabajadas en frío para cumplir con el límite elástico mínimo especificado, el espesor de la pared debe determinarse utilizando los valores de tensión más bajos de acuerdo con el párrafo 1. 403.11.

**404.2.4 Curvas en inglete.** En los sistemas destinados a operar con una tensión circunferencial de más del 20% de la resistencia a la fluencia mínima especificada de la tubería, las curvas en inglete son prohibido. Las curvas de inglete que no superen los 121/2 grados se pueden utilizar en sistemas que funcionan con una tensión circunferencial del 20 % o menos del límite elástico mínimo especificado de la tubería, y la distancia mínima entre ingletes medida en la entropierna no debe ser menor que el diámetro de una tubería. Cuando el sistema va a funcionar con una tensión circunferencial inferior al 10 % del límite elástico mínimo especificado de la tubería, no se aplicará la restricción de 121/2 grados de inglete máximo y la distancia entre ingletes. Las deflexiones causadas por una desalineación de hasta 3 grados no se consideran dobleces en inglete.

Se debe tener cuidado al hacer uniones en inglete para proporcionar la separación y alineación adecuadas y soldaduras de penetración total.

**404.2.5 Curvas y codos fabricados en fábrica.** El espesor mínimo del metal de los codos bridados o roscados no debe ser menor que el especificado para las presiones y temperaturas en la norma ASME aplicable o en la práctica estándar MSS.

Los codos de acero para soldar a tope deben cumplir con ASME B16.9, ASME B16.28 o MSS SP-75, y deben tener clasificaciones de presión y temperatura basadas en los mismos valores de tensión que se usaron para establecer las limitaciones de presión y temperatura para tuberías de materiales iguales o equivalentes.

Los codos y codos fabricados en fábrica deberán tener aproximadamente las mismas propiedades mecánicas y composición química que la tubería a la que se sueldan.

Los segmentos transversales cortados de codos y codos fabricados en fábrica para soldadura de acero forjado se pueden usar para cambios de dirección, siempre que la distancia del arco medida a lo largo de la entropierna sea de al menos 50 mm (2 pulg.) en tuberías de tamaño NPS 4 y mayores.

Si el diámetro interno de los codos y codos fabricados en fábrica difiere en más de 3/16 pulg. (5 mm) del de la tubería, el accesorio debe tratarse como se indica en la Figura 434.8.6-2 o usar un niple de transición no menos de la mitad del diámetro de la tubería de longitud con diseños de juntas aceptables como se ilustra en la Figura 434.8.6-2.

Si se utilizan codos fabricados en fábrica en líneas a campo traviesa, se debe tener cuidado para permitir el paso de las herramientas de inspección en línea.

**404.2.6 Curvas Arrugadas.** No se utilizarán curvas arrugadas.

### 404.3 Conexiones de ramales

**404.3.1 Generalidades.** Las conexiones de derivación se pueden hacer por medio de tes, cruces, cabezales de salida extruidos reforzados integralmente o conexiones soldadas, y se deben diseñado de acuerdo con los requisitos de este párrafo.

**404.3.2 Tees y cruces.** Las tes y cruces de acero para soldadura a tope se pueden usar para todas las relaciones entre el diámetro del ramal y el diámetro del cabezal y todas las relaciones entre la tensión circunferencial de diseño y el límite elástico mínimo especificado del cabezal y el ramal contiguos, siempre que cumplan con ASME B16.9, ASME B16. 28 o MSS SP-75. Los valores nominales de presión y temperatura se deben basar en los mismos valores de tensión que se usaron para establecer las limitaciones de presión y temperatura para tuberías del mismo o materia equivalente.

El espesor mínimo del metal de las conexiones en T y cruces con bridas o roscadas no debe ser inferior al especificado para las presiones y temperaturas en la norma ASME aplicable o en la práctica estándar MSS.

#### 404.3.3 Cabezales de salida extruidos reforzados integralmente

**404.3.3.1 Definición.** Un cabezal de salida extruido es definido como un cabezal en el que el labio extruido en la salida tiene una altura por encima de la superficie del cabezal que es igual o mayor que el radio de curvatura de la parte contorneada externa de la salida, es decir,  $h_o \geq r_o$ . Consulte la Figura 404.3.3.1-1.

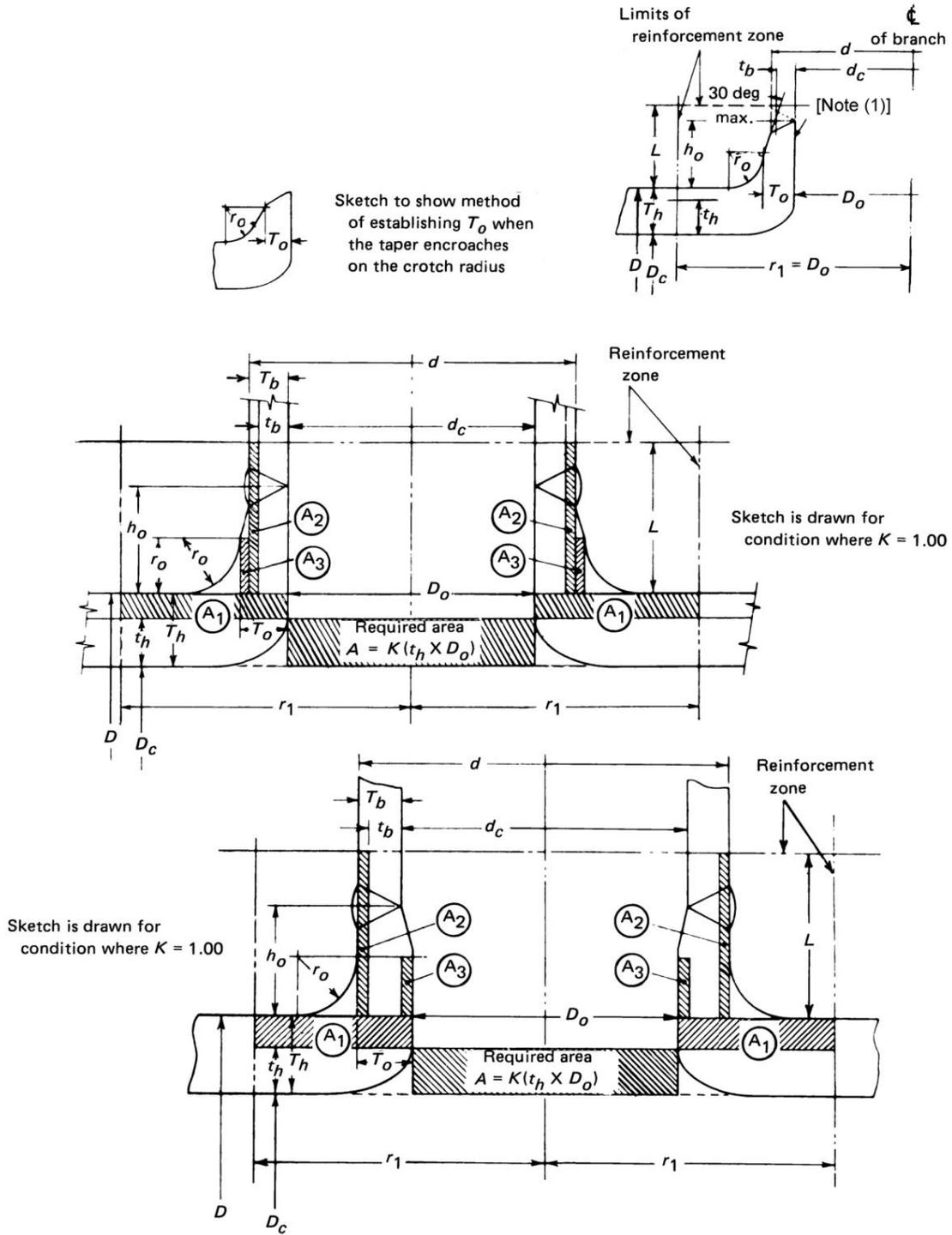
Estas reglas no se aplican a ninguna boquilla en la que se aplique material no integral adicional en forma de anillos, almohadillas o monturas.

Estas reglas se aplican solo a los casos en que el eje de la salida se cruza y es perpendicular al eje del cabezal.

**404.3.3.2 Notación.** La notación utilizada aquí se ilustra en la Figura 404.3.3.1-1. Todas las dimensiones están en pulgadas (milímetros).

D = diámetro exterior del cabezal  
 $d$  = diámetro exterior del tubo de bifurcación  
 $D_c$  = diámetro interno del cabezal  
 $d_c$  = diámetro interno del tubo de bifurcación  
 $D_o$  = diámetro interno de la salida extruida medido en el nivel de la superficie exterior del cabezal  
 $h_o$  = altura del labio extruido. Debe ser igual o mayor que  $r_o$ , excepto como se muestra en  $r_o$  a continuación.  
 $L$  = altura de la zona de refuerzo  
 $dTo = 0,7 \sqrt{\quad}$

Figura 404.3.3.1-1  
Salidas extruidas reforzadas



NOTA: (1) Diámetro interior del orificio cónico (si es necesario) para que coincida con la conicidad máxima de 1:3 del tubo de bifurcación.

$r_o$  = radio de curvatura de la porción contorneada externa de salida medido en el plano que contiene los ejes de cabecera y ramal. Esto está sujeto a las siguientes limitaciones: (a) El radio mínimo no debe ser inferior a

0,05 d, excepto que en diámetros de ramales superiores a NPS 30 no es necesario que supere las 1,50 pulgadas (38 mm). (b) El radio máximo para tamaños de tubería de salida NPS 8 y mayores no debe exceder  $0,10d + 0,50$  pulg. (13 mm). Para tamaños de tubería de salida inferiores a NPS 8, esta dimensión no debe ser superior a 1,25 pulg. (32 mm).

(c) Cuando el contorno externo contiene más de un radio, el radio de cualquier sector de arco de aproximadamente 45 grados deberá cumplir con los requisitos de radio mínimo y máximo anteriores.

(d) No se empleará maquinado para cumplir los requisitos anteriores.

$r_1$  = medio ancho de la zona de refuerzo (igual a  $D_o$ )

$T_b$  = espesor nominal real de la pared del ramal  $t_b$  = espesor requerido de la tubería del ramal de acuerdo con la ecuación de espesor de pared del párr. 403.2.1

$T_h$  = espesor de pared nominal real del cabezal  $t_h$  = espesor requerido del cabezal de acuerdo con el

ecuación de espesor de pared en el párrafo. 403.2.1

$T_o$  = espesor terminado de la salida extruida medido en una altura igual a  $r_o$  por encima de la superficie exterior de la cabecera

404.3.3.3 Criterios de Uso. Los cabezales de salida extruidos reforzados integralmente pueden usarse para todas las relaciones de diámetro de ramal a diámetro de cabezal y todas las relaciones de tensión circunferencial de diseño a límite elástico mínimo especificado del cabezal de unión y tubería de ramal, siempre que cumplan con este párrafo.

404.3.3.4 Diseño. Cuando el diseño cumpla con las limitaciones de geometría aquí contenidas, las reglas establecidas son válidas y cumplen con la intención del Código. Estas reglas cubren

requisitos mínimos y se seleccionan para garantizar un rendimiento satisfactorio de los cabezales extruidos sujetos a presión. Los cabezales extruidos se diseñarán para resistir las fuerzas y los momentos aplicados al ramal por la acción térmica. expansión y contracción; por vibración; por peso muerto de tuberías, válvulas, accesorios, cubiertas y contenidos; y por asentamiento de tierras.

404.3.3.5 Área Requerida. El área requerida es definida como  $A = K(thDO)$ , donde K se tomará como sigue:

(a) para  $d/D > 0,60$ ,  $K = 1,00$  (b) para  $d/D > 0,15$  y no superior a 0,60,  $K = 0,6 + 2/3(d/D)$

(c) para  $d/D \leq 0,15$ ,  $K = 0,70$  El

diseño debe cumplir los criterios de que el área de refuerzo definida en el párr. 404.3.3.6 no es menor que el área requerida.

#### 404.3.3.6 Área de Refuerzo. el refuerzo

el área será la suma de las áreas  $A_1 + A_2 + A_3$  como se define a continuación. (a) Área  $A_1$ . El área que se encuentra dentro de la zona de refuerzo resultante de cualquier exceso de espesor disponible en la pared de cabecera, es decir,

$$A_1 = \text{hacer (jueves)}$$

(b) Área  $A_2$ . El área que se encuentra dentro de la zona de refuerzo resultante de cualquier exceso de espesor disponible en la pared del ramal, es decir,  $A_2 = 2L(T_b t_b)$

—

(c) Área  $A_3$ . El área que se encuentra dentro de la zona de refuerzo resultante del exceso de espesor disponible en el labio de salida extruido, es decir,

$$A_3 = 2r_o(A - T_b)$$

404.3.3.7 Refuerzo de Múltiples Aberturas. Los requisitos señalados en el párr. 404.3.6, excepto que el área requerida y el área de refuerzo serán las indicadas en los párrs. 404.3.3.5 y 404.3.3.6.

404.3.3.8 Marcado. El fabricante será responsable de establecer y marcar en la sección que contiene las salidas extruidas la presión y la temperatura de diseño, "Establecidas según las disposiciones de ASME B31.4", y el nombre o marca registrada del fabricante.

404.3.4 Conexiones de ramales soldados. Las conexiones de derivación soldadas deben ser como se muestra en las Figuras 404.3.4-1, 404.3.4-2 y 404.3.4-3. El diseño deberá cumplir con los requisitos mínimos enumerados en la Tabla 404.3.4-1 y descritos en (a) a (d) a continuación. Cuando se requiera refuerzo, se aplicarán (e) y (f). (a) Se prefieren tes forjadas o cruces de diseño comprobado o cabezales extruidos reforzados integralmente. Cuando no se utilicen tales tes, cruces o cabeceras, el miembro de refuerzo debe extenderse completamente alrededor de la circunferencia de la cabecera (consulte la Figura 404.3.4-1 para construcciones típicas).

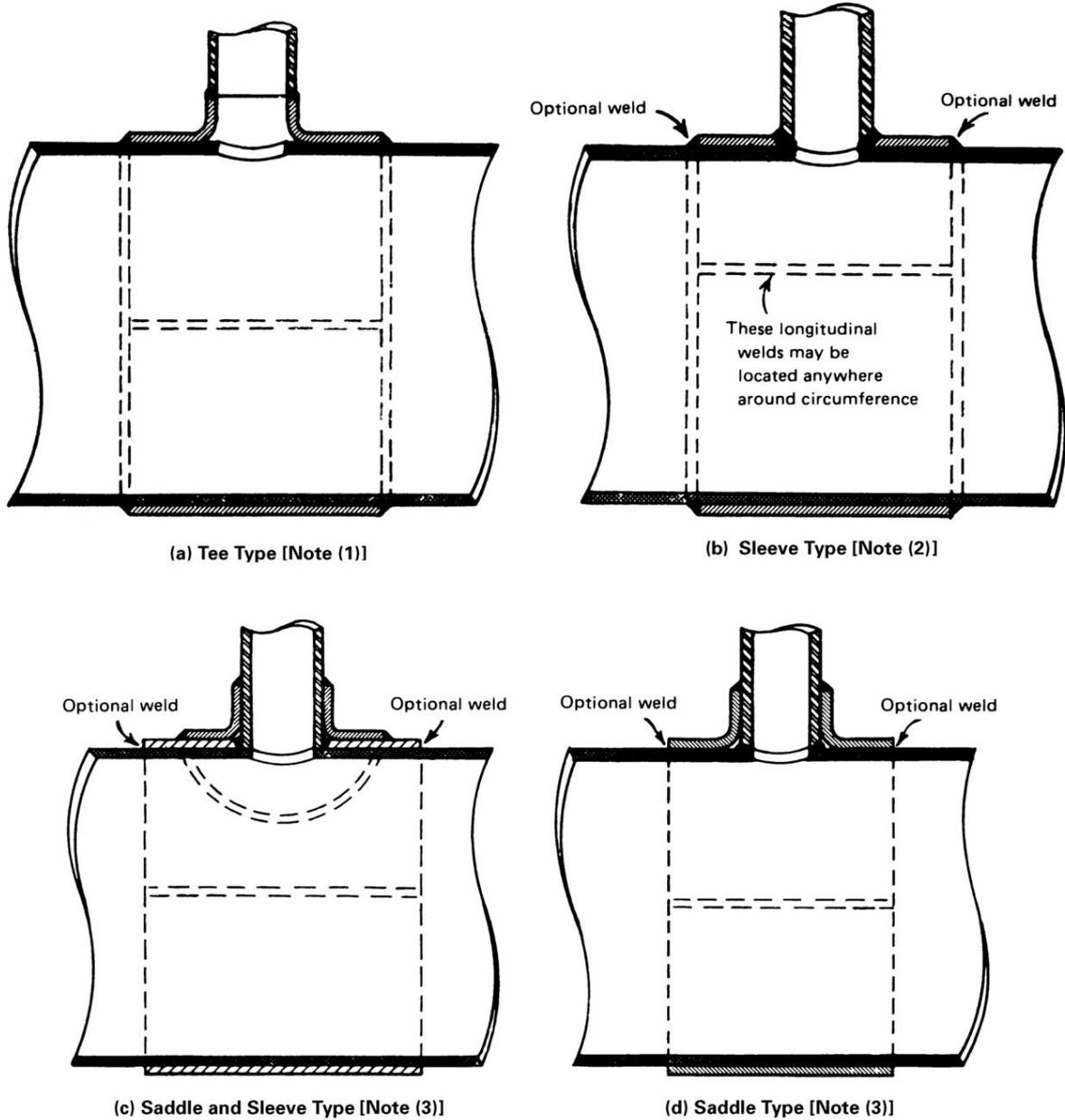
Siempre que sea posible, los bordes interiores del acabado la abertura debe redondearse a un radio de 1/8 pulg. (3 mm). Si el miembro circundante es más grueso que el cabezal y sus extremos se van a soldar al cabezal, los extremos se achaflanarán (a aproximadamente 45 grados) hasta un espesor que no exceda el grosor del cabezal y se realizarán soldaduras de filete continuas. hecho. Se prohíben las almohadillas, las monturas parciales u otro tipo de refuerzos localizados.

(b) El miembro de refuerzo puede ser del tipo de cerco completo (vea la Figura 404.3.4-1), tipo almohadilla o silla de montar (vea la Figura 404.3.4-2), o tipo accesorio de salida de soldadura. Cuando se une al dintel mediante soldadura de filete, los bordes del miembro de refuerzo deben achaflanarse (a aproximadamente 45 grados) hasta un espesor no en exceso del grosor del cabezal. el diametro de el orificio cortado en el tubo de cabecera para una conexión de derivación

ASME B31.4-2022

Figura 404.3.4-1

Detalles de soldadura para aberturas con tipos de refuerzo de cerco completo

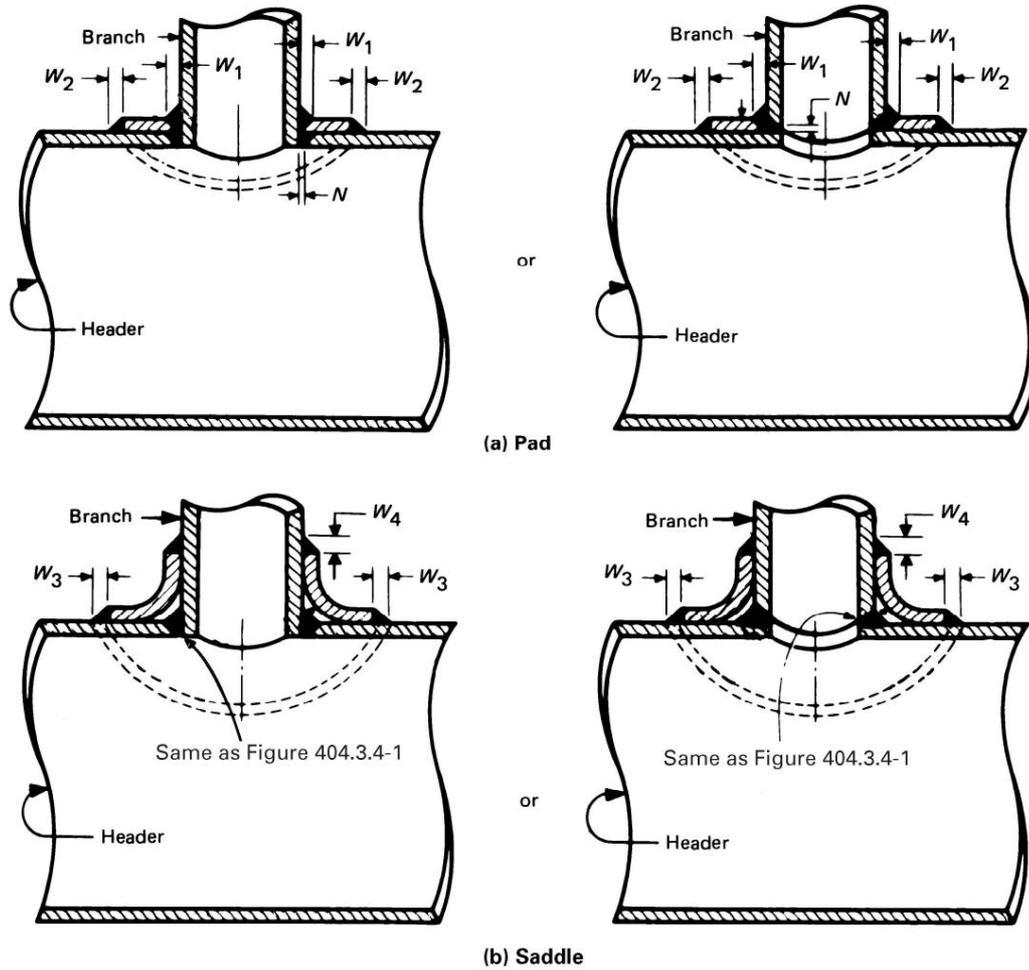


## NOTAS:

- (1) Dado que la presión del fluido se ejerce en ambos lados del metal de la tubería debajo de la T, el metal de la tubería no proporciona refuerzo.
- (2) Proporcione un orificio en el refuerzo para revelar fugas en soldaduras enterradas y para proporcionar ventilación durante la soldadura y el tratamiento térmico [ver párr. 404.3.5(h)]. No se requiere para el tipo de T.
- (3) Si el miembro circundante para el tipo T, manguito o silla de montar es más grueso que el travesaño y sus extremos se van a soldar al travesaño, los extremos deben achaflanarse (a aproximadamente 45 grados) hasta un espesor no superior a el espesor de la cabecera.

ASME B31.4-2022

Figura 404.3.4-2  
 Detalles de soldadura para aberturas con refuerzo de tipo localizado



M = espesor de pared nominal del miembro de refuerzo de la almohadilla  
 Mb = espesor de pared nominal de la silleta en el extremo de la rama  
 Mh = espesor de pared nominal de la silleta en el extremo del cabezal  
 note = 1/16 pulg. (1,5 mm) (mín.), 1/8 pulg. (3 mm) (máx.) (a menos que se use una tira trasera soldada o trasera)  
 Tb = espesor de pared nominal de la rama  
 Th = espesor de pared nominal del cabezal

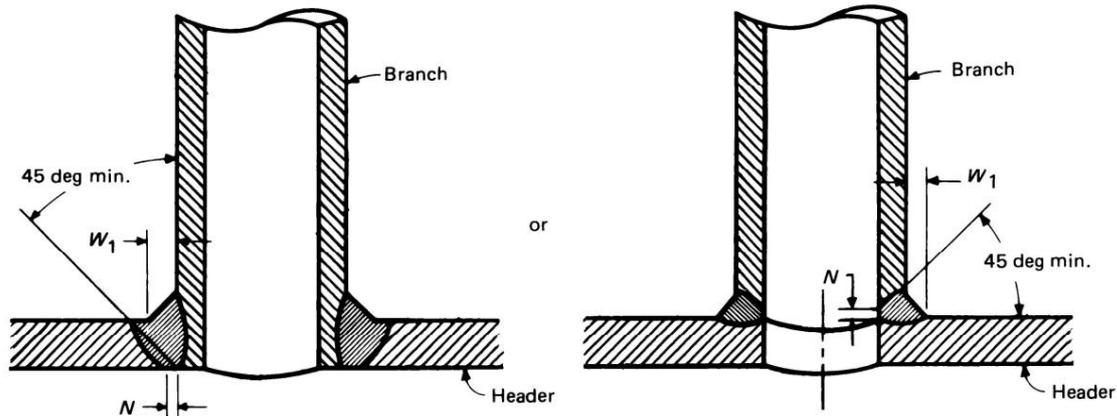
W1 (mín.) = el menor de Tb, M o 3/8 pulg. (10 mm)  
 W2 (máx.) = Th aproximado  
 W2 (mín.) = el menor de 0,7Th, 0,7M o 1/2 pulg. (13 mm)  
 W3 (máx.) = Th aproximado  
 W3 (mín.) = el menor de 0,7Th, 0,7Mh o 1/2 pulg. (13 mm)  
 W4 (mín.) = el menor de Tb, Mb o 3/8 pulg. (10 mm)

NOTAS GENERALES:

(a) Todas las soldaduras deben tener las mismas dimensiones de los lados y una garganta mínima igual a  $0,707 \times$  la dimensión del lado. (b) Si el elemento de refuerzo es más grueso en su borde que el cabezal, el borde deberá estar achaflanado (a aproximadamente 45 grados) hasta un espesor tal que las dimensiones de la pata de la soldadura de filete estén dentro de las dimensiones mínimas y máximas especificadas anteriormente. (c) Se debe proporcionar un orificio en el refuerzo para revelar fugas en soldaduras enterradas y para proporcionar ventilación durante la soldadura y el tratamiento térmico [ver paraca. 404.3.5(h)].

Figura 404.3.4-3

Detalles de soldadura para aberturas sin refuerzo distinto al de muros de cabecera y ramales



note = 1/16 pulg. (1,5 mm) (mín.), 1/8 pulg. (3 mm) (máx.) a menos que se use una tira de respaldo o una soldadura posterior  
 $T_b$  = espesor de pared nominal del

ramal  
 $T_h$  = espesor de pared nominal del cabezal

$W_1$  (mín.) = el menor de  $T_b$ ,  $T_h$  o 3/8 pulg. (10 mm)

NOTA GENERAL: Cuando se utilice silla de soldar, se deberá insertar sobre este tipo de conexión. Consulte la Figura 404.3.4-2.

Tabla 404.3.4-1

Criterios de diseño para conexiones de ramales soldados

Relación entre la tensión circunferencial de diseño y el rendimiento mínimo especificado	Relación entre el diámetro del orificio cortado para la conexión de derivación y el diámetro nominal del cabezal		
	25% o menos	Más del 25% Hasta el 50%	Más de 50%
Fuerza del encabezado			
20% o menos	Véase el párr. 404.3.4(d)	Véase el párr. 404.3.4(d)	Véanse los párrs. 404.3.4(d) y 404.3.4(e)
Más del 20% al 50%	Véanse los párrs. 404.3.4(b) y 404.3.4(c)	Véase el párr. 404.3.4(b)	Véase el párr. 404.3.4(a)
Más de 50%	Véanse los párrs. 404.3.4(b) y 404.3.4(c)	Véase el párr. 404.3.4(b)	Véase el párr. 404.3.4(a)

no debe exceder el diámetro exterior de la rama conexión por más de 1/4 pulg. (6,4 mm). (c) No se

requiere refuerzo para conexiones de derivación con corte de orificio NPS 2 o más pequeño (consulte la Figura 404.3.4-3 para obtener detalles típicos); sin embargo, se debe tener cuidado para proporcionar una protección adecuada contra las vibraciones y otras fuerzas externas a las que están sujetas estas pequeñas conexiones de derivación sometido con frecuencia.

(d) El refuerzo de la apertura no es obligatorio; sin embargo, es posible que se requiera refuerzo para casos que involucren una presión superior a 100 psi (7 bar), tubería de pared delgada o cargas externas severas.

(e) Si se requiere un miembro de refuerzo, y el diámetro de la rama es tal que un miembro de refuerzo de tipo localizado se extendería alrededor de más de la mitad de la circunferencia del cabezal, entonces se debe usar un miembro de refuerzo de tipo envolvente completo, teniendo en cuenta Se puede usar menos de la tensión circunferencial de diseño, o se puede usar una T o cruz de acero forjado de contorno suave de diseño probado o cabezal extruido.

(f) El refuerzo se debe diseñar de acuerdo con párr. 404.3.5.

#### 404.3.5 Refuerzo de Aberturas Individuales

(a) Cuando las conexiones de derivación soldadas se hacen a la tubería en forma de una sola conexión, o en un cabezal o colector como una serie de conexiones, el diseño debe ser adecuado para controlar los niveles de tensión en la tubería dentro de límites seguros. La construcción deberá tener en cuenta los esfuerzos en la pared restante de la tubería debido a la apertura en la tubería o cabecera, los esfuerzos cortantes producidos por la presión que actúa en el área de la apertura del ramal y cualquier esfuerzo externo. carga debido al movimiento térmico, peso, vibración, etc., y deberá cumplir con los requisitos mínimos enumerados en la Tabla 404.3.4-1. Los siguientes párrafos proporcionan reglas de diseño basadas en la intensificación de la tensión creada por la existencia de un agujero en una sección por lo demás simétrica. No se han evaluado las cargas externas, como las debidas a la expansión térmica o el peso no soportado de la tubería de conexión. Estos factores deben ser

atención en diseños inusuales o bajo condiciones de carga cíclica.

Cuando la tubería que ha sido trabajada en frío para cumplir con el límite elástico mínimo especificado se usa como un cabezal que contiene conexiones de derivación soldadas simples o múltiples, las tensiones deben estar de acuerdo con el párr. 403.12. (b) El

refuerzo requerido en la sección de entrepierna de una conexión de ramal soldada se determinará por la regla de que el área de metal disponible para el refuerzo ser igual o mayor que el área transversal requerida como se define en (d)(3) y en la Figura 404.3.5-1.

(c) El área de la sección transversal requerida, AR, se define como el producto de d por th

$$AR = dth$$

dónde

d = longitud de la abertura terminada en la pared de cabecera medido paralelo al eje del cabezal th = espesor de pared del cabezal de diseño requerido por el párr. 403.2.1. Para tubería soldada, cuando la rama no intersecta la soldadura de costura longitudinal o helicoidal del cabezal, el valor de tensión permisible para tubería sin costura de grado comparable puede usarse para determinar th con el propósito de calcular el refuerzo únicamente.

Cuando la rama intersecta la soldadura de costura longitudinal o helicoidal del cabezal, el valor de tensión admisible, S, del cabezal se utilizará en el cálculo. El valor de la tensión admisible, S, de la rama se utilizará para calcular tb.

(d) El área disponible para el refuerzo será la suma de

(1) el área de la sección transversal resultante de cualquier exceso de espesor disponible en el espesor del cabezal (sobre el mínimo requerido para el cabezal según se define en el párrafo 403.2.1) y que se encuentra dentro del área de refuerzo según se define en (e)

(2) el área de la sección transversal resultante de cualquier exceso de espesor disponible en el espesor de la pared de la rama sobre el espesor mínimo requerido para la rama y que se encuentra dentro del área de refuerzo como se define en (e)

(3) el área de la sección transversal de todo el metal de refuerzo agregado, incluido el metal de soldadura, que está soldado a la pared de cabecera y se encuentra dentro del área de refuerzo como se define en (e)

(e) El área de refuerzo se muestra en la Figura 404.3.5-1 y se define como un rectángulo cuya longitud se extenderá una distancia, d [ver (c)], a cada lado de la línea central transversal de la abertura terminada y cuyo ancho extenderá una distancia de 2 1/2 veces la

espesor de la pared del cabezal desde la superficie exterior del muro de cabecera, salvo que en ningún caso se extenderá más de 2 1/2 veces el espesor de la pared de la rama

de la superficie exterior del dintel o del refuerzo, si lo hubiere. (f) El material de

cualquier refuerzo agregado deberá tener un esfuerzo de trabajo permisible por lo menos igual al de la pared del dintel, excepto que se puede usar material de menor esfuerzo admisible si el área se incrementa en proporción directa de los esfuerzos admisibles para el dintel y material de refuerzo, respectivamente. (g) El material utilizado para el refuerzo

del anillo o de la silla puede tener especificaciones diferentes a las de la tubería, siempre que el área de la sección transversal se haga en proporciones correctas a la resistencia relativa de la tubería y los materiales de refuerzo a las temperaturas de operación, y siempre que tenga cualidades de soldadura comparables a las de la tubería. No se tomará crédito por la resistencia adicional del material que tenga una resistencia superior a la de la parte a reforzar.

(h) Cuando se usen anillos o monturas que cubran la soldadura entre el ramal y el cabezal, se debe proporcionar un orificio de ventilación en el anillo o montura para revelar fugas en la soldadura entre el ramal y el cabezal y para proporcionar ventilación durante las operaciones de soldadura y tratamiento térmico. Los orificios de ventilación deben taparse durante el servicio para evitar la corrosión por grietas entre la tubería y el miembro de refuerzo, pero no se debe usar ningún material de obturación que sea capaz de sostener la presión dentro de la grieta. (i) El uso de

nervaduras o cartelas no se considerará como una contribución al refuerzo de la conexión del ramal. Esto no prohíbe el uso de nervaduras o cartelas para otros fines que no sean el refuerzo, como la rigidización.

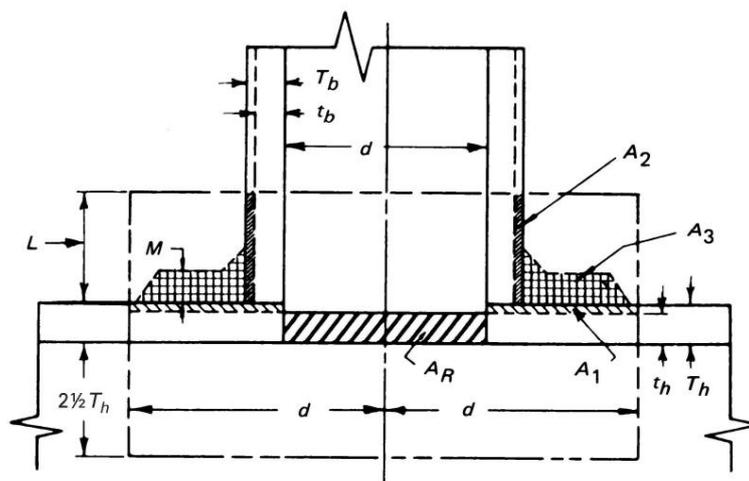
(j) La rama deberá estar unida por una soldadura por todo el espesor de la pared del ramal o cabecera más una soldadura de filete, W1, como se muestra en las Figuras 404.3.4-2 y 404.3.4-3. Se prefiere el uso de soldaduras de filete cóncavas para minimizar la concentración de tensión en las esquinas. El refuerzo de anillo o silla de montar se debe unir como se muestra en la Figura 404.3.4-2. Si el miembro de refuerzo es más grueso en su borde que el cabezal, el borde debe estar achaflanado (a aproximadamente 45 grados) hasta un espesor tal que las dimensiones de la pata de la soldadura de filete deben estar dentro de las dimensiones mínimas y máximas especificadas. en la Figura 404.3.4-2.

(k) Los anillos de refuerzo y las monturas deben estar exactamente instalados en las piezas a las que se unen. Las Figuras 404.3.4-1 y 404.3.4-2 ilustran algunas formas aceptables de refuerzo.

Las conexiones de derivación unidas en un ángulo de menos de 90 grados al cabezal se vuelven progresivamente más débiles a medida que disminuye el ángulo. Cualquier diseño de este tipo se estudiará individualmente y se proporcionará suficiente refuerzo para compensar la debilidad inherente de dicha construcción. El uso de nervaduras circundantes para soportar las superficies planas o de reingreso está permitido y puede incluirse en las consideraciones de resistencia. Se advierte al diseñador que las concentraciones de tensión cerca de los extremos de las nervaduras parciales, correas o refuerzos pueden anular su valor de refuerzo y no se recomienda su uso.

ASME B31.4-2022

Figura 404.3.5-1  
Refuerzo de Conexiones de Ramales



"Area of reinforcement" enclosed by ——— lines

Zong AR A1 + A2 + A3 disponible como refuerzo

dónde

$$A1 = (Th - th)d$$

$$A2 = 2(Tb - tb)L$$

A3 = suma del área de todo el refuerzo agregado, incluidas las áreas de soldadura que se encuentran dentro del "área de refuerzo"

AR = área de refuerzo requerida

$$= dth$$

d = longitud de la abertura terminada en la pared del dintel (medida paralela al eje del dintel)

L = menor de  $2\frac{1}{2}Th$  o  $2\frac{1}{2}Tb + M$

M = espesor real (por medición) o nominal del refuerzo agregado

Tb = espesor de pared nominal de la rama

tb = espesor de pared de la rama de diseño requerido por el párr. 403.2

Th = espesor de pared nominal del cabezal th

= espesor de pared del cabezal de diseño requerido por el párr. 403.2

#### 404.3.6 Refuerzo de Múltiples Aberturas

(a) Preferiblemente, dos ramales adyacentes deben estar espaciados a tal distancia que sus áreas individuales efectivas de refuerzo no se superpongan. Cuando dos o más ramales adyacentes estén espaciados a menos de 2 veces su diámetro promedio (de modo que sus áreas efectivas de refuerzo se superpongan), el grupo de aberturas deberá reforzarse de acuerdo con el párr. 404.3.5. El metal de refuerzo se agregará como un refuerzo combinado, cuya resistencia será igual a las resistencias combinadas de los refuerzos que se requerirían para las aberturas separadas. En ningún caso se considerará que una porción de una sección transversal se aplica a más de una abertura, o se evaluará más de una vez en un área combinada.

(b) Cuando más de dos aberturas adyacentes deban ser provistas de un refuerzo combinado, el mínimo

La distancia entre los centros de cualesquiera dos de estas aberturas deberá ser preferentemente por lo menos  $1\frac{1}{2}$  veces su diámetro promedio, y el área de refuerzo entre ellos deberá ser por lo menos igual al 50% del total requerido para estas dos aberturas en la sección transversal siendo considerado. (c)

Cuando dos aberturas adyacentes, como se considera en (b), tienen una distancia entre centros de menos de  $1\frac{1}{3}$  veces su diámetro promedio, no se otorgará crédito por refuerzo para ninguno de los metales entre estas dos aberturas. (d) Cuando

la tubería que ha sido trabajada en frío para cumplir con el límite elástico mínimo especificado se usa como un cabezal que contiene conexiones de derivación soldadas simples o múltiples, las tensiones deben estar de acuerdo con el párr. 403.12.

(e) Cualquier número de aberturas adyacentes estrechamente espaciadas, en cualquier disposición, puede reforzarse como si el grupo fuera una supuesta abertura de un diámetro que encierra todas esas aberturas.

## 404.4 Bridas

404.4.1 Generalidades. El diseño de bridas fabricadas de acuerdo con el párr. 404.4 y las normas o especificaciones enumeradas en las Tablas 423.1-1 y 426.1-1 se considerarán adecuadas para su uso en los índices de presión y temperatura establecidos en el párr. 404.1.2. Cuando se utilicen accesorios con bridas de acero, deberán cumplir con ASME B16.5.

Se permite perforar cónicamente en el interior de los cubos en bridas con cuello para soldar que tengan dimensiones que cumplan con ASME B16.5 cuando se van a unir a tuberías de pared delgada. Se recomienda que la conicidad no sea más abrupta que una relación de 1:3. Bridas para tuberías fabricadas de acuerdo con MSS SP-44 y ASME B16.47

están diseñados para acoplarse a tuberías de pared delgada y son los preferidos para este servicio.

Cuando las condiciones requieran el uso de bridas distintas a las cubiertas en el párr. 404.1.2, las bridas deben diseñarse de acuerdo con ASME BPVC, Sección VIII, División 1, Apéndice 2 obligatorio. Alternativamente, ASME BPVC Sección VIII, División 2, Parte 5, o ASME

Se puede utilizar la Sección VIII, División 3 de BPVC, siempre que se realiza el análisis detallado requerido.

404.4.2 Bridas de acero dentro del alcance de los tamaños estándar. Bridas complementarias con cuello para soldar, deslizantes, roscadas y lapeadas, bridas reductoras, bridas ciegas y bridas fundidas o forjadas integrales con tuberías, accesorios o válvulas, de conformidad con ASME B16.5, ASME B16.47 o MSS SP-44, están permitidos en los tamaños enumerados en estas normas y para las clasificaciones de presión y temperatura que se muestran en el párr. 404.1.2. El diámetro interior de las bridas del cuello de soldadura debe corresponder al interior diámetro de la tubería con la que se van a utilizar.

404.4.3 Bridas de hierro gris dentro del alcance de los tamaños estándar. Las bridas de hierro gris están prohibidas, excepto aquellas que son una parte integral de las válvulas de hierro gris, recipientes a presión y otros equipos y artículos patentados [véanse los párrs. 404.5.1 y 423.2.4(b)].

404.4.4 Bridas que exceden el alcance de los tamaños estándar. Se pueden usar bridas que excedan el alcance de los tamaños estándar o que se aparten de ASME B16.5 o MSS SP-44, siempre que estén diseñadas de acuerdo con paraca. 404.4.1.

404.4.5 Bridas de Sección Transversal Rectangular. Se pueden usar bridas deslizantes de sección transversal rectangular, siempre que estén diseñadas de modo que el espesor de la brida aumente para proporcionar una resistencia igual a la de la brida deslizante con cubo correspondiente cubierta por ASME B16.5, según lo determinado por los cálculos realizados de acuerdo con con ASME BPVC, Sección VIII, División 1.

404.4.6 Revestimientos de bridas. Las bridas de acero o hierro gris deben tener caras de contacto de acuerdo con ASME B16.1, ASME B16.5 o MSS SP-6.

Se permiten revestimientos especiales, siempre que sean capaces de soportar las mismas pruebas que las de ASME B16.5. Véase el párr. 404.4.8.3 para atornillar acero a bridas de hierro gris.

### 404.4.7 Juntas de brida

404.4.7.1 Generalidades. Las juntas deben estar hechas de materiales que no se vean afectados por el fluido en el sistema de tuberías y deben ser capaces de soportar las presiones y temperaturas a las que estarán sujetas en servicio.

404.4.7.2 Juntas Estándar. Se pueden usar juntas que cumplan con ASME B16.20 o ASME B16.21.

Las juntas metálicas que no sean de tipo anillo o de costura helicoidal no se deben usar con ASME Clase 150 o bridas más ligeras.

El uso de juntas metálicas o con camisa de metal (ya sea simple o corrugada) no está limitado (excepto lo dispuesto en la oración anterior) en cuanto a la presión, siempre que el material de la junta sea adecuado para la temperatura de servicio.

Los grupos de juntas y los materiales típicos se pueden usar como permitido en ASME B16.5, Tabla B-1.

Los anillos para juntas de juntas de anillo deben tener las dimensiones establecidas en ASME B16.20. Los materiales de estos anillos deberán ser adecuados para las condiciones de servicio encontradas y deberán ser más suaves que las bridas.

404.4.7.3 Juntas Especiales. Se pueden usar juntas especiales, incluidas las juntas aislantes, siempre que sean adecuadas para las temperaturas, presiones, fluidos y otras condiciones a las que puedan estar sujetas.

### 404.4.8 Pernos de brida

404.4.8.1 Generalidades. Los pernos deben cumplir con ASME B16.5. Los pernos o espárragos se extenderán completamente a través de las tuercas. Las tuercas deben cumplir con ASTM A194 o ASTM A325, excepto que las tuercas ASTM A307 Grado B pueden usarse en bridas ASME Clase 150 y ASME Clase 300.

404.4.8.2 Empernado para bridas aislantes. Para bridas aislantes, se pueden usar pernos de tamaño inferior a 1/8 pulg. (3 mm), siempre que se use material de pernos de acero aleado de acuerdo con las normas ASTM A193 o ASTM A354.

404.4.8.3 Empernado de acero a bridas de hierro gris. Cuando se empernan bridas de acero Clase 150 a bridas de hierro gris Clase 125, se pueden usar pernos de acero al carbono tratado térmicamente o acero aleado (ASTM A193) solo cuando ambas bridas son de cara plana y la junta es de cara completa; de lo contrario, los pernos deberán tener una resistencia máxima a la tracción no mayor que la resistencia máxima a la tracción de ASTM A307 Grado B. Cuando se atornille bridas de acero Clase 300 a bridas de hierro gris Clase 250, los pernos deberán tener una resistencia máxima a la tracción no mayor que la

máxima resistencia a la tracción de ASTM A307 Grado B. Buena la práctica indica que la brida debe tener una cara plana.

404.4.8.4 Atornillado para Bridas Especiales. Para bridas diseñadas de acuerdo con el párr. 404.4.1 (véanse los párrs. 404.4.4 y 404.4.5), los pernos deben cumplir con la sección aplicable de ASME BPVC, Sección VIII, División 1.

## 404.5 Válvulas

404.5.1 Generalidades. Se pueden usar válvulas de acero que cumplan con las normas y especificaciones enumeradas en las Tablas 423.1-1 y 426.1-1. Estas válvulas pueden contener ciertas piezas de hierro gris, maleable o forjado según lo dispuesto en API 6D.

Las válvulas de hierro gris que cumplen con las normas y especificaciones enumeradas en las Tablas 423.1-1 y 426.1-1 pueden usarse para presiones que no superen los 250 psi (17 bar). Se debe tener cuidado para evitar una carga mecánica excesiva (ver párrafo 404.4.8.3).

Los índices de presión de trabajo de las partes de acero de las válvulas de acero son aplicables con las limitaciones de temperatura de  $-20^{\circ}\text{F}$  ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) a  $250^{\circ}\text{F}$  ( $120^{\circ}\text{C}$ ) (ver párrafo 401.2.3.7). Cuando se utilicen materiales elásticos, similares al caucho o plásticos para el sellado, deberán ser capaces de resistir el fluido, la presión y la temperatura especificados para el sistema de tuberías.

404.5.2 Válvulas Especiales. Se permitirán las válvulas especiales no enumeradas en las Tablas 423.1-1 y 426.1-1, siempre que su diseño sea de al menos la misma resistencia y hermeticidad y sean capaces de soportar los mismos requisitos de prueba que se cubren en estas normas, y las características estructurales cumplan la especificación del material y los procedimientos de prueba de las válvulas en servicio similar establecidos en la lista estándares

## 404.6 Reductores

404.6.1 Reductores fabricados. Reducciones en línea

El tamaño puede hacerse mediante el uso de reductores de contorno suave fabricados de acuerdo con ASME B16.5, ASME B16.9 o MSS SP-75. Los accesorios reductores deben tener valores nominales de presión y temperatura basados en los mismos valores de tensión que se usaron para establecer las limitaciones de presión y temperatura para tuberías del mismo material o equivalente.

Cuando corresponda, los cambios en el diámetro se pueden lograr mediante la reducción de codos, reducción de tes de salida o válvulas.

404.6.2 Reductores Fabricados. Los reductores fabricados deberán cumplir con los requisitos del párr. 404.10.

Las soldaduras de costura de los reductores fabricados deben ser visualmente inspeccionado e inspeccionado por radiografía o técnicas de ondas de corte ultrasónicas.

404.6.3 Swages de piel de naranja. Los estampados de piel de naranja están prohibidos en sistemas que funcionan con tensiones de aro de más del 20 % del límite elástico mínimo especificado de la tubería. Las soldaduras de costura se inspeccionarán visualmente.

## 404.7 Cierres

404.7.1 Cierres de Apertura Rápida. Un cierre de apertura rápida es un componente que contiene presión (véase el párrafo 404.10) que se utiliza para el acceso repetido al interior de un sistema de tuberías. No es la intención de este Código imponer los requisitos de un método de diseño específico del diseñador o fabricante de un cierre de apertura rápida.

Los cierres de apertura rápida usados para contener presión bajo este Código deben tener presión y temperatura valores nominales iguales o superiores a los requisitos de diseño del sistema de tuberías al que están conectados (véanse los párrafos 403.1 a 403.6).

Los cierres de apertura rápida deben estar equipados con dispositivos de bloqueo de seguridad de conformidad con ASME BPVC, Sección VIII, División 1, UG-35(b).

La preparación de los extremos para soldar debe estar de acuerdo con el párr. 434.8.6.

404.7.2 Accesorios de cierre. Los accesorios de cierre comúnmente denominados "tapas soldadas" deben diseñarse y fabricarse de acuerdo con ASME B16.9 o MSS SP-75.

404.7.3 Cabezales de Cierre. Este Código permite el uso de cabezas de cierre planas, elipsoidales (excepto en el párrafo 404.7.2), esféricas o cónicas.

Dichos artículos se diseñarán de acuerdo con las ASME BPVC, Sección VIII, División 1. Las tensiones máximas permitidas para los materiales utilizados en estos cabezales de cierre se establecerán según las disposiciones del párr. 403.2.

Si se utilizan soldaduras en la construcción de estos cabezales, se inspeccionarán radiográficamente al 100 % de acuerdo con las disposiciones de ASME BPVC, Sección VIII, División 1.

Los cabezales de cierre deberán tener valores nominales de presión y temperatura iguales o superiores a los requisitos del párr. 403.2.1. No es la intención de este Código extender necesariamente los requisitos de diseño de ASME BPVC, Sección VIII, División 1, a otros componentes en los que las cabezas de cierre son parte de un conjunto completo.

404.7.4 Cierres fabricados. Los tapones de cáscara de naranja están prohibidos en los sistemas que funcionan con una tensión circunferencial superior al 20 % del límite elástico mínimo especificado de la tubería. Los cierres de cola de pescado y planos están permitidos para NPS 3 y más pequeños, que funcionan a menos de 100 psi (7 bar). Se prohíben las colas de pescado y los cierres planos en tuberías mayores de NPS 3.

404.7.5 Cierres de brida ciega empernados. Los cierres de bridas ciegas empernadas deben cumplir con el párr. 404.4.

### 404.8 Articulaciones

404.8.1 Soldaduras a tope. Las juntas soldadas a tope deben estar en de conformidad con el Capítulo V.

404.8.2 Juntas de brida. Las uniones bridadas deben cumplir con los requisitos del párr. 404.4.

404.8.3 Juntas roscadas. Todas las roscas de tubería externas en los componentes de la tubería deben ser roscas de tubería cónicas. Deben ser roscas de tubería de línea de acuerdo con API 5B o roscas NPT de acuerdo con ASME B1.20.1. Todas las roscas internas de tubería en componentes de tubería deben ser roscas de tubería cónicas, excepto para tamaños NPS 2 y más pequeños con presiones manométricas de diseño que no excedan 150 psi (10 bar), en cuyo caso se pueden usar hilos rectos.

404.8.4 Juntas de manguito, acopladas y otras patentadas. Se pueden usar conectores y eslabones giratorios de acero que cumplan con API 6H. Hierro gris, maleable y forjado roscado los acoplamientos son aceptables sujetos a los límites del párr. 423.2.4. Se pueden usar juntas de manguito, acopladas y otras patentadas, siempre que (a) una junta de producción haya sido sujeta a pruebas para determinar la seguridad de las juntas bajo condiciones de servicio simuladas. Cuando se anticipen vibraciones, fatiga, condiciones cíclicas, baja temperatura, expansión térmica u otras condiciones severas, se deben incorporar las condiciones aplicables en las pruebas.

(b) se toman las medidas adecuadas para evitar la separación de la junta y para evitar el movimiento longitudinal o lateral más allá de los límites previstos en el elemento de unión.

#### 404.9 Soportes, riostras, anclajes y accesorios

404.9.1 Generalidades. Se pueden utilizar las secciones correspondientes de MSS SP-58 para materiales y diseño de soportes y soportes para tuberías y de MSS SP-69 para su selección y aplicación.

Si la tubería está diseñada para operar con una tensión circunferencial de más del 20%  $S_y$ , todas las uniones soldadas a la tubería deben hacerse a un miembro cilíndrico separado que rodee completamente la tubería. Este miembro circundante será soldada a la tubería mediante soldaduras circunferenciales continuas.

404.9.2 Soportes. Los soportes deben estar diseñados para soportar la tubería sin causar esfuerzos locales excesivos en la tubería y sin imponer fuerzas de fricción axiales o laterales excesivas que puedan impedir la deseada libertad de movimiento.

404.9.3 Tirantes. Las abrazaderas y los dispositivos de amortiguación pueden ser requerido ocasionalmente para evitar la vibración de las tuberías.

404.9.4 Adjuntos. Todas las uniones a la tubería deben diseñarse para minimizar las tensiones adicionales en la pared de la tubería debido a la unión. Se prefieren los accesorios no integrales, como las abrazaderas para tubos y las vigas anulares, donde cumplirán las funciones de soporte o anclaje.

Las uniones internas y externas a las tuberías deben diseñarse de modo que no provoquen el aplastamiento de la tubería, esfuerzos de flexión localizados excesivos o gradientes térmicos perjudiciales en la pared de la tubería.

#### 404.10 Otros componentes que contienen presión

Componentes que contienen presión que no están cubiertos por las normas enumeradas en la Tabla 423.1-1 o la Tabla 426.1-1 y para las cuales no se proporcionan ecuaciones o procedimientos de diseño en este documento, se pueden usar cuando el diseño de componentes de forma, proporciones y tamaños similares ha sido probado satisfactorio por el desempeño exitoso bajo condiciones de servicio comparables. (La interpolación se puede hacer entre componentes probados de forma similar con pequeñas diferencias en tamaño o proporción.) En ausencia de tal experiencia de servicio, el diseño de presión se debe basar en un análisis consistente con la filosofía de diseño general incorporada en este Código, y respaldado por al menos uno de los siguientes:

(a) pruebas de calidad (como se describe en ASME BPVC, Sección VIII, División 1, UG-101)

(b) análisis de estrés experimental (como se describe en ASME BPVC, Sección VIII, División 2, Anexo 5-F) (c) cálculos de ingeniería

#### 404.11 Componentes de tubería usados

Los componentes de tuberías usados, como accesorios, codos, codos, intersecciones, acoplamientos, reductores, cierres, bridas, válvulas y equipos, pueden reutilizarse. (Reutilización de tubería está cubierto por el párr. 403.10). No obstante, dichos componentes y equipos se limpiarán, examinarán y reacondicionarán, si es necesario, para garantizar que cumplen todos los requisitos para el servicio previsto y que no presentan defectos. Consulte ASME PCC-2, Artículo 3.5 para obtener más información sobre la reparación y conversión de bridas.

Además, la reutilización dependerá de la identificación de la especificación bajo la cual se produjo originalmente el artículo. Cuando no se pueda identificar la especificación, se prohibirá el uso.

#### 404.12 Tuberías auxiliares y de alivio 404.12.1 Tuberías

de instrumentos y otras tuberías auxiliares. Todos los instrumentos y otras tuberías auxiliares conectadas a la tubería principal y que funcionan a una presión manométrica que superen los 15 psi (1 bar) se construirán de acuerdo con las disposiciones de este Código.

404.12.2 Tubería de alivio. La eliminación de presión o las tuberías de alivio entre el punto de origen de la presión y el dispositivo de alivio deben estar de acuerdo con este Código.

Se puede instalar una válvula de aislamiento con capacidad de alivio de flujo de diseño completo entre el punto de origen y el dispositivo de alivio, siempre que dicha válvula se pueda bloquear o sellar en la posición abierta. Tubería de eliminación del dispositivo de alivio debe estar conectado a una instalación de eliminación adecuada, que puede ser una chimenea, un pozo, un sumidero o un tanque adecuados. Esta tubería de eliminación no debe tener válvula entre el dispositivo de alivio y la instalación de eliminación, a menos que dicha válvula pueda bloquearse o sellarse en la posición abierta.

## Capítulo III Materiales

### 423 MATERIALES — REQUISITOS GENERALES

#### 423.1 Materiales y especificaciones aceptables

(a) Los materiales utilizados deberán cumplir con las especificaciones enumeradas en la [Tabla 423.1-1](#) o deberán cumplir con los requisitos de este Código para los materiales no enumerados. Las ediciones específicas de las normas incorporadas en este Código por referencia, y los nombres y direcciones de las organizaciones patrocinadoras, se muestran en el [Apéndice I obligatorio](#), ya que no es práctico referirse a una edición específica de cada norma en la [Tabla 423.1-1](#) y en todo el texto del Código. El [Apéndice I obligatorio](#) se revisará a intervalos, según sea necesario. Se pueden usar materiales y componentes que cumplan con una especificación o norma enumerada previamente en la [Tabla 423.1-1](#), o con una edición reemplazada de una especificación o norma enumerada.

(b) Salvo que se disponga lo contrario en este Código, se pueden usar materiales que no se ajusten a una especificación o norma enumerada en la [Tabla 423.1-1](#), siempre que se ajusten a una especificación publicada que cubra las propiedades químicas, físicas y mecánicas, el método y proceso de fabricación, tratamiento térmico y control de calidad, y de otra manera cumplir con los requisitos de este Código. Las tensiones admisibles se determinarán de acuerdo con la base de tensión admisible aplicable de este Código o una forma más conservadora.

base.

#### 423.2 Limitaciones sobre los Materiales

##### 423.2.1 Generalidades

(a) El diseñador deberá considerar la importancia de la temperatura en el desempeño del material. Algunos de los materiales que cumplen con las especificaciones a las que se hace referencia para su uso en virtud de este Código pueden no tener propiedades adecuadas para operar a temperaturas inferiores a -20 °F (-30 °C). Se advierte a los usuarios de este Código que consideren los efectos de las bajas temperaturas y el impacto potencial en el desempeño de la fractura a bajas temperaturas.

(b) Selección de material para resistir la corrosión, erosión, y otro deterioro en el servicio no está dentro de los alcances de este Código. Es responsabilidad del diseñador seleccionar los materiales adecuados para el servicio de fluidos o lodos en las condiciones de operación previstas. Un ejemplo de una fuente de información sobre el desempeño de los materiales en ambientes corrosivos es la encuesta de datos de corrosión

publicado por la Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión Neers

423.2.3 Acero. Los aceros para tubería se muestran en [Tabla 423.1-1](#) (excepto como se indica en el [párrafo 423.2.5](#)).

La tubería de acero diseñada para funcionar con una tensión circunferencial de más del 20 %  $S_y$  se someterá a pruebas de impacto de acuerdo con los procedimientos de API 5L, PSL 2 o ASTM A333. La temperatura de prueba debe ser la más baja de 32 °F (0 °C) o la temperatura del metal más baja esperada durante el servicio, teniendo en cuenta la temperatura registrada en el pasado. datos y posibles efectos de temperaturas más bajas del aire y del suelo. El promedio de los valores de energía Charpy de cada colada deberá cumplir o exceder lo siguiente: (a) Para todos los grados

con un  $S_y$  igual o mayor a 42,000 psi (289 MPa), el promedio mínimo requerido (conjunto de tres especímenes) de energía absorbida para cada serie basada en especímenes de tamaño completo de 0,394 pulg. × 0,394 pulg. (10 mm × 10 mm) debe ser de 20 lb-pie (27 J) para especímenes transversales o de 30 lb-pie (41 J) para muestras longitudinales. (b) Para todos los grados con un  $S_y$  inferior a 42 000

psi (289 MPa), el promedio mínimo requerido (conjunto de tres especímenes) de energía absorbida para cada calor basado en tamaño completo de 0,394 pulg. × 0,394 pulg. (10 mm × 10 mm) los especímenes serán de 13 lb-ft (18 J).

##### 423.2.4 Hierro gris, maleable y forjado

(a) No se utilizará hierro gris, maleable y forjado para piezas que contienen presión, excepto lo dispuesto en [paraca. 404.5](#) y (b) a continuación.

(b) El hierro gris, maleable y forjado son aceptables en recipientes a presión y otros equipos señalados en el [párr. 400.1.2\(b\)](#), excepto que las partes que contienen presión deben limitarse a presiones que no superen los 250 psi (17 bar).

423.2.5 Materiales para sistemas de tuberías de amoníaco anhidro líquido. Solo se debe usar acero que cumpla con las especificaciones enumeradas en la [Tabla 423.1-1](#) para componentes y equipos de tuberías que contienen presión en sistemas de tuberías de amoníaco anhidro líquido. Sin embargo, las partes internas de dichos componentes y equipos de tuberías pueden estar hechos de otros materiales adecuados para el servicio.

ø22P

La soldadura de costura longitudinal o helicoidal de la tubería soldada por resistencia eléctrica y por inducción eléctrica debe normalizarse.

Los accesorios formados en frío se normalizarán después de la fabricación.

Excepto por las cantidades permitidas en los aceros por las especificaciones individuales para aceros enumeradas en el [Apéndice I Obligatorio](#), el uso de cobre, zinc o aleaciones de estos metales está prohibido para todos los componentes de tuberías a presión sujetos a un ambiente de amoníaco anhidro líquido.

423.2.6 Materiales para uso en aplicaciones de baja temperatura. Siempre que la temperatura mínima de diseño (véase el [párrafo 401.2.3.7](#)) esté por debajo de  $-20^{\circ}\text{F}$  ( $-30^{\circ}\text{C}$ ), se debe establecer un programa de control de fracturas. El programa abordará los materiales base, la soldadura de costura del material base (si presentes), soldaduras a tope circunferenciales, soldaduras de fijación y cualquier zona afectada por el calor (HAZ) de la soldadura. De importancia primordial en el programa de control de fracturas es la prevención de la iniciación de fracturas que puede ocurrir con una pequeña concentración de esfuerzos. Como mínimo, el programa de control de fracturas deberá requerir pruebas de energía de impacto Charpy o por debajo de la temperatura mínima de diseño, como se indica en el [párr.](#)

[423.2.3](#). El requisito de energía específica es una función de la resistencia del material, su espesor y la tensión de diseño, pero no debe ser inferior a los valores de energía especificados en los [párrs. 423.2.3\(a\)](#) y [423.2.3\(b\)](#).

Véase el [párr. 403.7](#) para requisitos adicionales relativos al control de fracturas para tuberías.

Siempre que la prueba de referencia de resistencia a la fractura del fabricante se realice a la temperatura mínima de diseño de la tubería o por debajo de ella y cumpla con los requisitos del plan de control de fracturas, no se requieren pruebas adicionales de resistencia del material.

Los procedimientos de soldadura para soldaduras circunferenciales se calificarán como conformes al programa de control de fracturas mediante pruebas Charpy a la temperatura mínima de diseño o por debajo de esta.

## 425 MATERIALES APLICADOS A VARIOS PARTES

### 425.3 Juntas

Las limitaciones en los materiales de las juntas están cubiertas en el [párr. 404.4.7](#).

### 425.4 Empernado

Las limitaciones de los materiales de empernado están cubiertas en el [párr. 404.4.8](#).

ASME B31.4-2022

Tabla 423.1-1

ø22P

## Normas y especificaciones de materiales

Designación	Estándar o Especificación
Tubo	
API 5L	Tubería de línea [Nota (1)]
ASTM A53	Tubo, acero, negro y sumergido en caliente, recubierto de zinc soldado y sin costura
	Tubería de acero al carbono sin costura ASTM A106 para servicio de alta temperatura
	Tubería ASTM A134, acero, soldadura por fusión eléctrica (arco) (tamaños NPS 16 y superiores)
	Tubo de acero soldado con resistencia eléctrica ASTM A135
	Tubo de acero soldado por fusión eléctrica (arco) ASTM A139 (NPS 4 y más)
	Tubería de acero inoxidable austenítico soldada con soldadura en frío y sin soldadura ASTM A312
	Tubería de acero soldada y sin costura ASTM A333 para servicio a baja temperatura
	Tubería de acero inoxidable austenítico cromo-níquel soldada por fusión eléctrica ASTM A358 para servicio a alta temperatura y Aplicación General
	Tubería de acero soldada por arco metálico ASTM A381 para uso con sistemas de transmisión de alta presión
	Tubo de acero austenítico de gran diámetro soldado ASTM A409 para servicio corrosivo o de alta temperatura
	Tubería de acero al carbono sin costura ASTM A524 para temperaturas atmosféricas y más bajas
	Requisitos generales de la norma ASTM A530 para tuberías de acero aleado y al carbono especializadas
	Tubería de acero soldada por fusión eléctrica ASTM A671 para temperaturas atmosféricas y más bajas
	Tubo de acero soldado por fusión eléctrica ASTM A672 para servicio de alta presión a temperaturas moderadas
	Tubería de acero inoxidable ferrítico/austenítico sin soldadura y soldada ASTM A790
	Tubo de acero inoxidable ferrítico/austenítico (dúplex) ASTM A928 soldado por fusión eléctrica con adición de metal de aporte
Accesorios, válvulas y bridas	
API 6A	Válvulas para tuberías Válvulas para tuberías
API 6D	submarinas Cierres,
API 6DSS	conectores y eslabones
API 6H	giratorios Válvulas de compuerta de acero, bridas
API 600	y extremos para soldadura a tope Válvulas de compuerta
API 602	compactas de acero al carbono Válvulas de
API 603	compuerta resistentes a la corrosión Clase 150 Bridas
	de tubería y conexiones bridadas ASME B16.5 Válvulas ASME
	B16.34 — Bridas, roscadas y con extremos para soldar ASME B16.47 Bridas de
	acero de gran diámetro ASME B16.49 Codos por inducción
	de soldadura a tope de acero forjado fabricados en fábrica para sistemas de transporte y distribución ASTM A105 Piezas forjadas de acero al carbono para
	componentes de tuberías ASTM A126 Fundición de hierro gris para válvulas,
	bridas y accesorios de tubería ASTM A181 Piezas forjadas de acero al carbono para tuberías
	de uso general ASTM A182 Aleación forjada o laminada y bridas de tubería de acero
	inoxidable, accesorios forjados y válvulas y piezas para alta temperatura
	Servicio
	Fundición de acero ASTM A216, carbono, adecuada para soldadura por fusión, para servicio a alta temperatura
	Fundición de acero ASTM A217, acero inoxidable martensítico y aleación, para piezas que contienen presión, adecuado para alta temperatura
	Servicio
	Accesorios de tubería ASTM A234 de acero al carbono forjado y acero aleado para servicios de temperatura moderada y alta
	Piezas forjadas de acero al carbono y de baja aleación ASTM A350 que requieren pruebas de resistencia a muescas para componentes de tuberías
	ASTM A351 Piezas fundidas, austeníticas, para piezas que contienen presión
	Fundición de retención de presión de hierro dúctil ferrítico ASTM A395 para uso a temperaturas elevadas
	Accesorios de tubería de acero inoxidable austenítico forjado ASTM A403
	ASTM A420 Accesorios de tubería de acero al carbono forjado y acero aleado para servicio a baja temperatura [Nota (2)]
	Fundición de acero ASTM A487 adecuada para servicio a presión
	Fundición de hierro dúctil ASTM A536
	Forjas de acero aleado y al carbono ASTM A694 para bridas de tubería, accesorios, válvulas y piezas para servicio de transmisión de alta presión
	Bridas de acero forjado, aleado y al carbono ASTM A707 para servicio a baja temperatura

ASME B31.4-2022

Tabla 423.1-1  
Normas y especificaciones de materiales (continuación)

Designación	Estándar o Especificación
Accesorios, válvulas y bridas (continuación)	
Accesorios de tubería de acero inoxidable ferrítico, ferrítico/austenítico y martensítico forjado ASTM A815	
ASTM F1476 Desempeño de acoplamientos mecánicos con juntas para uso en aplicaciones de tuberías	
ASTM F1548 Desempeño de accesorios para uso con acoplamientos mecánicos con juntas utilizados en aplicaciones de tuberías	
MSS SP-44	Bridas de tubería de acero
MSS SP-55	Norma de calidad para fundiciones de acero para válvulas, bridas y accesorios y otros componentes de tuberías
MSS SP-75	Especificación para accesorios de soldadura a tope forjados de alta prueba
MSS SP-83	Uniones de tubería de acero clase 3000 para soldadura por encastre y roscadas
empernado	
Materiales de empinado de acero inoxidable y aleación de acero ASTM A193 para servicio de alta temperatura o alta presión y otros fines especiales	
Aplicaciones	
ASTM A194 Tuercas de acero aleado y al carbono para pernos para servicio de alta presión o alta temperatura, o ambos	
Pernos y espárragos de acero al carbono ASTM A307, resistencia a la tracción de 60 000 psi	
Materiales de empinado de acero aleado y acero inoxidable ASTM A320 para servicio a baja temperatura	
Pernos estructurales ASTM A325, acero, tratado térmicamente, resistencia a la tracción mínima de 120/105 ksi	
Pernos, espárragos y otros sujetadores roscados externamente de acero aleado templado y revenido ASTM A354	
Tornillos de cabeza hexagonal, pernos y espárragos ASTM A449, acero, tratado térmicamente, resistencia mínima a la tracción de 120/105/90 ksi, uso general	
Pernos estructurales ASTM A490, acero aleado, tratado térmicamente, resistencia a la tracción mínima de 150 ksi	
Placas, barras y formas estructurales [Nota (3)]	
ASTM A6	Requisitos generales para barras, placas, perfiles y tablestacas de acero estructural laminado
ASTM A20	Requisitos generales para placas de acero para recipientes a presión
ASTM A29	Requisitos Generales para Barras de Acero, Carbono y Aleadas, Forjadas en Caliente
ASTM A36	Acero estructural al carbono
Placas para recipientes a presión ASTM A225, aleación de acero, manganeso-vanadio-níquel	
Placas, láminas y tiras de acero inoxidable con cromo y cromo-níquel ASTM A240 para recipientes a presión y para	
Aplicaciones generales	
ASTM A242	Acero estructural de baja aleación y alta resistencia
Placas de acero al carbono de resistencia a la tracción baja e intermedia ASTM A283	
ASTM A285 Placas para recipientes a presión, acero al carbono, resistencia a la tracción baja e intermedia	
Acero al manganeso vanadio estructural de alta resistencia y baja aleación ASTM A441	
Placas para recipientes a presión ASTM A442, acero al carbono, propiedades de transición mejoradas	
Requisitos generales de la norma ASTM A505 para láminas y flejes de acero, aleados, laminados en caliente y en frío	
ASTM A506 Aleación y acero de aleación estructural, láminas y tiras, laminadas en caliente y laminadas en frío	
ASTM A507 Treflado de aleación y acero aleado, láminas y flejes, laminados en caliente y en frío	
Placa de acero de aleación templada y revenida de alto límite elástico ASTM A514, apta para soldar	
ASTM A515 Placas para recipientes a presión, acero al carbono, para servicio de temperatura intermedia y superior	
ASTM A516 Placas para recipientes a presión, acero al carbono, para servicio a temperatura moderada y baja	
ASTM A517 Placas para recipientes a presión, aleación de acero, de alta resistencia, templadas y revenidas	
ASTM A537 Placas para recipientes a presión, tratadas térmicamente, acero al carbono-manganeso-silicio	
Aceros estructurales de columbio-vanadio de alta resistencia y baja aleación ASTM A572	
Placas de acero al carbono estructural ASTM A573 de tenacidad mejorada	
Barras de acero ASTM A575, carbono, calidad comercial, grados M	
Barras de acero ASTM A576, al carbono, forjadas en caliente, calidad especial	
ASTM A633 Acero estructural de baja aleación y alta resistencia normalizado	
Barras de acero ASTM A663, carbono, calidad comercial, propiedades mecánicas	
Barras de acero ASTM A675, carbono, forjado en caliente, calidad especial, propiedades mecánicas	
ASTM A737 Placas para recipientes a presión, acero de baja aleación y alta resistencia	
Especificación estándar ASTM A992 para formas de acero estructural	

ASME B31.4-2022

Tabla 423.1-1

## Normas y especificaciones de materiales (continuación)

Designación	Estándar o Especificación
Misceláneas	
MSS SP-58	Colgadores y soportes para tuberías: materiales, diseño y fabricación

NOTA GENERAL: Las ediciones específicas de las normas incorporadas en este Código por referencia, y los nombres y direcciones de las organizaciones patrocinadoras, se muestran en el [Apéndice I Obligatorio](#), ya que no es práctico referirse a una edición específica de cada norma en la [Tabla 423.1-1](#) y en todo el texto del Código. El [Apéndice I obligatorio](#) se revisará a intervalos según sea necesario.

## NOTAS:

- (1) Se recomienda el uso de tubería PSL 2.
- (2) No se recomienda el grado A420 WPL9 para amoníaco anhidro debido al contenido de cobre.
- (3) A36 y A992 no están permitidos para piezas que contienen presión, como parches, placas de refuerzo o manguitos completamente soldados.

## Capítulo IV

### Requisitos dimensionales

#### 426 REQUISITOS DIMENSIONALES PARA TUBERÍAS ESTÁNDAR Y NO ESTÁNDAR COMPONENTES

##### 426.1 Componentes de tubería estándar

Los estándares dimensionales para los componentes de las tuberías se enumeran en [la Tabla 426.1-1](#). Además, ciertas especificaciones de materiales enumeradas en [la Tabla 423.1-1](#) contienen requisitos dimensionales que son requisitos de [la sección 426](#). Las dimensiones de los componentes de las tuberías deben cumplir con estas normas y especificaciones a menos que las disposiciones del [párr. 426.2](#) se cumplen.

##### 426.2 Componentes de tubería no estándar

Las dimensiones de los componentes de tubería no estándar deben ser tales que brinden resistencia y rendimiento equivalentes a los componentes estándar o según lo dispuesto en [la sección 404](#). Siempre que sea práctico, estas dimensiones deben ajustarse a las de los componentes estándar comparables.  
entradas

##### 426.3 Hilos

Las dimensiones de todas las roscas de conexión de tuberías no cubierto de otro modo por un estándar de componente rector o la especificación debe cumplir con los requisitos de las normas aplicables enumeradas en [la Tabla 426.1-1](#) (consulte [el párrafo 403.2.4](#)).

## ASME B31.4-2022

Tabla 426.1-1  
Estándares dimensionales

Designación	Estándar o Especificación
Tubo	
API 5L	Line Pipe (combinación de API 5L, API 5LS y API 5LX anteriores)
ASME B36.10M	Tubería de acero forjado soldada y sin costura
ASME B36.19M	Tubería de acero inoxidable
Accesorios, válvulas y bridas	
API 6A	Equipos para Boca de Pozo y Árbol de Navidad
API 6D	Válvulas de tubería
API 600	Válvulas de compuerta de acero, extremos bridados y soldados a tope
API 602	Válvulas de compuerta compactas de acero al carbono
API 603	Clase 150, válvulas de compuerta resistentes a la corrosión
ASME B16.5	Bridas de tubería y accesorios con bridas
ASME B16.9	Accesorios de soldadura a tope forjados hechos en fábrica
ASME B16.10	Dimensiones cara a cara y de extremo a extremo de las válvulas
ASME B16.11	Accesorios Forjados, Socket-Welding y Roscados
ASME B16.20	Juntas Metálicas para Bridas de Tubería — Junta de Anillo, Espiral y Encamisada
ASME B16.21	Juntas planas no metálicas para bridas de tubería
ASME B16.25	Extremos de soldadura a tope
ASME B16.28	Codos y retornos de radio corto para soldadura a tope de acero forjado
ASME B16.34	Válvulas: bridadas, roscadas y con extremos para soldar
ASME B16.36	Bridas de orificio
ASME B16.47	Bridas de acero de gran diámetro
ASME B16.48	Líneas en blanco
MSS SP-6	Acabados estándar para caras de contacto de bridas de tubería y bridas de extremo de conexión de válvulas y accesorios
MSS SP-25	Sistema de marcado estándar para válvulas, accesorios, bridas y uniones
MSS SP-44	Bridas de tubería de acero
MSS SP-61	Prueba de presión de válvulas de acero
MSS SP-67	Válvulas de mariposa
MSS SP-70	Válvulas de Compuerta de Hierro Gris, Extremos Bridados y Roscados
MSS SP-71	Válvulas de Retención de Columpio de Hierro Gris, Extremos Bridados y Roscados
MSS SP-75	Especificación para accesorios de soldadura a tope forjados de alta prueba
MSS SP-78	Válvulas de Macho de Hierro Gris, Extremos Bridados y Roscados
MSS SP-83	Uniones de Tubería de Acero Soldadura por Encastre y Roscada
MSS SP-95	Niples y tapones toro Swage(d)
MSS SP-97	Accesorios de salida de derivación forjados reforzados integralmente
Misceláneas	
API 5B	Roscado, calibre e inspección de roscas de revestimiento, tubería y roscas de tuberías de conducción
ASME B1.1	Roscas de tornillo en pulgadas unificadas (Forma de rosca UN y UNR)
ASME B1.20.1	Roscas de tubería, uso general (pulgadas)
ASME B1.20.3	Roscas de tubería Dryseal (pulgadas)
MSS SP-69	Colgadores y soportes para tuberías: selección y aplicación

NOTA GENERAL: Las ediciones específicas de las normas incorporadas en este Código por referencia, y los nombres y direcciones de las organizaciones patrocinadoras, se muestran en el [Apéndice I Obligatorio](#), ya que no es práctico referirse a una edición específica de cada norma en la [Tabla 426.1-1](#) y en todo el texto del Código. El [Apéndice I obligatorio](#) se revisará a intervalos según sea necesario.

## Capítulo V

# Construcción, Soldadura y Montaje

### 434 CONSTRUCCIÓN

#### 434.1 Generalidades

Las construcciones nuevas y los reemplazos de los sistemas existentes deberán estar de acuerdo con los requisitos de este Capítulo. Cuando se requieran especificaciones escritas, serán lo suficientemente detallados para garantizar que se cumplan los requisitos del presente Código. Dichas especificaciones deberán incluir detalles específicos sobre el manejo de tuberías, equipos, materiales, soldadura y todos los factores de construcción que contribuyan a la seguridad y la buena práctica de la ingeniería. No se pretende aquí que todos los elementos de construcción se cubran con todo detalle, ya que la especificación debe incluir todo. Ya sea que estén cubiertos específicamente o no, toda la construcción y los materiales deben estar de acuerdo con buena ingeniería, seguridad y prácticas comprobadas de tuberías.

#### 434.2 Calificaciones

434.2.1 Personal de Construcción. El personal de construcción involucrado en actividades críticas debe estar calificado por experiencia o capacitación. Las actividades críticas incluyen, entre otras, las siguientes: (a) operación de equipos de construcción (b) operadores de equipos de perforación direccional (c) personas responsables de ubicar estructuras subterráneas o servicios públicos (d) personas responsables de establecer la ubicación ción de la sarta piloto durante las operaciones de perforación e) operaciones de voladura

434.2.2 Inspección. La empresa operadora deberá prever la inspección adecuada de la tubería y las instalaciones relacionadas por parte de inspectores calificados para garantizar el cumplimiento de las especificaciones de construcción. La calificación del personal de inspección y el tipo y alcance de la inspección deben estar de acuerdo con los requisitos de la [sección 436](#). Las reparaciones requeridas durante la construcción nueva deben estar de acuerdo con [los párrs. 434.5, 434.8.7 y 461.1.2](#).

#### 434.3 Derecho de vía

434.3.1 Ubicación. El derecho de paso debe seleccionarse de modo que se minimice la posibilidad de peligro por el futuro desarrollo industrial o urbano o la invasión del derecho de paso.

434.3.2 Requisitos de Construcción. Las molestias para el propietario del terreno deben ser mínimas y la seguridad del público debe tener una consideración primordial.

(a) Todas las voladuras se realizarán de acuerdo con los reglamentos vigentes y serán realizadas por personal competente y personal calificado, y realizado para proporcionar protección adecuada al público en general; ganado; fauna silvestre; edificios; líneas telefónicas, telegráficas y eléctricas; estructuras subterráneas; y cualquier otra propiedad en la proximidad de la voladura.

(b) Al nivelar el derecho de paso, se hará todo lo posible para minimizar el daño a la tierra y evitar el drenaje anormal y las condiciones erosivas. La tierra debe ser restaurada a su condición casi original como sea práctico. (c) En la construcción de cruces de tuberías de ferrocarriles, carreteras, arroyos, lagos, ríos, etc., se mantendrán precauciones de seguridad tales como letreros, luces, barandas, etc., en interés de la seguridad pública. Los cruces deberán cumplir con las normas, reglamentos y restricciones aplicables de los organismos reguladores que tengan jurisdicción.

434.3.3 Levantamiento y Replanteo o Marcado. La ruta deberá ser inspeccionada y replanteada, y tal replanteo o marca debe mantenerse durante la construcción, excepto que la ruta de la tubería en alta mar deberá ser inspeccionada y la tubería deberá ubicarse correctamente dentro del derecho de vía manteniendo marcadores de ruta de inspección o mediante la inspección durante la construcción. .

#### 434.4 Manejo, acarreo, tendido y almacenamiento

Se debe tener cuidado en el manejo o almacenamiento de tuberías, revestimientos, materiales de revestimiento, válvulas, accesorios y otros materiales para evitar daños. El transporte por camión u otros vehículos de carretera, vagones de ferrocarril y embarcaciones marinas se debe realizar de tal manera que se eviten daños a la tubería y a los revestimientos aplicados previamente. El transporte de tubería de conducción deberá cumplir con los requisitos de API RP 5LT, API RP 5LW y API RP 5L1, según corresponda. En el caso de que la tubería se recubra en el patio o en la fábrica, se deben tomar las precauciones adecuadas para evitar daños a la tubería. revestimiento al transportar, levantar y colocar en el derecho de paso. No se debe permitir que la tubería caiga y golpee objetos que distorsionen, abollen, aplasten, agujereen o hagan muescas en la tubería o dañen el revestimiento, pero deben levantarse o bajarse con un equipo adecuado y seguro.

### 434.5 Daños a artículos fabricados y tuberías

(a) Los elementos fabricados, como trampas raspadoras, colectores, cámaras de volumen, etc., deberán inspeccionarse antes de ensamblarlos en la línea principal o colector y los defectos deberán repararse de acuerdo con las disposiciones de la norma o especificación aplicable a su fabricación.

(b) La tubería deberá inspeccionarse antes de recubrir y antes de ensamblarla en la línea principal o en el manifold. Distorsión, pandeo, abolladura, aplanamiento, ranurado, ranuras o muescas, y todos los defectos de esta naturaleza se evitarán, repararán o eliminarán como se especifica en este documento.

(1) Se eliminarán las gubias, ranuras o muescas perjudiciales. Estos defectos pueden repararse mediante el uso de procedimientos de soldadura prescritos en API 5L o eliminarse mediante esmerilado, siempre que el espesor de la pared resultante no sea menor que el permitido por la especificación del material.

(2) Cuando no se puedan cumplir las condiciones descritas en (1), la parte dañada se retirará como un cilindro. No se permiten parches de inserción. No se permiten parches soldados, que no sean un cerco completo, en tuberías destinadas a operar con una tensión circunferencial de más del 20 % de la resistencia a la fluencia mínima especificada de la tubería.

(3) Las muescas o laminaciones en los extremos de los tubos no deben repararse. El extremo dañado se quitará como un cilindro y el extremo del tubo se volverá a biselar correctamente.

(4) Se descartarán las longitudes distorsionadas o aplanadas.

(5) Una abolladura que contenga un concentrador de tensión, tal como un rasguño, hendidura, ranura o quemadura de arco, deberá eliminarse cortando la parte dañada de la tubería como un cilindro.

(6) Todas las abolladuras que afecten la curvatura de la tubería en la costura o en cualquier soldadura circunferencial se eliminarán como se indica en (5). Todas las abolladuras que excedan una profundidad máxima de 1/4 pulg. (6,4 mm) en tuberías NPS 12 y más pequeñas, o el 2 % del diámetro nominal de la tubería en tamaños superiores a NPS 12, no deben permitirse en tuberías destinadas a operar con una tensión circunferencial de más del 20% de la resistencia a la fluencia mínima especificada de la tubería. No se permitirán parches, superposiciones o golpes de abolladuras en tuberías destinadas a operar con una tensión circunferencial de más del 20% de la resistencia a la fluencia mínima especificada de la tubería.

(7) La tubería abombada deberá reemplazarse como un cilindro.

### 434.6 Zanje forzoso

(a) La profundidad de la zanja deberá ser adecuada para la ubicación de la ruta, el uso de la superficie del terreno, las características del terreno y las cargas impuestas por las carreteras y vías férreas. Todas las tuberías enterradas se instalarán por debajo del nivel normal de cultivo. ción y con una cobertura mínima no inferior a la indicada en

[Tabla 434.6-1](#). Cuando no se puedan cumplir las disposiciones de cobertura de [la Tabla 434.6-1](#), la tubería puede instalarse con menos cobertura si se proporciona protección adicional para resistir las cargas externas anticipadas y para minimizar el daño a la tubería por fuerzas externas.

(b) El ancho y el grado de la zanja permitirán bajar de la tubería en la zanja para minimizar el daño al revestimiento y para facilitar el montaje de la tubería en la zanja.

(c) La ubicación de las estructuras subterráneas que se cruzan con la ruta de la zanja se determinará antes de las actividades de construcción para evitar daños a dichas estructuras.

(d) Las operaciones de zanjeo deberán seguir las buenas prácticas de tuberías y la consideración de la seguridad pública. API RP 1102 proporcionará orientación adicional.

### 434.7 Curvas, ingletes y codos

Los cambios de dirección, incluidos los pandeos o dobleces necesarios para ajustarse al contorno de la zanja, se pueden realizar doblando la tubería o usando ingletes, curvas hechas en fábrica o codos. (Ver limitaciones en [el párrafo 404.2.](#))

#### 434.7.1 Codos hechos de tubería

(a) Las curvas se deben hacer con tubería que tenga espesores de pared determinados de acuerdo con [el párr. 404.2.1](#). Cuando se hacen dobleces en caliente en tuberías que han sido trabajadas en frío para cumplir con el límite elástico mínimo especificado, los espesores de las paredes se deben determinar utilizando los valores de tensión más bajos de acuerdo con [el párrafo 1. 403.11](#).

(b) Las curvas se harán de tal manera que se preserve la forma de la sección transversal de la tubería, y no debe tener pandeo, grietas u otra evidencia de daño mecánico. El diámetro de la tubería no debe reducirse en ningún punto en más del 21 / 2 % del diámetro nominal, y el codo completo debe pasar el raspador de tamaño especificado.

(c) El radio mínimo de las curvas en frío de campo será como especificado en [el párr. 404.2.2](#).

(d) Las tangentes de aproximadamente 6 pies (2 m) de longitud son preferido en ambos extremos de las curvas frías.

(e) Cuando se hacen curvas en tubería soldada longitudinalmente, la soldadura longitudinal debe ubicarse sobre o cerca del eje neutral de la curva.

#### 434.7.2 Curvas en inglete

(a) Las curvas en inglete están permitidas sujetas a las limitaciones del [párr. 404.2.4](#). (b) Se

debe tener cuidado al hacer uniones en inglete para proporcionar el espaciamiento y alineación apropiados y soldaduras de penetración total.

#### 434.7.3 Curvas y codos fabricados en fábrica

(a) Se pueden usar codos y codos de soldadura de acero forjado fabricados en fábrica sujetos a las limitaciones del [párr. 404.2.5](#), y los segmentos transversales cortados de los mismos se pueden usar para cambios de dirección, siempre que la distancia del arco medida a lo largo de la entrepierna sea de al menos 2 pulgadas (50 mm) en tuberías de tamaño NPS 4 y mayores. (b) Si el diámetro

interno de dichos accesorios difiere en más de 3/16 pulg. (5 mm) del de la tubería, el accesorio debe tratarse como se indica en [la Figura 434.8.6-2](#) o usar un niple de transición no menos de medio tubo

Cuadro 434.6-1  
Cobertura Mínima para Tuberías Enterradas

Ubicación	Para excavación normal, pulg. (m)	Para excavación de roca que requiere voladura o remoción por medios equivalentes, pulg. (m)
Áreas agrícolas cultivadas donde es común arar o desgarrar el subsuelo	48 (1,2) [Nota (1)]	N / A
Áreas industriales, comerciales y residenciales.	48 (1,2)	30 (0,75)
Cruces de ríos y arroyos	48 (1,2)	18 (0,45)
Zanjas de drenaje en carreteras y vías férreas	48 (1,2)	30 (0,75)
Todas las demás áreas	36 (0,9)	18 (0,45)

NOTA: (1) Las tuberías pueden requerir un enterramiento más profundo para evitar daños por arado profundo; se advierte al diseñador que tenga en cuenta esta posibilidad.

de diámetro en longitud con diseños de junta aceptables como se ilustra en la Figura 434.8.6-2.

## 434.8 Soldadura

### 434.8.1 Generalidades

(a) Alcance. La soldadura en este documento se aplica a la soldadura por arco y gas de tubería en materiales de acero forjado y fundido tal como se aplica en tuberías y conexiones a aparatos o equipos. Esto incluye uniones a tope en la instalación de tuberías, válvulas, bridas, accesorios y otros equipos, y uniones soldadas con filete en ramales de tuberías, bridas deslizables, etc. No se aplica a la soldadura de uniones con costuras longitudinales o helicoidales en el fabricación de tuberías, accesorios y válvulas, o de recipientes a presión o conjuntos fabricados de acuerdo con ASME BPVC, Sección VIII, División 1 o División 2.

(b) Condiciones de soldadura. Las definiciones relacionadas con la soldadura tal como se utilizan en este Código se ajustan a las definiciones estándar establecidas por la American Welding Society y contenidas en AWS A3.0; ASME BPVC, Sección IX; y API 1104.

(c) Prácticas Seguras en Corte y Soldadura. Previo a cortes y soldaduras en áreas en las que la posible fuga o presencia de vapor o líquido inflamable constituya un riesgo de incendio o explosión, se deberá realizar una verificación minuciosa para determinar la presencia de una mezcla de gases combustibles o líquido inflamable. El corte y la soldadura comenzarán solo cuando se indiquen condiciones seguras.

### 434.8.2 Procesos de soldadura y metal de aporte

(a) La soldadura debe realizarse mediante un proceso o una combinación de procesos que produzca soldaduras que cumplan con los requisitos de calificación del procedimiento de este Código. Las soldaduras se pueden producir mediante soldadura de posicionamiento, soldadura por rodillos, o una combinación de soldadura por posición y por rodillos. (b) A menos que la empresa operadora especifique lo contrario, los electrodos y consumibles de soldadura deberán cumplir con lo siguiente:

(1) El metal de aporte y los consumibles se seleccionarán de modo que la resistencia de la soldadura completa sea igual o exceda la resistencia a la tracción mínima especificada de los materiales que se unen.

(2) Si se van a unir metales base de diferentes resistencias a la tracción, la resistencia a la tracción nominal del metal de soldadura deberá ser igual o superior a la resistencia a la tracción del más débil de los dos.

(3) Cuando se utilizan metales de aporte de diferentes resistencias en una sola soldadura, las proporciones deben ser tales que la soldadura completa sea igual a la resistencia a la tracción mínima especificada del metal base.

(4) Para aceros aleados, el análisis químico nominal del metal de soldadura debe ser el mismo que el análisis químico nominal del metal base. Si se unen metales base de diferente análisis químico, el metal de soldadura debe ser el mismo que el metal base o de composición intermedia.

Cuando se unen aceros austeníticos con aceros ferríticos, el metal de soldadura debe tener una estructura austenítica.

### 434.8.3 Cualificaciones del soldador y del procedimiento de soldadura

(a) Las calificaciones del soldador y del procedimiento de soldadura para tuberías a campo traviesa se realizarán de acuerdo con API 1104. Las calificaciones del soldador y del procedimiento de soldadura para acero aleado y para ensamblajes de tubería fabricados en taller, y la soldadura en estaciones y terminales se realizarán de acuerdo con la norma API 1104. de acuerdo con API 1104 o ASME BPVC, Sección IX. (b) Antes de cualquier soldadura cubierta por

este Código, se debe establecer y calificar una especificación de procedimiento de soldadura mediante pruebas para demostrar que se pueden producir soldaduras con propiedades mecánicas y solidez adecuadas.

Las especificaciones del procedimiento de soldadura deben estar calificadas según lo requerido por API 1104 o ASME BPVC, Sección IX, lo que sea apropiado para las ubicaciones, los materiales y el tipo de soldadura a realizar, excepto según lo modificado por lo siguiente: (1) Procedimientos de soldadura estándar.

Las especificaciones de procedimiento de soldadura estándar (SWPS) publicadas por la American Welding Society y enumeradas en el Apéndice E obligatorio de ASME BPVC, Sección IX, están permitidas para el código

construcción dentro de las limitaciones establecidas por ASME BPVC, Sección IX, Artículo V. El empleador deberá demostrar su capacidad para seguir los SWPS según lo requiere ASME BPVC, Sección IX o deberá calificar a un soldador u operador de soldadura después de cada SWPS.

(2) Calificación del Procedimiento por Otros. Para evitar la duplicación de esfuerzos, y sujeto a la aprobación del propietario, se pueden usar WPS calificados por un grupo o agencia técnicamente competente, siempre que se cumpla con lo siguiente:

(-a) Los WPS cumplen con los requisitos de ASME BPVC, Sección IX o API 1104 y cualquier requisito de calificación adicional de este Código. (-b) El empleador

ha calificado al menos un soldador u operador de soldadura siguiendo cada WPS. (-c) El nombre comercial

del empleador se mostrará en cada WPS y en cada registro de calificación. Además, los registros de calificación deberán estar firmados y fechados por el empleador, aceptando así la responsabilidad por las calificaciones realizadas por otros.

La especificación del procedimiento de soldadura deberá cumplirse durante la soldadura realizada bajo este

Código. (c) Las especificaciones del procedimiento de soldadura deberán incluir como mínimo la información requerida por API 1104 o ASME BPVC, Sección IX. Cuando los materiales, los consumibles de soldadura, la restricción mecánica, las condiciones de servicio y/o las condiciones climáticas hacen que se necesiten más detalles para producir una soldadura sólida, como el precalentamiento, la temperatura entre pasadas y el tratamiento térmico posterior a la soldadura, se proporcionarán los detalles. Cuando se unen materiales con requisitos de tenacidad a la muesca, particularmente para servicio a baja temperatura, se deben considerar los requisitos de tenacidad del metal de soldadura y de la zona afectada por el calor en la especificación del procedimiento de soldadura. Consulte ASME B31T para obtener más información sobre el procedimiento de soldadura. requisitos de calificación para tuberías que pueden estar sujetas a fallas por fragilidad debido a condiciones de servicio de baja temperatura. Cuando corresponda, el método de prueba, la temperatura, la muestra y los criterios de aceptación se especificarán en la especificación del procedimiento de soldadura.

(d) API 1104 y ASME BPVC, Sección IX contienen secciones tituladas "Variables esenciales" aplicables a las especificaciones del procedimiento de soldadura, registros de calificación del procedimiento y calificaciones del soldador. La clasificación de materiales base y materiales de relleno de soldadura en grupos no implica que otros materiales dentro de un grupo en particular puedan ser sustituidos indiscriminadamente por el material base o el material de relleno de soldadura utilizado para la prueba de calificación. Las pruebas de calificación del procedimiento de soldadura se realizarán con el metal base de mayor resistencia a soldar en los grupos de variables esenciales identificados en la especificación del procedimiento.

(e) Antes de cualquier soldadura cubierta por este Código, cada soldador u operador de soldadura deberá estar calificado según lo requerido por API 1104 o ASME BPVC, Sección IX, lo que sea apropiado para las ubicaciones, los materiales y el tipo de soldadura a realizar.

Para evitar la duplicación de esfuerzos y sujeto a la aprobación del propietario, un empleador puede aceptar la calificación de desempeño de un soldador u operador de soldadura realizada por un empleador anterior. Esta aceptación se limita a las calificaciones de desempeño que se realizaron en muestras de prueba de tuberías o tubos. El nuevo empleador deberá tener la WPS que se siguió durante la calificación o una WPS equivalente que esté dentro de los límites de las variables esenciales.

Un empleador que acepte dichas pruebas de calificación deberá obtener una copia de la prueba de calificación de desempeño registro del empleador anterior. El registro deberá mostrar el nombre del empleador que calificó al soldador u operador de soldadura y la fecha de esa calificación. Deberá estar disponible un registro que muestre el uso del proceso o procesos desde la fecha de calificación del soldador. El nombre comercial del nuevo empleador se mostrará en el registro de calificación, y deberá estar firmado y fechado por el empleador, aceptando así la responsabilidad por las calificaciones realizadas por otros.

Se requieren pruebas de recalificación de soldadores si existe alguna razón específica para cuestionar la capacidad de un soldador o si el soldador no participa en un proceso de soldadura determinado durante un período de 6 meses o más.

(f) La compañía operadora será responsable de las calificaciones de los procedimientos y soldadores. La preparación de las especificaciones del procedimiento de soldadura y/o la realización de las pruebas de calificación de soldadura pueden delegarse en otros, sin embargo, cada empresa que realiza actividades de soldadura es responsable por las actividades de soldadura realizadas por sus empleados y contratistas.

(g) Registros de calificación. Se registrará detalladamente el procedimiento de soldadura seguido durante las pruebas de calificación. Los registros de las pruebas que establecen la calificación de una especificación de procedimiento de soldadura deben conservarse mientras ese procedimiento esté en uso. Se mantendrá un registro de los soldadores calificados, que muestre la fecha y los resultados de las pruebas, durante la construcción involucrada y por 6 meses después. Estos registros estarán disponibles para el propietario o el agente del propietario y el inspector en el lugar donde se va a realizar la soldadura.

434.8.4 Normas de soldadura. Todas las soldaduras realizadas conforme a este Código se realizarán conforme a una especificación que incorpore los requisitos mínimos de este Código, y deberá abarcar los requisitos de API 1104, excepto lo dispuesto en los párrs. 434.8.3(a) y 434.8.3(b).

#### 434.8.5 Criterios de Inspección y Aceptación Requeridos

##### (a) Inspección requerida

(1) La calidad de la soldadura debe verificarse mediante inspección visual y métodos no destructivos complementarios o mediante la eliminación de soldaduras completas seleccionadas y designadas por el inspector para la prueba destructiva.

(2) Todas las soldaduras deberán inspeccionarse visualmente.

(3) Cuando la tubería se va a operar con una tensión circunferencial de más del 20 % de la resistencia a la fluencia mínima especificada de la tubería, se deben inspeccionar las soldaduras.

Un mínimo del 10 % de las soldaduras circunferenciales y el 10 % de las otras soldaduras completadas cada día deberán ser seleccionados al azar por la empresa operadora e inspeccionados de manera no destructiva.

La inspección de las soldaduras circunferenciales se realizará mediante radiografías u otros métodos volumétricos aceptados. no volumétrico

Para otras soldaduras se pueden utilizar métodos como el de penetración de tinte o el de partículas magnéticas. Cada soldadura inspeccionada deberá ser inspeccionada completamente con el método seleccionado. En las siguientes ubicaciones o condiciones, todas las soldaduras en la tubería deben inspeccionarse completamente; sin embargo, si algunas de las soldaduras son inaccesibles, se debe inspeccionar un mínimo del 90 % de las soldaduras:

(-a) dentro de áreas pobladas tales como subdivisiones residenciales, centros comerciales y áreas comerciales e industriales designadas

(-b) cruces de ríos, lagos y arroyos dentro del área sujeta a inundaciones frecuentes; y cruces de ríos, lagos y arroyos en puentes (-c) derechos de paso de vías férreas o públicas,

incluidos túneles, puentes y cruces elevados de vías férreas y carreteras (-d) aguas costeras en alta mar y tierra adentro (-e) perímetro antiguo soldaduras

en tubería usada (-f) soldaduras circunferenciales de unión no probadas hidrostáticamente de acuerdo con el párr. 437.4.1

(b) Métodos de Inspección y Estándares de Aceptación

(1) La inspección no destructiva deberá consistir en inspección visual y examen radiográfico u otros métodos no destructivos aceptables, y deberá estar de acuerdo con API 1104. Los métodos utilizados deberán ser capaces de producir indicaciones de posibles defectos que pueden interpretarse y evaluarse con precisión. Las soldaduras deberán cumplir con los estándares de aceptación para discontinuidades contenidos en API 1104, o los estándares de aceptación alternativos para soldaduras circunferenciales en el Apéndice I Obligatorio de API 1104.

(2) Las soldaduras terminadas que hayan sido removidas para un examen destructivo deberán cumplir con los requisitos de API 1104 para la calificación de soldadores mediante pruebas destructivas. No se utilizarán métodos de prueba de trepanación.

#### 434.8.6 Tipos de soldaduras, diseños de juntas y boquillas de transición

(a) Soldaduras a tope. Las uniones soldadas a tope pueden ser de una sola V, doble V u otro tipo de ranura adecuado. Se recomiendan los diseños de juntas que se muestran en la Figura 434.8.6-1 o combinaciones aplicables de estos detalles de diseño de juntas para extremos de igual espesor. La transición entre extremos de espesores desiguales puede lograrse mediante abusamiento o soldadura como se muestra en la Figura 434.8.6-2, o por medio de un niple de transición prefabricado de no menos de la mitad del diámetro del tubo de largo con diseños de junta aceptables como se ilustra en la Figura 434.8.6-2.

(b) Soldaduras de filete. Las soldaduras de filete pueden ser cóncavas o ligeramente convexas. El tamaño de una

soldadura de filete se establece como la longitud de un cateto del triángulo isósceles recto inscrito más grande, como se muestra en

Figura 434.8.6-3 que cubre los detalles de fijación recomendados de las bridas. (c) Soldaduras

por puntos. La soldadura por puntos debe ser realizada por personal calificado soldadores, al igual que todas las demás soldaduras.

#### 434.8.7 Eliminación o Reparación de Defectos

022b

(a) Quemaduras por arco. Las quemaduras por arco pueden causar serias concentraciones de tensión en las tuberías y deben evitarse, eliminado o reparado. La muesca metalúrgica causada por quemaduras de arco se eliminará mediante esmerilado, siempre que el esmerilado no reduzca el espesor de pared restante por debajo del mínimo permitido por las especificaciones del material. La eliminación completa de la muesca metalúrgica creada por una quemadura de arco se puede determinar de la siguiente manera.

Después de que se haya eliminado la evidencia visible de la quemadura del arco mediante el esmerilado, limpie el área esmerilada con un 5% a una solución de nital al 10 % o una solución de persulfato amónico al 10 % o al 20 %. Un punto oscuro es evidencia de una muesca quirúrgica de metal e indica que es necesario un pulido adicional. Si el espesor de la pared resultante después de la molienda es menor que el permitido por la especificación del material, la parte de la tubería que contiene la quemadura por arco debe retirarse o repararse de acuerdo con el párr. 451.6.

Está prohibido insertar parches.

(b) Defectos de soldadura. La autorización para la reparación de soldaduras, la remoción y reparación de defectos de soldadura y la prueba de reparaciones de soldadura deben estar de acuerdo con API 1104.

(c) Defectos de tubería. Las laminaciones, puntas abiertas u otros defectos en la tubería deben repararse o eliminarse de acuerdo con el párr. 434.5(b).

#### 434.8.8 Temperatura de precalentamiento y entre pasadas

(a) La especificación del procedimiento de soldadura deberá especificar la temperatura mínima de precalentamiento. Cuando la especificación del procedimiento de soldadura especifica el precalentamiento por encima de la temperatura ambiente, se debe especificar el método de calentamiento. Para materiales tratados térmicamente y otros materiales de alta resistencia y materiales probados contra impactos, puede ser necesario controlar las temperaturas entre pases. La empresa operadora deberá determinar cuándo son necesarios los límites de temperatura entre pasadas y, cuando sea necesario, las temperaturas entre pasadas se proporcionarán en la especificación del procedimiento de soldadura. (b) Al soldar materiales diferentes que

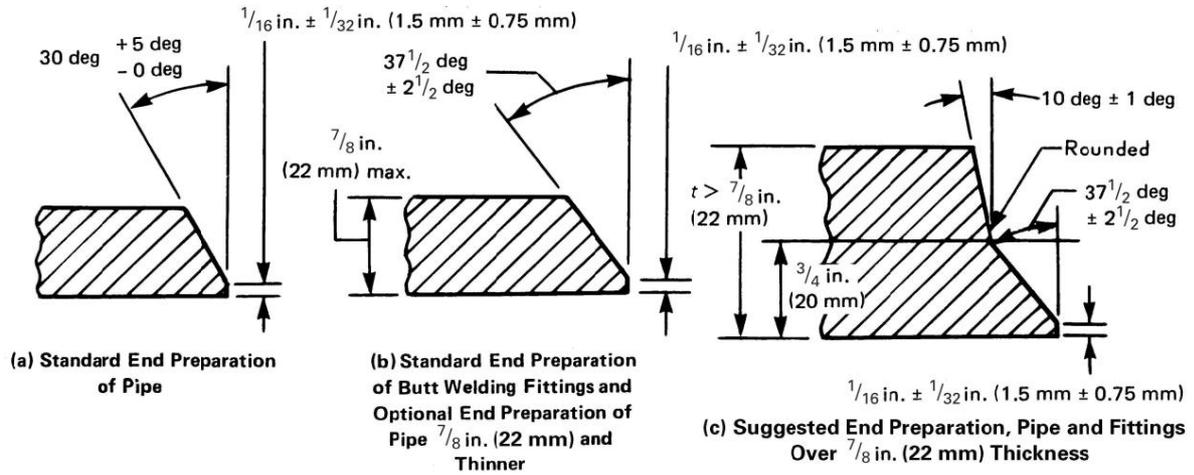
tengan diferentes requisitos de precalentamiento, el material que requiera el

governarán un precalentamiento más alto.

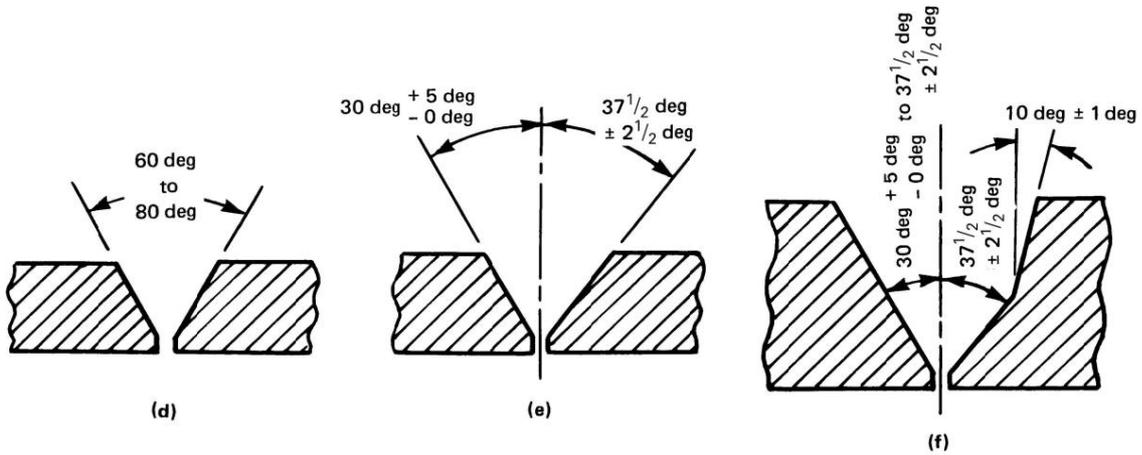
(c) La temperatura de precalentamiento debe verificarse mediante el uso de crayones indicadores de temperatura, termopares, pirómetros u otro método adecuado para asegurar que la temperatura requerida se alcanza antes y se mantiene durante la operación de soldadura.

Figura 434.8.6-1

Diseño aceptable de uniones soldadas a tope para espesores de pared iguales



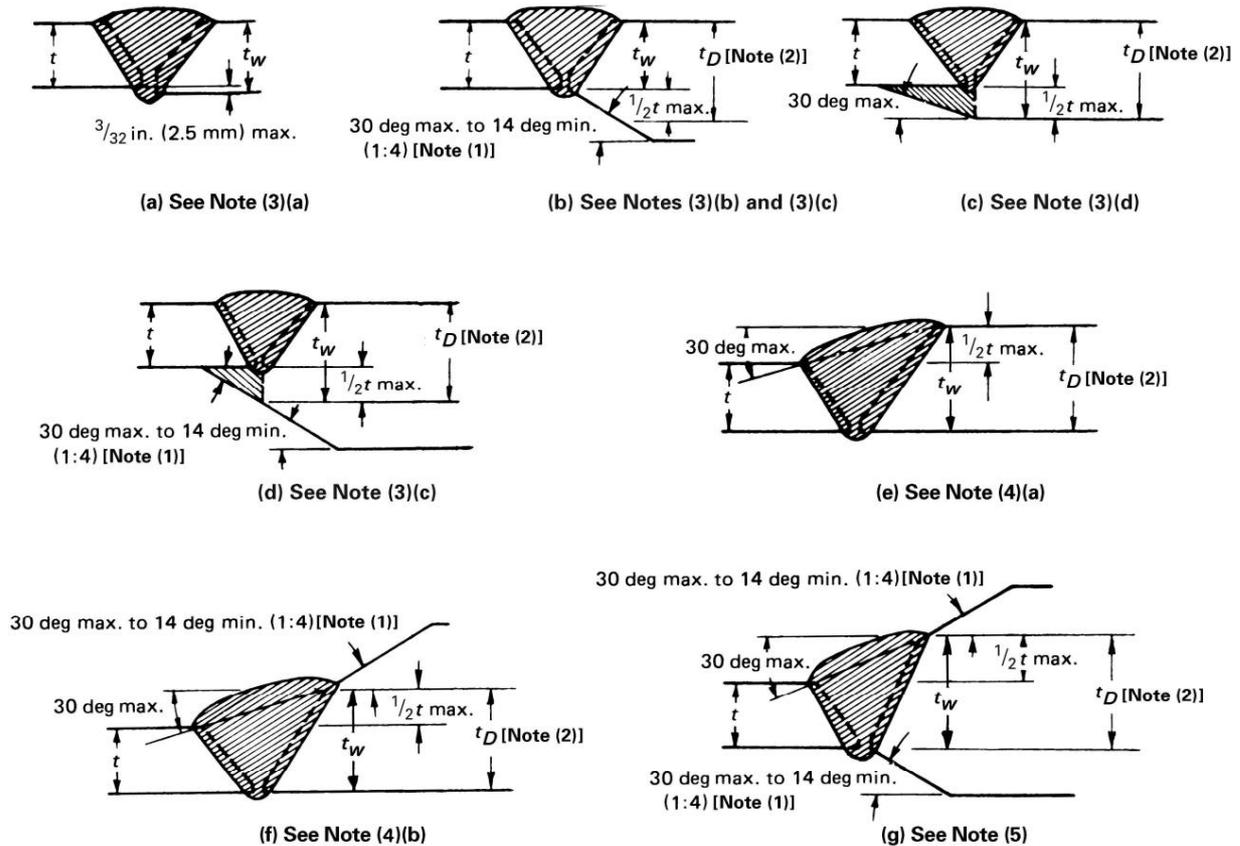
Standard End Preparations



Acceptable Combinations of Pipe End Preparations

Figura 434.8.6-2

Diseño aceptable de uniones soldadas a tope para espesores de pared desiguales



## NOTAS GENERALES:

- (a) Las ilustraciones en la Figura 434.8.6-2 ilustran preparaciones aceptables para unir extremos de tubería que tienen espesores de pared desiguales y/o materiales de límite elástico mínimo especificado desigual mediante soldadura a tope.
- (b) El espesor de pared de las tuberías que se unirán, más allá del área de diseño de la junta, deberá cumplir con los requisitos de diseño de este Código. (c) Cuando los límites mínimos de fluencia especificados de las tuberías a unir sean desiguales, el metal de soldadura depositado deberá tener propiedades mecánicas por lo menos iguales a las de la tubería que tenga la mayor resistencia. (d) La transición entre los extremos de espesores desiguales se puede lograr mediante ahusamiento o soldadura, como se ilustra, o por medio de un niple de transición prefabricado de no menos de la mitad del diámetro del tubo de longitud. (e) Deberán evitarse muescas o ranuras afiladas en el borde de la soldadura donde se une a una superficie inclinada. (f) Para unir tuberías de espesores de pared desiguales y límites elásticos mínimos especificados iguales, se aplican las reglas dadas aquí, excepto que no hay límite de ángulo mínimo a la conicidad.
- (g) La garganta de soldadura efectiva,  $t_W$ , debe usarse para determinar los requisitos de tratamiento térmico posteriores a la soldadura.

## NOTAS:

- (1) Sin mínimo cuando los materiales unidos tienen el mismo límite elástico [consulte la Nota general (f)].
- (2) El espesor máximo,  $t_D$ , para fines de diseño no debe ser superior a 1,5 t.
- (3) Diámetros Internos Desiguales (a) Si los espesores de pared nominales de los extremos de tubería adyacentes no varían más de 3/32 pulg. (2.5 mm), no es necesario un tratamiento especial, siempre y cuando la penetración y la unión completas se logran en la soldadura. Consulte la ilustración (a).
- (b) Cuando el desplazamiento interno nominal sea superior a 3/32 pulg. (2.5 mm) y no haya acceso al interior de la tubería para soldar, la transición se debe hacer mediante un corte cónico en el extremo interior del tubo más grueso. El ángulo de inclinación no debe ser mayor de 30 grados ni menor de 14 grados.
- (c) Cuando el desplazamiento interno nominal sea más de la mitad del espesor de la pared del tubo más delgado, y haya acceso al interior del tubo para soldar, la transición se puede hacer con un corte cónico en el extremo interior del tubo. tubería más gruesa [vea la ilustración (b)], o mediante una soldadura cónica combinada a la mitad del espesor de la pared de la tubería más delgada y un corte cónico desde ese punto [vea la ilustración (d)].
- (d) Para tensiones tangenciales de más del 20% del límite elástico mínimo especificado de la tubería, donde el desplazamiento interno nominal es mayor que 3/32 pulg. (2.5 mm) pero no excede la mitad del espesor de la pared de la tubería. tubería más delgada y hay acceso al interior de la tubería para soldar, la transición se puede hacer con una soldadura cónica. Consulte la ilustración (c). La tierra en la tubería más gruesa será igual al desplazamiento más la tierra en la tubería colindante.

Figura 434.8.6-2  
 Diseño aceptable de uniones soldadas a tope para espesores de pared desiguales (continuación)

NOTAS (Continuación)

(4) Diámetros Externos Desiguales (a) Cuando

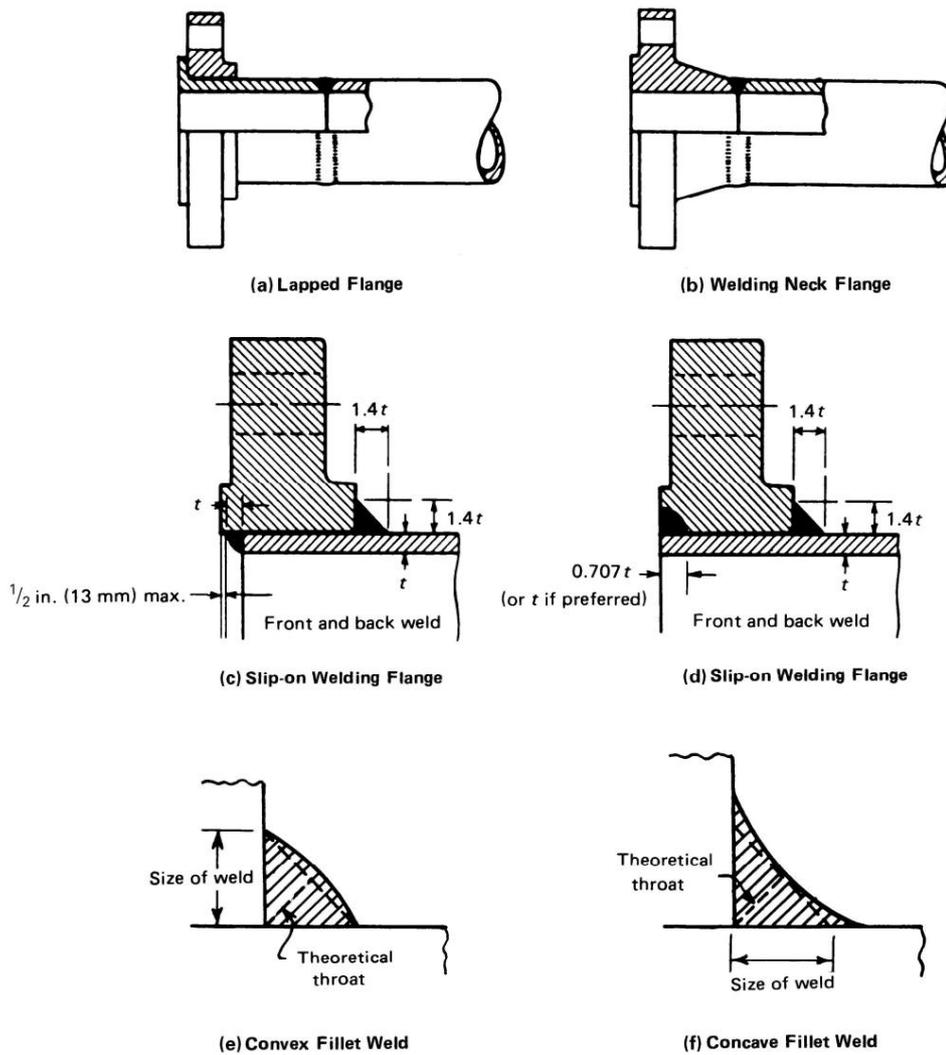
el desplazamiento externo no exceda la mitad del espesor de la pared del tubo más delgado, la transición puede hacerse mediante soldadura [ver ilustración (e)], siempre que el ángulo de elevación de la superficie de soldadura no exceda los 30 grados y ambos bordes biselados estén correctamente fusionados.

(b) Cuando haya un desfase externo que exceda la mitad del espesor de la pared del tubo más delgado, la parte del desfase superior a la mitad de la pared el espesor de la tubería más delgada será ahusado. Consulte la ilustración (f).

(5) Diámetros internos y externos desiguales. Cuando haya un desplazamiento tanto interno como externo, el diseño de la junta debe ser una combinación de las ilustraciones (a) a (f). Consulte la ilustración

(g). Se prestará especial atención a la alineación adecuada en estas condiciones.

Figura 434.8.6-3  
 Detalles de fijación recomendados de bridas



#### 434.8.9 Alivio del estrés

(a) Las soldaduras deben estar liberadas de tensión cuando la garganta de soldadura efectiva (consulte la Figura 434.8.6-2) exceda las 1 1/4 pulgadas (32 mm), a menos que pueda demostrarse mediante pruebas de calificación del procedimiento de soldadura, utilizando materiales de las mismas especificaciones. ción, tipo y grado con una garganta de soldadura efectiva que es igual o mayor que la soldadura de producción, que no es necesario aliviar el estrés.

Las soldaduras en aceros al carbono que tengan una garganta de soldadura efectiva mayor de 1/4 pulg. (32 mm) y no mayor de 1/2 pulg. (38 mm) pueden estar exentas del alivio de tensión si se alcanza una temperatura mínima de precalentamiento de 200°F (93°C). °C se utiliza. El La especificación del procedimiento de soldadura debe especificar cuándo se requiere alivio de tensión y/o tratamiento térmico debido a la composición, el espesor, el proceso de soldadura, la restricción de la unión soldada o las condiciones de servicio. Cuando sea necesario, la prueba de calificación del procedimiento de soldadura deberá incluir alivio de tensión y/o tratamiento térmico de la junta de prueba completa. Los requisitos de alivio de tensión y tratamiento térmico posteriores a la soldadura en ASME B31.3 o ASME BPVC, Sección VIII, División 1 o División 2 pueden usarse como guía para los requisitos mínimos de alivio de tensión y tratamiento térmico.

El espesor que se utilizará para determinar los requisitos de alivio de tensión de las conexiones de derivación o las bridas deslizantes será el espesor de la tubería o del cabezal. (b) En soldaduras entre materiales diferentes, si cualquiera de los materiales requiere alivio de tensión, la junta deberá requerir aliviar el estrés.

#### 434.9 Conexión

Los espacios que quedan en la construcción de la línea continua en puntos tales como cruces de ríos, canales, carreteras o ferrocarriles requieren una consideración especial para la alineación y la soldadura. Se deberá disponer de equipo suficiente y se deberá tener cuidado de no forzar o forzar la tubería para lograr la alineación adecuada.

#### 434.10 Instalación de Tubería en Zanja

Es muy importante que se minimicen las tensiones inducidas en la tubería por la construcción. La tubería deberá encajar en la zanja sin el uso de fuerza externa para mantenerla en su lugar hasta que se complete el relleno. Cuando se baje la tubería a la zanja, se debe tener cuidado para no imponer una tensión indebida en la tubería. Los bucles de holgura se pueden utilizar cuando las condiciones de colocación lo aconsejen.

#### 434.11 Relleno

El relleno se realizará de manera que proporcione un apoyo firme a la tubería. Cuando haya rocas grandes en el material de relleno, se debe tener cuidado para evitar daños a la tubería y al revestimiento por medios como el utilizando un material de protección contra rocas, o haciendo el relleno inicial con un material libre de rocas suficiente para evitar daños por rocas. Cuando la zanja esté inundada, se tendrá cuidado

para que la tubería no flote desde el fondo de la zanja antes de completar el relleno.

#### 434.12 Restauración del Derecho de Vía y Limpieza

Estas operaciones deberán seguir las buenas prácticas de construcción. ticios y consideraciones de seguridad pública y privada.

#### 434.13 Cruces Especiales

Los cruces de agua, ferrocarril y carretera requieren consideraciones específicas que no se cubren fácilmente en una declaración general, ya que todos involucran variaciones en el diseño básico. La empresa del oleoducto deberá obtener los permisos requeridos para dichos cruces.

El diseño deberá emplear ingeniería sólida y buenas prácticas de tuberías con un riesgo mínimo para la instalación y la debida consideración de la seguridad pública. La construcción se organizará de manera que resulte en una interferencia mínima con

el tráfico o las actividades de los dueños de propiedades adyacentes.

Se realizarán los esfuerzos necesarios para determinar la ubicación de tuberías enterradas, líneas de servicios públicos y otras estructuras subterráneas a lo largo y atravesando el derecho de paso propuesto.

Los propietarios de cualquier estructura afectada recibirán un aviso previo adecuado de la construcción propuesta para que el propietario pueda hacer los preparativos operativos y proporcionar un representante en el cruce.

434.13.1 Cruces de agua. Los cruces de ríos, arroyos, lagos y cuerpos de agua interiores son problemas individuales, y el diseñador debe investigar la composición del fondo, la variación de los bancos, la velocidad del agua, la socavación y los problemas estacionales especiales. El diseñador deberá determinar si el cruce será bajo el agua, sobre un puente colgante o apoyado en un puente a puente. La continuidad de la operación y la seguridad del público en general serán los factores de control tanto en el diseño como en la construcción. Cuando sea necesario, se prepararán planos y especificaciones detalladas, teniendo en cuenta éstas y las consideraciones o limitaciones especiales impuestas por el organismo regulador involucrado.

Los planos y especificaciones para la construcción submarina deberán describir la posición de la línea, mostrando la relación de la tubería con el fondo natural y la profundidad por debajo del nivel medio bajo del agua cuando corresponda. Para cumplir con las condiciones establecidas en el párr. 434.13.1, se puede especificar una tubería de pared más gruesa. El enfoque y la posición de la línea en los bancos es importante, al igual que la posición de la línea en el fondo. Se dará especial consideración a la profundidad de la cubierta y otros medios de protección de la tubería en

la zona de surf. Se prestará especial atención al revestimiento protector y al uso de revestimiento de hormigón o la aplicación de pesos de río. Se proporcionará una inspección completa. Se deben tomar precauciones durante la construcción para limitar la tensión por debajo del nivel que

producir pandeo o colapso debido a la falta de redondez de la tubería terminada. API RP 1133 se puede utilizar como orientación adicional.

434.13.2 Estructuras elevadas. Las estructuras aéreas utilizadas para suspender tuberías se deben diseñar y construir sobre la base de una sólida ingeniería y dentro de las restricciones o reglamentos del organismo rector que tenga jurisdicción. Cuando sea necesario, se prepararán planos y especificaciones detallados, y se realizará una inspección adecuada para garantizar el cumplimiento total.

a eso

434.13.3 Sujeciones de puentes. Requisitos especiales están involucrados en este tipo de cruce. Se considerará el uso de tubería de acero liviano de mayor resistencia, el diseño e instalación adecuados de los soportes colgantes y la protección especial para evitar daños por los elementos o el puente y el tráfico de acceso. Cualquier restricción o precaución acordada deberá estar contenida en las especificaciones detalladas. Los inspectores se asegurarán de que se cumplan estos requisitos.

#### 434.13.4 Cruces de carreteras y vías férreas

(a) La seguridad del público en general y la prevención de daño a la tubería debido a su ubicación son consideraciones primarias. La gran variedad de tales cruces excluye el diseño estándar. Las especificaciones de construcción cubrirán el procedimiento para dichos cruces, en función de los requisitos del lugar específico.

(b) Se prefiere la instalación de tubería portadora sin revestimiento. La instalación de la tubería portadora, o de la carcasa, si se usa, debe realizarse de acuerdo con el párr. 402.8. Como se especifica en el párr. 461.1.7, si se usa encamisado, la tubería portadora revestida debe estar sostenida de manera independiente fuera de cada extremo del encamisado y aislada del encamisado en toda la sección del encamisado, y los extremos del encamisado deben sellarse con un material duradero no conductor de electricidad.

434.13.5 Cruces Taladrados Direccionalmente. Se deben desarrollar planes escritos para todos los cruces perforados direccionalmente o para cuando se seleccione la perforación direccional como método de tendido de tubería. Los planos incluirán lo siguiente: (a)

plano de cruce y dibujos de perfil que muestren todas las tuberías, servicios públicos, cables y estructuras que cruzan la ruta de perforación, que sean paralelos y dentro de los 100 pies (30 m) de la ruta de perforación, y que estén dentro 100 pies (30 m) de la operación de perforación, incluidos pozos de lodo y pozos de perforación.

(b) plan de prevención de daños para reducir la probabilidad de daños a las instalaciones subterráneas adyacentes, incluidas las tuberías, los servicios públicos, los cables y otras estructuras subterráneas. El plan deberá considerar la precisión del método que se empleará para ubicar las estructuras existentes y para rastrear la posición de la sarta piloto durante la perforación. Se debe considerar la posibilidad de contar con un sistema de ubicación auxiliar que incluya la excavación manual para garantizar que la broca de perforación o el escariador sigan la ruta proyectada y no invadan las líneas paralelas o cruzadas. El plan de prevención de daños debe proporcionar instrucciones específicas con respecto a la notificación de las partes afectadas, incluida la participación en sistemas de llamada única cuando corresponda.

(c) plan de seguridad por escrito para incluir planes de contingencia en caso de que la sarta de perforación impacte en las instalaciones del subsuelo. El plan de seguridad debe identificar las instalaciones y los recursos que se utilizarán en caso de una emergencia o cualquier lesión del personal. El plan de seguridad deberá ser revisado en el sitio con todo el personal de construcción antes del comienzo de las operaciones de perforación.

(d) plan de contención y disposición de fluidos de perforación, si se utiliza.

(e) plan de prueba hidrostática que debe considerar la prueba previa de la(s) cadena(s) fabricada(s) antes de instalar el cruce.

Las siguientes publicaciones brindan orientación sobre el diseño de cruces perforados direccionalmente: –

American Gas Association PR-227-9424 "Instalación de tuberías mediante perforación direccional horizontal, una guía de diseño de ingeniería"

– Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles, Práctica No. 89, "Manual de cruces de tuberías"

– Publicaciones de la Asociación de Contratistas de Cruces Direccionales "Pautas para un Paquete de Oferta de Cruce Direccional Exitoso", "Estándares de Inspección de Cruces Direccionales" y "Pautas para Proyectos de Perforación Direccional de Tamaño Medio Exitosos"

#### 434.14 Construcción de Aguas Costeras Interiores

δ22b

Los planos y especificaciones deberán describir la alineación de la tubería, la profundidad por debajo del nivel medio del agua y la profundidad por debajo del fondo si se realiza un zanjeo. Se dará consideración especial a la profundidad de la cubierta y otros medios de protección de la tubería en la zona de oleaje. Se debe considerar el uso de revestimiento(s) de peso, anclajes u otros medios para mantener la posición de la tubería en condiciones anticipadas de flotabilidad y movimiento del agua. Se proporcionará una inspección completa de la construcción. Se deben tomar precauciones durante la construcción para limitar la tensión por debajo del nivel que produciría pandeo o colapso debido a la falta de redondez de la tubería terminada. API RP 1133 se puede utilizar como orientación adicional.

#### 434.15 Válvulas de bloqueo y aislamiento

##### 434.15.1 Generalidades

(a) Se deben instalar válvulas de bloqueo y de aislamiento para limitar el peligro y el daño por descarga accidental y para facilitar el mantenimiento del sistema de tuberías.

(b) Las válvulas deberán estar en lugares accesibles, protegidas contra daños o manipulaciones, y debidamente apoyadas para evitar el asentamiento diferencial o el movimiento de la tubería adjunta. Cuando se proporcione un dispositivo operativo para abrir o cerrar la válvula, debe estar protegido y ser accesible solo a personas autorizadas.

(c) Las válvulas sumergidas en las tuberías deberán marcarse o señalarse mediante técnicas de inspección para facilitar la ubicación rápida cuando se requiera la operación.

## 434.15.2 Válvulas de línea principal

(a) Las válvulas de bloqueo de la línea principal se instalarán en el lado aguas arriba de los principales cruces de ríos y embalses de suministro público de agua. Se instalará una válvula de bloqueo o de retención en el lado aguas abajo de los principales cruces de ríos y embalses de suministro público de agua.

(b) Se instalará una válvula de bloqueo de la línea principal en las estaciones de bombeo de la línea principal, y se instalará una válvula de bloqueo o de retención (cuando corresponda para minimizar el reflujo de la tubería) en otros lugares apropiados para las características del terreno. En áreas industriales, comerciales y residenciales donde las actividades de construcción plantean un riesgo particular de daño externo a la tubería, se deben tomar medidas para el espacio y la ubicación apropiados de las válvulas de la línea principal de acuerdo con el tipo de líquidos y lodos que se transportan. (c) Se debe

proporcionar una válvula de bloqueo de la línea principal operada a distancia en las instalaciones de tuberías controladas a distancia para aislar segmentos de la tubería. (d) En

los sistemas de tuberías que transportan GLP o amoníaco anhidro líquido, se instalarán válvulas de retención donde corresponda con cada válvula de bloqueo para proporcionar obstrucción del flujo inverso en el sistema de tuberías.

(e) Para facilitar el control operativo, limitar la duración de una interrupción y agilizar las reparaciones, se instalarán válvulas de bloqueo de la línea principal a un espacio máximo de 7,5 millas (12 km) en los sistemas de tuberías que transportan GLP o líquido anhidro amoníaco en áreas industriales, comerciales y residenciales. (f) Las

ubicaciones de las válvulas de bloqueo de la línea principal se confirmarán mediante un análisis de los posibles peligros e impactos resultantes de una liberación inadvertida del producto.

## 434.15.3 Estación de bombeo, patio de tanques, almacenamiento de pulpa Estanque y Válvulas Terminales

(a) Se instalarán válvulas en la succión y descarga de las estaciones de bombeo por lo que la estación de bombeo puede aislarse de la tubería. (b) Las

válvulas deben instalarse en las líneas que ingresan o salen de los patios de tanques o terminales en ubicaciones convenientes en las que el patio de tanques, el estanque de retención de lodos o la terminal puedan aislarse de otras instalaciones, como la tubería, los colectores o las estaciones de bombeo.

## 434.16 Conexiones a Líneas Principales

Cuando se hagan conexiones a la línea principal tales como ramales, puentes, válvulas de alivio, venteos de aire, etc., se harán de acuerdo con el párr. 404.3.1. Cuando tales conexiones o adiciones se hagan a las líneas revestidas, todo el revestimiento dañado se quitará y se reemplazará con material de revestimiento nuevo de acuerdo con el párr. 461.1.2. Esta capa protectora debe incluir los archivos adjuntos.

## 434.17 Trampas rascadoras

434.17.1 Se instalarán trampas rascadoras según se considere necesario para un buen funcionamiento. Todas las tuberías, válvulas, accesorios, cierres y accesorios deberán cumplir con las secciones correspondientes de este Código.

434.17.2 Las trampas rascadoras en las terminaciones de la línea principal y conectadas a la tubería de conexión o al manifold deben anclado bajo tierra con anclajes de hormigón adecuados cuando sea necesario y soportado adecuadamente sobre el suelo para evitar la transmisión de tensiones de línea debido a la expansión y contracción a las instalaciones de conexión.

434.17.3 La trampa raspadora y sus componentes se deben ensamblar de acuerdo con la sección 435 y probarse a presión con los mismos límites que la línea principal. Véase el párr. 437.4.

434.17.4 Todas las trampas rascadoras de tuberías principales en línea deben admitir el paso de dispositivos de inspección interna instrumentados durante las operaciones de lanzamiento y recepción.

## 434.18 Marcadores de línea

(a) Salvo lo dispuesto en (d) a continuación, se colocarán marcadores de ubicación de tubería adecuados para la protección de la tubería, el público y las personas que realicen trabajos en el área sobre cada tubería enterrada de acuerdo con lo siguiente:

(1) Se colocarán marcadores en cada cruce de vía pública, en cada cruce de ferrocarril, en cada cruce de arroyo navegable y en cantidades suficientes a lo largo del resto de la línea enterrada para que la ubicación de la tubería, incluida la dirección de la tubería, se conozca adecuadamente. Se recomienda instalar marcadores a cada lado de cada cruce siempre que sea posible.

(2) Los marcadores se instalarán en lugares donde la línea esté sobre el suelo en áreas que sean accesibles al público. (b) El marcador deberá

indicar al menos lo siguiente sobre un fondo de colores que contrasten claramente: (1) La palabra "Advertencia",

"Precaución" o "Peligro" seguida de las palabras "Petróleo (o el nombre del líquido peligroso) transportado) Tubería" o "Línea de tubería de pulpa", todas las cuales, a excepción de los marcadores en áreas urbanas muy desarrolladas, deben estar en letras de al menos 1 pulg. (25 mm) de alto con un trazo aproximado de 1/4 pulg. (6 mm).

(2) El nombre del operador y un número de teléfono (incluido el código de área) donde el operador puede ser alcanzado en todo momento.

(c) Se debe usar API RP 1109 como guía adicional.

(d) A menos que lo exijan las agencias reguladoras correspondientes, no se requieren marcadores de línea para tuberías enterradas ubicadas en alta mar o bajo vías fluviales y otros cuerpos de agua, o en áreas urbanas muy desarrolladas, como los centros comerciales del centro de la ciudad, donde la colocación de marcadores no es práctica y no cumpliría el propósito para el cual los marcadores

están previstos y el gobierno local mantiene registros de la subestructura.

#### 434.19 Control de Corrosión

La protección de la tubería y los componentes ferrosos contra la corrosión externa e interna será la prescrita en [el Capítulo VIII](#).

#### 434.20 Construcción de estaciones de bombeo, tanques y terminales

434.20.1 Generalidades. Todos los trabajos de construcción realizados en estaciones de bombeo, patios de tanques, terminales, instalaciones de equipos, tuberías e instalaciones afines se realizarán de acuerdo con las especificaciones de construcción. Tales especificaciones cubrirán todas las fases del trabajo bajo contrato y serán lo suficientemente detalladas para asegurar que se cumplan los requisitos de este Código. Tales especificaciones deberán incluir detalles específicos sobre las condiciones del suelo, cimientos y trabajos de concreto, fabricación de acero y construcción de edificios, tuberías, soldadura, equipos y materiales, y todos los factores de construcción que contribuyan a la seguridad y la buena práctica de la ingeniería.

434.20.2 Ubicación. Las estaciones de bombeo, los patios de tanques y las terminales deben ubicarse en la tarifa de la tubería o en la propiedad arrendada para garantizar que se puedan aplicar las precauciones de seguridad adecuadas. La estación de bombeo, el parque de tanques o la terminal se deben ubicar a distancias tan claras de las propiedades adyacentes que no estén bajo el control de la empresa como para minimizar la comunicación de incendios desde estructuras en propiedades adyacentes. Se debe dar una consideración similar a su ubicación relativa desde los colectores de la estación, tanques, instalaciones de mantenimiento, viviendas para el personal, etc. Se debe dejar suficiente espacio abierto alrededor del edificio y los colectores para proporcionar acceso para equipos de mantenimiento y equipos de extinción de incendios. La estación, el patio de tanques o la terminal deben estar cercados de tal manera que se minimicen los traspasos, y los caminos y las puertas deben ubicarse para facilitar el acceso o la salida de las instalaciones.

434.20.3 Instalación de Edificios. Los edificios se ubicarán y construirán de acuerdo con los planos y especificaciones detallados. La excavación e instalación de los cimientos y la construcción del edificio deberán ser realizados por artesanos familiarizados con la fase respectiva del trabajo, y todo el trabajo deberá realizarse de manera segura y profesional. Se realizará una inspección para asegurar que se cumplan los requisitos de los planos y especificaciones.

434.20.4 Equipos de bombeo y motores primarios. La instalación de equipos de bombeo y motores primarios deberá estar cubierta por planos detallados y especificaciones que hayan tenido en cuenta las variables inherentes a las condiciones locales del suelo, el uso y la disposición del equipo para proporcionar la máxima facilidad de operación y acceso para el mantenimiento. La maquinaria debe manipularse y montarse

de acuerdo con las buenas prácticas reconocidas de los constructores de molinos y estar provistas de tales cubiertas protectoras para evitar daños durante la construcción. Las recomendaciones de los detalles de instalación proporcionados por los fabricantes para las tuberías auxiliares, el ajuste y la alineación se considerarán requisitos mínimos.

434.20.5 Estación de bombeo, patio de tanques y tuberías de terminales. Todas las tuberías, incluidas, entre otras, las interconexiones de la unidad principal, los colectores, las trampas rascadoras, etc., que puedan estar sujetas a la presión de la línea principal, deben construirse de acuerdo con las normas de soldadura (consulte el párrafo 434.8), los requisitos de control de la corrosión (consulte el [Capítulo VIII](#)), y demás prácticas de este Código.

434.20.6 Controles y equipo de protección. Los controles de presión y el equipo de protección, incluidos los dispositivos limitadores de presión, los reguladores, los controladores, las válvulas de alivio y otros dispositivos de seguridad, como se muestra en los planos o según lo requerido por las especificaciones, deben ser instalados por trabajadores competentes y calificados. La instalación debe realizarse con un manejo cuidadoso y una exposición mínima de los instrumentos y dispositivos a las inclemencias del tiempo, el polvo o la suciedad para evitar daños. Además, las tuberías, los conductos o los soportes de montaje no deben provocar que los instrumentos o dispositivos se deformen o se deformen. Los instrumentos y dispositivos se instalarán de modo que puedan comprobarse sin interrupciones indebidas de las operaciones. Después de la instalación, los controles y el equipo de protección se probarán en condiciones que se aproximen a las operaciones reales para garantizar su correcto funcionamiento.

434.20.7 Protección contra incendios. La protección contra incendios, cuando se proporcione, deberá estar de acuerdo con las recomendaciones de NFPA 30. Si el sistema instalado requiere los servicios de bombas contra incendios, su fuerza motriz deberá estar separada de la energía de la estación para que su operación no se vea afectada por las instalaciones de parada de emergencia.

#### 434.21 Tanques de Almacenamiento y Trabajo 434.21.1

General. Todo el trabajo de construcción realizado en tanques de almacenamiento y trabajo y equipos, tuberías e instalaciones relacionados se realizará de acuerdo con las especificaciones de construcción. Tales especificaciones cubrirán todas las fases del trabajo bajo contrato y serán lo suficientemente detalladas para asegurar que se cumplan los requisitos del Código. Tales especificaciones deberán incluir detalles específicos sobre las condiciones del suelo, cimientos y trabajos de concreto, fabricación y montaje de tanques, tuberías, soldadura, equipos y materiales, diques y todos los factores de construcción que contribuyan a la práctica de la ingeniería segura y sólida.

#### 434.21.2 Ubicación

(a) Los tanques o estanques de retención de lodo deben estar ubicados en la tarifa de la tubería o la propiedad arrendada para garantizar que se puedan aplicar las precauciones de seguridad adecuadas. Instalaciones de tanques o purines

Los estanques de retención deben ubicarse a distancias tan claras de las propiedades adyacentes que no estén bajo el control de la empresa como para minimizar la comunicación del fuego desde las estructuras en las propiedades adyacentes. Igual consideración se hará dadas a las ubicaciones relativas entre los colectores de la estación, el equipo de bombeo, las instalaciones de mantenimiento, el alojamiento del personal, etc. Se debe dejar suficiente espacio abierto alrededor de las instalaciones de almacenamiento en tanques o estanques de retención de lodo y equipo asociado para brindar acceso al equipo de mantenimiento y extinción de incendios. El área de tanques o estanques de retención de lodos debe estar cercada para minimizar el paso de personas sin autorización, y los caminos y las puertas deben ubicarse para facilitar el ingreso y la salida de las instalaciones.

(b) El espaciamiento de tanques se regirá por el requisitos de NFPA 30.

#### 434.21.3 Tanques y Almacenamiento Tipo Tubería

(a) Tanques para almacenamiento o manejo de petróleo crudo y productos líquidos del petróleo y alcoholes líquidos que tienen vapor presiones que se aproximen a la atmosférica se construirán de acuerdo con API 650, API 12B, API 12D, API 12F, o se diseñarán y construirán de acuerdo con las buenas prácticas de ingeniería aceptadas. (b) Los tanques para almacenamiento o manejo de

productos de petróleo líquidos y alcoholes líquidos que tengan presiones manométricas de vapor de 0,5 psi (0,035 bar) pero que no excedan 15 psi (1 bar) deben construirse de acuerdo con API 620. (c) Los tanques utilizados para El almacenamiento o

manejo de líquidos que tengan presiones manométricas de vapor superiores a 15 psi (1 bar) se debe diseñar y construir de acuerdo con el diseño de los constructores de tanques acreditados y ASME BPVC, Sección VIII, División 1 o División 2.

(d) Los soportes tipo tubería enterrados utilizados para el almacenamiento y manejo de petróleo líquido, alcoholes líquidos o amoníaco anhidro líquido deben estar diseñados y contruidos de acuerdo con los requisitos de este Código para tuberías y componentes de tuberías.

434.21.4 Fundaciones. Los cimientos de los tanques deben construirse de acuerdo con los planos y especificaciones que deben tener en cuenta las condiciones locales del suelo, el tipo de tanque, el uso y la ubicación general.

434.21.5 Diques o cortafuegos. La protección de la estación, patio de tanques, terminal u otras instalaciones de la tubería contra daños por incendios de instalaciones adyacentes, así como la protección del público en general, puede dictar la necesidad de diques o cortafuegos alrededor del tanque o entre el tanque y la estación o terminal. . Diques para tanques o cortafuegos, donde requerido, se construirá para cumplir con los requisitos de capacidad establecidos en NFPA 30.

### 434.22 Instalaciones Eléctricas

434.22.1 Generalidades. Las instalaciones eléctricas para iluminación, fuerza y control deben estar cubiertas por planos y especificaciones detallados, y las instalaciones deben estar de acuerdo con los códigos aplicables al tipo específico de circuito y

clasificación de áreas para instalación eléctrica. Se debe realizar una inspección y todos los circuitos se deben probar antes de la operación para garantizar que la instalación se haya realizado correctamente para garantizar la seguridad continua del personal y el equipo. Las instalaciones se realizarán de acuerdo con NFPA 70 y API RP 500C.

434.22.2 Cuidado y Manejo de Materiales. Todos los equipos e instrumentos eléctricos deben ser cuidadosamente manipulados y debidamente almacenados o cerrados para evitar daños, deterioro o contaminación durante la construcción. Los componentes empaquetados no deben exponerse hasta la instalación. Los equipos susceptibles de daño o deterioro por exposición a la humedad deben protegerse adecuadamente mediante el uso de medios apropiados, como cubiertas de película plástica, desecantes o calefacción eléctrica.

434.22.3 Instalación. La instalación de materiales eléctricos debe ser realizada por personal calificado familiarizado con los detalles de los aspectos eléctricos y los requisitos del código para dicha instalación. En todo momento, se debe tener cuidado para evitar daños al aislamiento del cable y del cableado. Todas las instalaciones parciales deberán estar protegidas contra daños durante la construcción. El diseño y las especificaciones de la instalación deben considerar la necesidad de gabinetes a prueba de polvo y/o humedad para equipos especiales como relés, interruptores pequeños y componentes electrónicos. En ningún caso se utilizarán los armazones de motores eléctricos u otro equipo eléctrico puesto a tierra como conexión a tierra para soldadura eléctrica.

### 434.23 Medición de Líquidos

434.23.1 Los medidores de desplazamiento positivo, medidores de turbina o dispositivos de medición de líquidos equivalentes y sus instalaciones de prueba deben diseñarse e instalarse de acuerdo con el Manual API de Normas de Medición de Petróleo.

434.23.2 Deberán tomarse medidas para permitir el acceso a estas instalaciones únicamente al personal autorizado.

434.23.3 Montaje de la instalación de medición componentes estará de acuerdo con [la sección 435](#).

### 434.24 Filtros y Coladores de Líquidos

434.24.1 Los coladores y filtros deben estar diseñados para las mismas limitaciones de presión y sujetos a las mismas presiones de prueba que el sistema de tuberías en el que están instalados, y sostenidos de tal manera que eviten cargas indebidas en el sistema de tuberías de conexión.

434.24.2 La instalación y el diseño deberán facilitar el mantenimiento y el servicio sin interferir con el funcionamiento de la estación.

434.24.3 El medio filtrante debería tener un tamaño de retención y una capacidad tales que protejan completamente las instalaciones contra la intrusión de sustancias extrañas dañinas.

434.24.4 Montaje de coladores o filtros y sus componentes deben estar de acuerdo con [la sección 435](#).

## 435 MONTAJE DE COMPONENTES DE TUBERÍA

### 435.1 Generalidades

El montaje de los diversos componentes de la tubería, ya sea que se realice en un taller o como un montaje de campo, se debe hacer de manera que la tubería completamente montada cumpla con los requisitos de este Código y con los requisitos específicos del diseño de ingeniería.

### 435.2 Procedimiento de empernado

435.2.1 Todas las uniones con bridas deben instalarse de modo que las caras de contacto de la empaquetadura se apoyen uniformemente sobre la empaquetadura y se reparen con una tensión de perno uniforme.

435.2.2 Al atornillar uniones bridadas con empaque, el empaque debe comprimirse adecuadamente de acuerdo con las principios de diseño aplicables al tipo de junta utilizada.

435.2.3 Todos los pernos o espárragos deberán extenderse completamente a través de sus nueces.

### 435.3 Tubería de la Unidad de Bombeo

435.3.1 Las tuberías a las unidades principales de bombeo deben estar diseñadas y soportadas de tal manera que, cuando se ensamblen a las bridas y válvulas de la bomba, estén relativamente libres de tensión y no agreguen tensión ni carga a la estructura de la bomba.

435.3.2 El diseño y el montaje deberán tener en cuenta las fuerzas de expansión y contracción para minimizar su efecto dentro del montaje.

435.3.3 Todas las válvulas y accesorios de las unidades de bombeo deberán tener las mismas presiones nominales requeridas para las presiones operativas de la línea.

435.3.4 La soldadura se realizará de acuerdo con [el párr. 434.8](#).

435.3.5 El empernado deberá estar de acuerdo con [el párr. 435.2](#).

### 435.4 Colectores

435.4.1 Todos los componentes dentro de un ensamble múltiple, incluyendo válvulas, bridas, accesorios, cabezales y ensambles especiales, deben soportar las presiones de operación

y cargas especificadas para la tubería de servicio específica a la que está conectado.

435.4.2 Los bancos de medidores, los bucles de prueba y las trampas raspadoras deben estar sujetos a los mismos requisitos de montaje que los manifolds.

435.4.3 Los cabezales de manifold con salidas múltiples deben tener salidas diseñadas como se especifica en [el párr. 404.3](#). El ensamblaje puede ser con el uso de plantillas para asegurar la alineación de las salidas y bridas con otros componentes. La unidad fabricada deberá ser liberada de tensión antes de retirarla de la plantilla.

435.4.4 Los colectores ensamblados a partir de tes forjadas, accesorios y bridas pueden ensamblarse con plantillas para asegurar la alineación de los componentes. Aliviar el estrés debería ser considerado.

435.4.5 Todas las soldaduras en colectores y cabezales deben cumplir con [el párr. 434.8](#).

435.4.6 El ensamblaje final de todos los componentes debe minimizar los esfuerzos de bloqueo. Todo el conjunto debe estar adecuadamente soportado para proporcionar un mínimo desbalance y vibración.

### 435.5 Tuberías Auxiliares

435.5.1 Todas las tuberías auxiliares entre las unidades principales y los componentes auxiliares deben ensamblarse de manera impecable y de acuerdo con el código aplicable.

435.5.2 Todas las líneas auxiliares soldadas se deben ensamblar de acuerdo con los requisitos de este Código con las disposiciones especiales requeridas para el ensamblaje a fin de minimizar el esfuerzo de bloqueo y para un soporte o restricción adecuados para minimizar la vibración.

## Capítulo VI

### Inspección y prueba

#### 436 INSPECCIÓN

##### 436.1 Generalidades

Las disposiciones de inspección de construcción para tuberías e instalaciones relacionadas deben ser adecuadas para garantizar el cumplimiento de los requisitos de materiales, construcción, soldadura, ensamblaje y prueba de este Código.

##### 436.2 Cualificación de los Inspectores

El personal de inspección debe estar calificado por su entrenamiento y experiencia. Dicho personal deberá ser capaz de realizar los siguientes servicios de inspección: (a) derecho de

- paso y nivelación (b) zanjas (c) uso de explosivos (d) revestimiento y cruce de carreteras y vías férreas (e) tendido de tuberías y tuberías y materiales manipulación (f) doblado (g) alineación e inspección de la superficie de la tubería (h) soldadura (i) revestimiento (j) empalme y descenso (k) relleno y limpieza (l) prueba de presión (m) servicios especiales para prueba e

inspección de instalaciones, tales como construcción de estaciones, cruces de ríos, instalación eléctrica, radiografía, control de corrosión, doble empalme, etc., según se requiera

##### 436.5 Tipo y extensión del examen requerido 436.5.1 Visual

###### (a) Material (1)

Todos los componentes de las tuberías deben inspeccionarse visualmente para garantizar que no se hayan producido daños mecánicos durante el envío y la manipulación antes de conectarlos al sistema de tuberías.

(2) Todas las tuberías deberán ser inspeccionadas visualmente para descubrir cualquier defecto como se describe en [los párrs. 434.5 y 434.8.7](#).

(3) En los sistemas donde la tubería es telescópica por grado, espesor de pared o ambos, se debe tener especial cuidado para asegurar la colocación adecuada de la tubería. Se mantendrán registros permanentes que muestren la ubicación de la instalación de cada grado, espesor de pared, tipo, especificación y fabricante de la tubería.

###### (b) Construcción

(1) Deberá proporcionarse una inspección visual para la detección de defectos en la superficie de la tubería para cada trabajo justo antes de cualquier operación de revestimiento y durante la operación de descenso y relleno.

(2) La operación de limpieza de tuberías debe inspeccionarse minuciosamente para proporcionar una superficie limpia dentro de la tubería.

(3) Antes de soldar, la tubería deberá ser examinada para Biseles libres de daños y alineación adecuada de la junta.

(4) Todas las operaciones de soldadura deberán ser inspeccionadas para verificar que la soldadura se esté realizando de acuerdo con procedimientos de soldadura calificados por soldadores calificados.

(5) El talón del larguero deberá ser inspeccionado, particularmente para grietas, antes de aplicar cordones posteriores.

(6) La soldadura completa deberá limpiarse e inspeccionarse antes de las operaciones de revestimiento, y deberán eliminarse las irregularidades que pudieran sobresalir a través del revestimiento de la tubería.

(7) Cuando se recubre la tubería, se debe realizar una inspección para determinar que la máquina de recubrimiento no provoque muescas o ranuras dañinas en la superficie de la tubería.

(8) Las laceraciones del revestimiento de la tubería deben inspeccionarse antes de la reparación del revestimiento para ver si la superficie de la tubería se ha dañado. El revestimiento y la tubería dañados se repararán antes de que la tubería se baje en la zanja.

(9) Todas las reparaciones, cambios o reemplazos deberán inspeccionarse antes de cubrirlos.

(10) La condición de la zanja deberá inspeccionarse antes de que se baje la tubería para garantizar la protección adecuada de la tubería y el revestimiento. Para cruces submarinos, la condición de la zanja y el ajuste de la tubería a la zanja deben inspeccionarse cuando sea factible.

(11) El ajuste de la tubería a la zanja deberá ser inspeccionado antes de las operaciones de relleno.

(12) Las operaciones de relleno deberán inspeccionarse en cuanto a la calidad y compactación del relleno, la colocación de material para el control de la erosión y el posible daño a los revestimientos de las tuberías.

(13) Los cruces encamisados deben inspeccionarse durante la instalación para determinar que la tubería portadora esté apoyada, sellada y aislada del encamisado.

(14) Los cruces de ríos deberán tener una inspección minuciosa, y serán medidos y perfilados después de la construcción.

(15) Todos los componentes de la tubería que no sean la tubería deben inspeccionarse para garantizar que estén libres de daños y que la instalación sea adecuada.

(16) Las operaciones de tendido deberán inspeccionarse para verificar el uso de técnicas adecuadas de manipulación de tuberías y que la tubería no esté dañada.

(17) Cuando se utilicen explosivos durante las operaciones de nivelación y zanqueo, se realizarán inspecciones para verificar el uso de técnicas adecuadas y el mantenimiento de registros.

(18) Las operaciones de doblado deberán inspeccionarse para verificar que no se exceda el ángulo de doblado máximo permitido y que no haya arrugas o aplanamiento excesivo de la tubería.

#### 436.5.2 Tipos de exámenes complementarios

(a) Las pruebas de soldaduras de campo y de taller se realizarán de acuerdo con el párr. 434.8.5. (b) La inspección radiográfica de las soldaduras se realizará de acuerdo con el párr. 434.8.5. (c) La tubería revestida deberá inspeccionarse de acuerdo con el párr. 461.1.2. (d) Segmentos de tubería instalados mediante perforación direccional debe ser inspeccionado para la deformación de la sección transversal por pasar una placa de medición o un raspador de calibre a través del cruce después de la instalación pero antes de retirar el equipo de perforación del lugar de trabajo o conectar el cruce al sistema de tuberías.

#### 436.6 Reparación de Defectos

436.6.1 Los defectos de los artículos fabricados y en la pared de la tubería deben repararse o eliminarse de acuerdo con el párr. 434.5.

436.6.2 Los defectos de soldadura se repararán de acuerdo con el párr. 434.8.7.

436.6.3 Las vacaciones u otros daños al revestimiento se repararán de acuerdo con el párr. 461.1.2.

#### 437 PRUEBAS

##### 437.1 Generalidades

(a) Para cumplir con los requisitos de este Código, es necesario que se realicen pruebas sobre el sistema completo y sobre las partes componentes del sistema terminado. Cuando en este Código se haga referencia a pruebas o partes de pruebas descritas en otros códigos y especificaciones, se considerarán como parte de este Código. (b) Si ocurrieran fugas en las pruebas, la sección de la

línea o parte del componente deberá repararse o reemplazarse y volver a probarse de acuerdo con este Código.

##### 437.1.3 Pruebas de artículos fabricados

(a) Los elementos fabricados, tales como trampas rascadoras, colectores, cámaras de volumen, etc., deberán probarse hidrostáticamente hasta límites iguales o mayores que los requeridos por el

sistema completo. Esta prueba se puede realizar por separado o como parte del sistema completo.

(b) Al probar elementos fabricados antes de la instalación, se aplicarán los párrafos aplicables de las especificaciones enumeradas en la Tabla 423.1-1.

##### 437.1.4 Pruebas después de una nueva construcción

(a) Sistemas o partes de sistemas (1) Todos

los sistemas de tuberías de transporte de líquidos y lodos dentro del alcance de este Código, independientemente de la tensión, deben someterse a prueba después de la construcción.

(2) Los sistemas que se van a operar con una tensión circunferencial de más del 20 % de la resistencia a la fluencia mínima especificada de la tubería deben probarse hidrostáticamente de acuerdo con el párr. 437.4.1.

(3) Los sistemas que se van a operar con una tensión circunferencial del 20 % o menos del límite elástico mínimo especificado de la tubería se pueden someter a una prueba de fugas de acuerdo con el párr. 437.4.3 en lugar de la prueba hidrostática especificada en el párr. 437.4.1.

(4) Al probar tuberías, en ningún caso la presión de prueba debe exceder la estipulada en las normas de especificaciones de materiales (excepto tuberías) incorporadas en este Código por referencia y listadas en la Tabla 423.1-1 para las más débiles.

elemento en el sistema, o parte del sistema, que se está probando.

(5) El equipo que no esté sujeto a la presión de prueba debe desconectarse de la tubería o aislarse de otra manera. Se pueden usar válvulas si la válvula, incluido el mecanismo de cierre, es adecuada para la presión de prueba.

(b) Pruebas de conexiones. Debido a que a veces es necesario dividir una tubería en secciones de prueba e instalar cabezales de prueba, tuberías de conexión y otros accesorios necesarios para la prueba, o instalar una sección de reemplazo probada previamente, no se requiere que se prueben las soldaduras de conexión; sin embargo, las soldaduras de unión y las soldaduras circunferenciales que unen tramos de tubería previamente ensayada deben inspeccionarse mediante métodos radiográficos u otros métodos no destructivos aceptados de acuerdo con el párr. 434.8.5(b) si el sistema no se somete a prueba de presión después de la conexión. Después de dicha inspección, la junta deberá recubrirse e inspeccionarse de acuerdo con el párr.

461.1.2 antes del relleno. (c) Controles de prueba y equipo de protección. Todos los controles y equipos de protección, incluidos los dispositivos limitadores de presión, reguladores, controladores, válvulas de alivio y otros dispositivos de seguridad, deberán probarse para determinar que se encuentran en buenas condiciones mecánicas; de capacidad, eficacia y confiabilidad de operación adecuadas para el servicio en el que están empleados; funcionando a la presión correcta; y correctamente instalado y protegido de materiales extraños u otras condiciones que puedan impedir el funcionamiento correcto.

437.1.5 Prueba de Componentes de Reemplazo. Los componentes que no sean tuberías que se reemplacen o agreguen al sistema de tuberías no necesitan someterse a prueba hidrostática si el fabricante certifica que cada componente fue probado hidrostáticamente en la fábrica o que cada componente fue fabricado bajo un sistema de control de calidad que garantiza que cada componente es al menos igual en fuerza

a un prototipo que fue probado hidrostáticamente en la fábrica. Las soldaduras a tope de empalme están sujetas a las mismas pruebas no destructivas que en el párr. 451.6.3.

#### 437.4 Presión de prueba

##### 437.4.1 Prueba hidrostática de tuberías de presión interna

(a) Porciones de sistemas de tuberías que se operarán en un aro tensión de más del 20% del límite elástico mínimo especificado de la tubería debe someterse en cualquier punto a una prueba de prueba hidrostática equivalente a no menos de 1,25 veces la presión interna de diseño en ese punto (ver [paraca. 401.2.2.2](#)) por no menos de 4 hr. Cuando las líneas se prueban a presiones que desarrollan una tensión circunferencial, con base en el espesor de pared nominal, superior al 90 % del límite elástico mínimo especificado de la tubería, se debe tener especial cuidado para evitar la sobreesfuerzo de la tubería.

(1) Aquellas partes de los sistemas de tuberías donde todos los componentes presurizados se inspeccionan visualmente durante la prueba de verificación para determinar que no hay fugas, no requieren más pruebas. Esto puede incluir tramos de tubería previamente probados para su uso como secciones de reemplazo.

(2) En aquellas partes de los sistemas de tuberías que no se inspeccionaron visualmente durante la prueba, la prueba de verificación debe ser seguida por una prueba de fugas a presión reducida equivalente a no menos de 1,1 veces la presión interna de diseño durante no menos de 4 horas. (b)

API RP 1110 puede usarse como guía para la prueba hidrostática. (c) La prueba hidrostática se realizará con agua, excepto que se puede usar petróleo líquido que no se vaporiza rápidamente, siempre que (1) la sección de tubería bajo prueba no esté en alta mar y está fuera de las ciudades y otras áreas pobladas, y cada edificio dentro de los 300 pies (90 m) de la sección de prueba está desocupado mientras la presión de prueba es igual o mayor que una presión que produce una tensión circunferencial del 50 % del mínimo específico límite elástico de la tubería (2) la sección de prueba se mantiene bajo vigilancia por patrullas regulares durante la prueba

(3) se mantiene la comunicación a lo largo de la sección de prueba

(d) Si el medio de prueba en el sistema estará sujeto a expansión térmica durante la prueba, se deben tomar medidas para aliviar el exceso de presión. Los efectos de los cambios de temperatura se tendrán en cuenta cuando se hagan interpretaciones de las presiones de prueba registradas.

(e) Después de completar la prueba hidrostática, es importante en climas fríos que las líneas, válvulas y accesorios se drenen completamente de agua para evitar daños por congelamiento.

437.4.3 Prueba de fugas. Se utilizará una prueba de fugas neumática o hidrostática de 1 hora como mínimo para los sistemas de tuberías que se operarán con una tensión circunferencial del 20 % o menos del límite elástico mínimo especificado de la tubería. La presión de prueba deberá

no ser inferior a 1,25 veces la presión interna de diseño. Si la presión manométrica de prueba requerida supera los 100 psi (7 bar), no se permite la prueba neumática.

#### 437.6 Pruebas de Calificación

Cuando las pruebas sean requeridas por otras secciones de este Código, los procedimientos en [los párrs. 437.6.1 a 437.6.7](#) se deben utilizar.

437.6.1 Examen visual. La tubería usada o nueva que se instalará deberá examinarse visualmente de acuerdo con [el párr. 436.5.1](#).

##### 437.6.2 Propiedades de flexión

(a) Para tubería de especificación desconocida o ASTM A120, se requieren propiedades de flexión si la resistencia a la fluencia mínima utilizada para el diseño es superior a 24 000 psi (165 MPa), y después de que se haya identificado el tipo de unión de acuerdo con el párr. [437.6.4](#). Para tuberías NPS 2 y más pequeñas, una prueba de flexión deberá cumplir con los requisitos de ASTM A53 o API 5L. Para tuberías con un diámetro nominal superior a NPS 2, las pruebas de aplanamiento deben cumplir con los requisitos de ASTM A53 o API 5L.

(b) El número de pruebas requeridas para determinar las propiedades de flexión deberá ser el mismo que se requiere en [el párrafo. 437.6.6](#) para determinar el límite elástico.

437.6.3 Determinación del espesor de pared. Cuando el no se conoce el espesor nominal de la pared, se determinará midiendo el espesor en cuartos de punto en un extremo de cada tramo de tubería. Si se sabe que el lote de tubería es de grado, tamaño y espesor nominal uniformes, la medición se debe realizar en no menos del 5% de las longitudes individuales, pero no menos de 10 longitudes; El espesor de las otras longitudes se puede verificar aplicando un calibre ajustado al espesor mínimo. Después de tal medición, el espesor de pared nominal se tomará como el siguiente espesor de pared nominal por debajo del promedio de todos los

medidas tomadas, pero en ningún caso mayor a 1.14 veces el espesor mínimo medido para todas las tuberías bajo NPS 20, y no mayor a 1.11 veces el espesor mínimo medido para todas las tuberías NPS 20 y mayores.

437.6.4 Determinación del factor de unión por soldadura. Si se conoce el tipo de junta de soldadura de costura longitudinal o helicoidal, se puede usar el factor de junta de soldadura correspondiente ([Tabla 403.2.1-1](#)). De lo contrario, el factor E no debe exceder 0,60 para tuberías de NPS 4 y menores, o 0,80 para tuberías de más de NPS 4.

437.6.5 Soldabilidad. Para tubería de acero de especificación desconocida, la soldabilidad debe determinarse de la siguiente manera. Un soldador calificado deberá realizar una soldadura circunferencial en la tubería. Esta soldadura se ensayará de acuerdo con los requisitos del [párr. 434.8.5](#). La soldadura de calificación deberá hacerse bajo las condiciones más severas bajo las cuales se permitirá la soldadura en el campo y usando el mismo procedimiento que se usará en el campo. La tubería se considerará

soldable si los requisitos establecidos en [el párr. 434.8.5](#) se cumplen. Se debe hacer al menos una soldadura de prueba para cada número de longitudes que se usarán como se indica a continuación.

Número mínimo de soldaduras de prueba	
Tubería nominal Tamaño	Número de longitudes por prueba
menos de 6	400
6 a 12	200
Más grande que 12	100

Todos los especímenes de prueba serán seleccionados al azar.

437.6.6 Determinación del límite elástico. Cuando se desconoce el límite elástico mínimo especificado, la resistencia a la tracción mínima o el porcentaje mínimo de elongación de la tubería, las propiedades de tracción se pueden establecer de la siguiente manera.

Realice todas las pruebas de tracción prescritas por API 5L o API 5LU, excepto que el número mínimo de dichas pruebas será el siguiente:

Tubería nominal Tamaño	Número de longitudes por prueba
menos de 6	200
6 a 12	100
Más grande que 12	50

Todos los especímenes de prueba serán seleccionados al azar.

437.6.7 Valor mínimo del límite elástico. Para tubería de especificación desconocida, el límite elástico mínimo se puede determinar de la siguiente manera.

Promediar el valor de todas las pruebas de límite elástico para un lote de prueba. El límite elástico mínimo se tomará entonces como el menor de los siguientes: (a) 80% del valor promedio de las pruebas de límite elástico (b) el valor mínimo de cualquier ensayo de límite elástico, excepto que en ningún caso este valor se tomará como mayor que 52 000 psi (358 MPa) (c) 24 000 psi (165

MPa) si el promedio de resistencia a la tracción relación supera 0,85

#### 437.7 Registros

Se mantendrá un registro en los archivos de la empresa operadora relativo al diseño, construcción y prueba de cada línea principal dentro del alcance de este Código. Estos registros deben incluir especificaciones de materiales; mapas de ruta y hojas de alineaciones para la condición "tal como está construido"; ubicación de cada tamaño de tubería, grado, espesor de pared, tipo de costura (si corresponde) y fabricante; revestimientos; y datos de prueba. Estos registros se mantendrán durante la vida útil de la instalación. Véase [el párr. 436.5.1\(a\)\(3\)](#).

## Capítulo VII

### Procedimientos de Operación y Mantenimiento

#### 450 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

##### PROCEDIMIENTOS QUE AFECTAN LA SEGURIDAD DE TRANSPORTE DE LÍQUIDOS Y LODOS SISTEMAS DE TUBERÍAS

#### 450.1 Generalidades

(a) No es posible prescribir en este Código un conjunto detallado de procedimientos de operación y mantenimiento que abarque todos los casos. Es posible, sin embargo, que cada empresa operadora desarrolle procedimientos de operación y mantenimiento basados en las disposiciones de este Código, y la experiencia de la empresa y el conocimiento de sus instalaciones y condiciones bajo las cuales se operan, que serán adecuados desde el punto de vista de seguridad Pública.

(b) Los métodos y procedimientos aquí establecidos sirven como una guía general pero no relevan al individuo o a la compañía operadora de la responsabilidad por la acción prudente que las circunstancias particulares del momento hagan aconsejable.

(c) Debe reconocerse que las condiciones locales (tales como los efectos de la temperatura, las características del contenido de la línea y la topografía) tendrán una influencia considerable en el enfoque de cualquier trabajo particular de mantenimiento y reparación.

(d) El equipo de

seguridad adecuado deberá estar disponible para uso personal en todas las áreas de trabajo e instalaciones operativas donde se transporte amoníaco anhidro líquido. Dicho equipo de seguridad incluirá al menos lo siguiente:

(1) máscara de gas de cara completa con cartuchos de recarga de amoníaco anhidro

(2) máscara de aire suministrada de forma independiente (3) gafas ajustadas o careta completa (4) guantes

protectores (5) botas

protectoras (6) impermeable protector y/o pantalones y

chaqueta protectores (7) ducha de fácil acceso y/o en menos 50 galones (190 L) de agua limpia en un recipiente abierto

Se instruirá al personal en el uso efectivo de mascarillas.

y vida útil limitada de los cartuchos de recarga. La ropa protectora debe ser de tela de caucho u otro material impermeable al amoníaco.

#### 450.2 Planes y Procedimientos de Operación y Mantenimiento

Cada compañía operadora que tenga un sistema de tuberías de transporte dentro del alcance de este Código

deberá (a) tener planes detallados por escrito y programas de capacitación para empleados que cubran los procedimientos de operación y mantenimiento para el sistema de tuberías de transporte durante las operaciones normales y el mantenimiento de acuerdo con el propósito de este Código. Código. Las características esenciales recomendadas para su inclusión en los planes para partes específicas del sistema se dan en las [secciones](#)

[451](#) y [452](#). (b) tener un plan para el control de la corrosión externa e interna de los sistemas de tuberías nuevos y existentes, incluidos los requisitos y procedimientos prescritos en la [sección 453](#) y [Capítulo VIII](#). (c) tener

un plan de emergencia por escrito como se indica en la [sección 454](#) para implementar en caso de fallas del sistema, accidentes u otras emergencias. Capacitar a los empleados de operación y mantenimiento apropiados con respecto a las partes aplicables del plan y establecer enlace con los funcionarios públicos apropiados con respecto al plan. (d) tener un plan para revisar los cambios en las

condiciones que afectan la integridad y seguridad del sistema de tuberías, incluidas las disposiciones para el patrullaje periódico y la notificación de la actividad de construcción y los cambios en las condiciones, especialmente en áreas industriales, comerciales y residenciales y en el río, cruces ferroviarios y de carreteras, para considerar la posibilidad de proporcionar protección adicional para evitar daños a la tubería de acuerdo con el [párr. 402.1](#). (e) establecer enlace con las autoridades locales que emiten permisos de

construcción en áreas urbanas para prevenir accidentes causados por excavadoras. f) establecer procedimientos para analizar todos los fallos y accidentes

con el fin de determinar la causa y minimizar la posibilidad de que se repitan. (g) mantener los mapas y registros necesarios para administrar adecuadamente los planes y

procedimientos, incluidos los registros enumerados en la [sección 455](#).

(h) tener procedimientos para abandonar los sistemas de tuberías, incluidos los requisitos de la [sección 457](#). (i) al

establecer planes y procedimientos, prestar especial atención a aquellas partes del sistema que presenten el mayor peligro para el público en caso de emergencias o debido a requisitos de construcción o mantenimiento extraordinario.

(j) operar y mantener su sistema de tuberías de conformidad con estos planes y procedimientos. (k)

modificar los planes y procedimientos de vez en cuando según lo dicte la experiencia y según lo requiera la exposición del sistema al público y los cambios en las condiciones de operación.

(l) participar en programas de notificación de excavaciones patrocinados por el gobierno o la industria.

## 451 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE DUCTOS

### 451.1 Presión de funcionamiento

(a) Se debe tener cuidado para asegurar que en cualquier punto del sistema de tuberías, la presión máxima de operación en estado estacionario y la presión de cabeza estática con la línea en una condición estática no excedan en ese punto la presión interna de diseño y los valores nominales de presión para el componentes utilizados como se especifica en [el párr. 401.2.2.2](#), y que el nivel de aumento de presión debido a sobretensiones y otras variaciones del funcionamiento normal no supere la presión de diseño interna en ningún punto del sistema de tuberías y equipos en más del 10 %, como se especifica en el párr. [403.3.4](#).

(b) Un sistema de tuberías debe estar calificado para una presión de operación más alta cuando la presión de operación más alta produzca una tensión circunferencial de más del 20% de la resistencia a la fluencia mínima especificada de la tubería de acuerdo con la sección 456 .

(c) Si se reduce la potencia de un sistema de tuberías a una presión de operación más baja en lugar de repararlo o reemplazarlo, la nueva presión máxima de operación en estado estable se determinará de acuerdo con el [párr. 451.6.2.2\(b\)](#).

(d) Para los sistemas existentes que utilizan materiales producidos bajo normas o especificaciones descontinuadas o reemplazadas, la presión interna de diseño se determinará utilizando el esfuerzo permisible y los criterios de diseño enumerados en la emisión del código aplicable o especificación vigente en el momento de la construcción original.

### 451.2 Comunicaciones

Se mantendrá una instalación de comunicaciones para garantizar operaciones seguras de tuberías tanto en condiciones normales como de emergencia.

### 451.3 Señales y marcadores de línea

(a) Los marcadores de línea se instalarán y mantendrán sobre cada línea en cada cruce de camino público, en cada cruce de ferrocarril, en cada cruce de arroyo navegable y en número suficiente a lo largo del resto de la ruta de la tubería para ubicar e identificar adecuadamente la tubería enterrada. Ver [paraca. 434.18](#).

(b) Se mantendrán marcadores de tubería en los cruces, marcadores aéreos cuando se usen y otros letreros para indicar la ubicación de la línea y proporcionar la información requerida sobre la tubería. Se instalarán y mantendrán marcadores de tubería adicionales a lo largo de la tubería en áreas de

desarrollo y crecimiento para proteger la tubería de invasión.

### 451.4 Mantenimiento del Derecho de Vía

(a) El derecho de paso debe mantenerse para proporcionar una visibilidad clara para el patrullaje periódico descrito en el [párr. 451.5](#). Un derecho de paso debidamente mantenido proporciona acceso efectivo para una respuesta rápida y segura a situaciones de emergencia. (b) El

mantenimiento adecuado del derecho de paso incluye lo siguiente:

(1) controlar el crecimiento de la vegetación (2) prevenir la invasión de estructuras por encima y por debajo del suelo (3) controlar la erosión (4) mantener el acceso a los sistemas de tuberías (5) mantener la visibilidad de Marcadores de tubería (c) Se mantendrán zanjas o diques de desvío donde sea necesario para proteger contra el derrumbe de la línea y la erosión de la propiedad del propietario.

### 451.5 Patrullaje

ø22P

(a) Cada empresa operadora deberá mantener un programa periódico de vigilancia de la tubería para observar las condiciones de la superficie en el derecho de paso de la tubería y adyacentes a esta, la indicación de fugas, la actividad de construcción distinta a la realizada por la empresa y cualquier otro factor que afecte la seguridad y operación de la tubería. Se prestará especial atención a actividades tales como la construcción de caminos, limpieza de zanjas, excavaciones, áreas cultivadas donde el arado o el desgarramiento del subsuelo son comunes, y al igual que las invasiones al sistema de tuberías. Los patrullajes se realizarán a intervalos que no excedan las 2 semanas, excepto que los sistemas de tuberías que transporten GLP o líquido anhidro el amoníaco se patrullará a intervalos que no excedan una semana en áreas industriales, comerciales o residenciales.

(b) Los cruces submarinos se inspeccionarán periódicamente para determinar la suficiencia de la cobertura, la acumulación de escombros y otras condiciones que afecten la seguridad de los cruces. Los cruces submarinos también se inspeccionarán en cualquier momento en que los cruces puedan tener un mayor riesgo de fallas como resultado de daños mecánicos, desastres naturales o relacionados con el clima.

### 451.6 Evaluaciones y reparaciones de integridad de tuberías

#### 451.6.1 Generalidades

ø22P

(a) Cada operador de tuberías diseñadas de acuerdo con este Código debe considerar la necesidad de evaluaciones periódicas de la integridad de dichas tuberías. Una evaluación de integridad puede consistir en una prueba hidrostática de la tubería, una inspección en línea (ILI) seguida de la reparación de las anomalías que la inspección indique como posiblemente dañinas u otros medios técnicos que puedan proporcionar un nivel de evaluación de integridad equivalente a una prueba hidrostática o un ILI. Para

orientación sobre el proceso de evaluación de la integridad, el operador puede consultar API RP 1160.

Al evaluar la integridad de la tubería, cada operador debe desarrollar criterios para evaluar las anomalías identificadas mediante métodos ILI, inspección visual u otros medios técnicos. API 1163, API RP 1160, API RP 1176 y API RP 1183 se pueden utilizar como orientación adicional. (b) Los criterios de reparación de defectos y los métodos de reparación se describen a

a continuación como una guía para que los operadores de oleoductos los utilicen al abordar las anomalías descubiertas en sus oleoductos. Se reconoce que un operador de tubería puede optar por realizar una evaluación crítica de ingeniería

(ECA) para identificar criterios de reparación alternativos u otros métodos de mitigación como se define en API RP 1160. (c) Las

reparaciones deben estar cubiertas por un plan de mantenimiento [ver [paraca. 450.2\(a\)](#)] y debe realizarse bajo supervisión calificada por personal capacitado y familiarizado con los peligros para la seguridad pública. El plan de mantenimiento deberá considerar la información adecuada contenida en API RP 2200, API RP 2201, API 1104 y API RP 1111.

Es fundamental que todo el personal que trabaje en la tubería reparaciones comprendan la necesidad de una planificación cuidadosa del trabajo, sean informados sobre los procedimientos a seguir para realizar las reparaciones y sigan las precauciones medidas y procedimientos descritos en API RP 2200. El personal que trabaje en reparaciones de tuberías que manejan líquidos que requieran precauciones de seguridad especiales, como GLP, alcohol líquido o amoníaco anhidro líquido, también debe ser informado sobre las propiedades específicas, las características y los peligros potenciales asociados con esos líquidos, las precauciones que se deben tomar después de la detección de una fuga y los procedimientos de reparación de seguridad establecidos para las tuberías de GLP en API RP 2200. Las tuberías en las inmediaciones de cualquier reparación deben estar adecuadamente soportadas durante y después de la reparación.

(d) Si se utiliza un gas inerte, como el nitrógeno, para desplazar temporalmente el líquido en un sistema de tuberías con el fin de repararlo, se requerirá un procedimiento detallado por escrito.

Debido a que la energía potencial de un gas presenta preocupaciones especiales, este procedimiento debe abordar, como mínimo, los siguientes factores relacionados con el uso de un gas inerte: (1) caudal máximo del fluido que

se desplaza (2) presión máxima en el lugar de inyección del gas inerte

(3) temperatura de inyección (4) manipulación del gas inerte para

eliminar los

riesgos para el personal

(5) procedimientos de seguridad como protección contra sobrepresión

Este procedimiento se seguirá bajo la supervisión requerida en (c). (e)

Anomalías (1)

Siempre que se

vaya a excavar, inspeccionar y evaluar una anomalía ILI específica para repararla, se debe reconocer la posibilidad de una falla repentina de la anomalía. A

minimizar los riesgos para el personal y las instalaciones, la presión interna en la tubería debe reducirse a un nivel que se esperaría para evitar que una anomalía falle mientras se realiza la excavación, inspección y reparación.

progreso. En este sentido, son relevantes los siguientes dos tipos de anomalías:

(-a) anomalías para las cuales la resistencia restante se puede calcular

(-b) anomalías de importancia desconocida (2) Cuando

un operador de tubería está excavando y evaluando físicamente una anomalía para su posible reparación o excavando y respondiendo físicamente a una ILI donde los datos indican la presencia de una anomalía que puede afectar la integridad de la tubería, la presión en el lugar de la anomalía debe ser como sigue: (-a) Para anomalías para las que se puede calcular la resistencia restante, la presión en el lugar de la anomalía no debe exceder la mayor de las presiones de funcionamiento seguras calculadas o el 80% del máximo

presión de estado estacionario del historial operativo reciente.

(-b) Para anomalías de importancia desconocida que operen a una presión igual o superior al 40 % Sy, la presión en el lugar de la anomalía debe reducirse al 80 % de la presión máxima en estado estable del historial operativo reciente.

El flujo del segmento de la tubería no debe detenerse si la presión estática resultante en el lugar de la anomalía supera el 80 % de la presión máxima en estado estable del historial operativo reciente.

(f) Los materiales utilizados para la reparación de tuberías deberán estar de acuerdo con [el Capítulo III](#) y esta sección. (g)

Los procedimientos de soldadura de reparación y los soldadores que realicen trabajos de reparación deberán estar calificados de acuerdo con API 1104 o ASME BPVC, Sección IX. Los soldadores también deben estar familiarizados con las precauciones de seguridad y otros problemas asociados con el corte y la soldadura en tuberías que están o han estado en servicio. El corte y la soldadura comenzarán solo después de cumplir con [el párr. 434.8.1\(c\)](#). Consulte ASME PCC-2, artículo 2.6, párr. 4.6 para obtener más información sobre la soldadura en tuberías que contienen líquido.

La prueba de calificación para los procedimientos de soldadura que se usarán en tuberías que contengan un líquido deberá incluir los efectos de enfriamiento del contenido de la tubería sobre la solidez y las propiedades físicas de la soldadura. Los procedimientos de soldadura en tuberías que no contengan líquido se calificarán de acuerdo con [el párr. 434.8.3](#).

Las reparaciones de las tuberías en servicio se inspeccionarán visualmente y utilizando una segunda técnica de examen no destructivo (NDE) capaz de detectar grietas. Todas las soldaduras realizadas en contacto con una tubería portadora de acero al carbono deben inspeccionarse en busca de grietas visualmente y mediante el uso de una segunda técnica NDE capaz de detectar grietas. Las soldaduras se inspeccionarán no antes de las 12 h después de

soldadura a menos que un análisis de ingeniería que considere las velocidades de enfriamiento de la soldadura y la susceptibilidad de las soldaduras al agrietamiento en materiales y aplicaciones similares (a

un mínimo) se utiliza para determinar una desviación apropiada de 12 h. Las áreas que han sido revestidas mediante esmerilado para eliminar grietas u otros aumentos de tensión deben inspeccionarse utilizando una técnica NDE capaz de detectar grietas para garantizar que se hayan eliminado todas las grietas.

(h) El revestimiento dañado durante el proceso de reparación deberá retirarse y se aplicará un nuevo revestimiento de acuerdo con el párr. 461.1.2.

Las piezas de tubería de reemplazo, las áreas que quedan expuestas para su examen mediante la remoción del revestimiento y cualquier accesorio o componente agregado con el fin de repararlo, deben estar revestidos cuando se instalan en una línea revestida.

#### 451.6.2 Límites y Disposición de Imperfecciones y Anomalías

451.6.2.1 Límites. Las tuberías que contengan fugas deberán ser removidas o reparadas.

##### 451.6.2.2 Corrosión

(a) Corrosión externa o interna. Las áreas de pérdida de metal externa o interna con una profundidad máxima superior al 80% del espesor de la pared deberán ser removidas o reparadas. Se puede usar un criterio apropiado de aptitud para el propósito para evaluar el perfil longitudinal de la pérdida de metal causada por la corrosión en el metal base de la tubería o de la pérdida de metal causada por la corrosión no preferencial que cruza una soldadura circunferencial o incide en una costura soldada por arco sumergido. (b) Corrosión externa. Las áreas

corroídas externamente expuestas para examen deben limpiarse hasta dejar el metal desnudo. En general, las áreas de corrosión con una profundidad máxima del 20% o menos del espesor requerido para el diseño,  $t$ , no necesitan repararse. Sin embargo, se deben tomar medidas para evitar una mayor corrosión. Un área de corrosión con una profundidad máxima superior al 20% pero inferior o igual al 80% del espesor de la pared.

Se permitirá que permanezcan en la tubería sin reparar, siempre que se establezca una presión de operación segura.

Los métodos generalmente aceptables para calcular una presión de operación segura incluyen ASME B31G, "B31G modificado" y un método de área efectiva (p. ej., RSTRENG).

Para tuberías sujetas a cargas axiales, movimientos laterales o asentamientos inusuales, o para tuberías compuestas de materiales con relaciones de rendimiento a tracción superiores a 0,93, se debe realizar un análisis de ingeniería para establecer una presión de operación segura.

Si la presión de operación segura es menor que la presión de operación máxima, el área afectada debe ser removida o reparada o la presión de operación máxima debe ser reducida a la presión de operación segura o menos.

(c) Corrosión Interna. Las limitaciones para áreas con corrosión interna y áreas con una combinación de corrosión interna y externa son las mismas que para corrosión externa. Cuando se trata de corrosión interna, se debe tener en cuenta la incertidumbre relacionada con la medición indirecta del espesor de la pared y la posibilidad

La probabilidad de que la corrosión interna requiera esfuerzos mitigadores continuos para evitar la pérdida adicional de metal.

(d) Interacción de las áreas de pérdida de metal causadas por la corrosión. Dos o más áreas de pérdida de metal causada por la corrosión que están separados por áreas de espesor de pared completo pueden interactuar de una manera que reduce la resistencia restante en mayor medida que la reducción resultante de las áreas individuales. Son posibles dos tipos de interacción y cada uno debe evaluarse de la siguiente manera:

(1) Interacción Tipo I (ver Figura 451.6.2.2-1). Si la distancia de separación circunferencial,  $C$ , es mayor o igual a 6 veces el espesor de pared requerido para el diseño, las áreas  $A1$  y  $A2$  deben evaluarse como anomalías separadas. Si la distancia de separación circunferencial es inferior a 6 veces el espesor de la pared, se debe utilizar el área compuesta ( $A1 + A2 - A3$ ) y la longitud total,  $L$ .

(2) Interacción Tipo II (ver Figura 451.6.2.2-2). Si la distancia de separación axial,  $L3$ , es mayor o igual a 1 pulgada (25,4 mm), las áreas  $A1$  y  $A2$  deben evaluarse como anomalías separadas. Si la distancia de separación axial es inferior a 25,4 mm (1 pulgada), se debe usar el área  $A1$  más  $A2$  y la longitud,  $L$ , se debe tomar como  $L1 + L2 + L3$ .

(e) Corrosión por ranurado, selectiva o preferencial de soldaduras. La corrosión ranurada, selectiva o preferencial de la costura longitudinal de cualquier tubería fabricada mediante el proceso de soldadura por resistencia eléctrica (ERW), el proceso de soldadura por inducción eléctrica o el proceso de soldadura por destello eléctrico deben eliminarse o repararse.

451.6.2.3 Rasguños, ranuras y quemaduras por arco. Las estrías y surcos se evaluarán mediante un examen no destructivo. Puede ser necesario un esmerilado superficial para proporcionar una superficie lisa para un examen no destructivo. El espesor de pared restante después del esmerilado no debe ser inferior al mínimo permitido por la especificación del componente. Una vez terminado el esmerilado superficial, se confirmará la ausencia de fisuras mediante el uso de

Inspección por colorantes penetrantes o partículas magnéticas. Si no hay grietas, el espesor de pared restante neto se determinará mediante medición ultrasónica.

Las estrías y ranuras que dejen menos de lo permitido por la especificación del componente deberán eliminarse o evaluarse para su reparación de acuerdo con el párr. 451.6.2.2(b).

Las quemaduras por arco se eliminarán o repararán mediante esmerilado. Las quemaduras de arco reparadas por esmerilado deben grabarse para confirmar la eliminación de todo el material alterado metalúrgicamente. Los grabadores adecuados incluyen una solución de nital del 5% al 10% o una solución de persulfato de amonio del 10% al 20%. Se eliminará todo el material de grabado oscuro y se determinará el espesor de pared restante mediante medición ultrasónica.

451.6.2.4 Abolladuras. Las anomalías identificadas por ILI con el potencial de ser abolladuras se evaluarán utilizando una evaluación de ingeniería y se seleccionarán para excavación cuando la evaluación indique un riesgo grave de falla. Se puede utilizar API RP 1183 como orientación adicional.

ASME B31.4-2022

Figura 451.6.2.2-1  
Interacción Tipo I

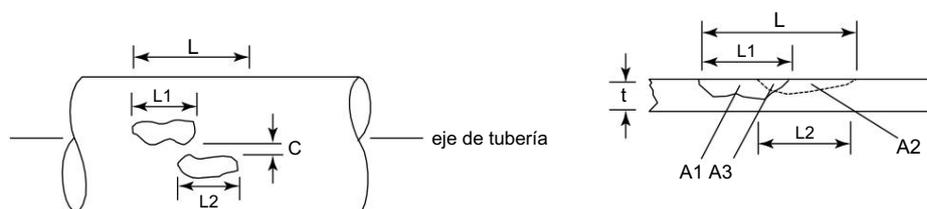
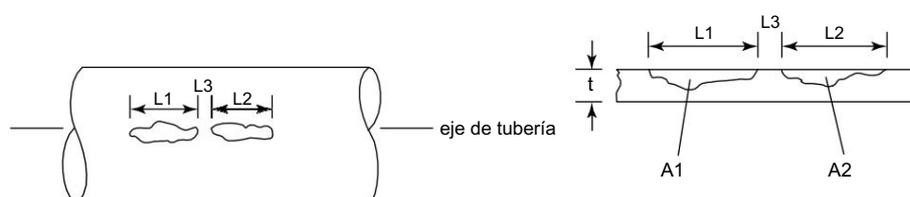


Figura 451.6.2.2-2  
Interacción Tipo II



Las abolladuras expuestas para su examen que tengan cualquiera de las siguientes características deberán eliminarse o repararse, a menos que una evaluación de ingeniería pueda demostrar que se tomarán otras medidas de mitigación, tal como se definen en API 1160.

reducir el riesgo a un nivel aceptable:

a) abolladuras que contengan muescas, ranuras, arañazos, grietas u otro aumento de tensión b) abolladuras que contengan pérdida de metal resultante de la corrosión o el esmerilado donde quede menos del espesor de pared mínimo permitido por la especificación del componente

(c) abolladuras que afectan la curvatura de la tubería en una soldadura circunferencial o una soldadura de costura

(d) abolladuras con una profundidad superior al 6 % del diámetro nominal de la tubería [6,4 mm (0,250 pulg.) de profundidad para una tubería de diámetro NPS 4 y menor]

La ausencia de grietas se confirmará mediante inspección utilizando técnicas de partículas magnéticas o de líquidos penetrantes.

Antes de la inspección, la superficie de la abolladura debe limpiarse hasta dejar el metal desnudo. Se deben eliminar las abolladuras que puedan restringir el paso de las herramientas ILI.

451.6.2.5 Grietas. Las grietas verificadas, excepto las grietas de cráter poco profundas o las grietas en estrella en las soldaduras circunferenciales, se considerarán defectos y se eliminarán o repararán, a menos que una evaluación de ingeniería demuestre que no representan un riesgo para la integridad de la tubería. Las grietas de cráter poco profundas o grietas en estrella en soldaduras circunferenciales, de 5/32 pulg. (4,0 mm) o menos de longitud, no se consideran defectos.

ø22P 451.6.2.6 Anomalías creadas por procesos de fabricación. Una anomalía creada durante la fabricación del acero o la tubería que existe en una tubería que

ha sido sometido a una prueba hidrostática a un nivel mínimo de 1,25 veces su presión máxima de funcionamiento de acuerdo con el párr. 437.4.1 no se considerará un defecto a menos que el operador tenga motivos para sospechar que la anomalía se ha ampliado por la fatiga inducida por el ciclo de presión. Si se establece que la anomalía se ha agrandado o es probable que se agrande debido a la fatiga inducida por el ciclo de presión, la anomalía debe eliminarse o repararse, a menos que una evaluación de ingeniería indique que la anomalía no afectará la integridad antes de la próxima inspección planificada.

Los puntos duros o planos sospechosos deben examinarse por medio de un probador de dureza. Las áreas que tengan un nivel de dureza correspondiente a Rockwell C 35 o más deberán ser removidas o reparadas.

Una laminación con cualquiera de las siguientes características deberá ser removida o reparada a menos que una evaluación de ingeniería indique que la anomalía no afectará la integridad antes de la próxima inspección planificada:

(a) intersección de una soldadura circunferencial o soldadura de costura (b) se encuentra en un plano inclinado al plano de las superficies de la tubería

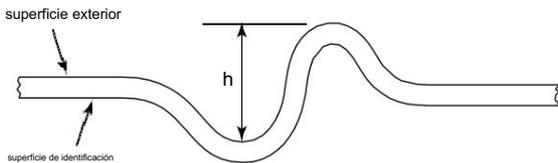
(c) intersección con otro defecto (d) se extiende a la superficie interior o exterior de la tubería Las laminaciones descubiertas como resultado de las actividades de ILI deben cotejarse, si es posible, con los datos de deformación para examinar la posibilidad de que una laminación sea en realidad una ampolla. Las laminaciones abultadas se abordarán de acuerdo con el párr. 451.6.2.7.

Antes de la reparación, debe definirse toda la extensión de la laminación mediante medición ultrasónica del espesor de la pared.

451.6.2.7 Ampollas. Las ampollas se considerarán defectos y se retirarán o repararán. Antes de la reparación, se debe definir toda la extensión de la ampolla mediante una técnica no destructiva.

451.6.2.8 Hebillas, ondulaciones, arrugas. Para pequeñas ondulaciones (es decir, pandeos o arrugas incipientes) que no muestran grietas, no se requiere reparación si la altura de la cresta a la depresión, h, cumple con uno de los siguientes criterios donde la tensión circunferencial máxima de operación, S, es como se muestra. La ausencia de grietas se confirmará mediante inspección con partículas magnéticas o líquidos penetrantes.

Operativo Máximo Estrés	$\left(\frac{h}{D}\right) \times 100$ No puedes exceder
circunferencial, S ≤ 20 000 psi (138 MPa)	2
>20 000 psi (138 MPa), ≤ 30 000 psi (207 MPa)	$\frac{30,000 S}{10,000} + 1 \frac{1}{2}$
>30 000 psi (207 MPa), ≤ 47 000 psi (324 MPa)	$0.5 \frac{47,000 S}{17,000} + 1 \frac{1}{2}$
>47 000 psi (324 MPa)	0.5



donde

- D = diámetro exterior de la tubería, mm (pulg) h = altura de cresta a valle de la ondulación, mm (pulg)
- S = tensión circular máxima de operación, psi (145S, MPa)

Cuando exista un grupo de pandeos, ondulaciones o arrugas en proximidad entre sí, la limitación de h se debe aplicar a la mayor altura de cresta a valle.

451.6.2.9 Reparaciones permanentes. Los defectos pueden eliminarse o repararse mediante uno o más de los métodos que se describen a continuación, sujeto a las limitaciones enumeradas para cada tipo de defecto y método de reparación (consulte las Tablas 451.6.2.9-1 y 451.6.2.9-2 para conocer algunos métodos aceptables). Se pueden usar otros métodos, siempre que estén respaldados por principios sólidos de ingeniería y cumplan con los requisitos de este Código. (a) Eliminación. La sección de tubería que contiene el defecto debe retirarse como un cilindro y reemplazarse. La tubería de reemplazo deberá cumplir con los requisitos del párr. 401.2.2 y, cuando sea posible, debe tener una longitud

no menos de la mitad del diámetro o no menos de 3 pulgadas (76,2 mm), lo que sea mayor. La tubería debe estar descubierta o de otra manera relajada de la restricción en una distancia suficiente para permitir un realineamiento razonablemente libre de estrés. (b) Molienda. Los defectos se pueden eliminar puliendo

dentro de las limitaciones que se indican a continuación. Antes de la molienda, se deben considerar los límites de molienda impuestos por la presión de operación, el espesor de pared restante y la proximidad de los defectos. El área del suelo debe tener una transición suave (pendiente mínima de 4 a 1) entre ella y la tubería circundante. Consulte ASME PCC-2, artículo 3.4 para obtener más información sobre las reparaciones de rectificadas. Los defectos de soldadura, las quemaduras por arco, las estrías, las ranuras y las grietas se pueden eliminar puliendo antes de cualquier reparación adicional.

Las abolladuras con elevadores de tensión pueden esmerilarse para eliminar el elevador de tensión antes de la instalación de una reparación.

El esmerilado de defectos debe incluir (1) la confirmación de la eliminación completa del defecto mediante el uso de inspección visual y de partículas magnéticas o líquidos penetrantes (2) la

medición de la longitud longitudinal y el espesor restante de la pared del área esmerilada mediante el uso de equipos de medición mecánicos o ultrasónicos para garantizar el cumplimiento de un criterio adecuado de aptitud para el uso. Las quemaduras por arco de tierra deben grabarse de acuerdo con

para. 451.6.2.3 para confirmar la remoción de todo el material metalúrgicamente alterado.

Áreas donde el esmerilado reduce el espesor de pared restante a menos del espesor de diseño calculado de acuerdo con el párr. 403.2, disminuida por una cantidad igual a la tolerancia de fabricación aplicable a la tubería o componente, debe analizarse utilizando un criterio apropiado de aptitud para el propósito [ver para. 451.6.2.2(b)].

El espesor de pared restante después de la molienda no debe ser inferior al 60 % del espesor de pared nominal de la tubería, a menos que la pared de la tubería esté reforzada con un manguito, abrazaderas mecánicas atornilladas u otro dispositivo.

Si el esmerilado va a ser el único medio de reparación de una abolladura que contiene grietas u otros elementos que aumentan la tensión, las grietas, los elementos que aumentan la tensión u otros defectos deben eliminarse por completo y el espesor de pared restante después del esmerilado no debe ser menor que el espesor de pared mínimo como permitido por la especificación del componente, que deberá ser confirmado por métodos de medición ultrasónicos.

(c) Metal de soldadura depositado. Los defectos en las soldaduras que no sean soldaduras de costura, pequeñas áreas corroídas, hendiduras, ranuras y quemaduras por arco pueden repararse depositando metal de soldadura, siempre que no estén ubicados dentro de los límites de una región dentada de la tubería. Los defectos de soldadura, las quemaduras por arco, las estrías y las ranuras se eliminarán mediante esmerilado antes de depositar el metal de aporte de la soldadura. Los procesos de soldadura deben estar de acuerdo con la especificación de tubería apropiada para el grado y tipo de tubería que se está reparando. La prueba de calificación para los procedimientos de soldadura.



ASME B31.4-2022



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100

Tabla 451.6.2.9-2  
Métodos aceptables de reparación de tuberías para abolladuras, torceduras, ondulaciones, arrugas y fugas  
Acoplamientos y reparaciones previas defectuosas

022P

Tipo de defecto	Métodos de reparación					
	1 Reemplazar como 2 Eliminación del cilindro por [Nota 1]	Molienda	4a Sin presión- que contiene Manga (Escribe un)	4b Presión que contiene completo- Circunvalación Manga (Tipo B)	5 Compuesto Manga	6 Mecánico empernado Abrazaderas
Abolladuras ≤6% del diámetro de la tubería que contiene costura o <small>soldadura circumferencial</small>	Sí	No	Limitado [Nota 2]	Sí	Limitado [Nota 2]	Sí
Abolladuras ≤6% del diámetro de la tubería que contiene gubia, ranura o grieta	Sí	Limitado [Nota 3]	Limitado [Notas (2), (4)]	Sí	Limitado [Notas (2), (4)]	Sí
Abolladuras ≤6% del diámetro de la tubería que contiene corrosión con menos que el mínimo espesor de pared permitido por el especificación de componentes restos	Sí	No	Limitado [Nota 2]	Sí	Limitado [Nota 2]	Sí
Abolladura superior al 6% de el diámetro de la tubería en OD > NPS 4 o profundidad > 0.250 pulg. (6,4 mm) en DO < = NPS 4	Sí	No	Limitado [Nota 2]	Sí	Limitado [Notas (2), (4)]	Sí
Hebillas, ondulaciones o arrugas	Sí	No	Limitado [Nota 2]	Sí	No	Sí
Acoplamiento con fugas	Sí	No	No	Sí	No	Sí
Manga defectuosa de reparación previa	Sí	No	No	Sí	No	Sí

## NOTAS:

- (1) La tubería de reemplazo debe tener una longitud mínima de la mitad de su diámetro o 3 pulgadas (76,2 mm), lo que sea mayor, y deberá cumplir con los mismos requisitos de diseño como los de la tubería portadora.
- (2) Se debe usar un relleno endurecible como epoxi o resina de poliéster para llenar el vacío entre la tubería y el manguito de reparación.
- (3) Solo se puede usar si la grieta, el elevador de tensión u otro defecto se elimina por completo, la eliminación se verifica mediante una inspección visual y de partículas magnéticas o líquidos penetrantes (más grabador en el caso de quemaduras por arco), y el espesor de pared restante no es inferior al espesor de pared mínimo permitido por la especificación del componente.
- (4) Solo se puede usar si se elimina por completo el desgarró, la ranura, la quemadura por arco o la grieta y se verifica la eliminación mediante una inspección visual y de partículas magnéticas o líquidos penetrantes (más grabador en el caso de quemaduras por arco).

que se usará en tuberías que contengan un líquido deberá incluir los efectos de enfriamiento del contenido de la tubería sobre la solidez y las propiedades físicas de la soldadura. Los procedimientos de soldadura en tuberías que no contengan líquido se calificarán de acuerdo con el párr. 434.8.3. Se establecerá una especificación de procedimiento de soldadura para la reparación por medio de metal de soldadura depositado. La especificación del procedimiento de soldadura debe definir el espesor mínimo permisible de la pared remanente en las áreas donde se utilizará la deposición de soldadura y el valor apropiado de presión en la tubería portadora durante este tipo de reparación. Se utilizarán electrodos de bajo hidrógeno para

prevenir el agrietamiento por hidrógeno en materiales de acero al carbono.

(d) Mangas envolventes completas. Las reparaciones se pueden realizar mediante la instalación de un manguito dividido soldado en toda la circunferencia. Consulte ASME PCC-2, Artículo 2.6 para obtener más información sobre los manguitos de reparación de acero. Las configuraciones del manguito pueden ser una de

las siguientes: (1) Configuración del manguito que no contiene presión (Tipo A). Para camisas divididas de envoltorio completa instaladas para reparación solo con refuerzo y sin contención de presión interna, no se permite la soldadura circunferencial de los extremos. Se debe usar un material de relleno endurecible, como epoxi que no se encoge, para llenar cualquier vacío que exista entre el manguito y el área defectuosa que se está reparando.

Los extremos del manguito se extenderán más allá del borde del defecto por un mínimo de 2 pulgadas (50 mm). Cuando se utiliza un manguito de refuerzo para defectos con una longitud inferior a L, como se define en la siguiente ecuación, el espesor del material del manguito puede ser como mínimo dos tercios del espesor del tubo portador. Para fallas con longitud mayor a L, el espesor del material del manguito debe ser igual o mayor que el del tubo portador.

$$\text{largo} = 20 \times \sqrt{D \times t}$$

dónde

D = diámetro de tubería  
t = espesor de pared

Cuando se utilice un manguito tipo A, se deben tomar medidas para evitar la migración de agua al espacio entre la tubería y el manguito. Se debe establecer continuidad eléctrica entre la tubería y el manguito para proporcionar protección catódica. Los manguitos de tipo A no deben usarse para reparar defectos con fugas o defectos orientados circunferencialmente.

Se puede instalar un manguito tipo A de manera que se reduzca la tensión circunferencial en la tubería portadora. Los métodos para lograr esto incluyen bajar la presión antes de instalar el manguito, aplicar una fuerza mecánica externa o precalentar el manguito para facilitar un "ajuste por contracción".

(2) Configuración de manguito que contiene presión (Tipo B). Los manguitos tipo B tendrán una presión de diseño de no menor que el de la tubería que se está reparando. Las costuras longitudinales del manguito serán soldaduras a tope de penetración total. Los extremos del manguito deben soldarse con filete al soporte.

tubería usando un procedimiento de soldadura de bajo hidrógeno (ver ASME PCC-2, Artículo 206). Los extremos del manguito se extenderán más allá del borde del defecto por un mínimo de 2 pulgadas (50 mm). Si el manguito es más grueso que la tubería que se está reparando, la dimensión de la pierna de las soldaduras de filete debe estar de acuerdo con la Figura 451.6.2.9-1. La cara del extremo del manguito Tipo B deberá tener un espesor mínimo de 1,4 tn. Se puede permitir que el tramo de soldadura de filete en la tubería se extienda a 4 tn más el espacio con un procedimiento de soldadura en servicio calificado.

Los manguitos tipo B se pueden usar para defectos con fugas o sin fugas, incluidos los defectos orientados circunferencialmente. Cuando se utilizan manguitos múltiples, un manguito tipo B no debe terminar dentro de la mitad del diámetro de una tubería o 4 pulgadas de una soldadura circunferencial, lo que sea mayor. La distancia entre manguitos debe ser de al menos un diámetro de tubería. Los manguitos separados pueden estar separados por menos de un diámetro de tubería si se unen mediante un manguito puente soldado o se hacen continuos soldándolos a tope. Cuando se instala en un defecto sin fugas, se puede instalar un manguito tipo B de manera que se reduzca la tensión circunferencial en la tubería portadora.

Los métodos para lograr esto incluyen bajar la presión antes de instalar el manguito, aplicar una fuerza mecánica externa o precalentar el manguito para facilitar un "ajuste por contracción".

(e) Manga compuesta. Las áreas corroídas sin fugas y ciertos otros tipos de defectos pueden repararse mediante la instalación de un manguito compuesto, siempre que el diseño y los métodos de instalación estén probados para el servicio previsto antes de la aplicación. Se requiere un procedimiento escrito calificado realizado por personal capacitado, y los registros deben conservarse de acuerdo con la sección 455. Se debe probar un manguito compuesto para determinar si es compatible con la protección catódica y el producto en la tubería portadora. El manguito compuesto también debe conservar sus propiedades esenciales en un ambiente húmedo a temperaturas dentro del rango de temperatura operativa de la tubería. La capacidad de carga de la tubería restante y el manguito compuesto debe ser como mínimo igual a la capacidad de carga nominal

de la pipa. Los manguitos compuestos deben estar marcados y/o documentados en cuanto a su ubicación para que sea evidente

que se ha realizado una reparación en la ubicación específica.

Los manguitos compuestos no se deben usar para reparar fugas, pérdida de metal con una profundidad superior al 80 % del espesor nominal de la pared, grietas o defectos orientados circunferencialmente.

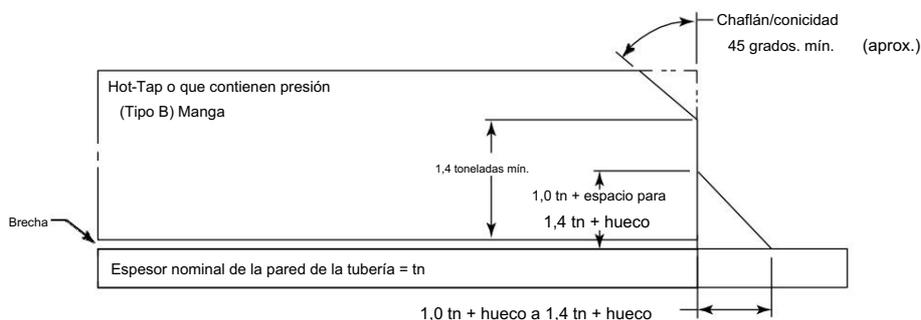
Los manguitos compuestos se pueden usar para reparar defectos que se hayan eliminado mediante pulido. (f)

Abrazadera atomillable mecánica. Se pueden hacer reparaciones a los defectos con fugas y sin fugas mediante la instalación de una abrazadera aplicada mecánicamente. Una abrazadera mecánica deberá tener una presión de diseño no menor que la de la tubería que se está reparando. No se deben usar abrazaderas mecánicas para reparar defectos orientados circunferencialmente a menos que estén diseñadas para soportar la carga axial. Una abrazadera mecánica puede ser

Figura 451.6.2.9-1 Diseño

de soldadura de filete de extremo de manguito de conexión en caliente o con contenido de presión (Tipo B)

ø22P



completamente soldada, tanto circunferencial como longitudinalmente y sellada en los pernos. Los extremos de la abrazadera se extenderán más allá de los bordes del defecto por un mínimo de 2 pulg. (50 mm). Envoltorio total aplicado mecánicamente

los accesorios de reparación deberán cumplir con los requisitos de diseño del párr. 401.2. (g)

Intervención en caliente. Los defectos pueden eliminarse mediante hot taps. Cuando se utiliza hot tap como medio de reparación, la parte de la tubería que contiene el defecto debe

eliminarse por completo. Accesorios de hot tap de más de 2 pulg. (50 mm) que tienen suficiente material integral para satisfacer los requisitos de reemplazo de área del párrafo 1. 404.3.5 puede no tener la resistencia adecuada a fuerzas y momentos externos si se usa sin refuerzo de envolvimiento total.

(h) Accesorios. Las fugas menores resultantes de la corrosión externa y las áreas pequeñas corroídas externamente pueden repararse mediante la instalación de un accesorio soldado. Los accesorios soldados utilizados para cubrir los defectos de la tubería no deberán exceder NPS 3 y deberán tener una presión de diseño no menor que la de la tubería que se está reparando. La tubería que contiene quemaduras por arco, ranuras y ranuras puede repararse con un accesorio soldado si la quemadura por arco o el elevador de tensión asociado con la ranura o la ranura están eliminado por molienda. Ninguna grieta será reparada por este método.

(i) Parches y Medias Suelas. No se instalarán parches ni medias suelas en las tuberías.

451.6.2.10 Reparaciones temporales. Es posible que se necesiten reparaciones temporales para propósitos operativos. Dichas reparaciones temporales se realizarán de manera segura y de acuerdo con sólidos principios de ingeniería.

Las reparaciones temporales se harán permanentes o se reemplazarán de manera permanente tan pronto como sea práctico de acuerdo con este Código.

451.6.3 Pruebas de reparación de tuberías que operan con una tensión circunferencial de más del 20 % de la resistencia a la fluencia mínima especificada de la tubería. Cuando se realiza una reparación programada de una tubería cortando una sección de la tubería como un cilindro y reemplazándola con otra sección de

tubería, la sección de reemplazo de la tubería debe someterse a una prueba de presión. La sección de reemplazo de la tubería deberá probarse como se requiere para una tubería nueva de acuerdo con el párr. 437.4.1. Las pruebas se pueden realizar en la tubería antes de la instalación, siempre que se realicen pruebas radiográficas u otras pruebas no destructivas aceptables (exceptuando la inspección visual) en todas las soldaduras a tope después de la instalación.

#### 451.8 Mantenimiento de válvulas

Las válvulas de bloqueo de tuberías deben inspeccionarse, repararse cuando sea necesario y operarse parcialmente al menos una vez al año para garantizar las condiciones de funcionamiento adecuadas.

#### 451.9 Ferrocarriles y carreteras que cruzan tuberías existentes

(a) Cuando una tubería existente va a ser atravesada por una nueva carretera o vía férrea, la empresa operadora deberá analizar la tubería en el área a ser atravesada en términos de las nuevas cargas externas previstas de acuerdo con el párr. 402.8. Si los esfuerzos de la tubería existente exceden el requisito de esfuerzo permitido del párr. 403.8.6, la empresa operadora deberá instalar refuerzo mecánico, protección estructural o tubería adecuada para reducir la tensión a 0,90Sy o menos, o redistribuir las cargas externas que actúan sobre la tubería. API RP 1102 proporciona métodos que pueden usarse para determinar la tensión total causada por la presión interna y las cargas externas. API RP 1102 también proporciona métodos para verificar la fatiga de los componentes de tensión cíclica. (b) Se prefiere la instalación de tubería portadora sin revestimiento.

Los ajustes de las tuberías existentes en servicio en un cruce ferroviario o de carretera propuesto se ajustarán a los detalles contenidos en API RP 1102. Como se especifica en el párr. 461.1.7, si se usa encamisado, la tubería portadora revestida debe estar sostenida de manera independiente fuera de cada extremo del encamisado y aislada del encamisado en toda la sección del encamisado, y los extremos del encamisado deben sellarse con un material duradero no conductor de electricidad.

(c) La prueba y la inspección de las secciones de tubería reemplazadas deberán cumplir con los requisitos del párr. 451.6.3. Todas las soldaduras circunferenciales nuevas en la tubería portadora deben ser radiografiadas o inspeccionadas por otros métodos no destructivos aceptables (exceptuando la inspección visual).

#### 451.10 Plataformas Elevadoras de Aguas Interiores

Las instalaciones de tuberías ascendentes deben inspeccionarse visualmente anualmente para detectar daños físicos y corrosión en la zona de salpicadura y más arriba. Se determinará la extensión de cualquier daño observado y, si es necesario, se reparará o reemplazará la instalación del tubo ascendente.

#### 451.11 Detección de fugas

Mientras esté en funcionamiento, todos los segmentos de tubería deben monitorearse periódicamente para garantizar que no tengan fugas. El personal en el sitio, tanto como vecinos del sistema de tuberías como empleados del operador, descubre muchas fugas. Los operadores deben continuar comunicándose y mantener las habilidades de detección y respuesta necesarias para apoyar la inspección visual del sistema de tuberías. Además, los operadores deben considerar métodos complementarios de detección de fugas que no sean visuales.

La selección e implementación del sistema de detección de fugas debe tener en cuenta el riesgo tanto de la probabilidad como de las consecuencias de una fuga. Algunos factores que podrían reducir el riesgo cuando un operador está determinando el tipo y la frecuencia de monitoreo a emplear incluyen los siguientes: (a) servicio: líquidos limpios, no

corrosivos y de baja presión de vapor (b) ubicación: lejos de la

población, en propiedad controlada por el operador, lejos de áreas que sufrirían daños irreparables, no cerca de vías fluviales que apoyen el tráfico recreativo o comercial

(c) construcción: el material opera muy por debajo de los límites del umbral (d) opera a

niveles bajos de estrés (e) historial de

fugas: indica años sin fugas El tiempo de respuesta esperado

durante una fuga o emergencia es otro factor importante que debe considerarse.

Un tiempo de respuesta más largo respalda el beneficio de las necesidades de detección más rápidas. La precisión de la detección y la falta de indicaciones falsas también son factores que apoyan o disminuyen la fiabilidad del método de detección de fugas seleccionado.

El operador debe seleccionar cuidadosamente la detección de fugas sistemas El sistema de detección puede consistir en un patrullaje de derecho de paso programado regularmente, aéreo, terrestre o acuático; análisis de presiones bloqueadas; monitorear cambios de flujo o presión de operación en estado estable; balances volumétricos de línea; análisis de ondas de presión, o cualquier otro método capaz de detectar fugas de manera oportuna. Los intervalos de monitoreo varían de continuos con software de evaluación computarizado, a rangos de semanales a diarios para métodos de observación visual. Si

se utiliza el monitoreo basado en computadora, se debe seguir API RP 1130.

Cualquiera que sea el método seleccionado, los operadores deben monitorear y analizar periódicamente el desempeño de fugas y hacer ajustes al método de detección de fugas seleccionado para reducir la fuga.

#### 451.12 Criterios de tensión para tuberías existentes

Cuando una tubería existente experimenta un desplazamiento no cíclico de su soporte (como un movimiento de falla a lo largo de la ruta de la tubería o un asentamiento o hundimiento diferencial del soporte a lo largo de la tubería), los límites de tensión longitudinal y combinada pueden reemplazarse con un límite de deformación permisible, siempre que las consecuencias de la fluencia no perjudiquen la capacidad de servicio de la tubería instalada. Esta limitación de deformación permisible no se aplica a deformaciones localizadas, como las que se encuentran en abolladuras, curvas de campo o curvas de inducción. La deformación por tracción máxima permisible depende de la ductilidad del material, cualquier deformación plástica experimentada previamente y el comportamiento de pandeo de la tubería. Cuando se anticipen deformaciones plásticas, se deben considerar la excentricidad de la tubería, la falta de redondez de la tubería y la capacidad de las soldaduras para soportar tales deformaciones sin efectos perjudiciales. La deformación máxima por tracción se limitará al 2%.

### 452 ESTACIÓN DE BOMBEO, TERMINAL Y ALMACENAMIENTO OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES

#### 452.1 Generalidades

(a) Deberán establecerse procedimientos de arranque, operación y apagado para todos los equipos y la empresa operadora deberá tomar las medidas adecuadas para asegurarse de que se sigan estos procedimientos. Estos procedimientos deberán describir las medidas preventivas y los controles de los sistemas necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de todos los equipos de parada, control y alarma. (b) El equipo de

tubería ubicado en la propiedad del operador debe ser monitoreado regularmente para detectar fugas.

El operador debe evaluar las alternativas disponibles, considerando lo siguiente: (1) sistemas de monitoreo tales

como detectores de gas, alarmas de nivel de sumidero, alarmas de falla de sellos de bombas y alarmas de alto nivel de tanques y recipientes de almacenamiento (2) patrullas

de observación o comprobaciones realizadas en un programa horario, diario, semanal o mensual apropiado para los factores de la ubicación (3) pruebas periódicas de presión

estática de tuberías y

tanques de almacenaje

(4) evaluación cuidadosa del volumen operativo de rutina informes métricos de recepción, entrega e inventario

(5) pruebas de emisiones fugitivas de sellos y prensaestopas

(6) programas de concientización pública para mejorar el reconocimiento y la respuesta a fugas, etc.

Se debe realizar una revisión y un análisis periódicos de las fugas que hayan ocurrido en la propiedad del operador para identificar acciones correctivas.

#### 452.2 Controles y equipo de protección

(a) Los controles y equipos de protección, incluidos los dispositivos limitadores de presión, reguladores, controladores, válvulas de alivio y otros dispositivos de seguridad, deberán estar sujetos a inspecciones y pruebas periódicas y sistemáticas, al menos una vez al año, excepto lo dispuesto en (b), para determinar que están (1) en

buenas condiciones mecánicas (2)

adecuados desde el punto de vista de la capacidad y confiabilidad de operación para el servicio en el que están empleados

(3) configuradas para funcionar a la presión correcta

(4) correctamente instaladas y protegidas de materiales extraños u otras condiciones que puedan impedir el funcionamiento adecuado (b) Las válvulas de alivio

en recipientes de almacenamiento a presión que contienen GLP o amoníaco anhidro líquido deben someterse a pruebas por lo menos cada 5 años

#### 452.3 Instalaciones de almacenamiento

(a) Las instalaciones de almacenamiento, incluidos los tanques atmosféricos y de presión, que manipulan el líquido o lodo que se transporta, deben inspeccionarse periódicamente y mantenerse los registros pertinentes. Los puntos que se cubrirán

incluyen (1) la estabilidad de los

cimientos (2) el estado del fondo, el armazón, las escaleras

y el techo (3) el equipo de ventilación o válvula

de seguridad (4) el estado de los cortafuegos o los

diques de los tanques (b) Los recipientes y tanques de almacenamiento deben estar limpiado de acuerdo con API 2015.

#### 452.4 Almacenamiento de Materiales Combustibles

Todos los materiales inflamables o combustibles en cantidades superiores a las requeridas para el uso diario o que no sean las que se usan normalmente en las casas de bombas se almacenarán en una estructura separada construida con material no combustible ubicada a una distancia adecuada de la casa de bombas. Todos los tanques de almacenamiento de aceite o gasolina sobre el suelo deben estar protegidos de acuerdo con NFPA 30.

#### 452.5 Esgrima

Las áreas de la estación, la terminal y el almacenamiento se mantendrán en condiciones seguras y se cercarán y cerrarán o vigilarán para la protección de la propiedad y del público.

#### 452.6 Signos

(a) Se colocarán carteles adecuados que sirvan de advertencia en áreas peligrosas.

(b) Las áreas clasificadas y de alto voltaje deberán estar adecuadamente marcadas y aisladas.

(c) Se colocarán carteles de precaución que indiquen el nombre de la empresa operadora y, cuando sea posible, un contacto telefónico de emergencia.

#### 452.7 Prevención de ignición accidental

(a) Se prohibirá fumar en todas las áreas de una estación de bombeo, terminal o patio de tanques en los que la posible fuga o presencia de vapor constituya un peligro de incendio o explosión. (b) Las linternas o lámparas de mano,

cuando se utilicen, deberán ser de el tipo aprobado.

(c) La soldadura comenzará solo después de cumplir con el párr. 434.8.1(c). d) Debería

prestarse atención a la prevención de otros medios de ignición accidental. Consulte NACE SP 0177 para obtener orientación adicional.

#### 453 CONTROL DE CORROSIÓN

La protección de la tubería y los componentes ferrosos contra la corrosión externa e interna, incluidas las pruebas, inspecciones y las medidas correctivas apropiadas, se realizará de acuerdo con lo prescrito en el [Capítulo VIII](#).

#### 454 PLAN DE EMERGENCIA

(a) Se establecerá un plan de emergencia por escrito para su implementación en caso de fallas del sistema, accidentes u otras emergencias, y se incluirán procedimientos para medidas correctivas rápidas y oportunas que brinden seguridad al público y al personal de la empresa operadora, minimizando los daños a la propiedad, protegiendo el medio ambiente y limitando las descargas accidentales del sistema de tuberías. (b) El plan deberá prever la capacitación del personal

responsable de la pronta ejecución de la acción de emergencia. Se informará al personal sobre las características del líquido o lodo en los sistemas de tuberías y las prácticas seguras en el manejo de descargas accidentales y reparación de las instalaciones, con énfasis en los problemas especiales y precauciones adicionales en el manejo de fugas y reparación de sistemas que transportan GLP, lodos o amoníaco anhidro líquido. La empresa operadora establecerá revisiones programadas con el personal de los procedimientos a seguir en caso de emergencia a intervalos no superiores a 6 meses, y las revisiones se realizarán de manera que establezcan la competencia del plan de emergencia. (c) Los procedimientos deberán cubrir el enlace con las autoridades estatales y locales.

agencias civiles tales como departamentos de bomberos, departamentos de policía, oficinas del alguacil, patrullas de caminos y otras entidades en o cerca del derecho de paso de la tubería (por ejemplo, servicios públicos eléctricos y de otro tipo, autoridades de caminos y ferrocarriles) para proporcionar intercomunicaciones rápidas para coordinar acción correctiva; difusión de información sobre la ubicación de las instalaciones del sistema; características de los líquidos o lodos transportados, incluidas las precauciones adicionales

necesario con fugas de sistemas de tuberías que transportan GLP o amoníaco anhidro líquido; y preparación conjunta de acciones cooperativas según sea necesario para garantizar la seguridad del público en caso de emergencias.

(d) Se establecerá una línea de comunicación con los residentes a lo largo del sistema de tuberías para reconocer y reportar una emergencia del sistema al personal de la compañía operadora correspondiente. Esto podría incluir el suministro de una tarjeta, calcomanía o equivalente con nombres, direcciones y números de teléfono del personal de la empresa operadora para ser contactado.

(e) En la formulación de procedimientos de emergencia para limitar la descarga accidental del sistema de tuberías, la compañía operadora deberá considerar

(1) formular y poner en funcionamiento procedimientos para un sistema cooperativo de acción de emergencia para la notificación de fugas en tuberías del área entre compañías operadoras que tengan sistemas de tuberías en el área (2)

reducción de la presión de la tubería mediante el cese de las operaciones de bombeo en el sistema de tuberías, abriendo el sistema para la entrega almacenamiento a ambos lados del lugar de la fuga y cierre expedito de las válvulas de bloqueo a ambos lados del lugar de la fuga y, en el caso de sistemas que transporten GLP, continuación del bombeo hasta que el GLP haya sido reemplazado en el punto de la fuga por un producto menos volátil si los vapores no se acumulan hasta el punto

que un peligro grave parece inminente (3)

instrucciones provisionales a las autoridades locales antes de la llegada del personal calificado de la empresa operadora al lugar de la fuga

(4) transporte rápido de personal calificado al lugar de la fuga (5)

minimización de la exposición del público a lesiones y prevención de ignición accidental mediante la evacuación de los residentes y la detención del tráfico en carreteras, autopistas y vías férreas en el área afectada

(6) en el caso de sistemas que transporten GLP, evaluación de la extensión y cobertura de la nube de vapor de GLP y determinación del área peligrosa con explosímetros portátiles; ignición de vapores en el lugar de la fuga para evitar la propagación descontrolada de vapores; uso de antorchas temporales o purgas a ambos lados del sitio de la fuga; y uso de equipo de taponamiento interno donde se prevé

que la vaporización del GLP atrapado en el segmento de la tubería continuará durante un período prolongado

(7) en el caso de sistemas que transporten amoníaco anhidro líquido, la evaluación de la extensión y cobertura de la nube de vapor de amoníaco y el uso de equipo de taponamiento interno cuando se anticipe que la vaporización del amoníaco anhidro líquido atrapado en el segmento de la tubería continuará durante un Período prolongado

#### 455 REGISTROS

Para propósitos de operación y mantenimiento, los siguientes los registros se mantendrán adecuadamente:

(a) los datos operativos necesarios

- (b) registros de patrullaje de tuberías (c) registros de corrosión según lo requerido por [la sección 468](#)
- (d) registros de fugas y rupturas
- (e) registros relacionados con inspecciones de rutina o inusuales ciones, tales como condiciones de línea externas o internas
- (f) registros de reparación de tuberías

#### 456 CALIFICACIÓN DE UN SISTEMA DE TUBERÍAS PARA UNA MAYOR PRESIÓN OPERACIONAL

(a) En el caso de aumentar la capacidad de un sistema de tuberías existente cuando la presión de operación más alta produzca una tensión circunferencial de más del 20% del límite elástico mínimo especificado de la tubería, se deben tomar las siguientes medidas de investigación y corrección: (1) el diseño y las pruebas

previas del sistema de tuberías y los materiales y el equipo en él sea revisado para determinar que el aumento propuesto en la presión máxima de operación en estado estable es seguro y en general de acuerdo con los requisitos de este Código

(2) las condiciones del sistema de tuberías se determinarán mediante estudios de fugas y otras inspecciones de campo, examen de los registros de mantenimiento y control de la corrosión u otros medios adecuados (3)

reparaciones, reemplazos o alteraciones en las tuberías sistema revelado como necesario por (1) y (2) arriba se hará (b) La presión

máxima de operación en estado estacionario se puede aumentar después de cumplir con (a) y una de las siguientes disposiciones: (1) Si la condición física de

el sistema de tuberías según lo determinado por (a) indica que el sistema es capaz de resistir la presión de funcionamiento máxima deseada en estado estable aumentada de acuerdo con el requisito de diseño de este Código, y el sistema ha sido probado previamente por una duración y a una presión igual o superior a lo requerido en [los párrs. 437.4.1\(a\) y 437.4.1\(c\)](#) para un nuevo sistema de tuberías para la presión máxima de operación en estado estacionario más alta propuesta, el sistema puede operarse a la mayor presión máxima de operación en estado estacionario.

presión.

(2) Si la condición física del sistema de tuberías según lo determinado por (a) indica que la capacidad del sistema para soportar la presión máxima de operación en estado estable aumentada no se ha verificado satisfactoriamente, o el sistema no se ha probado previamente para los niveles requerido por este Código para un nuevo sistema de tuberías para la presión máxima de operación en estado estable más alta propuesta, el sistema puede operarse a la presión máxima de operación en estado estable aumentada si el sistema resiste con éxito la prueba requerida por este Código para una nueva sistema para operar en las mismas condiciones.

(c) En ningún caso se elevará la presión máxima de operación en estado estacionario de un sistema de tuberías a un valor mayor que la presión interna de diseño permitida por

este Código para un nuevo sistema de tuberías construido con los mismos materiales. La tasa de aumento de la presión hasta la presión máxima de operación en estado estable más alta debe ser gradual para permitir tiempo suficiente para las observaciones periódicas del sistema de tuberías.

(d) Los registros de tales investigaciones, trabajos realizados y pruebas de presión realizadas se conservarán mientras las instalaciones involucradas permanezcan en servicio.

#### 457 ABANDONO DE UN SISTEMA DE TUBERÍAS

En caso de abandonar un sistema de tuberías, se requiere que (a)

las instalaciones que se abandonarán en el lugar se desconecten de todas las fuentes del líquido transportado, como otras tuberías, estaciones de medición, líneas de control y otros accesorios ( b )

las instalaciones a ser abandonadas en el lugar deben ser purgadas del líquido y vapor transportado con un material inerte y los extremos sellados

## Capítulo VIII Control de Corrosión

### 460 GENERALIDADES

(a) Este Capítulo contiene los requisitos y procedimientos mínimos para controlar la corrosión y erosión externa e interna de tuberías y componentes metálicos expuestos, enterrados o sumergidos. Este Capítulo es aplicable al diseño e instalación de nuevas tuberías y sistemas de tuberías asociados y a la operación y mantenimiento de tuberías existentes y sistemas de tuberías asociados. (b) Las disposiciones de este Capítulo deben aplicarse bajo la dirección de personal competente en corrosión.

Cada situación específica no se puede anticipar; por lo tanto, la aplicación y evaluación de las prácticas de control de la corrosión requieren una cantidad significativa de juicio competente para que sean efectivos en la mitigación de la corrosión.

(c) Se permiten desviaciones de las disposiciones de este Capítulo en situaciones específicas, siempre que la compañía operadora pueda demostrar que se han logrado los objetivos expresados en este Capítulo.

(d) Los requisitos y procedimientos de control de la corrosión pueden, en muchos casos, requerir medidas adicionales a las que se muestran en este Capítulo. Cada empresa operadora deberá establecer procedimientos para implementar su programa de control de la corrosión, incluidos los requisitos de este Capítulo, para lograr los objetivos deseados. Los procedimientos, incluidos los de diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas de protección catódica, deben ser preparados e implementados por o bajo la dirección de personas calificadas por capacitación o experiencia, o ambas, en métodos de control de la corrosión.

### 461 CONTROL DE CORROSIÓN EXTERNA PARA TUBERÍAS ENTERRADAS O SUMERGIDAS

#### 461.1 Nuevas Instalaciones

461.1.1 Generalidades. Todas las tuberías nuevas enterradas o sumergidas y las tuberías asociadas de las terminales y estaciones de bombeo, excepto según lo permitido por el párr. 461.1.3 y la sección 466, deben estar revestidos externamente y protegidos catódicamente a menos que se pueda demostrar por prueba o experiencia que los materiales son resistentes a la corrosión en el ambiente en el que están instalados. Al seleccionar los materiales de revestimiento, se deben tener en cuenta las condiciones de manipulación, envío, almacenamiento, instalación y el entorno de servicio y los requisitos de protección catódica. La Encuesta de Datos de Corrosión, publicada por el

Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión (NACE) International, es una fuente de información sobre el comportamiento de los materiales en ambientes corrosivos.

#### 461.1.2 Requisitos de revestimiento

(a) La preparación de la superficie deberá ser compatible con el revestimiento a aplicar. La superficie de la tubería debe estar libre de materiales nocivos, como óxido, incrustaciones, humedad, suciedad, aceites, lacas y barnices. Se inspeccionará la superficie en busca de irregularidades que puedan sobresalir a través del revestimiento. Se eliminarán tales irregularidades. Se puede obtener más información de NACE/SSPC Joint Surface Normas de preparación. (b)

Recubrimientos adecuados, incluida la junta de campo compatible y los revestimientos de parche, se seleccionarán teniendo en cuenta la manipulación, el envío, el almacenamiento, las condiciones de instalación, la absorción de humedad, las temperaturas de funcionamiento de la tubería, los factores ambientales (incluida la naturaleza del suelo o el agua en contacto con el revestimiento), el carbón de adhesión características y rigidez dieléctrica. Se puede obtener más información de las normas NACE SP 0185, SP 0188, SP 0198, SP 0274, RP 0303, SP 0375, SP 0394, RP 0399, RP 0402, SP 0490 y RP 0602. (c) Los recubrimientos se aplicarán en una

manera que asegure una adhesión efectiva a la tubería. Deben evitarse los huecos, las arrugas, las vacaciones y el atrapamiento de gas. En ambientes rocosos, se debe considerar el uso de una envoltura exterior protectora, un relleno seleccionado u otras medidas adecuadas para minimizar el daño físico al revestimiento.

Se debe considerar la posibilidad de proporcionar un recubrimiento superior u otra protección de los recubrimientos almacenados que son susceptibles a la degradación por UV. (d)

El revestimiento se inspeccionará visualmente para detectar defectos antes de bajar la tubería en la zanja. Los revestimientos de tipo aislante en tuberías y conductos se inspeccionarán para detectar vacaciones mediante el método más adecuado. Los defectos de revestimiento o daños que puedan afectar el control efectivo de la corrosión deben repararse antes de instalar la tubería en la zanja. Se puede obtener más información de NACE SP 0490.

(e) Se debe tener cuidado en la manipulación, el almacenamiento y la instalación para evitar daños al revestimiento, incluidas medidas como las siguientes: (1) minimizar la manipulación de la tubería revestida (2) usar equipos que tengan menos probabilidades de dañar el revestimiento, p. cinturones o cunas en lugar de cables

(3) usar patines acolchados donde sea apropiado

(4) apilar o almacenar la tubería de manera que prevenga o minimiza el daño al recubrimiento

461.1.3 Requisitos de protección catódica. A menos que se pueda demostrar mediante pruebas o experiencia que no se necesita protección catódica, todas las tuberías enterradas o sumergidas con revestimientos tipo barrera, excepto las instalaciones instaladas para una vida útil limitada, deben protegerse catódicamente tan pronto como sea posible después de la instalación.

Las tuberías instaladas para una vida útil limitada no necesitan protección catódica si se puede demostrar que la tubería no experimentará corrosión que cause daños al público o al medio ambiente. Los sistemas de protección catódica se diseñarán para proteger la tubería enterrada o sumergida en su totalidad. Se considera que una tubería tiene protección catódica cuando cumple uno o más de los criterios enumerados en la Sección 6, Criterios y otras consideraciones para la protección catódica, de NACE SP 0169-2007.

#### 461.1.4 Aislamiento Eléctrico

461.1.4.1 Estructuras Extranjeras. Todos los sistemas de tuberías y tuberías revestidas deben estar eléctricamente aislados en todas las interconexiones con sistemas extraños, excepto cuando las estructuras metálicas subterráneas estén interconectadas eléctricamente y protegidas catódicamente como una unidad. Las tuberías de acero deben estar aisladas eléctricamente de las tuberías y componentes de hierro gris, hierro dúctil o metales no ferrosos. Se realizarán pruebas eléctricas de tuberías y sistemas de tuberías para localizar contactos no intencionales con otras estructuras metálicas. Si tales contactos existen, serán corregidos. Se puede obtener más información en NACE SP 0286.

461.1.4.2 Líneas de Transmisión Eléctrica. Cuando una tubería sea paralela a líneas aéreas de transmisión eléctrica, se tendrá en cuenta la

(a) investigar la necesidad de proteger el aislamiento empalmes en la tubería contra voltajes inducidos resultantes de fallas a tierra y rayos. Dicha protección se puede obtener mediante (1) la conexión a

tierra en el área afectada con material de ánodo de corriente impresa o galvánica o con un cable de conexión a tierra desnudo (2)

punteando el aislador de la tubería con un espacio de chispas

(3) combinaciones de (1) y (2) anteriores (4)

otras prácticas sólidas de ingeniería (b) hacer

un estudio en colaboración con la compañía eléctrica, tomando en consideración los siguientes factores y aplicando medidas correctivas según corresponda:

(1) la necesidad de mitigar los voltajes de CA inducidos o sus efectos sobre la seguridad del personal durante la construcción y operación de la tubería por medio de un diseño adecuado para técnicas de unión, blindaje o puesta a tierra (2) la posibilidad de

rayos o corrientes de falla que induzcan voltajes suficiente para perforar revestimientos de tuberías o tuberías (3) posibles efectos adversos en la protección catódica, las comunicaciones u otras instalaciones electrónicas

(4) los efectos corrosivos de los sistemas de energía de corriente continua de alto voltaje (HVDC) (c) Se

puede obtener más información de NACE SP 0177 y EPRI EL-3106.

461.1.4.3 Productos Transportados. Cuando una tubería transporte un producto que sea o contenga un electrolito, se debe considerar el uso de carretes aislantes revestidos internamente. Si se utilizan, los carretes de tubería de aislamiento deben diseñarse para evitar que se produzcan corrientes iónicas dentro de la tubería entre diferentes potenciales de acero de tubería.

#### 461.1.5 Conexiones Eléctricas y Puntos de Monitoreo

(a) Con excepción de las tuberías y los sistemas de tuberías mar adentro, deberían instalarse suficientes puntos de prueba para demostrar la eficacia del control de la corrosión o la necesidad de protección catódica.

(b) Se debe prestar especial atención a la forma de instalación de los cables eléctricos utilizados para la corrosión.

control o prueba para evitar la concentración de tensión dañina en el punto de unión a la tubería. Los métodos aceptables incluyen, pero no se limitan a

(1) cables eléctricos conectados directamente a la tubería mediante el proceso de soldadura por termita, utilizando óxido de cobre y polvo de aluminio. El tamaño de la carga de soldadura por termita debe seleccionarse en función del espesor de la pared, la presión de funcionamiento y las recomendaciones del fabricante del equipo de soldadura por termita.

(2) conexión de cables eléctricos directamente a la tubería mediante el uso de soldaduras blandas u otros métodos que no involucren temperaturas superiores a las de las soldaduras blandas.

(c) Toda tubería que esté desnuda para conexiones de conductores eléctricos y todos los cables conductores eléctricos desnudos deben estar protegidos por material aislante eléctrico compatible con el revestimiento existente.

#### 461.1.6 Interferencia eléctrica

(a) Los sistemas de protección catódica de corriente impresa deben diseñarse, instalarse y operarse para minimizar los efectos adversos en las estructuras metálicas existentes.

(b) Se deben realizar pruebas de campo para determinar la interferencia eléctrica adversa de instalaciones de protección catódica, rieles de CC e instalaciones eléctricas extranjeras. Los efectos deben ser mitigados por medios tales como enlaces de control, protección catódica suplementaria, recubrimientos protectores, dispositivos aislantes, ánodos galvánicos u otros métodos aceptables determinados por prácticas sólidas de ingeniería.

461.1.7 Carcasas. El uso de carcasas metálicas debe evitarse en la medida de lo posible desde el punto de vista del control de la corrosión. Sin embargo, se reconoce que frecuentemente se requiere o es deseable la instalación de cubiertas metálicas para facilitar la construcción. Cuando se utilice una carcasa metálica, se debe tener cuidado para garantizar que el revestimiento de el tubo portador no se dañe durante la instalación. El tubo portador debe estar aislado de metal

cubiertas, y los extremos de la cubierta deben sellarse con un material duradero para minimizar la acumulación de sólidos y líquidos en el espacio anular. Se debe prestar especial atención a los extremos de la carcasa para evitar cortocircuitos eléctricos debido al movimiento de relleno o asentamiento. Cuando no se logre el aislamiento eléctrico, se deben tomar medidas para corregir la condición eliminando el cortocircuito si es posible, mitigando el potencial de corrosión dentro de la carcasa mediante la instalación de un material inhibido de alta resistividad en el espacio anular, complementando la protección catódica, o por otra práctica de ingeniería de sonido. Se puede obtener más información de NACE SP 0200.

#### 461.2 Tuberías de acero existentes enterradas o sumergidas

461.2.1 Generalidades. Se deben establecer procedimientos para evaluar la necesidad de un programa de control de la corrosión o la efectividad de los programas de control de la corrosión existentes, o ambos. Se tomarán las medidas correctivas apropiadas de acuerdo con las condiciones encontradas. Los procedimientos y acciones incluirán, entre otros, los enumerados en el párr. 461.2.

##### 461.2.2 Evaluación

(a) Los registros disponibles como resultado de las inspecciones visuales e instrumentadas, las reparaciones, la construcción y el trabajo de mantenimiento normal se revisarán para obtener evidencia.

de corrosión continua.

(b) Los métodos de inspección eléctrica pueden usarse como una indicación de áreas sospechosas de corrosión donde las condiciones de la superficie permitan mediciones suficientemente precisas. Estas encuestas son más eficaces en entornos no urbanos.

Los métodos comunes de estudio incluyen, entre otros, los siguientes: (1) potenciales de

tubería a suelo, incluidos intervalos cercanos

levantamientos (2) levantamientos de gradiente de voltaje (3) resistividad del suelo

(c) La efectividad continua de un sistema de protección catódica deberá ser monitoreada de acuerdo con el párr. 461.2.7.

##### 461.2.3 Medidas Correctivas

(a) Si la corrosión continua que, a menos que se controle, podría resultar en una condición que es perjudicial para la seguridad pública o de los empleados se encuentra mediante la evaluación realizada según el párr. 461.2.2 o párr. 461.2.7, se deben tomar las medidas correctivas apropiadas para mitigar una mayor corrosión en el segmento de la tubería o el sistema de tuberías. Las medidas correctivas permanecerán en vigor durante el tiempo que sea necesario para mantener un sistema operativo seguro. Las medidas correctivas apropiadas pueden incluir lo siguiente: (1) disposiciones para la operación

adecuada y continua de los sistemas de protección catódica (2) aplicación de revestimiento protector

(3) instalación de ánodo(s) galvánico(s) (4)

instalación de sistemas de corriente impresa (5)

aislamiento eléctrico (6)

control de corriente parásita (7)

otras medidas efectivas según lo determinen prácticas sólidas de ingeniería (8)

combinaciones de las anteriores

(b) Cuando la experiencia o las pruebas indiquen que los métodos de mitigación anteriores no controlarán la corrosión continua a un nivel aceptable, el segmento deberá reacondicionarse o reemplazarse y protegerse adecuadamente de acuerdo con los nuevos criterios de instalación en el párrafo . 461.1.

##### 461.2.4 Criterios de Protección Catódica

(a) Se considera que una tubería o estructura está protegida catódicamente cuando cumple con uno o más de los criterios enumerados en la Sección 6, Criterios y otras consideraciones para la protección catódica, de NACE SP 0169-2007. (b) No

se pretende que la protección catódica se limite a estos criterios si se puede demostrar mediante otras prácticas sólidas de ingeniería que se ha logrado un control adecuado de la corrosión.

##### 461.2.5 Interferencia eléctrica

(a) Se mitigará la interferencia eléctrica adversa desde o hacia estructuras extrañas según lo determinen las pruebas de campo. (b)

Las instalaciones para mitigar la interferencia eléctrica deberán ser monitoreado periódicamente.

##### 461.2.6 Examen cuando se expone

(a) Siempre que una instalación enterrada quede expuesta durante el mantenimiento normal o las actividades de construcción, se debe realizar una inspección visual de la condición del revestimiento y/o la superficie metálica.

(b) La extensión de cualquier corrosión se evaluará de acuerdo con el párr. 461.2.4.

##### 461.2.7 Pruebas e Inspecciones del Sistema de Protección Catódica

(a) Se deberán realizar las inspecciones necesarias para mantener el funcionamiento continuo y eficaz del sistema de protección catódica.

(b) Se deberán

realizar pruebas eléctricas periódicamente para determinar que el sistema de tubería está protegido de acuerdo con los criterios aplicables establecidos por este Código. (c) El tipo, la frecuencia y la ubicación de las inspecciones y pruebas deberán ser adecuados para establecer con una precisión razonable el grado de protección provisto.

Es posible que se requieran pruebas con mayor frecuencia, dependiendo de la consideración de al menos lo siguiente: (1) condición de la tubería (2) método de protección

catódica (3) corrosividad

del medio ambiente (4) probabilidad de

pérdida o interrupción de la protección

- (5) experiencia operativa, incluidas inspecciones e investigaciones de fugas
- (6) vida útil de diseño de la instalación de protección catódica
- (7) seguridad pública y de los empleados
- (8) requisitos reglamentarios
- (d) Cuando las pruebas o reconocimientos indiquen que no existe una protección adecuada, se tomarán las medidas correctivas apropiadas.

461.2.8 Carcasas. El aislamiento eléctrico de las tuberías protegidas catódicamente de las cubiertas metálicas que forman parte del sistema subterráneo se mantendrá según sea necesario para garantizar la eficacia de la protección catódica. Las mediciones e inspecciones eléctricas se realizarán según sea necesario para proporcionar evidencia oportuna de cortocircuitos que afectaría negativamente a la protección catódica. Si se encuentra evidencia de cortocircuitos entre la tubería portadora y el revestimiento que hace que la protección catódica de la tubería sea ineficaz, o si se encuentra evidencia de corrosión de la tubería portadora dentro del revestimiento, se deben tomar las medidas correctivas necesarias para corregir la condición o minimizar corrosión dentro de la carcasa.

#### 462 CONTROL DE CORROSIÓN INTERNA

##### 462.1 Generalidades

Cuando se transporta un líquido corrosivo, se deben tomar medidas para proteger el sistema de tuberías de la corrosión perjudicial. Se supondrá que los hidrocarburos que contienen agua libre, en las condiciones en que se transportarán, son corrosivos, a menos que se demuestre que no son corrosivos mediante pruebas reconocidas o experiencia. Se puede obtener más información de NACE SP 0192, TM 0172 y MR 0175/ISO 15156.

##### 462.2 Nuevas Instalaciones

Al diseñar un sistema de tuberías nuevo o de reemplazo, o adiciones o modificaciones a los sistemas existentes, se deben considerar medidas para prevenir o inhibir corrosión interna, o ambas. Para preservar la integridad y la eficiencia de una tubería en la que se sabe o se anticipa que se transportará un líquido corrosivo, se deben considerar los siguientes factores en el diseño y la construcción, ya sea por separado o en combinación: (a) Revestimiento interno ( 1 )

El recubrimiento deberá cumplir con las especificaciones de calidad y el espesor mínimo de película seca establecidos para la protección de la instalación de los medios corrosivos involucrados, según el tipo de recubrimiento y los métodos de aplicación.

(2) Los revestimientos aplicados se inspeccionarán de acuerdo con con especificaciones establecidas o práctica aceptada.

(3) Cuando se unen tuberías u otros componentes revestidos mediante soldadura u otros métodos que dejen expuesto el metal de base, se deben tomar medidas para

evitar la corrosión de las juntas, como la limpieza y el repintado o el uso continuado de un inhibidor adecuado.

(4) Si se van a utilizar raspadores o esferas, se deben evaluar y elegir los tipos de revestimiento y herramientas de picado utilizados para evitar daños en el revestimiento interno.

##### (b) Tratamiento Químico

(1) El equipo para la retención, transferencia e inyección del producto químico en la corriente deberá estar incluido en el diseño.

(2) La operación del programa de inyección debe ser parte de la planificación.

(3) Se proporcionarán suficientes soportes para cupones de prueba u otro equipo de monitoreo para permitir evaluaciones continuas del programa.

(4) El producto químico seleccionado deberá ser de un tipo que no provoque el deterioro de ningún componente del sistema de tuberías. (c) Cerdos

##### de Limpieza

(1) Se deben proporcionar trampas rascadoras para la inserción y remoción de raspadores o esferas, o ambos.

(2) Las secciones de tubería que serán atravesadas por raspadores o esferas deberán estar diseñadas para evitar daños a los raspadores, esferas, tuberías o accesorios durante las operaciones.

(3) Las tuberías para raspadores o esferas deberán estar diseñadas para guiar la herramienta y los materiales que impulsan de manera efectiva y segura.

(4) Se tomarán las medidas necesarias para la acumulación y el manejo efectivos de materiales líquidos y sólidos extraídos de la tubería por raspadores o esferas. (d) Dispositivos de monitoreo

(1) Los dispositivos de monitoreo se instalarán cuando sea práctico en lugares donde exista el mayor potencial de corrosión interna.

(2) Los dispositivos de monitoreo deben estar diseñados para permitir el paso de raspadores o esferas cuando se instalen en secciones atravesadas por ellos.

##### (e) Reducción de la corrosividad

(1) Se pueden instalar separadores o equipos de deshidratación, o ambos.

(2) Equipo para la remoción de otros nocivos material del líquido debe ser considerado. (f)

##### Materiales (1)

Los materiales seleccionados para tuberías y accesorios deberán ser compatibles con los componentes del líquido y entre sí.

(2) Cuando se utilicen revestimientos de plástico o tuberías y componentes de acero aleado para prevenir o controlar la corrosión interna, se deberá haber determinado que dichos materiales son efectivos en el entorno operativo previsto y en las condiciones que se encontrarán.

(3) Los efectos de erosión-corrosión de partículas de alta velocidad en los puntos probables de turbulencia e impacto deben minimizarse mediante el uso de materiales resistentes a la erosión, espesor de pared adicional, diseño o configuración de flujo y tamaño o dimensiones de la tubería y los accesorios. .

## (g) Erosión-Corrosión (1)

Por lo general, es necesario controlar la erosión-corrosión de las tuberías de líquidos o lodos para mitigar la falla prematura de la línea debido a la reducción del espesor de la pared. Uso de

Los inhibidores de la corrosión y/o el control del pH, el tamaño de las partículas y la velocidad del flujo de la lechada o el revestimiento interno de la tubería se pueden usar para limitar la erosión-corrosión de las tuberías de líquido o lodo. Son aceptables otros medios para lidiar con este efecto, como el reemplazo periódico de componentes o el uso de placas de desgaste. Consulte NACE MR 0175/ISO 15156 para obtener orientación.

(2) Si se utilizan inhibidores, deberán ser de un tipo que no provoque el deterioro de ningún componente de la tubería y deberán utilizarse en cantidad suficiente para mitigar la corrosión interna.

(3) Si se utilizan revestimientos internos para controlar la erosión-corrosión, deberán cumplir con las especificaciones de calidad y el espesor mínimo de película seca establecidos en la industria y serán inspeccionados de acuerdo con las prácticas recomendadas por la industria. En las tuberías unidas por soldadura u otros métodos que expongan el metal base en las uniones, los revestimientos internos deben incluir disposiciones para la protección de las uniones, como el uso de un inhibidor de corrosión adecuado.

(4) Dondequiera que ocurran cambios en la dirección del flujo o límites, como curvas, reducciones, obstrucciones o discontinuidades, es posible la erosión-corrosión localizada.

Se deben proporcionar medios para controlar la erosión-corrosión local, como la geometría de las tuberías, la velocidad, la distribución del tamaño de las partículas, el régimen de flujo, las placas de desgaste u otros medios adecuados. Deben evitarse la penetración excesiva de la soldadura, la condición alta-baja de una soldadura circunferencial, los cambios bruscos de dirección y las juntas ubicadas excéntricamente.

## 462.3 Instalaciones Existentes

Un programa de control de la corrosión interna de la tubería deberá incluir, pero no se limitan a, lo siguiente: (a) El

establecimiento y evaluación de un programa para la detección, prevención o mitigación de la corrosión interna perjudicial debe incluir lo siguiente:

(1) Los registros de fugas y reparaciones de tuberías deben revisarse para indicar los efectos de la corrosión interna.

(2) Cuando se retira cualquier parte de una tubería y la superficie interna es accesible para inspección, debe examinarse visualmente y evaluarse en busca de corrosión interna.

Además, se debe realizar un examen visual para determinar la penetración excesiva de la soldadura, la condición alta-baja de una soldadura circunferencial y las juntas ubicadas excéntricamente que deben evitarse en una tubería de líquido o lodo.

(3) Si se descubre evidencia de corrosión interna, el líquido o lodo deberá analizarse para determinar los tipos y concentraciones de cualquier agente corrosivo.

(4) Los líquidos o sólidos extraídos de la tubería mediante limpieza, drenaje o limpieza deben analizarse según sea necesario para determinar la presencia de materiales corrosivos y evidencia de productos de corrosión.

(b) Cuando se determine que se está produciendo una corrosión interna que podría afectar la seguridad del público o de los empleados, se usarán una o más de las siguientes medidas protectoras o correctivas para controlar la corrosión interna perjudicial.

corrosión:

(1) Se puede aplicar un tratamiento químico efectivo de manera y cantidad para proteger todas las partes afectadas de los sistemas de tuberías.

(2) Los agentes corrosivos pueden eliminarse mediante métodos reconocidos, como la deshidratación.

(3) Se pueden agregar accesorios para eliminar el agua de puntos bajos o cambie la posición de la tubería para reducir la retención de agua.

(4) En algunas circunstancias, la aplicación de un revestimiento interno adecuado puede resultar eficaz.

(5) Se pueden reemplazar los componentes o se pueden usar placas de desgaste para controlar la erosión-corrosión.

(6) Se puede modificar el diseño de la tubería o la configuración del flujo. Deben evitarse los cambios bruscos de dirección en las tuberías de líquidos o lodos.

(7) Los efectos de erosión-corrosión pueden minimizarse mediante controlar el tamaño de partícula.

(c) Las medidas de control de la corrosión interna deben evaluarse mediante un programa de inspección y monitoreo, que incluye, entre otros, lo siguiente: (1) El químico y el sistema de inyección deben revisarse periódicamente.

(2) Los cupones de corrosión y los carretes de prueba deben retirarse y evaluarse a intervalos periódicos.

(3) Las sondas de corrosión deben verificarse manualmente a intervalos, o monitorearse o registrarse de manera continua o intermitente, o ambos, para evaluar el control de la corrosión interna de la tubería.

(4) Se mantendrá un registro de la condición interna de la tubería, de fugas y reparaciones por corrosión, y de cantidades de líquidos o sólidos y corrosividad, y se utilizará como base para cambios en los programas de limpieza con raspadores, programa de tratamiento químico o instalación de tratamiento de líquidos.

(5) Cuando la tubería está descubierta, o en tuberías expuestas donde se puede anticipar corrosión interna, se debe realizar una medición o monitoreo del espesor de la pared de la tubería para evaluar la corrosión interna.

(6) Cuando las inspecciones, la observación o el análisis de registros indiquen que se está produciendo corrosión interna en un grado que puede ser perjudicial para la seguridad pública o de los empleados, esa parte del sistema deberá repararse o reacondicionarse y se tomarán las medidas adecuadas para mitigar la corrosión interna.

## 463 CONTROL DE CORROSIÓN EXTERNA PARA TUBERÍAS EXPUESTAS A LA ATMÓSFERA

## 463.1 Generalidades

(a) Las tuberías de acero expuestas a la atmósfera deben estar protegidas contra la corrosión externa mediante un revestimiento o camisa adecuada, a menos que se pueda demostrar mediante pruebas o experiencia que los materiales son resistentes a la corrosión en el

entorno en el que están instalados. Se puede obtener más información en NACE RP 0281.

(b) La superficie a recubrir deberá estar libre de materiales nocivos, tales como óxido, incrustaciones, humedad, suciedad, sal, aceite, laca y barniz. La preparación de la superficie deberá ser compatible con el revestimiento o chaqueta que se aplicará.

Se puede obtener más información de las Normas de preparación de superficies de juntas NACE/SSPC.

(c) El revestimiento o la cubierta seleccionados deberán poseer características que proporcionen una protección adecuada contra el medio ambiente. Los revestimientos y chaquetas deberán cubrir la estructura expuesta y se debe aplicar de acuerdo con las especificaciones establecidas o las recomendaciones del fabricante.

(d) Se debe dar consideración especial a la relación aire-suelo, interfaces y zonas de salpicadura.

## 464 TUBERÍAS EN AMBIENTES ÁRTICOS

### 464.1 Generalidades

Las instalaciones de tuberías instaladas en ambientes árticos deben estar revestidas y protegidas catódicamente de la misma manera que las tuberías en lugares templados, y se debe dar la misma consideración a la necesidad de protección contra la corrosión interna y atmosférica, excepto según lo dispuesto específicamente en esta sección.

### 464.2 Requerimientos de Revestimiento Externo

La selección de revestimientos para tuberías en entornos de baja temperatura deberá tener en cuenta los requisitos particulares de ese entorno. Estos incluyen adherencia, resistencia al agrietamiento o daño durante el manejo e instalación en temperaturas bajo cero, aplicabilidad de revestimientos de juntas de campo o reparaciones de revestimientos, compatibilidad con cualquier protección catódica aplicada y resistencia a las tensiones del suelo debido a heladas, cambios de temperatura estacionales u otros. requisitos

### 464.3 Instalaciones de Protección Catódica

464.3.1 Criterios. Los criterios para la protección catódica serán los mismos que para las tuberías en ambientes templados. Debido a que normalmente se requieren voltajes de activación más altos en suelos congelados, el voltaje aplicado a través del revestimiento debe limitarse para que el revestimiento no esté sujeto a daños debido a sobrevoltaje catódico o densidad de corriente excesiva.

#### 464.3.2 Instalaciones de corriente impresa

(a) Las instalaciones de corriente impresa deben usarse en tuberías en suelo permanentemente congelado. Estas instalaciones son capaces de proporcionar el voltaje de activación más alto necesario para superar la alta resistividad del suelo congelado. Deben instalarse en estaciones de bombeo u otras instalaciones donde haya energía disponible y se garantice el acceso para ajustes y mantenimiento. Los efectos de las variaciones estacionales en

La resistividad del suelo debe compensarse mediante el uso de rectificadores de potencial constante o ajustes manuales.

(b) Los lechos de ánodos de corriente impresa deben instalarse siempre que sea factible a una distancia suficiente de la tubería u otras estructuras subterráneas para lograr la máxima distribución (difusión) de corriente a lo largo de la tubería y para reducir el potencial máximo en la tubería. (c) Cuando sea práctico, los lechos

de ánodos se instalarán por debajo del nivel del permafrost o en otros lugares no congelados, como un arroyo o un lago, para lograr una mejor distribución de la corriente de protección catódica. Cuando los ánodos deben instalarse en suelo permanentemente congelado, el volumen del material de relleno del ánodo debe aumentarse para reducir

la resistencia efectiva entre el ánodo y el tierra circundante.

(d) Las instalaciones de corriente impresa que utilizan lechos subterráneos de ánodos profundos o distribuidos deben usarse para proteger las instalaciones de estaciones enterradas y los pilotes de acero donde se usan para soportar tuberías sobre el suelo e instalaciones asociadas. Los pilotes y cualquier otra instalación metálica subterránea adyacente deben estar interconectados eléctricamente para evitar interferencias perjudiciales.

464.3.3 Instalaciones de ánodos galvánicos. Es posible que se necesiten ánodos galvánicos (empaquetados o en cinta) en tuberías en áreas de permafrost para complementar la corriente impresa instalaciones en áreas descongeladas localizadas. Esto proporciona protección catódica localizada a aquellas secciones de tubería que podrían estar protegidas de la corriente de protección catódica adecuada por la resistividad extremadamente alta del suelo congelado circundante.

### 464.4 Monitoreo

Se debe considerar la instalación de tramos de medición de corriente calibrados además de la prueba normal.

puntos. Estos deben instalarse a intervalos suficientes para evaluar la distribución de corriente a lo largo de la tubería protegida y los efectos de las corrientes telúricas que prevalecen en las regiones polares. Estos tramos también proporcionan puntos de contacto para medir indicaciones de posibles daños en el revestimiento debido a las tensiones inducidas por un entorno congelado.

### 464.5 Control de Corrosión Interna

Si se anticipa que habrá soluciones de agua libre en la tubería, posiblemente junto con otros contaminantes potencialmente corrosivos, se deben tomar las medidas correctivas adecuadas según lo prescrito en la [sección 462](#).

## 465 TUBERÍAS EN SERVICIO DE ALTA TEMPERATURA

### 465.1 Generalidades

Se debe prestar especial atención a los requisitos de control de la corrosión de las tuberías y otras instalaciones en servicio a alta temperatura [por encima de 150 °F (66 °C)]. Las temperaturas elevadas tienden a disminuir la resistividad de los ambientes de tuberías enterradas o sumergidas y a aumentar la

reacción de corrosión electroquímica como resultado de una actividad iónica o molecular acelerada. Típicamente, las temperaturas elevadas ocurren aguas abajo de las estaciones de bombeo o en los sistemas de recolección.

#### 465.2 Requerimientos de Revestimiento Externo

La selección de los revestimientos deberá tener en cuenta los requisitos particulares de las tuberías en condiciones de alta temperatura. servicio. Estos incluyen la resistencia al daño por la tensión del suelo y el movimiento de la tubería, la compatibilidad con cualquier protección catódica aplicada y la resistencia a la degradación térmica.

#### 465.3 Instalaciones de Protección Catódica

465.3.1 Criterios. Los criterios para la protección catódica deben ser los mismos que para el servicio a temperatura normal, excepto que se deben reconocer los efectos de la disminución de la resistividad y el aumento de los requisitos de corriente de protección catódica en el servicio a temperatura elevada en cualquier componente IR de la medición del potencial de la tubería al suelo. . También se deben considerar los posibles efectos de despolarización debido a la operación a alta temperatura.

465.3.2 Ánodos Galvánicos. Se debe tener en cuenta el impacto en el rendimiento de los ánodos galvánicos cerrados (especialmente del tipo pulsera o cinta) sujetos a temperaturas elevadas debido a su proximidad a una tubería caliente. Las temperaturas más altas tienden a aumentar tanto la salida de corriente como la tasa de degradación de la mayoría de los materiales del ánodo. Algunos materiales del ánodo pueden volverse más nobles que el acero a temperaturas superiores a 140 °F (60 °C) en ciertos electrolitos. Los ánodos de zinc que contienen aluminio también son susceptibles a la corrosión intergranular por encima de los 49 °C (120 °F).

#### 465.4 Control de Corrosión Interna

Cuando un líquido que se sabe o se anticipa que es corrosivo es transportados a temperaturas elevadas, se debe prestar especial atención a la identificación y mitigación de la posible corrosión interna. Tales medidas son necesarias porque las velocidades de reacción de corrosión aumentan con temperaturas elevadas y no son estables. En la sección 462 se dan las medidas apropiadas de mitigación y monitoreo .

### 466 CONTROL DE CORROSIÓN EXTERNA PARA TUBERÍAS AISLADAS TÉRMICAMENTE

#### 466.1 Nuevas Instalaciones

466.1.1 Generalidades. Debe prestarse especial atención a los requisitos de control de la corrosión externa de las tuberías y otras instalaciones que están aisladas térmicamente debido a requisitos operativos o para la seguridad del personal.

La corrosión bajo el aislamiento de instalaciones asociadas con tuberías de líquidos (tuberías, tanques, etc.) se abordará de acuerdo con NACE SP 0198.

Las superficies externas de las tuberías con aislamiento térmico construidas como "tubería en tubería" deben protegerse contra la corrosión como se detalla en otras partes de este Capítulo. Las superficies metálicas externas de las tuberías con aislamiento térmico construidas como "tubería en plástico" deben protegerse contra la corrosión como se detalla en el [párr. 466.1](#).

Debido a las características físicas de los sistemas de aislamiento térmico, no se puede asegurar la protección catódica de las superficies metálicas externas bajo el sistema de aislamiento. Como tal, es fundamental garantizar la integridad del sistema de aislamiento térmico y el aislamiento de la superficie metálica de un entorno corrosivo.

El programa de mitigación de la corrosión externa (o integridad de la tubería) para tuberías con aislamiento térmico debe incluir el monitoreo de la integridad del sistema de aislamiento o un programa de monitoreo de pérdida de metal externo adecuado.

466.1.2 Requisitos de revestimiento externo. La mitigación de la corrosión externa de las tuberías con aislamiento térmico se debe proporcionar mediante un revestimiento anticorrosión aplicado a la superficie de la tubería, debajo del sistema de aislamiento térmico. La selección de los revestimientos anticorrosión deberá tener en cuenta los requisitos particulares de las tuberías en servicios con aislamiento térmico. Además de consideraciones generales para los revestimientos de tuberías enumerados en el [párr. 461.1.2](#), estos revestimientos deben ser resistentes al daño causado por las tensiones del movimiento debido a los ciclos operativos de expansión/contracción térmica, compatibles con el sistema de aislamiento y resistentes a la degradación térmica.

466.1.3 Paradas de agua. El sistema de aislamiento térmico para tuberías enterradas o sumergidas debe incluir disposiciones para evitar la migración de agua a través del aislamiento que pueda impactar en las uniones de tuberías adyacentes. Esto se puede lograr con paradas de agua o medios alternativos.

466.1.4 Protección Catódica. La mitigación de la corrosión externa proporcionada por el revestimiento anticorrosión para tuberías y tuberías enterradas puede complementarse con protección catódica cuando corresponda, como se detalla en los [párrs. 466.1.4.1 y 466.1.4.2](#).

466.1.4.1 Ánodos Externos. La protección catódica se puede proporcionar utilizando ánodos que se encuentran fuera de la cubierta del sistema de aislamiento térmico. Dichos ánodos proporcionarán protección catódica a cualquier superficie de tubería metálica externa que esté expuesta abiertamente al electrolito circundante.

466.1.4.2 Ánodos Internos. La protección catódica se puede proporcionar utilizando ánodos que se instalan dentro de la cubierta del sistema de aislamiento térmico. Dichos ánodos proporcionarán protección catódica a las superficies metálicas externas de la tubería que están contenidas dentro del mismo electrolito que los ánodos, en caso de que se haya comprometido la integridad de la camisa de aislamiento.

#### 466.2 Instalaciones Existentes

El programa de mitigación de la corrosión externa (o integridad de la tubería) para tuberías aisladas térmicamente existentes debe incluir disposiciones para abordar la amenaza de corrosión debajo del aislamiento. Factores a considerar cuando se desarrolla un programa de mitigación para la corrosión debajo del aislamiento pueden incluir, entre otros, la integridad de la cubierta aislante o la barrera contra la intemperie, la atención a las áreas de protuberancias a través de la cubierta aislante o la barrera contra la intemperie, el uso de herramientas de inspección en línea, el uso de herramientas de inspección NDE externas, el uso de pruebas de presión hidrostática y uso de la metodología de evaluación directa.

#### 467 CORROSIÓN POR TENSIÓN Y OTROS FENÓMENOS

Inducida ambientalmente y otras relacionadas con la corrosión fenómenos como el agrietamiento por corrosión bajo tensión, la fatiga por corrosión, el agrietamiento bajo tensión por hidrógeno, la fragilización por hidrógeno, la corrosión debajo del aislamiento y la corrosión influenciada microbiológicamente, se han identificado como causas de fallas en las tuberías. Se han adquirido y reunido considerables conocimientos y datos sobre estos fenómenos, y prosiguen las investigaciones sobre sus causas y prevención. Las empresas operadoras deben estar alertas a la evidencia de tales fenómenos durante todas las inspecciones de tuberías y en otras oportunidades similares. Cuando se encuentre evidencia de tal condición, se iniciará un programa de investigación y se tomarán las medidas correctivas necesarias. Cualquier evidencia de este tipo

se tendrán en cuenta en todas las investigaciones de fallos de tuberías. Las empresas operadoras deben aprovechar la tecnología actual sobre el tema o consultar con expertos bien informados, o ambos.

Este párrafo debe limitarse a declaraciones generales en lugar de límites específicos con respecto a la corrosión bajo tensión. La corrosión bajo tensión es actualmente objeto de programas de investigación y, sin duda, habrá datos más específicos disponibles para el diseñador de tuberías y la empresa operadora en el futuro. Mientras tanto, este Código sugiere que el usuario consulte el estado actual de la técnica. Los niveles de corriente de protección catódica, la calidad de la preparación y el revestimiento de la superficie de la tubería, las temperaturas de operación, los niveles de estrés y las condiciones del suelo se deben considerar en el diseño y las operaciones de la tubería. Se puede obtener más información en NACE SP 0204.

#### 468 REGISTROS

(a) La empresa operadora deberá mantener registros que indiquen tuberías con protección catódica, instalaciones de protección catódica y otras estructuras afectadas o que afecten al sistema de protección catódica.

(b) Los registros de pruebas, encuestas, resultados de inspección visual e instrumentada, fugas, etc., necesarios para evaluar la efectividad de las medidas de control de la corrosión deberán ser principales. mantenido y retenido mientras la tubería permanezca en servicio.

## Capítulo IX

### Sistemas de tuberías de líquidos en alta mar

#### A400 DECLARACIONES GENERALES

(a) El Capítulo IX se refiere únicamente a los sistemas de tuberías costa afuera como se define en el párr.

A400.1. (b) Este Capítulo está organizado de forma paralela a la numeración y contenido de los primeros ocho capítulos del Código. Las designaciones de los párrafos son las mismas que las de los primeros ocho capítulos, con el prefijo "A".

(c) Todas las disposiciones de los primeros ocho capítulos del Código también son requisitos de este Capítulo a menos que se modifique específicamente en el presente. Si el texto de este Capítulo agrega requisitos, también se aplican los requisitos del Capítulo original con el mismo título y número. Si una disposición de este Capítulo está en conflicto con una o más disposiciones de otros capítulos, se aplicará la disposición de este Capítulo. (d) Es la intención de este Capítulo proporcionar

requisitos para el diseño, instalación y operación seguros y confiables de sistemas de tuberías de líquidos costa afuera. No es la intención de este Capítulo ser inclusivo. Se debe utilizar el juicio de ingeniería para identificar las consideraciones especiales que no se abordan específicamente. API RP 1111, API 2RD y DNVGL-ST-F201 pueden usarse como guías. No es la intención de este Capítulo evitar el desarrollo y la aplicación de nuevos equipos y tecnologías. Se fomenta dicha actividad siempre que se cumplan los requisitos de seguridad y confiabilidad del Código.

#### A400.1 Alcance

Este Capítulo cubre el diseño, los requisitos de materiales, la fabricación, la instalación, la inspección, las pruebas y los aspectos de seguridad de la operación y el mantenimiento de los sistemas de tuberías costa afuera. Para los propósitos de este Capítulo, los sistemas de tuberías costa afuera incluyen tuberías de líquidos costa afuera, elevadores de tuberías, estaciones de bombeo de líquidos costa afuera, accesorios de tuberías, soportes de tuberías, conectores y otros componentes como se aborda específicamente en el Código. Consulte la Figura 400.1.1-2.

#### A400.2 Definiciones (aplicable solo a este capítulo)

A continuación se definen algunos de los términos más comunes relacionados con los oleoductos de líquidos

en alta mar. arrestador de pandeo: cualquier dispositivo adjunto a, o hecho parte de, la tubería con el propósito de detener un pandeo que se propaga

detector de pandeo: cualquier medio para detectar abolladuras, ovalización excesiva o pandeo en una tubería.

presión hidrostática externa: presión que actúa sobre cualquier superficie externa como resultado de su inmersión en agua. tubería

flexible: tubería que es

(a) fabricado como un compuesto de componentes metálicos y no metálicos (b) capaz de

permitir grandes deflexiones sin afectar negativamente la integridad de la tubería

(c) destinada a ser una parte integral del sistema permanente de transporte de líquidos

La tubería flexible no incluye tubería metálica sólida, tubería de plástico, tubería de plástico reforzado con fibra, manguera de goma o tuberías metálicas revestidas con revestimientos o revestimientos no

metálicos. soldadura hiperbárica: una soldadura realizada a presión hidrostática ambiental.

mar adentro: el área más allá de la línea de la pleamar ordinaria a lo largo de la parte de la costa que está en contacto directo con el mar abierto y más allá de la línea que marca el límite hacia el mar de las aguas costeras interiores.

tubo ascendente de tubería costa afuera: la porción vertical o casi vertical de una tubería costa afuera entre la tubería de la plataforma y la tubería en o debajo del lecho marino, incluida una longitud de tubería de al menos cinco diámetros de tubería más allá del codo inferior, curva o accesorio. Debido a la amplia variedad de configuraciones, la ubicación exacta de la transición entre la tubería, el tubo ascendente y la tubería de la plataforma debe seleccionarse caso por caso.

sistema de tuberías en alta mar: incluye todos los componentes de una tubería instalada en alta mar con el fin de transportar líquidos, excepto las tuberías de las instalaciones de producción. Las mangueras de carga de cisternas o barcas no se consideran parte del sistema de tuberías costa afuera.

plataforma costa afuera: cualquier estructura fija o anclada permanentemente o isla artificial ubicada en alta mar.

colapso de tubería: deformación por aplanamiento de la tubería que resulta en la pérdida de la resistencia de la sección transversal y de la forma circular, que es causada por una presión hidrostática externa excesiva que actúa sola.

Tubería de la plataforma: en las plataformas costa afuera que producen hidrocarburos, la tubería de la plataforma es toda la tubería de transmisión de líquidos y los accesorios entre la instalación de producción y la(s) tubería(s) ascendente(s) costa afuera. En plataformas marinas

al no producir hidrocarburos, la tubería de la plataforma es toda tubería de transmisión de líquidos y accesorios entre los elevadores. Debido a una amplia variedad de configuraciones, la ubicación exacta de la transición entre el(los) elevador(es) de la tubería costa afuera, la tubería de la plataforma y la instalación de producción debe seleccionarse caso por caso.

pandeo de propagación: pandeo que avanza rápidamente a lo largo de una tubería causado por el efecto de la presión hidrostática externa sobre un pandeo previamente formado, colapso local u otra deformación de la sección transversal.

tubo de tiro: un conducto conectado a una plataforma en alta mar a través del cual se puede instalar un elevador.

elevador de tubo de tracción: tubería ascendente o tuberías instaladas a través de un tubo de tracción (p. ej., tubo en J o tubo en I).

riser: ver riser de tubería costa afuera.

batimetría del fondo marino: se refiere a las profundidades del agua a lo largo de la ruta de la tubería.

zona de salpicadura: el área del tubo ascendente de la tubería u otros componentes de la tubería que está intermitentemente húmedo y seco debido a la acción de las olas y las mareas.

tabla de arrastre: estructura que se sujeta al fondo de las redes de pesca comercial y se arrastra por el lecho marino. desprendimiento de vórtices: el desprendimiento periódico de vórtices de fluidos y los patrones de flujo inestables resultantes aguas abajo de una tubería durar.

## A401 CARGAS

Una serie de parámetros físicos, en lo sucesivo denominados cargas, rigen el diseño del sistema de tuberías costa afuera para que cumpla con los requisitos de instalación, operación y otros requisitos posteriores a la instalación. Algunas de las condiciones que pueden influir en la seguridad y confiabilidad de un sistema de tuberías en alta mar son (a) presión (b) temperatura (c) olas

(d) corriente (e)

lecho marino (f) viento

(g) hielo (h)

sísmica

actividad (i)

movimiento

de la

plataforma (j) profundidad

del agua (k) asentamiento

del soporte (l) cargas

accidentales (m) actividad de

embarcaciones marinas

(n) actividades de pesca/recreativas

condiciones de carga operativa.

## A401.2 Aplicación de Cargas

### A401.2.2 Cargas sostenidas

A401.2.2.1 Generalidades. El diseño de un sistema de tuberías en alta mar adecuado para una operación segura se basará en las consideraciones de los parámetros enumerados a continuación. Estos parámetros se considerarán en la medida en que sean significativos para el sistema propuesto.

Todas las partes del sistema de tuberías costa afuera se diseñarán para las combinaciones más críticas de cargas operativas y ambientales, actuando simultáneamente, a las que pueda estar sujeto el sistema. La combinación más crítica dependerá de los criterios operativos durante condiciones de tormenta. Si se van a mantener operaciones completas durante condiciones de tormenta, entonces el sistema se debe diseñar

para la acción concurrente de cargas ambientales operativas y de diseño completas. Si se van a reducir o interrumpir las operaciones durante condiciones de tormenta, entonces el sistema se debe diseñar para cargas sostenidas completas, más cargas ocasionales coincidentes máximas, y cargas ocasionales de diseño, más cargas sostenidas reducidas apropiadas.

Se considerarán cargas sostenidas aquellas impuestas al sistema de ductos durante su operación, excluyendo las que resulten de condiciones ocasionales.

Las cargas que deben considerarse cargas sostenidas incluyen

(a) peso, incluido (según corresponda) el peso de

(1) tubería

(2) revestimientos y su agua absorbida (3) uniones

a la tubería (4) contenido transportado

(b) flotabilidad (c) presión interna

y externa (d)

expansión y contracción térmica (e) cargas

residuales (f) sobrecargar

Cargas de impacto anticipadas, como las causadas por la red de arrastre tableros, debe considerarse como una carga operativa.

A401.2.3 Cargas ocasionales. Las cargas ocasionales que se considerarán son aquellas impuestas al sistema de tuberías por condiciones ocasionales. Las cargas que deben considerarse en esta categoría incluyen, según corresponda, las que surgen debido a (a) olas (b) corrientes (c) viento (d) mareas (e) cargas de

hielo (p. ej.,

peso, impactos

flotantes,

socavación)

(f) eventos sísmicos (g) cargas del suelo inducidas dinámicamente (p.

ej., deslizamientos de

tierra, licuefacción del suelo)

Se seleccionará una tormenta de intervalo de retorno de diseño apropiada para la vida operativa anticipada del sistema de tubería costa afuera, pero no deberá ser inferior a 100 años.

Se debe considerar la dirección de las olas, el viento y las corrientes para determinar la combinación esperada más crítica de las cargas ocasionales que se usarán con las otras clases.

ficaciones de cargas, como se describe en el párr. A401.2.4.1.

A401.2.4 Cargas de Construcción. El diseño de un sistema de tuberías en alta mar adecuado para una instalación segura y el desarrollo de procedimientos de construcción de tuberías en alta mar se basarán en la consideración de los parámetros enumerados en los párrs . A401.2.4.1 y A401.2.4.3. Estos parámetros se considerarán en la medida en que sean significativos para el sistema propuesto y aplicables al método de instalación que se esté considerando.

Todas las partes del sistema de tuberías costa afuera deben diseñarse para las combinaciones más críticas de cargas ambientales y de instalación, que actúan simultáneamente, a las que puede estar sujeto el sistema.

A401.2.4.1 Cargas de instalación. Las cargas de instalación que se considerarán son las impuestas sobre el sistema de tuberías en las condiciones de instalación previstas, excluyendo las resultantes de las condiciones ambientales.

Cargas que deben ser consideradas como cargas de instalación incluir

- (a) peso, incluido (según corresponda) el peso de
  - (1) tubería
  - (2) revestimientos y su agua absorbida (3) uniones a la tubería (4) contenido de agua dulce o agua de mar (si la tubería es inundado durante la instalación)
  - (b) flotabilidad
  - (c) presión externa (d)

cargas estáticas impuestas por el equipo de construcción Al considerar el efecto de la tubería y/o la tubería también se deben considerar los pesos de los componentes (en el aire y sumergidos) en las tensiones y deformaciones de la instalación, la variabilidad debida al recubrimiento del peso, las tolerancias de fabricación y la absorción de agua.

#### A401.2.4.2 Prueba hidrostática

##### A401.2.4.2.1 Cargas para el diseño de pruebas hidrostáticas.

El diseño de un sistema de tuberías costa afuera adecuado para pruebas hidrostáticas seguras y el desarrollo de procedimientos de pruebas hidrostáticas de tuberías costa afuera se basarán en la consideración de los parámetros enumerados en los párrs.

A401.2.4.2.2, A401.2.4.2.3 y A401.2.4.2.4. Estos parámetros se considerarán en la medida en que sean significativos para la prueba propuesta.

Todas las partes del sistema de tuberías costa afuera deben estar diseñadas para las combinaciones más críticas de pruebas hidrostáticas y cargas ocasionales, actuando simultáneamente, a las que pueda estar sujeto el sistema.

A401.2.4.2.2 Cargas de prueba hidrostática. Las cargas de prueba hidrostática que se deben considerar son las impuestas en el sistema de tuberías costa afuera bajo condiciones de prueba anticipadas, excluyendo aquellas resultantes de condiciones ocasionales.

Las cargas que deben considerarse cargas de prueba hidrostática incluyen

- (a) peso, incluido (según corresponda) el peso de
  - (1) tubería
  - (2) revestimientos y su agua absorbida (3) uniones a la tubería (4) agua dulce o agua de mar utilizada para la prueba hidrostática (b) flotabilidad (c) presión interna y externa (d) expansión y contracción térmica
  - (e) cargas residuales (f) sobrecarga

A401.2.4.2.3 Cargas ambientales durante la prueba hidrostática. Las cargas ambientales que se considerarán son aquellas impuestas al sistema de tuberías por las condiciones ambientales. Las cargas que deben considerarse en esta categoría incluyen, según corresponda, las que surgen debido a (a) olas (b) corriente (c) viento (d) mareas Se debe seleccionar una tormenta de intervalo de retorno de diseño adecuada para la duración prevista de la prueba hidrostática, pero debe no ser inferior a 1 año.

Se debe considerar la dirección de las olas, el viento y las corrientes para determinar la combinación esperada más crítica de las cargas ambientales que se usarán con las cargas de prueba hidrostática, como se describe en el párrafo 1. A401.2.4.2.1.

A401.2.4.2.4 Suelos del Fondo. Al establecer en el fondo los requisitos de estabilidad y el máximo permisible vanos para fondos marinos irregulares, se tendrá en cuenta dado a las características del suelo del lecho marino.

A401.2.4.3 Cargas ambientales durante la instalación. Las cargas ambientales que deben considerarse bajo esta categoría incluyen, según corresponda, las que surgen debido a (a) olas (b) corriente (c) viento (d) mareas (e) hielo

- (f) cargas dinámicas impuestas por equipos de construcción y movimientos de embarcaciones

Los efectos de los grandes cambios de marea y la profundidad del agua varía Se considerarán las condiciones de los equipos de construcción.

Se seleccionará una tormenta de intervalo de retorno de diseño adecuada para la duración prevista de la instalación. Este intervalo de retorno de diseño no debe ser inferior a 3 veces el período de exposición esperado para la tubería durante la instalación, o 1 año, lo que sea mayor.

Se debe considerar la dirección de las olas, el viento y las corrientes para determinar la combinación esperada más crítica de las cargas ambientales que se usarán con la instalación. cargas, como se describe en el párr. A401.2.4.1.

Las cargas impuestas por el equipo de construcción y los movimientos de la embarcación varían según el método de construcción y la embarcación de construcción seleccionada. Las limitaciones y las características de comportamiento del equipo de instalación se tendrán en cuenta en el diseño de la instalación. Se debe considerar el efecto de los movimientos del buque sobre la tubería y su revestimiento.

Las fuerzas ambientales locales están sujetas a cambios radicales en las áreas costa afuera. Como resultado, esos cambios potenciales se deben considerar durante la planificación de contingencia de la instalación, así como durante el diseño de la instalación.

A401.2.4.4 Suelos del Fondo. Las características del suelo se deben considerar en el análisis de estabilidad en el fondo durante el período de instalación, el análisis de tramos y cuando se desarrollen procedimientos de instalación para lo siguiente: (a) instalación de elevadores en tubos de tracción (b) tendido de curvas horizontales en el enrutamiento de la tubería (c) remolques de fondo de tubería (d) excavación de

zanjas y relleno A401.2.5 Suelos de fondo. Al establecer los requisitos de estabilidad en el fondo y las luces máximas admisibles para fondos marinos irregulares, se tendrán en cuenta las características del suelo del fondo marino.

#### A401.4 Consideraciones de selección de ruta

(a) Las rutas de tuberías en alta mar se seleccionarán para minimizar los efectos adversos de las cargas de construcción (ver [paraca. A401.2.4](#)). Estas cargas incluyen lo siguiente: (1) cargas sostenidas (ver [párrafo A401.2.2](#)) (2) cargas ocasionales (ver [párrafo A401.2.3](#)) (3) cargas de construcción (ver [párrafo A401.2.4](#)) (b) Selección de

Las rutas de tuberías en alta mar deberán considerar las capacidades y limitaciones del equipo de construcción anticipado. (c) Se realizarán estudios de

la ruta de la tubería para identificar

(1) los materiales del lecho marino (2) las características submarinas (incluido el subfondo) y la superficie que pueden representar peligros potenciales para la construcción y las operaciones de la tubería (3) las características submarinas (incluido el subfondo) y la superficie que pueden verse afectadas negativamente por tubería construcción y operaciones, incluyendo áreas marinas sensibles y arqueológicas

(4) dársenas de giro

(5) áreas de anclaje (6)

rutas de navegación

(7) tuberías extranjeras y otros cruces de servicios públicos

(d) La ruta se seleccionará para evitar, en la medida de lo posible, los peligros identificados.

## A402 CÁLCULO DE TENSIONES

### A402.3 Esfuerzos por presión interna

Los cálculos de tensiones en [la sección 402](#) son reemplazados por las disposiciones de [los párrs. A402.3.1](#) y [A402.3.2](#).

Los análisis de diseño e instalación se basarán en métodos de ingeniería aceptados, resistencias de materiales y condiciones de diseño aplicables.

#### A402.3.1 Criterios de resistencia durante la instalación y prueba

(a) Valores de tensión permisibles. El esfuerzo longitudinal máximo debido a las cargas axiales y de flexión durante la instalación debe limitarse a un valor que evite el pandeo de la tubería y que no perjudique la capacidad de servicio del sistema de tubería instalado. Otros esfuerzos resultantes de las actividades de instalación de tuberías, como los tramos, se limitarán a los mismos criterios. En lugar de un criterio de tensión, se puede utilizar un límite de deformación de instalación permisible. (b) Diseño

contra pandeo. El sistema de tuberías costa afuera se debe diseñar e instalar de manera que se evite el pandeo local de la pared de la tubería, el colapso y el pandeo de la columna durante la instalación. Los procedimientos de diseño e instalación deberán considerar el efecto de la presión hidrostática externa; cargas de flexión, axiales y de torsión; impacto; tolerancias de fresado en el espesor de pared; falta de redondez; y otros factores aplicables. También se debe considerar la mitigación del pandeo de propagación que

puede seguir pandeo o abolladuras locales. El espesor de la pared de la tubería se seleccionará para resistir el colapso debido a la presión hidrostática externa. (c)

Diseño contra la fatiga. La tubería deberá diseñarse e instalarse para limitar las fluctuaciones de esfuerzo anticipadas a magnitudes y frecuencias que no perjudiquen la capacidad de servicio de la tubería instalada. Las cargas que pueden causar fatiga incluyen la acción de las olas y las vibraciones inducidas por el desprendimiento de vórtices. Las tuberías y tramos ascendentes deben diseñarse para evitar vibraciones resonantes inducidas por vórtices, cuando sea práctico. Cuando se deban tolerar vibraciones, se considerarán los esfuerzos resultantes debido a la vibración.

Si se utilizan estándares de aceptación alternativos para soldaduras circunferenciales en API 1104, el análisis de tensión cíclica deberá incluir la determinación de un espectro de fatiga previsto al que está expuesta la tubería durante su vida útil de diseño.

(d) Diseño contra fractura. La prevención de fracturas durante la instalación se debe considerar en la selección de materiales de acuerdo con los requisitos del [párr. A423.2](#).

Los procedimientos de soldadura y los criterios de aceptación de defectos de soldadura deberán considerar la necesidad de evitar fracturas durante la instalación. Véanse [los párrs. 434.8.5](#)

y [A434.8.5](#). (e) Diseño contra la pérdida de estabilidad en el lugar. El diseño contra la pérdida de estabilidad en el lugar deberá estar de acuerdo con las disposiciones del [párr. A402.3.2\(e\)](#), excepto que las condiciones de onda y corriente de diseño de la instalación se basará en lo dispuesto en el [párr. A401.2.4.3](#). Si

se va a excavar la tubería, se debe diseñar para que sea estable durante el período anterior a la apertura de la zanja. (f)

Impacto. Durante el período en que la tubería sea susceptible de sufrir daños por impacto durante la instalación y las pruebas, se deben tener en cuenta los impactos debidos a (1) anclas (2)

- tablas de arrastre (3)
- embarcaciones (4) quillas para hielo (5) otros objetos extraños

(g) Esfuerzos Residuales. El sistema de tuberías normalmente se instalará de manera que se minimicen las tensiones residuales. La excepción será cuando el diseñador planifica intencionalmente las tensiones residuales (p. ej., tubería enrollada, resortes en frío de elevadores, elevadores de tubos de tracción). (h)

Tubería flexible. Se deben seguir los procedimientos de instalación recomendados por el fabricante durante instalación. La tubería flexible debe diseñarse o seleccionarse para evitar fallas debido a los efectos combinados de la presión externa, la presión interna, las fuerzas de torsión, las fuerzas axiales y la flexión. (Ver API RP 17B.)

ø22P A402.3.2 Criterios de resistencia durante las operaciones

(a) Valores de tensión permisibles. Los valores de tensión permisibles para la tubería de acero durante la operación no deben exceder los calculados por las ecuaciones en (1) a (3) a continuación.

(1) Estrés circular. Para los sistemas de tuberías costa afuera, la tensión circunferencial de tracción debida a la diferencia entre las presiones interna y externa no deberá exceder los valores que se dan a continuación, en eq. (1).

Sh se calculará mediante la ecuación. (2) o ec. (3). Se recomienda que la ec. (2) utilizarse para D/t mayor o igual a 30 y que eq. (3) utilizarse para D/t inferior a 30.

NOTA: La convención de signos es tal que la tensión es positiva y la compresión es negativa.

$$Sh \leq F1(Si) \tag{1}$$

(Unidades habituales de EE. UU.)

$$Sh = (PiPe) \frac{D}{2t} \tag{2}$$

(Unidades SI)

$$Sh = (PiP) \frac{D}{20t}$$

(Unidades habituales de EE. UU.)

$$Sh = (PiP) - \frac{re-}{2t} \tag{3}$$

(Unidades SI)

$$Sh = (PiP) - \frac{re-}{20t}$$

donde

- D = diámetro exterior nominal de la tubería, pulg. (mm)
- F1 = factor de diseño de tensión circunferencial de la Tabla A402.3.2-1
- Pe = presión externa, psig (bar)
- Pi = presión de diseño interna, psig (bar)
- Sh = tensión circunferencial, psi (MPa)
- Sy = límite elástico mínimo especificado, psi (MPa) t = espesor de pared nominal, pulg. (mm)

(2) Estrés longitudinal. Para los sistemas de tuberías en alta mar, la tensión longitudinal no deberá exceder los valores encontrados a partir de

$$|SL| \leq F2(Si)$$

dónde

- A = área de la sección transversal del material de la tubería, pulg<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)
- F2 = factor de diseño de tensión longitudinal de Tabla A402.3.2-1

- Fa = fuerza axial, lb (N) ii = factor de intensificación de tensión en el plano según bailar con para. 402.1
- io = factor de intensificación de tensión fuera del plano de acuerdo con el párrafo. 402.1

- Mi = momento de flexión en el plano, pulg.-lb (N·m)
- Mo = momento de flexión fuera del plano, pulg.-lb (N·m)
- Sa = esfuerzo axial, psi (tracción positiva o compresión negativa) (MPa)

$$= Fa/A$$

- Sb = esfuerzo de flexión resultante máximo, psi (MPa)

$$= 2 \sqrt{(iiMi)^2 + (ioMo)^2} / Z$$

- SL = esfuerzo longitudinal máximo, psi (tracción positiva o compresión negativa) (MPa)

$$= Sa + Sb \text{ o } Sa - Sb, \text{ lo que resulte en el mayor valor de tensión}$$

- Sy = límite elástico mínimo especificado, psi (MPa)
- Z = módulo de sección de la tubería, in.3 (cm3) || = valor absoluto

(3) Estrés combinado. Para los sistemas de tuberías en alta mar, el esfuerzo combinado no debe exceder el valor dado por la ecuación del esfuerzo cortante máximo (esfuerzo combinado de Tresca)

$$\sqrt{\frac{SL - Sh}{2}^2 + \text{calle}^2} \leq F3(Si)$$

dónde

- A = área de la sección transversal de la tubería, pulg.2 (mm2)
- F3 = factor de diseño de esfuerzos combinados de Tabla A402.3.2-1
- Fa = fuerza axial, lb (N) ii = factor de intensificación de tensión en el plano según bailar con para. 402.1
- io = factor de intensificación de tensión fuera del plano de acuerdo con el párrafo. 402.1
- Mi = momento de flexión en el plano, pulg.-lb (N·m)

Tabla A402.3.2-1

## Factores de diseño para sistemas de tuberías en alta mar

Ubicación	Aro Estrés, F1	Longitudinal Estrés, F2	Conjunto Estrés, F3
Tubería	0.72	0.80	0.90
Tuberías de elevador y plataforma [Nota (1)]	0,60	0.80	0.90

NOTA GENERAL: En el establecimiento de los factores de diseño, se ha considerado y se ha tenido en cuenta la tolerancia de espesor inferior y la profundidad máxima permitida de las imperfecciones previstas en las especificaciones aprobadas por el Código.

NOTA: (1) La tubería de la plataforma no incluye la tubería de la instalación de producción en una plataforma; véanse las definiciones en el párr. A400.2.

Mo = momento de flexión fuera del plano, pulg.-lb (N-m)

Mt = momento de torsión, pulg.-lb (N-m)

Sa = esfuerzo axial, psi (tracción positiva o compresión negativa) (MPa)

$$= Fa / A$$

Sb = esfuerzo de flexión resultante máximo, psi (MPa) 2

$$= \pm \left( \sqrt{M_i^2 + (I_{\text{omo}})^2} \right) / Z$$

Sh = tensión circunferencial, psi (MPa)

SL = esfuerzo longitudinal máximo, psi (tracción positiva o compresión negativa) (MPa)

$$= Sa + Sb \text{ o } Sa - Sb, \text{ lo que resulte en el mayor valor de estrés}$$

St = esfuerzo de torsión, psi (MPa)

$$= Mt / 2Z$$

Sy = límite elástico mínimo especificado, psi (MPa)

Z = módulo de sección de la tubería, in.3 (cm<sup>3</sup>)

Alternativamente, la teoría de la energía de distorsión máxima (tensión combinada de Von Mises) se puede utilizar para limitar los valores de tensión combinada. En consecuencia, la tensión combinada no debe exceder los valores dados por

$$\sqrt{Sh^2 - SLSh + SL^2 + 3St^2} \leq F3(Si)$$

(4) tensión. Cuando la tubería experimenta un desplazamiento no cíclico predecible de su soporte (p. ej., movimiento de falla a lo largo de la ruta de la tubería o hundimiento diferencial a lo largo de la línea) o hundimiento de la tubería antes del contacto con el soporte, los límites de tensión longitudinal y combinada pueden reemplazarse con un límite de deformación permisible. , siempre que las consecuencias de la fluencia no perjudiquen la capacidad de servicio de la tubería instalada. La deformación longitudinal máxima permisible depende de la ductilidad del material, cualquier deformación plástica experimentada previamente y el comportamiento de pandeo de la tubería. Cuando se anticipen deformaciones plásticas, se debe considerar la excentricidad de la tubería, la falta de redondez de la tubería y la capacidad de la soldadura para soportar tales deformaciones sin efectos perjudiciales. estos mismos

Se pueden aplicar criterios para tirar de tubos o elevadores de zapatas de flexión o tuberías instaladas por el método del carrete.

(b) Diseño contra pandeo. La tubería debe diseñarse con un margen de seguridad adecuado para evitar el pandeo local de la pared de la tubería, el colapso y el pandeo de la columna.

ling durante las operaciones. Los procedimientos de diseño y operación deberán considerar el efecto de la presión hidrostática externa; cargas de flexión, axiales y de torsión; impacto; tolerancias de fresado en el espesor de pared; falta de redondez; y otros factores aplicables. También se debe considerar la mitigación del pandeo por propagación que puede seguir al pandeo o abolladuras locales. El espesor de la pared de la tubería se seleccionará para resistir el colapso debido a la presión hidrostática externa.

seguro.

(c) Diseño contra la fatiga. La tubería deberá diseñarse y operarse para limitar las fluctuaciones de esfuerzo anticipadas a magnitudes y frecuencias que no perjudiquen la capacidad de servicio de la tubería. Las cargas que pueden causar fatiga incluyen las variaciones de presión interna, la acción de las olas y la vibración de la tubería, como la inducida por

desprendimiento de vórtices. Los tramos de tuberías y elevadores deben diseñarse de modo que se eviten las vibraciones resonantes inducidas por vórtices, siempre que sea práctico. Cuando se deban tolerar vibraciones, los esfuerzos resultantes debido a la vibración se deben considerar en los cálculos de esfuerzos combinados en (a). Además, la falla por fatiga calculada no deberá resultar durante la vida útil de diseño de la tubería y los conductos ascendentes.

(d) Diseño contra fractura. La prevención de fracturas durante la operación se debe considerar en la selección de materiales de acuerdo con los requisitos del párr. A423.2.

Los procedimientos de soldadura y los criterios de aceptación de defectos de soldadura deberán considerar la necesidad de evitar fracturas durante la operación. Véanse los párrs. 434.8.5 y A434.8.5.

(e) Diseño contra la pérdida de estabilidad en el lugar

(1) generales. El diseño de la tubería para la estabilidad lateral y vertical en el fondo se rige por características permanentes, como la batimetría del fondo marino y las características del suelo, y por eventos transitorios, como eventos hidrodinámicos, sísmicos y de comportamiento del suelo, que tienen una probabilidad significativa de ocurrencia durante la vida útil del sistema. .

Las condiciones de diseño a considerar se proporcionan en (2) a (4) a continuación.

El sistema de tuberías se debe diseñar para evitar movimientos horizontales y verticales o se debe diseñar de modo que cualquier movimiento se limite a valores no haciendo que se excedan los esfuerzos y deformaciones admisibles. Los factores típicos que se deben considerar en el diseño de estabilidad incluyen

(-a) las fuerzas de las olas y las corrientes

- (-b) propiedades del suelo
- (-c) socavación y expansión resultante
- (-d) licuefacción del suelo
- (-e) falla del talud

La estabilidad puede obtenerse por medios tales como, pero no limitado a, ajuste del peso sumergido de la tubería, apertura de zanjas y/o recubrimiento de la tubería, o anclaje.

Al calcular las fuerzas hidrodinámicas, el hecho de que se pueden tener en cuenta las fuerzas de las olas que varían espacialmente a lo largo de la tubería.

Dos condiciones de diseño de estabilidad en el fondo que deberán ser considerados son la instalación y el funcionamiento.

(2) Onda de diseño y condiciones actuales. Las condiciones operativas de diseño de olas y corrientes se deben basar en un evento que tenga un intervalo de retorno mínimo de no menos de 100 años. Se utilizará la combinación esperada más desfavorable de condiciones de olas y corrientes. Las condiciones de onda máxima y corriente máxima no necesariamente ocurren simultáneamente. Al seleccionar la condición más desfavorable, se debe tener en cuenta el momento en que se produce la onda y la dirección de la corriente y

magnitud.

(3) Estabilidad contra olas y corrientes. El peso sumergido de la tubería debe estar diseñado para resistir o limitar el movimiento a cantidades que no causen que los esfuerzos longitudinales y combinados, calculados por las ecuaciones en (a), **excedan** los límites especificados en (a). El peso sumergido se puede ajustar mediante el recubrimiento del peso y/o aumentando el espesor de la pared de la tubería.

Las fuerzas hidrodinámicas se basarán en los valores de las olas y las corrientes para las condiciones de diseño en el lugar [ver (2)].

La dirección y la concurrencia de las olas y la corriente se consideró.

La tubería y sus accesorios se pueden bajar por debajo del nivel del suelo para brindar estabilidad.

El relleno u otras opciones de cobertura protectora deberán usar materiales y procedimientos que impidan dañar la tubería y los revestimientos.

El anclaje se puede usar solo o junto con otras opciones para mantener la estabilidad. Los anclajes deben estar diseñados para resistir las cargas laterales y verticales que se esperan de las condiciones de las olas y la corriente de diseño. Los anclajes deben estar espaciados para evitar esfuerzos excesivos en la tubería. La socavación se considerará en el diseño del sistema de anclaje.

Se considerará el efecto de los anclajes sobre el sistema de protección catódica.

No se deben usar contrapesos de tipo bloque intermitente, con abrazaderas o colocados (contrapesos de río) en tuberías costa afuera donde existe la posibilidad de que el contrapeso quede sin soporte debido a la socavación.

(4) Aproximaciones a la costa. La tubería en la zona de aproximación a la costa se instalará en una estructura adecuada sobre el agua o bajado o perforado a la profundidad necesaria para evitar problemas de socavación, expansión o estabilidad que afecten la integridad y la operación segura de la tubería durante su anti

vida útil pated. Se considerará la variación estacional en el espesor de los sedimentos del fondo marino cerca de la costa y la erosión de la costa durante la vida útil de la tubería.

(5) Falla de taludes y licuefacción del suelo. Las tuberías se diseñarán para fallas de taludes en las zonas donde se esperan (zonas de deslizamiento de lodo, taludes pronunciados, áreas de hundimiento sísmico). Si no es práctico diseñar el sistema de tuberías para sobrevivir al evento, la tubería debe diseñarse para una ruptura controlada con disposiciones para minimizar la pérdida del contenido de la tubería.

El diseño para los efectos de la licuefacción se realizará para áreas de ocurrencia conocida o esperada.

La licuefacción del suelo normalmente es el resultado de sobrepresiones de ondas cíclicas o cargas sísmicas de suelos susceptibles. Se seleccionará la gravedad específica a granel de la tubería, o se seleccionarán métodos alternativos para garantizar tanto la y estabilidad vertical.

Las condiciones sísmicas de diseño utilizadas para predecir la licuefacción del fondo o el derrumbe de taludes deben ser por lo menos tan severas como las utilizadas para los cálculos de resistencia operativa de diseño de la tubería. La ocurrencia de licuefacción del suelo debido a la sobrepresión de las olas se basará en un intervalo de tormenta de no menos de 100 años.

(6) Suelos del Fondo. Los factores de interacción tubería-suelo que se utilicen deberán ser representativos de las condiciones del fondo en el sitio.

- (f) Impacto. Durante las operaciones, se deben tener en cuenta los impactos debidos a (1) anclas
- (2) tablas de arrastre (3) embarcaciones
- (4) quillas de hielo (5) otros objetos extraños

A402.3.3 Diseño de abrazaderas y soportes. Las abrazaderas y los soportes deben diseñarse de manera que se realice una transferencia suave de cargas desde la tubería o el tubo ascendente hasta la estructura de soporte sin tensiones muy localizadas debido a concentraciones de tensión. Cuando se vayan a soldar abrazaderas a la tubería, deben rodear completamente la tubería y soldarse a la tubería mediante una soldadura envolvente completa. El soporte debe estar unido al miembro circundante y no a la tubería.

Todas las soldaduras a la tubería deben someterse a pruebas no destructivas. Las abrazaderas y los soportes se diseñarán de acuerdo con los requisitos de API RP 2A-WSD.

El diseño de las abrazaderas y los soportes deberá considerar los efectos corrosivos de los espacios y grietas que retienen la humedad y los metales galvánicamente diferentes.

A402.3.4 Diseño de Conectores y Bridas. Los conectores y las bridas deben diseñarse o seleccionarse para proporcionar una transferencia suave de cargas y evitar una deformación excesiva de la tubería unida.

A402.3.5 Diseño de protectores verticales de tuberías estructurales. Cuando las tuberías ascendentes se instalen en lugares sujetos al impacto del tráfico marítimo,

Se instalarán dispositivos en la zona sujeta a daños para proteger la tubería y el revestimiento.

A402.3.6 Diseño y protección de conjuntos especiales. El diseño de ensambles especiales, como conexiones, ensambles de conexión submarinos, válvulas submarinas, bucles de expansión, conexiones ascendentes en el lecho marino y colectores de tuberías submarinas, deberá considerar las fuerzas y los efectos adicionales impuestos por un entorno submarino. Tales consideraciones adicionales incluyen el diseño de corrientes de tormenta y el potencial de movimiento del lecho marino en sedimentos blandos, licuefacción del suelo, mayor potencial de corrosión, expansión y contracción térmica y estrés debido a los procedimientos de instalación.

Se tomarán las medidas apropiadas para proteger los ensambles especiales en áreas donde los ensambles estén sujetos a daños por fuerzas externas, como la pesca y las actividades de construcción marina.

A402.3.7 Diseño de tubería flexible. Debido a su composición compuesta, el comportamiento mecánico de la tubería flexible es significativamente diferente al de la tubería de acero. La tubería flexible se puede usar para tuberías en alta mar si los cálculos y/o los resultados de las pruebas verifican que la tubería puede soportar con seguridad las cargas consideradas en [algunos párrafos. A401.2.2 Se debe A401.2.4.2.](#) Se debe considerar cuidadosamente el uso de tubería flexible debido a su naturaleza permeable y posible falla por descompresión rápida del material del revestimiento y colapso del revestimiento interior debido a la presión de gas residual en el espacio anular al despresurizarse la tubería. (Ver API RP 17B.)

A402.3.8 Diseño de cruces de tuberías. Los cruces de tuberías submarinas deben estar diseñados para proporcionar una separación mínima de 12 pulgadas (300 mm) entre las dos líneas. La separación dieléctrica de las dos tuberías se considerará en el diseño de cruces de tuberías. El asentamiento del suelo, la socavación y las cargas cíclicas se deben considerar en el diseño de cruces de tuberías para garantizar que la separación se mantenga durante la vida útil de diseño de ambas líneas.

Cuando se cruzan dos tuberías de líquido, la tensión longitudinal y la tensión combinada, calculadas mediante las ecuaciones del [párr. A402.3.2\(a\)](#), no deberá exceder los límites especificados en [la Tabla A402.3.2-1](#). Cuando sea apropiado, los criterios de deformación permitidos en [el párr. A402.3.2\(a\)\(4\)](#) puede usarse en lugar de los criterios de tensión permisible. Cuando los cruces de tuberías se rigen por diferentes códigos, los límites de tensión permisibles deben estar de acuerdo con las disposiciones del código aplicable.

## A403 CRITERIOS PARA TUBERÍAS

### A403.2 Criterios para espesores de pared de tuberías y tolerancias

A403.2.1 Criterios. Para los sistemas de tuberías costa afuera, el valor de tensión admisible aplicable especificado y definido en [el párr. 403.2.1](#) será como sigue:

$$S = F1(Sy)$$

dónde

F1 = factor de diseño de tensión circunferencial de [la Tabla A402.3.2-1](#)

Sy = límite elástico mínimo especificado, psi (MPa)

A403.2.6 Factores de unión por soldadura. La tubería con un factor de junta de soldadura inferior a 1 ([Tabla 403.2.1-1](#)) no debe usarse en sistemas de tuberías costa afuera.

### A403.9 Diseño para Expansión y Flexibilidad

Los sistemas de tuberías submarinas no enterradas y las tuberías de plataforma se deben considerar como tuberías sobre el suelo (véanse [los párrafos 403.9.1 y 403.9.3](#)) cuando dicha definición sea aplicable.

Los cálculos de expansión y contracción térmica deberán considerar los efectos del material de relleno completamente saturado en la contención del suelo.

Los criterios de resistencia permisibles deberán estar de acuerdo con [el párr. A402.3.2](#) en lugar del cálculo de las tensiones enumeradas en la [sección 402](#). Las ecuaciones en [los párrs. 402.5.1 y 402.5.2](#) son válidos para el cálculo de los esfuerzos indicados. Véanse [los párrs. A401.2.2 y A401.2.4.2](#) para cargas que deben ser consideradas en diseño. Cuando sea apropiado, los criterios de deformación permitidos en [el párr. A402.3.2\(a\)\(4\)](#) puede usarse en lugar de los criterios de tensión permisible.

Cuando se vaya a colocar una tubería en alta mar a través de una zona de falla conocida o en un área propensa a terremotos, se debe considerar la necesidad de flexibilidad en el sistema de tubería y sus componentes para minimizar la posibilidad de daño debido a la actividad sísmica. La flexibilidad en el sistema de tuberías puede proporcionarse mediante la instalación de la tubería sobre el lecho marino o sobre el mismo y/o mediante el uso de acoplamientos de ruptura, bucles holgados, secciones de tubería flexible u otras soluciones específicas del sitio.

## A404 CRITERIOS PARA ACCESORIOS, MONTAJES Y OTROS COMPONENTES (ALTERNATIVAMENTE, CRITERIOS PARA COMPONENTES)

### A404.2 Cambios direccionales

A404.2.4 Curvas en inglete. Las curvas en inglete están prohibidas en los sistemas de tuberías de líquidos en alta mar.

### A404.3 Conexiones de ramales

#### A404.3.5 Refuerzo de Aberturas Individuales

(a) Cuando las conexiones de derivación soldadas se hacen a la tubería en forma de una sola conexión, o en un cabezal o colector como una serie de conexiones, el diseño debe ser adecuado para controlar los niveles de tensión en la tubería dentro de límites seguros. La construcción deberá tener en cuenta los esfuerzos en la pared restante de la tubería debido a la abertura en la tubería o cabecera, los esfuerzos cortantes producidos por la presión actuando sobre la zona de la boca del ramal, y cualquier exterior

carga debido al movimiento térmico, peso, vibración, etc., y deberá cumplir con los requisitos mínimos enumerados en

[Tabla 404.3.4-1](#). Los siguientes párrafos proporcionan reglas de diseño basadas en la intensificación de la tensión creada por la existencia de un agujero en una sección por lo demás simétrica. No se han evaluado las cargas externas, como las debidas a la expansión térmica o el peso no soportado de la tubería de conexión. Se debe prestar atención a estos factores en diseños inusuales o bajo condiciones de carga cíclica.

Tubería que ha sido trabajada en frío únicamente con el propósito de aumentar la resistencia a la fluencia para cumplir con los requisitos especificados. El límite elástico mínimo está prohibido en los sistemas de tuberías de líquidos en alta mar. Esto no excluye el uso de tubería que ha sido trabajada en frío específicamente para la propósitos de cumplir con los requisitos dimensionales.

#### A404.3.6 Refuerzo de Múltiples Aberturas

(d) La tubería que ha sido trabajada en frío únicamente con el propósito de aumentar la resistencia a la fluencia para alcanzar la resistencia a la fluencia mínima especificada está prohibida en los sistemas de tuberías de líquidos en alta mar. Esto no excluye el uso de tubería que haya sido trabajada en frío específicamente con el propósito de cumplir con los requisitos dimensionales.

#### A404.4 Bridas

A404.4.3 Bridas de hierro gris dentro del alcance de la norma Tamaños. [El párrafo 404.4.3](#) no se aplica. Las bridas de hierro gris y hierro dúctil están prohibidas para aplicaciones en sistemas de tuberías de líquidos en alta mar.

A404.4.6 Revestimientos de bridas. Las bridas de tipo junta anular son las preferidas en los sistemas de tuberías de líquidos en alta mar.

#### A404.5 Válvulas

A404.5.1 Generalidades. No se aplica [el párrafo 404.5.1](#) en lo que se refiere a las válvulas de hierro gris. Las válvulas de hierro gris y hierro dúctil están prohibidas para aplicaciones en sistemas de tuberías de líquidos en alta mar.

#### A404.6 Reductores

A404.6.3 Estampados de piel de naranja. Los estampados de piel de naranja están prohibidos en los sistemas de tuberías de líquidos en alta mar, que no sean componentes temporales de construcción u otros componentes que no contengan presión.

#### A404.7 Cierres

A404.7.4 Cierres Fabricados. Los tapones de cáscara de naranja y las colas de pescado están prohibidos en los sistemas de tuberías de líquidos en alta mar, que no sean componentes de construcción temporales u otros componentes que no contengan presión.

#### A404.8 Articulaciones

A404.8.3 Juntas roscadas. Las conexiones roscadas para componentes de tuberías en línea de tamaño NPS 2 (DN 50) o mayores están prohibidas en los sistemas de tuberías costa afuera, excepto lo permitido en el [párr. A406.2](#).

#### TUBO A405

##### A405.1 Tubería de acero

(a) La tubería nueva de las especificaciones enumeradas en [la Tabla 423.1-1](#) se puede usar de acuerdo con las ecuaciones de diseño del [párr. 403.2.1](#) sujeto al [párr. A403.2.1](#) ya los requisitos de prueba de los [párrs. 437.1.4\(a\)\(1\), 437.1.4\(a\)\(2\), 437.1.4\(a\)\(4\), 437.1.4\(a\)\(5\), 437.1.4\(b\), 437.1.4\(c\), 437.4.1 y A437.1.4](#).

(b) La tubería que ha sido trabajada en frío únicamente con el propósito de aumentar el límite elástico para cumplir con el límite elástico mínimo especificado está prohibida en los sistemas de tuberías de líquidos en alta mar. Esto no excluye el uso de tubería que haya sido trabajada en frío específicamente con el propósito de cumplir con los requisitos dimensionales.

##### A405.2 Tubería flexible

La selección de tubería flexible deberá estar de acuerdo con API RP 17B. (Véase también [el párrafo A403.2.1](#).)

#### A406 OTRAS CONSIDERACIONES DE DISEÑO

##### A406.1 raspadores y herramientas de inspección interna

Al especificar componentes de tuberías en línea para tuberías en alta mar, se debe tener en cuenta la necesidad de ejecutar raspadores de tuberías y herramientas de inspección interna. La selección del radio de curvatura, las trampas del lanzador y del receptor, la configuración de la curvatura, las variaciones del diámetro interno (incluida la ovalidad) y otras obstrucciones internas deberán permitir el paso de dichos dispositivos, excepto cuando no sea práctico.

##### A406.2 Componentes especiales

La idoneidad de los componentes del sistema que no están cubiertos específicamente en este Código se debe validar mediante cualquiera de los siguientes:

(a) pruebas documentadas de prototipos a gran escala de los componentes o ensamblajes especiales (b) un historial

documentado de uso exitoso de estos componentes o ensamblajes especiales ensamblajes producidos por el mismo método de diseño La documentación

debe incluir el diseño y la instalación métodos que han sido probados para el servicio para el que está destinado el componente.

Se debe tener cuidado en cualquier nueva aplicación de diseños existentes para garantizar la idoneidad para el servicio previsto.

### A406.3 Diseño de elementos de soporte de tuberías

Véase el párr. A402.3.3 para disposiciones adicionales.

## A423 MATERIALES — REQUISITOS GENERALES

### A423.1 Materiales y especificaciones aceptables

Los materiales de revestimiento de peso de concreto (cemento, agregado, acero de refuerzo) deberán cumplir o exceder los requisitos de las normas ASTM aplicables.

La tubería flexible se fabricará con materiales que cumplan con los requisitos de API RP 17B y las normas ASTM o ASME aplicables a los materiales seleccionados por el diseñador.

### A423.2 Limitaciones sobre los materiales

Tubería "no identificada", tubería de plástico, tubería ASTM A120, tubería de plástico con refuerzo no metálico, tubería de hierro gris, tubería de hierro dúctil y tubería que ha sido trabajada en frío para cumplir con el límite elástico mínimo especificado están prohibidos en los sistemas de tuberías de líquidos en alta mar. Esto no excluye el uso de tubería que haya sido trabajada en frío específicamente con el fin de cumplir con los requisitos dimensionales.

Además de los requisitos contenidos en las normas a las que se hace referencia, se pueden considerar otros requisitos para los componentes utilizados en alta mar, según la profundidad del agua, la temperatura del agua, la presión interna, la composición del producto, la temperatura del producto, el método de instalación y/u otras condiciones de carga. Por ejemplo, la consideración de limitaciones o requisitos adicionales para la tubería puede incluir uno o más de los siguientes:

- (a) tolerancia del espesor de la pared
  - (b) tolerancia del diámetro exterior
  - (c) tolerancia de la falta de redondez
  - (d) resistencia máxima y mínima a la fluencia y a la tracción
  - (e) limitaciones químicas de la tubería
  - (f) tenacidad a la fractura
  - (g) dureza
  - (h) pruebas hidrostáticas de fábrica de tuberías y otras pruebas no destructivas
- Para servicio ácido (H<sub>2</sub>S), consulte NACE MR 0175/ISO 15156.

## A434 CONSTRUCCIÓN

### A434.2 Calificaciones

A434.2.2 Inspección. Las reparaciones requeridas durante la nueva construcción también deberán estar de acuerdo con párrs. A434.8 y A461.1.2.

### A434.3 Derecho de paso

A434.3.3 Levantamiento y Replanteo o Marcado. Se inspeccionará la ruta de la tubería costa afuera, y la tubería se ubicará adecuadamente dentro del derecho de paso por tubería principal.

manteniendo los marcadores de la ruta del estudio o realizando el estudio durante instalación.

### A434.6 Zanja

Las disposiciones del párr. 434.6 no son aplicables para tuberías en alta mar. Los oleoductos en alta mar deben excavarse cuando sea necesario para la estabilidad, la protección mecánica o la prevención de la interferencia con las actividades marítimas.

Los métodos y detalles de las operaciones de excavación de zanjas y descenso de la tubería se basarán en las condiciones específicas del sitio. Los métodos y detalles se seleccionarán para evitar daños a la tubería, el revestimiento y la aplicación de la tubería tenencias

### A434.7 Curvas, ingleses y codos

Las curvas en inglete no se deben usar en sistemas de tuberías de líquidos en alta mar.

#### A434.7.1 Codos hechos de tubería

(a) La tubería que ha sido trabajada en frío únicamente con el propósito de aumentar el límite elástico para cumplir con el límite elástico mínimo especificado está prohibida en los sistemas de tuberías de líquidos en alta mar. Esto no excluye el uso de tubería que haya sido trabajada en frío específicamente con el propósito de cumplir con los requisitos dimensionales.

### A434.8 Soldadura

A434.8.3 Cualificación de soldadores y procedimientos de soldadura. Los procedimientos de soldadura y los soldadores que realicen soldadura hiperbárica en sistemas de tuberías costa afuera deben ser calificado de acuerdo con las disposiciones de prueba de API 1104 o ASME BPVC, Sección IX, complementado por AWS D3.6M para soldaduras tipo "O".

#### A434.8.5 Criterios de inspección y aceptación requeridos

- (a) Inspección requerida
    - (2) Las soldaduras en los sistemas de tuberías costa afuera también pueden evaluarse sobre la base de (b) a continuación.
    - (3) Los requisitos del párr. 434.8.5(a)(3) son reemplazadas por las siguientes disposiciones. Todas las soldaduras circunferenciales en los sistemas de tuberías costa afuera deberán cumplir con los requisitos del párr. 434.8.5(a) para una tubería que operaría con una tensión circunferencial de más del 20% del límite elástico mínimo especificado de la tubería. El cien por ciento del número total de soldaduras a tope circunferenciales en
- Los sistemas de tuberías costa afuera deben ser no destructivos. inspeccionado, si es práctico; pero en ningún caso se inspeccionará menos del 90% de dichas soldaduras. La inspección deberá cubrir el 100% de la longitud de dicha soldadura inspeccionada.

(b) Métodos de inspección y estándares aceptables. Para soldaduras circunferenciales en sistemas de tuberías costa afuera, los límites alternativos de aceptación de fallas pueden basarse en el análisis de mecánica de fracturas y criterios de idoneidad para el propósito como se describe en API 1104. Dichos estándares alternativos de aceptación

deberán estar respaldados por análisis de tensión apropiados, requisitos de prueba de procedimientos de soldadura complementarios y exámenes no destructivos más allá de los requisitos mínimos especificados en este documento. Se verificará la precisión de las técnicas no destructivas para la medición de la profundidad de fallas.

#### A434.8.9 Alivio de tensión

(a) En los sistemas de tuberías costa afuera, la demostración especificada en [el párr. 434.8.9\(a\)](#) se debe realizar en materiales y en condiciones que simulen, en la medida de lo posible, la soldadura de producción real.

#### A434.11 Relleno

Normalmente no se requiere el relleno de tuberías excavadas en alta mar, pero a veces se puede utilizar para proporcionar estabilidad o protección adicional.

#### A434.13 Cruces Especiales

A434.13.1 Cruces de agua. Véase [el párr. A402.3.2\(e\)\(3\)](#) sobre el uso de pesos de río.

#### A434.15 Válvulas de bloqueo y aislamiento

##### A434.15.1 Generalidades

(a) Las válvulas de bloqueo y aislamiento se seleccionarán para proporcionar un cierre oportuno y para limitar los daños a la propiedad y al medio ambiente y brindar seguridad en condiciones de emergencia.

(b) En las plataformas marinas, se tendrá en cuenta para ubicar válvulas de bloqueo y aislamiento, o controles de operador de válvula donde se usen, en áreas que sean fácilmente accesibles en condiciones de emergencia. (c) Las

válvulas sumergidas se marcarán o detectarán mediante técnicas de inspección y se registrarán en registros de construcción que se conservarán permanentemente para facilitar la ubicación cuando se requiera la operación.

#### A434.18 Marcadores de línea

No se requieren marcadores de línea en los sistemas de tuberías costa afuera.

#### A434.25 Construcción de oleoductos en alta mar

A434.25.1 Profundidad y alineación de tuberías. Los planos y especificaciones deben describir la alineación de la tubería, su profundidad de diseño por debajo del nivel medio del agua y la profundidad por debajo del fondo del mar, si se prescribe la excavación de zanjas. Se debe prestar especial atención a la profundidad de la cubierta y otros medios para proteger la tubería en la zona de oleaje y otras áreas de peligro potencial, como cerca de plataformas, áreas de anclaje y vías de navegación.

A434.25.2 Procedimientos de instalación y selección de equipos. Los procedimientos de instalación se prepararán antes de comenzar la construcción. Procedimientos de instalación

debe abordar las consideraciones de diseño en [el párr. A401.2.4](#) y consideraciones de resistencia en [el párr. A402.3.1](#).

A434.25.3 Movimiento de Ductos Existentes. Se debe considerar la reducción de las presiones operativas en las tuberías existentes para obtener los niveles de tensión prácticos más bajos antes del movimiento de las líneas existentes.

Ya sea que la presión de la tubería se reduzca o no, se deben tomar los siguientes pasos antes de mover las líneas existentes: (a) realizar un estudio físico para determinar

la posición real de la tubería

(b) determinar el espesor de la pared y la propiedad mecánica lazos de la sección de tubería existente que se va a mover

(c) investigar posibles tensiones en la tubería que puedan existir en la tubería en su condición actual (d) calcular

tensiones adicionales impuestas por la operación de movimiento propuesta (e) preparar un procedimiento

detallado para la propuesta movimientot

Se debe realizar una investigación de las posibles tensiones de la tubería que se pueden inducir en la tubería existente durante la reubicación, independientemente de la presión interna anticipada. Esta investigación debe considerar las tolerancias de elevación apropiadas para el descenso. Las tensiones de la tubería resultantes de la reubicación no deben exceder la

la criterios en [el párr. A402.3.1](#), y las tensiones de la tubería resultantes de la operación de la tubería existente después del descenso no deben exceder los criterios del [párr. A402.3.2](#).

#### A436 INSPECCION

##### A436.2 Cualificación de los Inspectores

Además de los requisitos del [párr. 436.2](#), el personal de inspección en alta mar debe ser capaz de inspeccionar lo siguiente, según corresponda:

- (a) sistemas de posicionamiento de embarcaciones en alta mar (b) operaciones de buceo (c) operaciones de vehículos operados a distancia (ROV) (d) excavación de zanjas y operaciones de entierro (e) operaciones especiales servicios de prueba e inspección de instalaciones de tuberías en alta mar, como tuberías submarinas empalmes laterales y cruces de tuberías submarinas según sea necesario (f) parámetros de tendido de tuberías

##### A436.5 Tipo y extensión del examen requerido

###### A436.5.1 Visuales

###### (b) Construcción (19)

Cuando se excavan zanjas en tuberías costa afuera, la condición de la zanja, la profundidad de la zanja y el ajuste de la tubería a la zanja deben inspeccionarse cuando sea factible.

## ASME B31.4-2022

(20) Cuando se vayan a rellenar tuberías costa afuera, se inspeccionarán las operaciones de relleno para determinar la calidad del relleno, el posible daño al revestimiento de la tubería y la profundidad de la cubierta.

(21) Se inspeccionarán los tramos de las tuberías.

(22) Se inspeccionarán los cruces de tuberías para determinar la separación especificada.

(23) Cuando se especifique, las reuniones especiales y las medidas de protección descritas en el párr. A402.3.6 deberá inspeccionarse para protección contra daños por fuerzas externas, como la pesca y otras actividades marinas.

## A437 PRUEBAS

## A437.1 Generalidades

A437.1.4 Pruebas después de una nueva construcción

(a) Sistemas o partes de sistemas (3) Las

disposiciones del párr. 437.1.4(a)(3) son reemplazadas por las siguientes.

Todos los componentes de tuberías y tuberías que contienen presión deben probarse de acuerdo con las disposiciones del párr. 437.1.4(a)(2).

(b) Pruebas de conexiones. Se deben observar las conexiones de conexión no soldadas para detectar fugas a la presión de funcionamiento. Las soldaduras de empalme y las soldaduras circunferenciales que unen tramos de tubería previamente ensayada deben inspeccionarse mediante métodos radiográficos u otros métodos no destructivos aceptados de acuerdo con el párr. A434.8.3, si el sistema no se prueba a presión después del amarre. (d) Medio de prueba

hidrostática. El medio de prueba hidrostática para todos los sistemas de tuberías costa afuera será el agua, excepto en las áreas árticas. Se deben considerar los aditivos para mitigar los efectos de la corrosión, la bioincrustación y la congelación. Dichos aditivos deben ser adecuados para la

Métodos de eliminación del medio de prueba.

En áreas árticas donde la congelación del agua es una restricción, se permite el uso de aire, gas inerte o glicol, siempre que se aborden las consideraciones detalladas apropiadas.

La eliminación de todos los materiales se hará en un ambiente cuenta de manera segura.

(e) Restricciones de diámetro. Las pruebas de pandeo, abolladuras y otras restricciones de diámetro se realizarán después de la instalación. Las pruebas se realizarán pasando un dispositivo de detección de deformación a través de la sección de la tubería o mediante otros métodos capaces de detectar un cambio en la sección transversal de la tubería. La tubería que tenga una deformación que afecte la capacidad de servicio de las instalaciones de la tubería deberá repararse o reemplazarse. También se debe considerar la reparación de la ovalidad que pueda interferir con las operaciones de limpieza o las inspecciones internas.

## A437.4 Presión de prueba

A437.4.3 Pruebas de fugas. Disposiciones del párr. 437.4.3 no son aplicables a los sistemas de tuberías costa afuera.

## A437.6 Pruebas de calificación

Las tuberías de especificación desconocida y las tuberías con especificación ASTM A120 no están permitidas en los sistemas de tuberías costa afuera. Véase el párr. A423.1.

## A437.7 Registros

Los registros de "tal como se construyó" también incluirán la ubicación de ánodos y protectores de pandeo (si se usan) por secuencia de instalación de juntas de tubería. Las válvulas submarinas, conexiones y otras ubicaciones especiales de montaje se registrarán mediante coordenadas.

## A450 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

## PROCEDIMIENTOS QUE AFECTAN LA SEGURIDAD DE TRANSPORTE DE LÍQUIDOS Y LODOS SISTEMAS DE TUBERÍAS

## A450.2 Planes y procedimientos de operación y mantenimiento

Las disposiciones de los párrs. 450.2(d), 450.2(e) y 450.2(i) se reemplazan por lo siguiente: (d) Contar con un plan para revisar

las condiciones que afectan la integridad y seguridad del sistema de tuberías, incluidas las disposiciones para el patrullaje periódico y la notificación de

actividad de construcción y cambios en las condiciones.

(e) Establecer y mantener enlaces con entidades extraterritoriales locales autoridades que emiten permisos para prevenir accidentes causados por nuevas construcciones. Establecer y mantener enlaces con las entidades disponibles de lucha contra incendios y control de la contaminación en alta mar.

(i) Al establecer planes y procedimientos, prestar especial atención a aquellas partes del sistema que presenten el mayor riesgo para el público y el medio ambiente en caso de emergencias o debido a requisitos de construcción o mantenimiento extraordinario.

## A451 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE DUCTOS

## A451.1 Presión de funcionamiento

(a) Si se instala un componente durante una reparación que tiene una clasificación de presión máxima inferior a la presión operativa permitida de la tubería, la tubería se reducirá a la clasificación de presión del componente, analizada de acuerdo con el párr. 451.1(a).

## A451.3 Señales y marcadores de línea

Las disposiciones del párr. 451.3 no se aplican a los sistemas de tuberías costa afuera.

## A451.4 Mantenimiento del Derecho de Vía

Las disposiciones del párr. 451.4 no se aplican a los sistemas de tuberías costa afuera.

### A451.5 Patrullaje

(a) Las disposiciones de los párrs. 451.5(a) y 451.5(b) son reemplazadas por las siguientes. Cada tubería costa afuera  
El operador del sistema deberá mantener un programa periódico de patrullaje de la tubería para observar las condiciones de la superficie en el derecho de paso de la tubería y sus alrededores, la indicación de fugas, la actividad de construcción distinta a la realizada por el operador y cualquier otro factor que afecte la seguridad y operación de la tubería. Se debe considerar la posibilidad de aumentar las patrullas en áreas más susceptibles a daños por fuerzas externas.

### A451.6 Evaluación y reparación de la integridad de la tubería

Como medio para mantener la integridad de su sistema de tuberías, cada empresa operadora deberá establecer e implementar procedimientos para la vigilancia continua de sus instalaciones. Se iniciarán estudios y se tomarán las medidas apropiadas cuando se presenten condiciones inusuales de operación y mantenimiento. ocurren condiciones, como fallas, historial de fugas, cambios inexplicables en el flujo o la presión, o cambios sustanciales cambios en los requisitos de protección catódica.

Se debe considerar la inspección de las tuberías y las medidas de protección de las mismas en las áreas más susceptibles de sufrir daños por fuerzas externas. Dichas áreas pueden incluir cruces costeros, áreas cercanas a plataformas, canales de navegación, cruces de tuberías, rectificaciones de tramos, ensamblajes submarinos y áreas de aguas poco profundas. Si la compañía operadora descubre que la cobertura u otras condiciones no cumplir con el diseño original, deberá determinar si las condiciones existentes son inaceptables. Si las condiciones son inaceptables, la empresa operadora deberá brindar protección adicional reemplazando la cubierta, bajando la línea, instalando marcadores o boyas de advertencia temporales o permanentes, o utilizando otros medios adecuados.

Cuando dichos estudios indiquen que la instalación se encuentra en una condición no satisfactoria, se deberá iniciar un programa planificado para abandonar, reemplazar o reparar. Si dicha instalación no puede repararse o abandonarse, la presión máxima admisible se reducirá de acuerdo con los requisitos descrito en los párrs. 451.1(a) y A451.1(a).

Las tuberías ascendentes en alta mar se inspeccionarán visualmente anualmente para detectar daños físicos y corrosión en la zona de salpicadura y por encima. También se debe considerar dado a la inspección visual periódica de la zona sumergida del riser. Se determinará la extensión de cualquier daño observado y, si se ve afectada la capacidad de servicio de la tubería ascendente, se reparará o reemplazará la tubería ascendente.  
Se debe considerar el uso periódico de herramientas de inspección internas o externas para monitorear la corrosión externa e interna de la tubería y para detectar otras condiciones inseguras.

Las metodologías de idoneidad para el servicio, tal como se describen en API RP 579-1/ASME FFS-1, pueden usarse para sistemas de tuberías costa afuera.

A451.6.1 Generalidades. Los requisitos adicionales para las reparaciones de los sistemas de tuberías costa afuera son los siguientes: (a) Las operaciones de reparación no deberán resultar en deformaciones impuestas que puedan afectar la integridad de los materiales de la tubería, y el peso o el revestimiento protector.

(b) El equipo submarino utilizado en la reparación de sistemas de tuberías costa afuera deberá ser cuidadosamente controlado y monitoreado para evitar dañar la tubería, el revestimiento externo o el sistema de protección catódica.

(c) Al levantar o sostener la tubería durante las reparaciones, el La curvatura de la curvatura y el sobrecurvado de una tubería deben controlarse para evitar sobreesfuerzos, abolladuras o pandeo de la tubería o daños en el revestimiento. El equipo de izaje debe seleccionarse para cumplir con este requisito. (d) Las cargas de olas y

corrientes se deben considerar al determinar los esfuerzos totales impuestos y las cargas cíclicas en las reparaciones tanto superficiales como subterráneas. (e) Cuando se repara la tubería, se debe reparar el revestimiento dañado. (f) La tubería y los componentes de reemplazo deben ser protegido de la corrosión.

Se debe considerar la obtención de potenciales de tubería a agua durante las operaciones de reparación para verificar la conformidad con los requisitos de protección catódica.

#### A451.6.2 Límites y disposición de imperfecciones y anomalías

##### A451.6.2.9 Reparaciones Permanentes

(h) Accesorios soldados permitidos por el párr. 451.6.2.9(h) para cubrir defectos no se debe utilizar en sistemas de tuberías costa afuera.

#### A451.6.4 Reparación de tubería flexible

(a) Daño Estructural Mayor. Si la capacidad de servicio de la tubería flexible se ve afectada, se reemplazará la sección de tubería dañada. (b) Cortes de superficie. En el caso de cortes y abrasiones en la superficie que no expongan los elementos de soporte de carga a una posible corrosión, la reparación debe realizarse de la manera recomendada por el fabricante.

### A451.8 Mantenimiento de válvulas

Disposiciones del párr. 451.8 no se aplican a los sistemas de tuberías costa afuera. Las válvulas de bloqueo de tuberías que serían requeridas por el plan de emergencia (ver secciones 454 y A454) para ser operadas durante una emergencia deben ser inspeccionadas periódicamente y operadas total o parcialmente al menos una vez al año.

### A451.9 Ferrocarriles y carreteras que cruzan tuberías existentes

Las disposiciones del párr. 451.9 no se aplican a los sistemas de tuberías costa afuera.

## A451.10 Elevadores de plataforma de aguas continentales

Las disposiciones del párr. 451.10 no se aplican a los sistemas de tuberías costa afuera.

A452 ESTACIÓN DE BOMBEO, TERMINAL Y ALMACENAMIENTO  
OPERACIÓN DE INSTALACIONES Y  
MANTENIMIENTO

## A452.5 Esgrima

El cercado no se aplica a las instalaciones en alta mar.

## A452.7 Prevención de ignición accidental

Se prohibirá fumar en todas las áreas de las instalaciones en alta mar en las que la posible fuga o presencia de vapor constituya un riesgo de incendio o explosión.

## PLAN DE EMERGENCIA A454

(d) Las disposiciones del párr. 454(d) no se aplican a sistemas de tuberías en alta mar.

(e)(5) Las disposiciones del párr. 454(e)(5) no se aplican a los sistemas de tuberías costa afuera. Para minimizar la exposición del público a lesiones y para evitar la ignición accidental, se deben incluir disposiciones para detener o desviar el tráfico marítimo de embarcaciones en el plan de emergencia.

## A460 GENERALIDADES

(a) Además de las disposiciones del párr. 460(a), se deben dar consideraciones especiales al control de la corrosión de los sistemas de tuberías costa afuera porque no se pueden inspeccionar fácilmente después de la instalación y existe la posibilidad de dañar el sistema de revestimiento. Se debe prestar especial atención a la selección, diseño y aplicación de recubrimientos para el control de la corrosión, el sistema de protección catódica y otros elementos de diseño contra la corrosión. (c) NACE SP 0115/ISO 15589-2 proporciona una guía de

procedimientos para implementar los requisitos del presente y para monitorear y mantener sistemas de protección catódica para sistemas de tuberías costa afuera.

A461 CONTROL DE CORROSIÓN EXTERNO PARA  
TUBERÍAS ENTERRADAS O SUMERGIDAS

## A461.1 Instalaciones nuevas

## A461.1.1 Generalidades

(a) Además de las disposiciones del párr. 461.1, se debe mantener un espacio mínimo de 12 pulg. (300 mm) entre el exterior de cualquier tubería costa afuera y cualquier otra estructura que pueda afectar la protección catódica de la tubería costa afuera, excepto donde no sea práctico (p. ej., tuberías agrupadas) y donde se hayan tomado las disposiciones adecuadas para el control de la corrosión.

## A461.1.2 Requerimientos de Revestimiento

(f) Además de las disposiciones de los párrs. 461.1.2 y 461.2.8, se debe considerar aislar la tubería portadora de la tubería de revestimiento cuando la tubería portadora se jala hacia los elevadores de tubos de tracción.

## Consideración

También se debe prestar atención a la prevención de la reposición de oxígeno en el agua en el espacio anular entre la tubería portadora y el revestimiento mediante el sellado de al menos un extremo de los tubos ascendentes u otras medidas para evitar la corrosión.

## A461.1.3 Requisitos de protección catódica

(a) Además de las disposiciones del párr. 461.1.3, cuando se utilicen sistemas de corriente impresa, el sistema debe estar diseñado para minimizar las interrupciones. La fórmula de diseño para los sistemas de ánodos galvánicos incluirá el porcentaje de tubería expuesta, la salida de corriente de los ánodos, la vida útil del diseño del sistema, el material del ánodo y la eficiencia de uso.

Los ánodos deben ser compatibles con la temperatura de funcionamiento de la tubería y el entorno marino. Se deben considerar los efectos sobre la protección catódica de las variaciones en el contenido de oxígeno, la temperatura y la resistividad agua-suelo del entorno marino particular en el que se instala la tubería.

Para instalaciones que contengan tubería flexible, se debe considerar la necesidad de ánodos galvánicos o corriente impresa en las conexiones finales. Se debe instalar un sistema de protección catódica en el momento de la instalación de la tubería o tan pronto como sea posible después de la instalación de la tubería. Los propietarios de otros ductos o instalaciones costa afuera que puedan verse afectados por la instalación de un sistema de protección catódica deberán ser notificados de dicha instalación.

## A461.1.4 Aislamiento Eléctrico

(a) Además de las disposiciones del párr. 461.1.4, se deben tener en cuenta los dispositivos de soporte eléctricamente aislantes, como abrazaderas y soportes de tubería, del elevador en las plataformas. Las conexiones de cableado y tubería a una tubería aislada eléctricamente también deben estar aisladas de los dispositivos conectados a tierra a la plataforma.

## A461.1.5 Conexiones eléctricas y puntos de monitoreo

(a) Se considera poco práctico ubicar cables de prueba en partes sumergidas de sistemas de tuberías costa afuera. Se debe considerar la instalación de cables de prueba en elevadores de plataforma, tuberías de plataforma y cruces costeros de tuberías.

## A461.1.6 Interferencia eléctrica

(c) Cuando se coloque una tubería nueva en las cercanías de líneas existentes, se deben tomar medidas para minimizar la interferencia eléctrica.

#### A461.3 Monitoreo

(a) La evidencia de un nivel adecuado de protección catódica será por uno o más de los criterios enumerados en NACE SP 0115/ISO 15589-2.

(b) Si se realizan reparaciones en tuberías en alta mar bajo el agua, se realizará una inspección para detectar evidencia de corrosión externa o deterioro del revestimiento y se tomarán las medidas correctivas necesarias para mantener la protección contra la corrosión de la tubería.

Cuando una tubería costa afuera se levanta sobre el agua por con fines de mantenimiento o reparación, la empresa operadora deberá inspeccionar visualmente en busca de evidencia de deterioro del revestimiento, corrosión externa y, cuando sea posible, la condición de cualquier ánodo expuesto. Si hay corrosión excesiva, se tomarán las medidas correctivas necesarias. (c)

Se debe considerar el uso periódico de herramientas de inspección interna para monitorear la corrosión externa de la tubería.

#### A463 CONTROL DE CORROSIÓN EXTERNA PARA TUBERÍAS EXPUESTAS A LA ATMÓSFERA

##### A463.2 Nuevas instalaciones costa afuera

(a) La opción de demostrar "por prueba, investigación o experiencia en el área de aplicación que no existe una atmósfera corrosiva" no se aplica a las tuberías costa afuera.

sistemas El tipo de revestimiento protector seleccionado deberá ser resistente al entorno existente en ubicaciones costa afuera.

La preparación de la superficie y la aplicación del revestimiento se realizarán de acuerdo con las especificaciones establecidas y las recomendaciones del fabricante. El seleccionado

el recubrimiento debe tener las siguientes características:

(1) baja absorción de agua (2) resistencia a la acción del agua (3) compatibilidad con la temperatura de operación del sistema tura

(4) resistencia al deterioro atmosférico (5) resistencia al daño mecánico (6) facilidad de reparación

(b) El área de la zona de salpicadura del sistema de tuberías costa afuera se diseñarán con protección adicional contra la corrosión. Esto se logrará mediante uno o más de los siguientes: (1) revestimiento especial

(2) sistemas y técnicas de protección especiales (3) otras medidas adecuadas, incluida la selección del material de la tubería

## Capítulo X

### Sistemas de tuberías de dióxido de carbono

#### B400 DECLARACIONES GENERALES

a) el capítulo X se refiere únicamente a los sistemas de dióxido de carbono como se define en el párr. B400.1.

(b) Este Capítulo está organizado de forma paralela a la numeración y contenido de los primeros ocho capítulos del Código. Las designaciones de los párrafos son las mismas que las de los primeros ocho capítulos, con el prefijo "B".

(c) Todas las disposiciones de los primeros nueve capítulos del Código también son requisitos de este Capítulo a menos que se modifique específicamente en el presente. Si el texto de este Capítulo agrega requisitos, también se aplican los requisitos del Capítulo original con el mismo título y número. Si una disposición de este Capítulo está en conflicto con una o más disposiciones de otros capítulos, se aplicará la disposición de este Capítulo. (d) Es la intención de este Capítulo proporcionar requisitos para el diseño, materiales, construcción, montaje, inspección, prueba, operación y mantenimiento de sistemas de tuberías de dióxido de carbono. No es la intención de este Capítulo ser inclusivo. Se debe utilizar el juicio de ingeniería para identificar las consideraciones especiales que no se abordan específicamente.

No es la intención de este Capítulo evitar el desarrollo y la aplicación de nuevos equipos y tecnología. Se fomenta dicha actividad siempre que se cumplan los requisitos de seguridad y confiabilidad del Código.

#### B400.1 Alcance

Este Capítulo cubre el diseño, los requisitos de materiales, la fabricación, la instalación, la inspección, las pruebas y los aspectos de seguridad de la operación y el mantenimiento de los sistemas de tuberías de dióxido de carbono. Para los fines de este Capítulo, los sistemas de tuberías de dióxido de carbono consisten en tuberías, bridas, pernos, juntas, válvulas, dispositivos de alivio, accesorios y las partes que contienen presión de otros componentes de tuberías.

#### B400.2 Definiciones (aplicable solo a este capítulo)

Algunos de los términos más comunes relacionados con el carbono. Las tuberías de dióxido de carbono se definen a

continuación. dióxido de carbono: un fluido que consiste predominantemente en dióxido de carbono comprimido por encima de su presión crítica y, a los efectos de este Código, se considerará líquido.

#### B423 MATERIALES — REQUISITOS GENERALES

##### B423.2 Limitaciones sobre los materiales

B423.2.6 Materiales para sistemas de tuberías de dióxido de carbono. Las tuberías de purga y derivación en las tuberías de dióxido de carbono deben ser de un material adecuado para las bajas temperaturas previstas. Consulte ASME B31T para obtener más información sobre la evaluación de la idoneidad de los materiales de las tuberías que pueden estar sujetos a fallas por fragilidad debido a las condiciones de servicio a baja temperatura.

#### B434 CONSTRUCCIÓN

##### B434.15 Válvulas de bloqueo y aislamiento

B434.15.2 Válvulas de línea principal. El párrafo 434.15.2(a) no se aplica.

##### B434.18 Marcadores de línea

(b) El marcador deberá indicar al menos lo siguiente sobre un fondo de colores que contrasten claramente: (1) La palabra

"Advertencia", "Precaución" o "Peligro" seguida de las palabras "Tubería de dióxido de carbono", todas las cuales, a excepción de los marcadores en áreas urbanas muy desarrolladas, deben tener letras de al menos 1 pulg. (25,4 mm) de altura con un trazo aproximado de 1/4 pulg. (6,4 mm).

#### PRUEBAS B437

##### B437.4 Presión de prueba

B437.4.1 Prueba hidrostática de tuberías de presión interna

(f) Las tuberías, válvulas y accesorios de dióxido de carbono se deben deshidratar y secar antes de ponerlos en servicio para evitar la posibilidad de que se forme un compuesto corrosivo a partir del dióxido de carbono y el agua.

##### B437.7 Registros

Para tuberías de dióxido de carbono, estos registros también deben incluir requisitos de tenacidad.

## B451 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TUBERÍAS

### B451.6 Evaluaciones y reparaciones de integridad de tuberías

#### B451.6.1 Generalidades

(c) Las reparaciones estarán cubiertas por un plan de mantenimiento [ver [paraca. 450.2\(a\)](#)] y debe realizarse bajo supervisión calificada por personal capacitado y familiarizado con los peligros para la seguridad pública. El plan de mantenimiento deberá considerar la información apropiada contenida en API RP 2200, API 2201, API 1104 y API RP 1111. Es esencial que todo el personal que trabaje en reparaciones de tuberías comprenda la necesidad de una planificación cuidadosa del trabajo, sea informado como a los procedimientos a seguir para realizar las reparaciones, y seguir las medidas de precaución y los procedimientos descritos en API RP 2200. El personal que trabaja en

las reparaciones de tuberías que manejan dióxido de carbono también deben ser informadas sobre las propiedades específicas, las características y los peligros potenciales asociados con el dióxido de carbono, así como las precauciones que deben tomarse luego de la detección de una fuga. Las tuberías en las inmediaciones de cualquier reparación deben estar adecuadamente sujetadas durante y después de la reparación.

#### PLAN DE EMERGENCIA B454

(b) El plan deberá prever la capacitación del personal responsable de la pronta ejecución de la acción de emergencia. Se informará al personal sobre el carácter

características del dióxido de carbono en los sistemas de tuberías y las prácticas seguras en el manejo de descargas accidentales y reparación de las instalaciones, con énfasis en los problemas especiales y precauciones adicionales en el manejo de fugas y reparación de sistemas que transportan dióxido de carbono. La empresa operadora establecerá revisiones programadas

con personal de los procedimientos a seguir en emergencias a intervalos no superiores a 6 meses, y se realizarán revisiones que establezcan la competencia del plan de emergencia. (c) Los procedimientos deberán cubrir el enlace con las

autoridades estatales y locales. agencias civiles tales como departamentos de bomberos, departamentos de policía, oficinas del alguacil, patrullas de caminos y otras entidades en o cerca del derecho de paso de la tubería (por ejemplo, servicios públicos eléctricos y de otro tipo, autoridades de caminos y ferrocarriles) para proporcionar intercomunicaciones rápidas para coordinar acción correctiva; difusión de información sobre la ubicación de las instalaciones del sistema; características del dióxido de carbono transportado, incluidas las precauciones adicionales necesarias en caso de fugas de los sistemas de tuberías que transportan dióxido de carbono; y preparación conjunta de acciones cooperativas según sea necesario para garantizar la seguridad del público en caso de emergencias.

(e)(8) en el caso de sistemas que transporten dióxido de carbono, evaluación del dióxido de carbono liberado, sus efectos y el uso de los medios existentes para purgar y controlar su dispersión en el sitio de la fuga

## Capítulo XI

### Sistemas de tuberías para lodos y agua de proceso

ø22b

#### C400 DECLARACIONES GENERALES

(a) El Capítulo XI se refiere únicamente a los sistemas de lodos y agua de proceso como se define en el párr.

C400.1. (b) Este Capítulo está organizado de forma paralela a la numeración y contenido de los primeros ocho capítulos del Código. Las designaciones de los párrafos son las mismas que las de los primeros ocho capítulos, con el prefijo "C".

(c) Todas las disposiciones de los primeros nueve capítulos del Código también son requisitos de este Capítulo a menos que se modifique específicamente en el presente. Si el texto de este Capítulo agrega requisitos, también se aplican los requisitos del Capítulo original con el mismo título y número. Si una disposición de este Capítulo difiere de una disposición de otro capítulo, se aplicará la disposición de este Capítulo. (d) Este Capítulo establece los

requisitos para el diseño, los materiales, la construcción, el montaje, la inspección, la prueba, la operación y el mantenimiento de los sistemas de tuberías de agua de proceso y pulpa. Este Capítulo no es todo inclusivo.

Se debe utilizar el juicio de ingeniería para identificar las consideraciones especiales que no se abordan específicamente. Este Capítulo no impide el desarrollo y la aplicación de nuevos equipos y tecnologías. Se fomenta dicha actividad siempre que se cumplan los requisitos de seguridad y confiabilidad del Código.

#### C400.1 Alcance

Este Capítulo cubre el diseño, los requisitos de materiales, la fabricación, la instalación, la inspección, las pruebas y los aspectos de seguridad de la operación y el mantenimiento de los sistemas de tuberías que transportan lodos acuosos y agua de proceso. Para efectos de este Capítulo, los sistemas de tuberías consisten en tuberías, bridas, pernos, juntas, válvulas, dispositivos de alivio, accesorios y las partes que contienen presión de otros componentes de tuberías.

#### C400.2 Definiciones (aplicable solo a este capítulo)

erosión: destrucción de materiales por la acción abrasiva de fluidos en movimiento, generalmente acelerada por la presencia de partículas sólidas.

erosión-corrosión: una reacción de corrosión acelerada por el movimiento relativo del fluido corrosivo y la superficie del metal.

agua de proceso: corriente de fluido cuyo componente principal es el agua, incluida el agua de lavado, el agua recuperada, el agua producida, el agua de inyección y la salmuera.

suspensión: una mezcla de dos fases de partículas sólidas en una fase acuosa.

#### C401 CARGAS

##### C401.2 Aplicación de Cargas

##### C401.2.3 Cargas Ocasionales

C401.2.3.7 Efectos de temperatura. Se debe prestar atención a las propiedades a baja temperatura de los materiales utilizados para que las instalaciones estén expuestas a temperaturas del suelo inusualmente bajas, la posible congelación de lodos acuosos y agua de proceso, bajas temperaturas atmosféricas o condiciones de operación transitorias.

También se debe considerar en el diseño la posibilidad de congelación de fluido en un componente de tubería.

#### CRITERIOS C403 PARA TUBERÍAS

##### C403.2 Criterios para el espesor de la pared de la tubería y tolerancias $F =$

al diseñar tuberías para servicios de lodos o agua de proceso, los usuarios de este Código deberán optar por utilizar un factor de diseño de hasta  $F = 0,80$ .

##### C403.3 Criterios para prevenir fallas en el rendimiento

C403.3.1 Criterios de resistencia. En tuberías de pulpa y agua de proceso, la suma de las tensiones longitudinales producidas por presión, cargas vivas y muertas, y las producidas por cargas ocasionales, como viento o terremoto, no debe exceder el 88% del rendimiento mínimo especificado.

fuerza de la tubería. No es necesario considerar que el viento y el terremoto ocurren simultáneamente.

##### C403.15 Otras consideraciones de diseño de lodos

El diseñador debe considerar que la combinación de sólidos y líquidos presentes en las tuberías de lodos puede requerir criterios de diseño diferentes a los aplicables a las tuberías de líquidos o gas. Estos criterios incluyen, entre otros, los siguientes: limitaciones de la pendiente de la tubería, efectos de presión del diferencial de densidad, mal funcionamiento del equipo debido a la acumulación de sólidos y efectos de apagado/reinicio.

#### C404 CRITERIOS PARA ACCESORIOS, MONTAJES Y OTROS COMPONENTES (ALTERNATIVAMENTE, CRITERIOS PARA COMPONENTES)

##### C404.2 Cambios direccionales

C404.2.4 Curvas en inglete. Se advierte al diseñador que los cambios abruptos en el contorno inherentes a una curva en inglete pueden causar erosión cuando se usa en aplicaciones de lodos.

##### C404.3 Conexiones de ramales

C404.3.1 Generalidades. Se debe considerar la posibilidad de erosión en el servicio de lodos dondequiera que ocurran discontinuidades en las tuberías.

##### C404.4 Bridas

C404.4.1 Generalidades. El diseño de bridas fabricadas de acuerdo con este párrafo y las normas o especificaciones enumeradas en [el párrafo 404.4.1](#) y [la Tabla C423.1-1](#), sujeto a las exclusiones de [las Tablas C423.1-2](#) y [C426.1-2](#), se considerará adecuado para su uso en las clasificaciones de presión y temperatura establecidas en el [párr. 404.1.2](#).

##### C404.5 Válvulas

C404.5.1 Generalidades. Se pueden usar válvulas de acero que cumplan con las normas y especificaciones enumeradas en [las Tablas C423.1-1](#) y [426.1-1](#), excepto por las especificaciones enumeradas en [la Tabla C426.1-2](#). Las válvulas de hierro gris que cumplen con las normas y especificaciones enumeradas en [las Tablas C423.1-1](#) y [426.1-1](#) se pueden usar para presiones que no excedan los 250 psi (17 bar).

C404.5.2 Válvulas Especiales. Se permiten válvulas especiales no enumeradas en [las Tablas C423.1-1](#) y [426.1-1](#), siempre que tengan al menos la misma resistencia y estanqueidad y sean capaces de soportar los mismos requisitos de prueba que se cubren en las normas enumeradas, y estructuras. Las características satisfacen la especificación de materiales y los procedimientos de prueba de válvulas en servicio similar establecidos en las normas enumeradas.

##### C404.6 Reductores

C404.6.3 Estampados de piel de naranja. Los estampados de piel de naranja no se deben usar en aplicaciones de lodos.

#### C423 MATERIALES — REQUISITOS GENERALES

##### C423.2 Limitaciones sobre los materiales

###### C423.2.1 Generalidades

(a) Los materiales utilizados deberán cumplir con las especificaciones enumeradas en [la Tabla C423.1-1](#) o deberán cumplir con los requisitos de este Código para los materiales no enumerados.

(b) El diseñador de los sistemas de tuberías de lodos y agua de proceso deberá evaluar los efectos de la corrosión, la erosión y otros deterioros y, en función de la vida útil del diseño de la tubería y los componentes asociados, proporcionará los medios adecuados para mitigar o gestionar el deterioro de los materiales. en servicio (ver [Capítulo VIII](#)).

###### C423.2.4 Hierro gris, dúctil, maleable y forjado

(a) Se acepta el uso de hierro gris, dúctil, maleable y forjado, siempre que la seguridad de la selección del material se demuestre mediante (1) un historial

establecido de operación segura para partes o elementos similares que operen en condiciones de servicio comparables; o (2) una prueba de prueba

satisfactoria de la producción del prototipo piezas o elementos en condiciones de servicio simuladas.

#### C426 REQUISITOS DIMENSIONALES PARA TUBERÍAS ESTÁNDAR Y NO ESTÁNDAR COMPONENTES

##### C426.1 Componentes de tubería estándar

Los estándares dimensionales que no se aplican a los componentes de las tuberías para pulpa se enumeran en [la Tabla C426.1-2](#).

#### C434 CONSTRUCCIÓN

##### C434.21 Almacenamiento y tanques de trabajo

###### C434.21.3 Tanques y almacenamiento tipo tubería

(e) Los tanques para almacenamiento o manejo de lodos y agua de proceso pueden tener la parte superior abierta y deben estar contruidos de acuerdo con cualquiera de las siguientes normas: API 650, API 12D, API 12F o AWWA D100.

Alternativamente, tales tanques se diseñarán y construirán de acuerdo con otras buenas prácticas de ingeniería aceptadas. Se deben tomar medidas para contener posibles derrames. Cuando el agua de proceso cumple con los estándares de calidad aplicables para la eliminación directa, no se necesitan disposiciones para la contención de derrames.

###### C434.21.6 Estanques de retención de lodos

(a) Cuando sea necesario, los estanques de retención de purines se construirán según los planos y especificaciones y tendrán un tamaño suficiente para contener los purines descargados durante la operación. condiciones de operación normales y de emergencia. (b) Los

estanques de retención de lodo deben estar ubicados de modo que garanticen que el agua de proceso se retenga para su reutilización o cumpla con los estándares de calidad del agua del área antes de su eliminación.

##### C434.23 Medición de lodos

C434.23.1 La medición de lodo debe realizarse mediante el uso de equipos de medición que sean compatibles con el lodo que se está midiendo.

ASME B31.4-2022

Tabla C423.1-1  
Estándares de materiales

Estándar o Especificación	Designación
Tubo	
Tubería de acero forjado soldada y sin costura	ASME B36.10M
Tubo de presión de hierro dúctil	ASTM A377
Tubería de acero soldada por fusión eléctrica para servicio de alta presión a altas temperaturas	ASTM A691
Accesorios, válvulas y bridas	
Bridas de tubería de hierro gris y accesorios con bridas (clases 25, 125 y 250)	ASME B16.1
Conexiones roscadas de hierro gris Clases 125 y 250 Juntas metálicas para bridas de tubería: juntas anulares, enrolladas en espiral y revestidas Juntas planas no metálicas para bridas de tubería Extremos para soldar a tope	ASME B16.4 ASME B16.20 ASME B16.21 ASME B16.25
Fundición de hierro dúctil	ASTM A536
Válvula de mariposa con asiento de caucho Válvulas de mariposa con asiento de caucho de gran diámetro 78 pulg. (2000 mm) y más grandes Válvulas de compuerta de hierro gris Bridas y roscadas Válvulas de retención oscilantes de hierro gris, extremos bridados y roscados Válvulas de bola con extremos bridados o para soldar a tope para servicio general Válvulas macho de hierro gris con extremos bridados y roscados	AWWA C504 AWWA C516 MSS SP-70 MSS SP-71 MSS SP-72 MSS SP-78

NOTA GENERAL: Los materiales enumerados en la [Tabla C423.1-1](#) son estándares de materiales aceptables para tuberías de agua de proceso y, salvo que se indique lo contrario, para tuberías de lodo. Además, los materiales enumerados en la [Tabla 423.1-1](#) son estándares de materiales aceptables para los sistemas de tuberías para lodos, a menos que se indique lo contrario en la [Tabla C423.1-2](#). Las ediciones específicas de las normas incorporadas en este Código por referencia, y los nombres y direcciones de los patrocinadores organizacionales, se muestran en el [Apéndice I Obligatorio](#), ya que no es práctico referirse a una edición específica de cada estándar en las [Tablas 423.1](#) y [C423.1-1](#) y en todo el texto del Código.

NOTA: (1) No apto para servicio de lodos.

Tabla C423.1-2

Estándares de materiales no aplicables para sistemas de tuberías para pulpa de la [Tabla 423.1-1](#)

Estándar o Especificación	Designación
Tubo	
Tubería de acero inoxidable austenítico cromo-níquel soldada por fusión eléctrica para servicio de alta temperatura y aplicaciones generales	ASTM A358
Tubería de acero austenítico de gran diámetro soldada para servicio corrosivo o de alta temperatura	ASTM A409
Tubería de acero inoxidable ferrítico/austenítico (dúplex) soldada por fusión eléctrica con adición de metal de aporte	ASTM A928
Accesorios, válvulas y bridas	
Válvula de tubería submarina	API 6DSS

Tabla C426.1-2

Normas dimensionales no aplicables a los sistemas de tuberías para pulpa de la [Tabla 426.1-1](#)

Estándar o Especificación	Designación
Accesorios, válvulas y bridas	
Bridas de orificio	ASME B16.36

#### C437 PRUEBAS

##### C437.4 Presión de prueba

###### C437.4.1 Prueba hidrostática de tuberías de presión interna

(a) Porciones de sistemas de tuberías que se operarán en un aro tensión de más del 20% de la resistencia a la fluencia mínima especificada de la tubería se debe someter en cualquier punto a una prueba de prueba hidrostática equivalente a no menos de 1.1 veces la presión interna de diseño en ese punto (ver párrafo 401.2.2.2) para no menos de 4 h. Cuando las líneas se prueban a presiones que desarrollan una tensión circunferencial, con base en el espesor de pared nominal, superior al 90 % del límite elástico mínimo especificado de la tubería, se debe tener especial cuidado para evitar la sobreesfuerzo de la tubería. (c) El líquido de prueba debe ser agua u otro líquido no peligroso.

#### C451 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TUBERÍAS

##### C451.5 Patrullaje

(a) Las patrullas para tuberías que transporten lodos se realizarán a intervalos que no excedan 1 mes. Los patrullajes de las tuberías que transportan agua de proceso se realizarán a intervalos que no excedan los 3 meses. El intervalo se debe ajustar tomando la corrosión y

tasas de erosión y otros peligros en cuenta.

##### C454 PLAN DE EMERGENCIA

(b) La empresa operadora establecerá revisiones programadas con el personal de los procedimientos a seguir en emergencias a intervalos que no excedan los 12 meses, y las revisiones se realizarán de manera que establezcan la competencia del plan de emergencia.

#### C457 ABANDONO DE UN SISTEMA DE TUBERÍAS

No se requiere purga de línea para lodo y proceso sistemas donde el material transportado es inerte y no peligroso.

#### C460 GENERALIDADES

(e) La corrosión interna y la erosión requieren una consideración especial en los sistemas de tuberías para lodo. La erosión y la corrosión se reconocen tanto individualmente como en combinación. Rara vez puede uno de ellos ser completamente eliminado de la consideración. En algunos casos, la presencia de erosión puede acelerar en gran medida los efectos corrosivos del medio de suspensión mediante la eliminación de incrustaciones, óxidos o películas protectoras. El uso de inhibidores y/o tolerancia a la erosión-corrosión puede proporcionar medios adecuados para tratar el problema. Otros medios pueden ser apropiados.

#### C461 CONTROL DE CORROSIÓN EXTERNO PARA TUBERÍAS ENTERRADAS O SUMERGIDAS

##### C461.2 Tuberías de acero enterradas existentes

La conversión de los sistemas de tuberías existentes que no sean para lodos al servicio de lodos debe cumplir con los requisitos para las nuevas instalaciones según lo estipulado en el [Capítulo VIII](#). La fecha de conversión de dichos sistemas de tuberías se considerará como la fecha de instalación a los efectos de este Código.

#### C468 REGISTROS

(b) Para tuberías de agua de proceso y lodos, los resultados de todas las pruebas, estudios e inspecciones requeridos por este Capítulo para indicar la idoneidad de las medidas de control de corrosión y erosión, así como los registros relacionados con las medidas de rutina o Las inspecciones inusuales, como las condiciones internas o externas de la línea al cortar o perforar la línea en caliente, deben mantenerse durante la vida útil del sistema de tuberías.

## APÉNDICE I OBLIGATORIO NORMAS REFERENCIADAS

ø22b

Las ediciones específicas de las normas incorporadas en este Código por referencia, y los nombres y direcciones de las organizaciones patrocinadoras, se muestran en este Apéndice. No es práctico hacer referencia a una edición específica de cada norma a lo largo del texto del Código; en cambio, las fechas de referencia de la edición específica se muestran aquí. **El Apéndice I obligatorio** se revisará a intervalos según sea necesario. Se utiliza un asterisco (\*) para indicar aquellos estándares que han sido aceptados como Estándares Nacionales Estadounidenses por el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI). Para los códigos y normas ASME, la última edición publicada vigente en el momento en que se especifica este Código es la edición específica a la que hace referencia este Código, a menos que se especifique lo contrario en el diseño.

Estándares API y otros Publicaciones	Estándares API y otros Publicaciones (Continuación)	Especificaciones ASTM (continuación)
RP 2A-WSD, 21.ª edición, 2000 y Err./ Supl. 1-2002, Err./Sup. 2-2005, Err./Sup. 3-2007	RP 1111, 3.ª edición, 1999 RP 1117, 3.ª ed., 2008 y Err. 1-2008 RP 1130, 1.ª edición, 2007 Norma.	A105/A105M-05 A106/A106M-08 [Nota (3)] A126-04
Estándar 2º	2015, 6ª Ed., 2001 RP 2200, 3ª Ed., 1994 Publ. 2201, 5ª	A134-96 (2005)
Especificaciones. 5B, 15.ª edición, 2008 *Esp. 5L, 44ª edición, 2007 y error. 1-2009, Agrega.	edición, 2003 API manual de medición de petróleo	A135/A135M-06 [Nota (3)] A139/A139M-04
1-2009 [Nota (1)]	Estándares	A181/A181M-06 A182/A182M-08a
*RP 5L1, 6.ª edición, 1996	Normas ASCE	A193/A193M-08b
*RP 5LT, 1.ª edición, 2012	7	A194/A194M-08b
*RP 5LW, 2nd Ed., 1996 (Incorpora 5L1, 5L5 y 5L6)	Códigos y normas ASME	A216/A216M-07 A217/A217M-07
Especificaciones. 6A, 19ª edición, 2004 y err. 1-2004, Error. 2-2005, error, 3-2006, error. 4-2007, Error. 5-2009, Adicional. 1-2008, Adicional. 2-2008, Adicional. 3-2008, Adicional. 4-2008	*Código ASME para calderas y recipientes a presión	A225/A225M-03 (2007) A234/A234M-07
Especificaciones. 6DSS, 1.ª ed., 2007 y error. 1-2007 Espec. 6H, 2ª ed., 1998 y error. 1-2008 (R2006)	*B1.1 *B1.20.1 *B1.20.3	A242/A242M-04ε1 A283/A283M-03 (2007) A285/A285M-03 (2007)
*Especificaciones. 12B, 15.ª edición, 2008 *Esp. 12D, 11.ª	*B16.5 [Nota (2)] *B16.9	A307-07b A320/A320M-08
edición, 2008 Espec. 12F, 12ª Ed., 2008 RP 17B, 4ª Ed.,	*B16.10 *B16.20	A325-07a A333/A333M-05
2008 RP 500, 2ª Ed., 1997 (R2002) y Err. 1-1998	*B16.21 *B16.25 *B16.49	A350/A350M-07 A354-07a
RP 579-1/ASME FFS-1	*B31G	A381-96 (2005)
Estándar 600, 12ª edición, 2009	*B31T	A395/A395M-99 (2004)
Estándar 602, 8ª edición, 2005	*B36.10M *B36.19M	A420/A420M-07 [Nota (4)] A449-07b
*Estándar 603, 7ª edición, 2007	*PCC-2	A487/A487M-93 (2007)
Estándar 620, 11ª ed., 2008 y adición. 1-2009	Especificaciones ASTM	A490-97/A490M-08a A505-00 (2005)
Norma 650, 11ª ed., 2007 y adic. 1-2008 RP 1102, 7ª Ed., 2007 & Err. 1-2008 *Estándar. 1104, 20ª edición, 2005 y	A6/A6M-08 A20/A20M-07 A29/A29M-05 A36/A36M-08	A506-05 A507-06
Error. Agregar. 1-2007, Error. 2-2008 RP 1109, 3.ª edición, 2003 *RP 1110, 5ª Ed., 2007	A53/A53M-07	A514/A514M-05 A515/A515M-03 (2007) A516/A516M-06

## ASME B31.4-2022

Especificaciones ASTM (continuación)	Estándar DNV GL	Normas internacionales NACE y Otras publicaciones (continuación)
A517/A517M-06	ST-F201	SP 0188-2006
A524-96 (2005) [Nota (3)]		SP 0192-2012
A536-84 (2019)e1	Prácticas estándar de MSS	SP 0198-2010
A530/A530M-04a	SP-6-2007	SP 0200-2014
A572/A572M-07	SP-25-2008	SP 0204-2015
A573/A573M-05	SP-44-2006	SP 0274-2011
A575-96 (2007)	SP-55-2006	PR 0281-2004
A576-90b e1 (2006)	SP-58-2002	SP 0286-2007
A633/A633M-01 (2006)	SP-61-2003	PR 0303-2003
A663/A663M-89e1 (2006)	SP-67-2002d	SP 0375-2018
A671-06	*SP-69-2003	SP 0394-2013
A672-08	SP-70-2006	PR 0399-2004
A675/A675M-03e1	SP-71-2005	PR 0402-2002
A694/A694M-03	SP-75-2004	SP 0490-2007
F1476-07 (R2019)	SP-78-2005a	PR 0602-2002
F1548-01 (R2018)		Preparación de la superficie de la junta NACE/SSPC
Estándares AWS	Normas internacionales NACE y Otras Publicaciones	Paquete de estándares
*A3.0-2001	*SP 0115-2015/ISO 15589-2-2012	Encuesta de datos de corrosión - Sección de metales, 6.ª edición, 1985
*D3.6M-1999	SP 0169-2007	
Estándares AWWA	TM 0172-2015	Códigos NFPA
C504-16	MR 0175/ISO 15156-2015	30-2007
C516-14	SP 0177-2014	70-2007
	SP 0185-2011	

NOTA GENERAL: La fecha de emisión que se muestra inmediatamente después del número de la norma (p. ej., A53/A53M-07 y SP-6-2017) es la fecha efectiva de emisión (edición) de la norma.

## NOTAS:

- (1) No se permite el uso de tubería de línea de campana y espiga.
- (2) Limitado como se establece en el párr. 402.2.1.
- (3) Aprobado solo si se realiza la prueba hidrostática del molino.
- (4) A420/A420M Grade WPL9 no es adecuado para amoníaco anhidro debido al contenido de cobre.

Los títulos de las normas y especificaciones enumeradas anteriormente a las que se hace referencia en el texto pero que no aparecen en la [Tabla 423.1-1](#) o la [Tabla 426.1-1](#) son las siguientes:

API	...	Manual de Normas de Medición de Petróleo
API	2A-WSD	Práctica recomendada para la planificación, el diseño y la construcción de plataformas marinas fijas: trabajo Diseño de estrés
API	5L1	Práctica recomendada para el transporte ferroviario de tubería de conducción
API	5LT	Práctica recomendada para el transporte en camión de tubería de conducción
API	5LW	Práctica recomendada para el transporte de tuberías de conducción en barcas y embarcaciones marinas
API	12B	Especificación para tanques atornillados para almacenamiento de líquidos de producción
API	12D	Especificación para tanques soldados en campo para almacenamiento de líquidos de producción
API	12F	Especificación para Tanques Soldados en Taller para Almacenamiento de Líquidos de Producción
API	17B	Práctica recomendada para tubería flexible
API	500	Práctica recomendada para la clasificación de ubicaciones para instalaciones eléctricas en instalaciones petroleras Clasificado como Clase I, División 1 y División 2
API	620	Diseño y construcción de tanques de almacenamiento grandes, soldados y de baja presión
API	650	Tanques Soldados para Almacenamiento de Petróleo
API	1102	Tuberías de acero que cruzan vías férreas y carreteras
API	1104	Soldadura de tuberías e instalaciones relacionadas
API	1109	Marcado de instalaciones de oleoductos de petróleo líquido

## ASME B31.4-2022

API	1110	Pruebas de Presión de Tuberías de Acero para el Transporte de Gas, Gas de Petróleo, Líquidos Peligrosos, Altamente Líquidos volátiles o dióxido de carbono
API	1111	Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de Ductos de Hidrocarburos Costa Afuera (Diseño en Estado Límite)
API	1130	Monitoreo Computacional de Tuberías para Líquidos
API	2015	Requisitos para la entrada y limpieza segura de tanques de almacenamiento de petróleo
API	2200	Reparación de oleoductos de crudo, gas licuado de petróleo y productos
API	2201	Prácticas seguras de perforación en caliente en las industrias petrolera y petroquímica
COMO YO	. . .	Código de Calderas y Recipientes a Presión, Sección VIII, División 1, Recipientes a Presión; Sección VIII, División 2, Reglas alternativas para recipientes a presión; y la Sección IX, Calificaciones para soldadura, soldadura fuerte y fusión
COMO YO	B31G	Manual para determinar la resistencia remanente de tuberías corroídas: un suplemento de B31, Código para Tubería de presión
COMO YO	B31T	Requisitos de dureza estándar para tuberías
COMO YO	B31.5	Tubería de Refrigeración
AWS	A3.0	Términos y definiciones de soldadura
AWS	D3.6M	Especificación para soldadura submarina
EPRI	EL-3106	Seguridad de las tuberías en las proximidades de las líneas de transmisión eléctrica
NACE	57519	Encuesta de datos de corrosión — Sección de metales
ANSI/NACE	SP 0115/ISO 15589-2	Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural — Protección catódica del transporte por tuberías sistemas - Parte 2: Oleoductos en alta mar
NACE	SP 0169	Práctica estándar: control de la corrosión externa en sistemas de tuberías metálicas sumergidas o subterráneas
NACE	TM 0172	Método de prueba — Determinación de las propiedades corrosivas de cargas en oleoductos de productos derivados del petróleo
ANSI/NACE	MR 0175/ISO 15156	Industrias del petróleo y del gas natural. Materiales para uso en entornos que contienen H <sub>2</sub> S en la producción de petróleo y gas.
NACE	SP 0177	Práctica estándar: mitigación de los efectos de corriente alterna y rayos en estructuras metálicas y Sistemas de Control de Corrosión
NACE	SP 0185	Práctica estándar: sistemas de revestimiento de resina de poliolefina extruida con adhesivos blandos para instalaciones subterráneas o Tubería sumergida
NACE	SP 0188	Práctica estándar: prueba de discontinuidad (vacaciones) de nuevos revestimientos protectores en sustratos conductores
NACE	SP 0192	Práctica estándar: monitoreo de la corrosión en la producción de petróleo y gas con recuentos de hierro
NACE	SP 0198	Práctica estándar: control de la corrosión debajo de materiales de aislamiento térmico e ignifugación: A Enfoque de sistemas
NACE	SP 0200	Práctica estándar — Prácticas para tuberías con revestimiento de acero
NACE	SP 0204	Práctica estándar — Metodología de evaluación directa de agrietamiento por corrosión bajo tensión (SCC)
NACE	SP 0274	Práctica estándar: Inspección eléctrica de alto voltaje de recuentos de revestimientos de tuberías
NACE	PR 0281	Práctica recomendada: método para realizar pruebas de evaluación de paneles de revestimiento (pintura) en condiciones atmosféricas Exposiciones
NACE	SP 0286	Práctica estándar: aislamiento eléctrico de tuberías con protección catódica
NACE	PR 0303	Práctica recomendada: manguitos termorretráctiles aplicados en campo para tuberías: aplicación, rendimiento, y control de calidad
NACE	SP 0375	Práctica estándar: sistemas subterráneos de revestimiento de cera aplicados en campo para tuberías subterráneas: Aplicación, rendimiento y control de calidad
NACE	SP 0394	Práctica estándar: aplicación, rendimiento y control de calidad de la fusión de una sola capa aplicada en la planta Recubrimiento externo de tuberías con epoxi adherido
NACE	PR 0399	Práctica recomendada: sistemas de revestimiento externo para tuberías con esmalte de alquitrán de hulla aplicados en planta: Aplicación, Desempeño y control de calidad
NACE	PR 0402	Práctica recomendada: sistemas de revestimiento de tuberías con epoxi unido por fusión (FBE) aplicado en campo para soldadura circunferencial Juntas: aplicación, rendimiento y control de calidad
NACE	SP 0490	Práctica estándar — Detección de vacaciones de revestimientos externos de tuberías de epoxi adheridos por fusión de 250 a 760 µm (10 a 30 milésimas de pulgada)
NACE	PR 0602	Práctica recomendada: sistemas de revestimiento de tuberías de esmalte de alquitrán de hulla aplicados en el campo: aplicación, rendimiento, y control de calidad
NACE/SSPC	. . .	Paquete de estándares de preparación de superficies conjuntas
NFPA	30	Código de Líquidos Inflamables y Combustibles
NFPA	70	Código Eléctrico Nacional

Las especificaciones y estándares de las siguientes organizaciones aparecen en [el Apéndice I Obligatorio](#) :

ANSI	Instituto Americano de Estándares Nacionales 25 West 43rd Street Nueva York, NY 10036 Teléfono: (212) 642-4900 <a href="http://www.ansi.org">www.ansi.org</a>	AWS American Welding Society 8669 NW 36 Street, No. 130 Miami, FL 33166 Teléfono: (305) 443-9353 o (800) 443-9353 <a href="http://www.aws.org">www.aws.org</a>
API	Instituto Americano de Petróleo 200 Massachusetts Avenue NW Suite 1100 Washington, DC 20001-5571 Teléfono: (202) 682-8000 <a href="http://www.api.org">www.api.org</a>	DNV-GL Veritasveien 1 1363 Hovik Noruega <a href="http://www.dnvgl.com">www.dnvgl.com</a>
ASCE	La Sociedad Americana de Ingenieros Civiles 1801 Alexander Bell Drive Reston, VA 20191 Teléfono: (800) 548-2723 <a href="http://www.asce.org">www.asce.org</a>	EPRI Instituto de Investigación de Energía Eléctrica 3420 Hillview Avenue Palo Alto, CA 94304 Teléfono: (650) 855-2121 o (800) 313-3774 <a href="http://www.epri.org">www.epri.org</a>
ASME	La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos Two Park Avenue New York, NY 10016-5990 Teléfono: (973) 882-1167 o (800) 843-2763 (EE. UU. y Canadá) <a href="http://www.asme.org">www.asme.org</a>	SMS Sociedad de Normalización de Fabricantes de la Industria de Válvulas y Accesorios, Inc. 127 Park Street, NE Vienna, VA 22180 Teléfono: (703) 281-6613 <a href="http://www.msshq.org">www.msshq.org</a>
ASTM	Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales 100 Barr Harbour Drive PO Box C700 West Conshohocken, PA 19428-2959 Teléfono: (610) 832-9585 <a href="http://www.astm.org">www.astm.org</a>	NACE Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión 15835 Park Ten Place Houston, TX 77084-4906 Teléfono: (281) 228-6200 o (800) 797-6223 <a href="http://www.nace.org">www.nace.org</a>
AWWA	Asociación Estadounidense de Obras Hidráulicas 6666 W. Quincy Avenue Denver, Colorado 80235 Teléfono: (800) 9263-7337 <a href="http://www.awwa.org">www.awwa.org</a>	NFPA Asociación Nacional de Protección contra Incendios 1 Batterymarch Park Quincy, MA 02169-7471 Teléfono: (617) 770-3000 o (800) 344-3555 <a href="http://www.nfpa.org">www.nfpa.org</a>

APÉNDICE A NO OBLIGATORIO  
PRESENTACIÓN DE CONSULTAS TÉCNICAS A LA PRESIÓN B31  
COMITÉ DE TUBERÍAS

La información que anteriormente se encontraba en este Apéndice se ha movido a la página [de Correspondencia con el Comité B31](#) en el frente.

## APÉNDICE B NO OBLIGATORIO

### 22B PUBLICACIONES QUE PUEDEN SER DE BENEFICIO INFORMATIVO

- Boletín API D16, Desarrollo de Planes de Prevención, Control y Contramedidas de Derrames
- Publicación API 1157, Opción de eliminación y tratamiento de agua de prueba hidrostática para sistemas de tuberías de líquidos
- Publicación API 4602, Minimización, Manejo, Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales de la Terminal de Productos Petrolíferos
- API RP 554-1, Sistemas de control de procesos: funciones y Desarrollo de especificaciones funcionales
- API RP 554-2, Sistemas de control de procesos — Control de procesos Diseño de sistemas
- API RP 554-3, Sistemas de control de procesos: propiedad del sistema de control de procesos y ejecución de proyectos
- API RP 576, Inspección de dispositivos de alivio de presión
- API RP 1126, Programas de Concientización Pública para Pipeline Operadores
- API RP 1133, Manejo de riesgos hidrotécnicos para tuberías ubicadas en tierra o dentro de áreas de zonas costeras
- API RP 1160, Gestión de la integridad del sistema para materiales peligrosos Líquido Tuberías
- API RP 1162, Programas de concientización pública para operadores de tuberías de líquidos
- API RP 1163, Calificación de sistemas de inspección en línea
- API RP 1164, Ciberseguridad de sistemas de control de oleoductos
- API RP 1165, Práctica recomendada para tuberías SCADA pantallas
- API RP 1167, Gestión de alarmas SCADA de tuberías
- API RP 1176, Evaluación y manejo de grietas en Tuberías
- API RP 1183, Evaluación y Gestión de Ductos abolladuras
- API RP 2003, Protección contra igniciones derivadas de Corrientes estáticas, de rayos y vagabundas
- Norma API 598, Inspección y prueba de válvulas
- API Standard 653, Inspección, Reparación, Alteración y Reconstrucción
- Norma API 2000, ventilación atmosférica y baja presión tanques de almacenamiento seguro
- Norma API 2350, Protección contra sobrellenado para tanques de almacenamiento en instalaciones petroleras
- Norma API 2610, Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento e Inspección de Terminal y Tanque Instalaciones
- Editor: Instituto Americano del Petróleo (API), 200 Massachusetts Avenue NW, Suite 1100, Washington, DC 20001-5571 ([www.api.org](http://www.api.org))
- Pautas de ASCE para el diseño de tuberías enterradas Editor: Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE), 1801 Alexander Bell Drive Reston, VA 20191 ([www.asce.org](http://www.asce.org))
- ASME PCC-1, Directrices para límites de presión atornillados Ensamblaje de junta de brida
- Editor: Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos (ASME) Two Park Avenue, Nueva York, NY 10016-5990 ([www.asme.org](http://www.asme.org))

## ÍNDICE

Abandono de un sistema de tuberías, 457	Cálculo de tensiones, 402
Diseño aceptable de uniones soldadas a tope para espesores de pared iguales, Figura 434.8.6-1	Cuidado y manejo de materiales, 434.22.2 Carcasas, 461.1.7, 461.2.8 Protección catódica, 466.1.4 Criterios de protección catódica, 461.2.4 Instalaciones de protección catódica, 464.3, 465.3 Monitoreo de protección catódica, 464.4 Requisitos de protección catódica, 461.1.3 Clasificación de cargas, 401.1.1 Accesorios de cierre, 404.7.2 Cabezas de cierre, 404.7.3 Cierres, 404.7 Requisitos de revestimiento, 461.1.2 Coeficiente de expansión térmica, 402.21 Combinación de cargas, 401.3 Combinación de esfuerzos, 402.7 Comunicaciones (O&M), 451.2 Componentes que tienen clasificaciones específicas de presión y temperatura, 404.1.2
Diseño aceptable de juntas soldadas a tope para paredes desiguales espesores, Figura 434.8.6-2	Conexiones a líneas principales, 434.16
Materiales y especificaciones aceptables, 423.1 Métodos aceptables de reparación de tuberías para abolladuras, torceduras, ondulaciones, arrugas, fugas, acoplamientos y reparaciones previas defectuosas, Tabla 451.6.2.9-2	Construcción, 434
Métodos aceptables de reparación de tuberías, Tabla 451.6.2.9-1	Cargas de construcción, 401.14, 401.2.4
Valores permitidos para esfuerzos del sistema de tuberías, Tabla 403.3.1-1	Personal de construcción, 434.2.1
Anomalías creadas por procesos de fabricación, 451.6.2.6	Requisitos de construcción, 434.3.2 Controles y equipo de protección, 434.20.6, 452.2
Aplicación de cargas, 401.2 Montaje de componentes de tubería, 435 Conexiones a tubería, 404.9.4 Tubería auxiliar y de alivio, 404.12 Tubería auxiliar, 435.5 Relleno, 434.11 Propiedades de flexión, 437.6.2 Codos hechos de tubería, 434.7.1 Codos, ingleses y codos, 434.7 Blísteres (tubo), 451.6.2.7 Válvulas de bloqueo y de aislamiento, 434.15 Cierres ciegos atornillados, 404.7.5 Atornillado para bridas aislantes, 404.4.8.2 Atornillado para bridas especiales, 404.4.8.4 Procedimiento de atornillado, 435.2 Atornillado de acero a bridas de hierro gris, 404.4.8.3 Empernado (materiales), 425.4	Medidas correctivas, 461.2.3
Tirantes, 404.9.3	Corrosión (asignaciones), 403.2.3
Conexiones de rama, 404.3	Corrosión (anomalías), 451.6.2.2
Fijaciones de puentes, 434.13.3	Control de corrosión, 434.19, 453
Fracturas frágiles, 403.7.3	Grietas, 451.6.2.5
Pandeo, ondulaciones, arrugas, 451.6.2.8	Criterios, 403, 403.2.1, 464.3.1, 465.3.1 Criterios para tensión admisible debido a carga periódica o cíclica, 403.3.2 Criterios para tubería trabajada en frío, 403.11 Criterios para cruce, 403.8 Criterios para expansión y flexibilidad, 403.9
Instalación de edificios, 434.20.3	
Soldaduras a tope, 404.8.1	

Criterios para accesorios, ensambles y otros componentes (alternativamente, criterios para componentes), 404	Tuberías de acero existentes enterradas o sumergidas, 461.2
Criterios para espesor de pared de tubería y tolerancias, 403.2	Instalación existente (corrosión interna), 462.3
Criterios para tuberías, 403	Instalaciones existentes (corrosión externa), 466.2 Ánodos externos, 466.1.4.1 Requisitos
Criterios para esfuerzos cortantes y de soporte, 403.12	de revestimiento externo, 464.2, 465.2, 466.1.2 Control de corrosión externa para tuberías enterradas o sumergidas, 461
Criterios para soportes y restricciones estructurales, 403.13	Control de
Criterios para sobrepresión transitoria, 403.3.4	corrosión externa para tuberías expuestas a
Criterios para tubería usada, 403.10	atmósfera, 463
Criterios para evitar el pandeo y la ovalidad excesiva, 403.4 Criterios para evitar la fatiga, 403.5 Criterios para evitar la fractura, 403.7 Criterios para evitar la pérdida de estabilidad en el lugar, 403.6 Criterios para evitar la falla de rendimiento, 403.3	Control de corrosión externa para tuberías aisladas térmicamente,
Cruces adjuntos a puentes, 403.8.5 Cruces de tuberías y servicios públicos, 403.8.7 Daños a artículos fabricados y tuberías, 434.5 Definiciones, 400.2 Abolladuras, 451.6.2.4	466 Presión hidrostática externa, 401.2.2.3
Consideraciones de diseño, 403.7.2	Cierres fabricados, 404.7.4
Criterios de diseño para conexiones de ramales soldados, Tabla 404.3.4-1	Reductores fabricados, 404.6.2
Condiciones de corriente de diseño, 403.6.2.2 Determinación del espesor de la pared, 437.6.3 Determinación del factor de soldadura, 437.6.4 Determinación del límite elástico, 437.6.6	Codos y codos fabricados en fábrica, 404.2.5, 434.7.3 Cercas, 452.5 Codos de campo, 404.2.2
Diagrama que muestra el alcance de ASME B31.4 excluyendo los sistemas de dióxido de carbono, Figura 400.1.1-1	Protección contra incendios,
Diques o cortafuegos, 434.21.5	434.20.7 Accesorios que exceden el alcance de la norma, 404.1.7 Pernos
Requisitos dimensionales para estándar y nonstan componentes de tubería dard, 426	de brida, 404.4.8
Normas dimensionales, Tabla 426.1-1	Revestimientos de brida,
Cambios direccionales, 404.2	404.4.6 Juntas de brida,
Cruces perforados direccionalmente (construcción), 434.13.5	404.4.7 Juntas
Cruces perforados direccionalmente (diseño), 403.8.3	de brida, 404.8.2 Bridas, 404.4 Bridas que exceden el alcance de los tamaños estándar, 404.4.4 Bridas de sección transversal rectangular, 404.4.5 Factor de flexibilidad, k, y factor de
Zanjas, 434.6	intensificación de esfuerzos, Figura
Fractura dúctil, 403.7.4 Áreas propensas a terremotos, 403.6.2.6	402.1-1 Estructuras extrañas, 461.1.4.1 Instalaciones de ánodos galvánicos, 464.3.3
Terremotos, 401.2.3.1	Ánodos galvánicos, 465.3.2
Conexiones eléctricas y monitoreo puntos, 461.1.5 Instalaciones eléctricas, 434.22 Interferencia eléctrica, 461.1.6, 461.2.5 Aislamiento eléctrico, 461.1.4 Líneas de transmisión eléctrica, 461.1.4.2 Plan de emergencia, 454	Juntas (materiales), 425.3
Evaluación (corrosión), 461.2.2 Examen al estar expuesto, 461.2.6	Criterios generales para componentes de tuberías, 404.1
	Declaraciones generales, 400
	Gubias, surcos y quemaduras de arco, 451.6.2.3
	Bridas de hierro gris dentro del alcance de los tamaños estándar, 404.4.3 Hierro gris, maleable y forjado, 423.2.4.
	Manejo, acarreo, tendido y almacenamiento, 434.4
	Prueba hidrostática (diseño), 401.2.4.2 Prueba hidrostática de tubería de presión interna, 437.4.1 Cargas de hielo, 401.2.3.3 Instalaciones
	de corriente impresa, 464.3.2 Curvas de inducción, 404.2.3 Costa
	interior construcción de agua, 434.14 Elevadores
	de plataforma de aguas continentales, 451.10
	Inspección y prueba, 436

<p>Inspección (calificaciones), 434.2.2 Instalación, 434.22.3 Cargas de instalación, 401.2.4.1 Instalación de tubería en la zanja, 434.10 Instrumentación y otras tuberías auxiliares, 404.12.1 Cabezales de salida extruidos reforzados integralmente, 404.3.3 Ánodos internos, 466.1.4.2 Control de corrosión interna, 462, 464.5, 465.4 Presión de diseño interna, 401.2.2.2 Juntas, 404.8 Detección de fugas, 451.11 Prueba de fugas, 437.4.3 Limitaciones sobre materiales, 423.2 Límites y disposición de imperfecciones y anomalías, 451.6.2 Marcadores de línea, 434.18 Señales y marcadores de línea, 451.3 Medición de líquido, 434.23 Coladores y filtros de líquido, 434.24 Clasificaciones de carga, 401.1 Tensión longitudinal, 402.6 Válvulas de línea principal, 434.15.2 Mantenimiento, derecho de paso, 451.4 Mantenimiento, válvula, 451.8 Colectores, 435.4 Reductores fabricados, 404.6. 1 Estándares de materiales, Tabla 423.1-1 Materiales aplicados a partes misceláneas, 425 Materiales para tuberías de amoníaco anhidro líquido sistemas, 423.2.5 Materiales para uso en aplicaciones de baja temperatura, 423.2.6 Materiales: requisitos generales, 423 Valor mínimo del límite elástico, 437.6.7 Curvas en inglete (construcción), 434.7.2 Curvas en inglete (diseño), 404.2.4 Módulos de elasticidad, 402.2.2 Componentes de tubería no estándar, 426.2 Cargas ocasionales, 401.1.3 , 401.2.3 Presión de operación, 451.1 Procedimientos de operación y mantenimiento que afectan la seguridad de los sistemas de tuberías de transporte de líquidos y lodos, 450 Cilindros de piel de naranja, 404.6.3 Otros componentes que contienen presión, 404.10 Cruces elevados (diseño), 403.8.4</p>	<p>Estructuras aéreas, 434.13.2 Criterios de sobrepresión (diseño), 404.1.5 Patrullaje, 451.5 Reparaciones permanentes, 451.6.2.9 Interacción tubería-suelo, 403.6.2.7 Operación y mantenimiento de tuberías, 451 Tuberías en ambientes árticos, 464 Tuberías en servicio de alta temperatura , 465 Relación de Poisson, 402.2.3 Precalentamiento y temperatura entre pasadas, 434.8.8 Criterios de presión (diseño), 404.1.4 Prevención de ignición accidental (estación de bombeo), 452.7 Estación de bombeo, patio de tanques y construcción de terminales, 434.20 Estación de bombeo, patio de tanques y tubería terminal, 434.20.5 Estación de bombeo, patio de tanques, estanque de retención de lodos y válvulas terminales, 434.15.3 Operación y mantenimiento de estaciones de bombeo, terminales e instalaciones de almacenamiento, 452 Equipos de bombeo y motores primarios, 434.20.4 Tubería de la unidad de bombeo, 435.3 Calificación de inspectores, 436.2 Calificaciones (construcción), 434.2 Calificación de un sistema de tuberías para una mayor presión de operación, 456 Cierres de apertura rápida, 404.7.1 Cruces de vías férreas y carreteras, 434.13.4 Cruces de vías férreas y carreteras (diseño), 403.8.6 Vías férreas y carreteras que cruzan tuberías existentes, 451.9 Capacidades — componentes que no tienen una presión específica— clasificaciones de temperatura, 404.1.3 Valores nominales: consideraciones para diferentes condiciones de presión, 404.1.6 Detalles de fijación recomendados de las bridas, Figura 434.8.6-3 Registros, 437.7, 455, 468 Reductores, 404.6 Refuerzo de conexiones de ramales, Figura 404.3.5-1 Refuerzo de aberturas múltiples, 404.3.6 Refuerzo de aberturas individuales, 404.3.5 Tubería de alivio, 404.12.2 Eliminación o reparación de defectos, 434.8.7 Reparación de defectos, 436.6 Reparación, tubería evaluaciones de integridad, 451.6 Inspección requerida y criterios de aceptación, 434.8.5 Cargas residuales (diseño), 401.2.2.5</p>
--	--

<p>Restauración del derecho de paso y limpieza, 434.12 Tuberías aéreas restringidas (diseño), 403.9.3 Tuberías enterradas restringidas, 403.9.2 Tubería restringida, 402.5.1, 402.6.1 Restringida versus no restringida (diseño), 401.2.1 Camino y tráfico ferroviario (diseño), 401.2.3.4 Alcance, 400.1 Trampas rascadoras, 434.17 Aproximaciones a la costa, 403.6.2.4 Señales, 452.6 Manguitos, juntas acopladas y otras juntas patentadas, 404.8.4 Falla de pendiente y licuefacción del suelo, 403.6.2.5 Cruces especiales, 434.13 Especial accesorios y conexiones, 404.1.8 Junta especial, 404.4.7.3 Válvulas especiales, 404.5.2 Estabilidad contra corrientes, 403.6.2.3 Juntas estándar, 404.4.7.2 Componentes de tubería estándar, 426.1 Accesorios para soldadura a tope de acero, 404.1.1 Bridas de acero dentro del alcance de tamaños estándar, 404.4.2 Acero (materiales), 423.2.3 Tanques de almacenamiento y trabajo, 434.21 Instalaciones de almacenamiento, 452.3 Almacenamiento de materiales combustibles, 452.4 Criterios de deformación para tuberías existentes, 451.12 Criterios de deformación para tuberías (diseño), 403.3.3 Criterios de resistencia (diseño), 403.3.1 Criterios de resistencia durante la instalación y prueba (diseño), 403.6.1 Criterios de resistencia durante las operaciones, 403.6.2 Corrosión por tensión y otros fenómenos, 467 Tensión por presión externa, 402.4 Tensión por expansión térmica, 402.5 Propiedades de tensión, 402.2 Alivio de tensión, 434.8.9 Tensión por presión interna, 402.3 Tensión por cargas de tráfico vial y ferroviario, 402.8 Subsistencia, 401.2.2.6 Tipos complementarios de examen, 436.5.2 Soportes, 404.9.2 Soportes, riostras, anclajes y accesorios, 404.9 Inspección y estacas o marcado, 434.3.3 Cargas sostenidas, 401.1.2, 401.2.2 Tanque fundaciones, 434.21.4</p>	<p>Tanques y almacenamiento tipo tubería, 434.21.3 Tes y cruces, 404.3.2 Efectos de la temperatura, 401.2.3.7 Reparaciones temporales, 451.6.2.10 Prueba de presión, 437.4 Prueba después de una nueva construcción, 437.1.4 Prueba de artículos fabricados, 437.1.3 Prueba de componentes de reemplazo, 437.1.5 Prueba de reparación de tuberías que operan con una tensión circunferencial de más del 20% del SMYS de la tubería, 451.6.3 Productos transportados, 461.1.4.3 Cruces de agua con zanjas, 403.8.2 Tipo y extensión del examen requerido, 436.5 Tipos de soldaduras, diseños de juntas y nipples de transición, 434.8.6 Tubería no restringida, 402.6.2, 402.5.2 Tuberías no restringidas, 403.9.1 Uso de alta relación d/t, 403.2.5 Componentes de tubería usados, 404.1 Válvulas, 404.5 Vibración (diseño), 401.2.3.5 Examen visual, 437.6.1 Espesor de pared y tolerancias de defectos, 403.2.2 Cruces de agua, 434.13.1 Paradas de agua, 466.1.3 Olas y corrientes, 401.2.3.6 Efectos de peso, 401.2.2.4 Factores de juntas de soldadura aplicables a especificaciones de tuberías comunes, Tabla 403.2.1-1 Soldabilidad, 437.6.5 Conexiones de derivación soldadas, 404.3.4 Cualificaciones del soldador y del procedimiento de soldadura, 434.8.3 Detalles de soldadura para apertura con rienda de tipo localizado forzamiento, Figura 404.3.4-2 Detalles de soldadura para aberturas con tipos de refuerzo de envoltorio completa, Figura 404.3.4-1 Detalles de soldadura para huecos sin refuerzo que no sea en muros de cabecera y ramales, Figura 404.3.4-3 Procesos de soldadura y metal de aporte, 434.8.2 Pruebas de calificación de soldadura, 437.6 Normas de soldadura, 434.8.4 Soldadura, 434.8 Cargas de viento, 401.2.3.2 Curvas de arrugas, 404.2.6</p>
--	---

Sistemas de tuberías de líquidos en alta mar (Capítulo IX)

Materiales y especificaciones aceptables, A423.1 Tolerancias, A402.4 Relleno, A434.11

Codos hechos de tubería,

A434.7.1 Codos, ingletes y codos, A434.7

Válvulas de bloqueo y de aislamiento, A434.15

Suelos inferiores, A401.10.4, A401.11.4, A401.9.4

Conexiones de rama, A404.3

Cálculo de tensiones, A402

Cierres, A404.7

Construcción, A434

Criterios para expansión y flexibilidad, A403.9 Criterios para accesorios, ensambles y otros componentes (alternativamente, criterios para componentes), A404 Criterios para espesor de pared de tubería y tolerancias, A403.2 Criterios para tuberías, A403

Definiciones, A400.2

Diseño y protección de conjuntos especiales, A402.3.10 Condiciones de diseño, A401 Condiciones de

diseño, costa afuera, A401.1.1 Factores de diseño

para sistemas de tuberías costa afuera, Tabla A402.3.5-1

Diseño de abrazaderas y soportes, A402.3.7 Diseño

de conectores y bridas, A402.3.8 Diseño de tubería

flexible, A402.3.11 Diseño de elementos de

soporte de tubería, A421 Diseño de cruces de tubería,

A402.3.12 Diseño de protectores de tubería

ascendente estructural, A402 .3.9 Cambios de dirección, A404.2 Zanja,

A434.6 Plan de emergencia, A454

Cargas ambientales

durante la prueba hidrostática,

A401.11.3 Cargas ambientales durante la instalación, A401.9.3 Cargas

ambientales durante la operación, A401.10.3 Control de corrosión

externa para tuberías sumergidas en alta mar expuestas a la

atmósfera, A463

Cierres fabricados, A404.7.4 Cercas,

A452.5 Revestimientos

de bridas, A404.4.6 Bridas,

A404.4 Tubería

flexible, A405.2 General,

A404.4.1, A460

Declaraciones generales, A400

Consideraciones de diseño de prueba hidrostática, A401.11

Cargas de prueba hidrostática, A401.11.2

Inspección, A434.2, A436

Consideraciones de diseño de instalación, A401.9

Cargas de instalación, A401.9.2

Procedimientos y equipos de instalación, A434.14.2 Juntas,

A404.8.3 Prueba de

fugas, A437.4.3

Limitaciones sobre materiales, 423.2

Marcadores de línea, A434.18

Cargas para diseño de prueba hidrostática, A401.11.1

Cargas para diseño de instalación, A401.9.1 Cargas

para diseño operativo, 401.10.1

Marcadores, A451.3

Materiales: requisitos generales, A423 Curvas en

inglete, A404.2.4 Movimiento de

tuberías existentes, A434.14.3 Nuevas instalaciones en

alta mar, A463.1 Construcción de tuberías en

alta mar, A434.14 Tuberías ascendentes en alta mar,

A451.10 Presión de operación, A451.1

Operación y mantenimiento planes

y procedimientos,

A450.2

Procedimientos de operación y mantenimiento que afectan la

seguridad de los sistemas de tuberías de transporte de líquidos

y lodos, A450

Consideraciones de diseño operativo, A401.10 Cargas

operativas, 401.10.2 Cilindros de

cáscara de naranja, A404.6.3 Otras

consideraciones de diseño, A406 Patrullaje,

A451.5 Escobillas y

herramientas de inspección interna, A406.1 Tubería,

A405

Profundidad y alineación de la tubería, A434.14.1

Evaluación y reparación de la integridad de la tubería, A451.6

Operación y mantenimiento de la tubería, A451

Prevención de ignición accidental, A452.7 Operación

y mantenimiento de estaciones de bombeo, terminales e instalaciones

de almacenamiento, A452

Cualificación de los inspectores, A436.2

Pruebas de cualificación, A437.6

Ferrocarriles y carreteras que cruzan tuberías existentes,

A451.9

Registros, A437.7

Reductores, A404.6

Refuerzo de aberturas múltiples, A404.3.6 Refuerzo de

aberturas simples, A404.3.5

Derecho de paso, A434.3	Registros, B437.7
Mantenimiento del derecho de paso, A451.4	Reparación de tubería flexible, B451.6.4
Consideraciones de selección de ruta, 401.12	Alcance, B400.1
Alcance, A400.1	Presión de prueba, B437.4
Componentes especiales, A406.2	Prueba, B437
Cruces especiales, A434.13	
Tubería de acero,	
A405.1 Criterios de resistencia durante la instalación y pruebas, A402.3.4	Sistemas de Tuberías de Lodo (Capítulo XI)
Criterios de resistencia durante la operación, A402.3.5	Abandono de un sistema de tuberías, C457
Alivio de tensiones, A434.8.9	Aplicaciones de cargas, C401.2
Esfuerzos por presión interna, A402.3 Inspección y estacas o marcado, A434.3.3 Presión de prueba, A437.4 Pruebas, A437	Conexiones de rama, C404.3
Pruebas después de una nueva construcción, A437.1.4 Uniones roscadas, A404.8.3 Tipo y extensión del examen requerido, A436.5 Mantenimiento de válvulas, A451.8 Válvulas, A404.5	Hierro fundido, dúctil, maleable y forjado, C423.2.4
Visual, A436.5.1	Construcción, C434
Cruces de agua, A434.13.1 Factores de juntas de soldadura, A402.4.3 Soldadura, A434.8 Calificaciones de soldadura, A434.8.3 Calidad de soldadura, A434.8.5	Criterios para accesorios, ensamblajes y otros componentes (alternativamente, criterios para componentes), C404
	Criterios para espesores de pared de tuberías y tolerancias, C403.2
	Criterios para tuberías, C403
	Criterios para prevenir la falla de rendimiento, C403.3
	Definiciones, C400.2
	Diagrama que muestra el alcance de ASME B31.4 para sistemas de tuberías para lodo, Figura 400.1.1-3
	Requisitos dimensionales para componentes de tubería no estándar, C426
	Normas dimensionales no aplicables para sistemas de tuberías para lodo de la Tabla 426.1-1, Tabla C426.1-2 Cambios direccionales, C404.2 Plan de emergencia, C454 Tuberías de acero enterradas existentes, C461.2 Control de corrosión externa para tuberías enterradas o sumergidas, C461
Sistemas de tuberías de dióxido de carbono (Capítulo X)	
Válvulas de bloqueo y aislamiento, B434.15	Bridas, C404.4
Construcción, B434	General, C404.5.1, C423.2.1, C460
Definiciones, B400.2	General declaraciones, C400
Diagrama que muestra el alcance de ASME B31.4 para carbono sistemas de dióxido, Figura 400.1.1-2	Prueba hidrostática de tuberías de presión interna, C437.4.1 Limitaciones de materiales, C423.2 Cargas, C401
Disposición de defectos, B451.6.2	Estándares de
Emergencia, B454	materiales, Tabla C423.1-1 Estándares de
Declaraciones generales, B400	materiales no aplicables para tuberías de pulpa sistemas de la Tabla 423.1-1, Tabla C423.1-2
General, B451.6.1	Materiales: requisitos generales, C423 Curvas en
Prueba hidrostática de tuberías de presión interna, B437.4.1 Limitaciones de materiales, B423.2	inglete, C404.2.4 Cargas
Marcadores de línea, B434.18	ocasionales, C401.2.3 Otras
Válvulas de línea principal, B434.15.2 Materiales: requisitos generales, B423	consideraciones de diseño de lodos, C403.15 Patrullaje, C451.5 Operación y
Materiales para sistemas de tuberías de dióxido de carbono, B423.2.6	mantenimiento de tuberías, C451 Registros, C468
Evaluaciones y reparaciones de integridad de tuberías, B451.6	Reductores, C404.6
Operación y mantenimiento de tuberías, B451	

ASME B31.4-2022

Estampados de piel de naranja,  
C404.6.3 Alcance,  
C400.1 Estanques de retención de lodos,  
C434.21.6 Medición de lodos, C434.23  
Válvulas especiales, C404.5.2  
Componentes de tubería estándar, C426.1  
Tanques de almacenamiento y trabajo, C434.21

Criterios de resistencia, C403.3.1  
Tanques y almacenamiento tipo tubería, C434.21.3  
Efectos de la temperatura, C401.2.3.7  
Presión de prueba, C437.4  
Prueba, C437  
Válvulas, C404.5

ASME B31.4-2022

DEJADOEN BLANCO INTENCIONADAMENTE

# ASME B31.4-2022

ISBN 978-0-7918-7537-7



9 780791 875377



A 0 3 8 2 2