

**PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-002-SECRE-2014, Instalaciones de aprovechamiento de Gas Natural.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Comisión Reguladora de Energía.

PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-002-SECRE-2014, INSTALACIONES DE APROVECHAMIENTO DE GAS NATURAL.

FRANCISCO JOSE BARNES DE CASTRO, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Derivados del Petróleo, del Gas y Bioenergéticos, con fundamento en los artículos 2, fracción III y 43 Ter de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 2, fracción III, 81, fracción I, Transitorios Primero, Segundo y Vigésimo Primero de la Ley de Hidrocarburos; 1, 2, fracción II, 4, 22 fracción I, II, III, VIII y XXVII, 41 fracción I, Transitorios Primero, Segundo y Tercero de la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética; 4o. de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo; 38, fracciones II y IV, 40, fracción I, 41, 44, 46, 47, fracción I, 51, 62, 63 y 64 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y 33 y 40 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

**CONSIDERANDO**

**Primero.** Que el 11 de abril de 2014, se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el Programa Nacional de Normalización 2014, en el que se establece que el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Derivados del Petróleo, del Gas y Bioenergéticos (el Comité) modificará la Norma Oficial Mexicana relativa a las instalaciones de aprovechamiento de gas natural.

**Segundo.** Que, en cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 46, fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el 20 de febrero de 2014, la Comisión Reguladora de Energía (la Comisión) presentó al Comité el Anteproyecto de la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SECRE-2014, Instalaciones de aprovechamiento de gas natural, con el propósito que dentro de un plazo que no excediera de 75 días naturales, formulara observaciones a dicho anteproyecto.

**Tercero.** Que, de conformidad con lo establecido en el artículo 46, fracción II de la LFMN, el 26 de mayo de 2014, la Comisión contestó fundadamente las observaciones presentadas por el Comité a la Comisión, realizando las modificaciones que consideró procedentes.

**Cuarto.** Que, en su segunda sesión ordinaria del 26 de mayo de 2014, el Comité resolvió proponer a la Comisión, la publicación en el DOF del Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-002-SECRE-2014, Instalaciones de aprovechamiento de gas natural (el Proyecto).

**Quinto.** Que, de conformidad con el artículo Vigésimo Primero Transitorio de la Ley de Hidrocarburos, en tanto entra en funciones la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, de acuerdo con lo previsto en la Ley de la materia, esta Comisión continuará regulando y supervisando, en el ámbito de sus atribuciones, la industria de los Hidrocarburos en materia de seguridad industrial y operativa, bajo el marco de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), su Reglamento y demás disposiciones jurídicas aplicables.

**Sexto.** Que, en cumplimiento a lo establecido en el artículo 47, fracción I, de la LFMN, mediante el Acuerdo A/082/2014 del cuatro de septiembre de 2014, la Comisión solicitó al Presidente del Comité la publicación del Proyecto a efecto que dentro de los siguientes sesenta (60) días naturales, contados a partir de la fecha de su publicación en el DOF, los interesados presenten sus comentarios al Comité, con domicilio en Av. Horacio 1750, Col. Los Morales Polanco, Delegación Miguel Hidalgo, 11510, México, D.F., Teléfonos: 01 55 5283 1500 y 1515, o bien a los correos electrónicos: abrena@cre.gob.mx o rvalderrama@cre.gob.mx, para que los considere el Comité, en los términos de la ley.

Por lo expuesto se expide para consulta pública el siguiente:

**PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-002-SECRE-2014,  
INSTALACIONES DE APROVECHAMIENTO DE GAS NATURAL**

En la elaboración de este Proyecto de Norma Oficial Mexicana participaron las instituciones y personas morales siguientes: la Comisión Reguladora de Energía, Gas Natural Fenosa, GDF Suez, Ecogas México, S. Integas, S.A. de C.V., Asociación Mexicana de Gas Natural, A.C., Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas, A.C., Desarrollo Tecnología y Planeación, S.A. de C.V., Diseño Especializado en Ingeniería y Sistemas Actualizados, S.A. de C.V., Illigas Instaladora, Lloyd Germánico de México, S. de R.L. de C.V. y Universidad Nacional Autónoma de México.

**PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-002-SECRE-2014, INSTALACIONES DE  
APROVECHAMIENTO DE GAS NATURAL.**

**INDICE**

1. Objetivo
2. Campo de aplicación y alcance
3. Referencias
4. Definiciones
5. Diseño de instalaciones de aprovechamiento
6. Materiales y accesorios
7. Instalación y construcción
8. Soldadura
9. Prueba de hermeticidad
10. Puesta en servicio
11. Reparaciones, ampliaciones y/o modificaciones en las instalaciones de aprovechamiento e instalación de equipos de consumo adicionales
12. Reconversiones de instalaciones de aprovechamiento de gas L.P. a gas natural
13. Reactivación y desactivación de tuberías
14. Operación, mantenimiento y seguridad de las instalaciones de aprovechamiento
15. Procedimiento para la evaluación de la conformidad
16. Bibliografía
17. Concordancia con normas internacionales
18. Vigilancia
19. Vigencia

**APÉNDICE I** Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas**1. Objetivo**

Esta Norma establece los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplirse en el diseño, materiales, construcción, instalación, pruebas, operación, mantenimiento y seguridad de las instalaciones de aprovechamiento de gas natural.

**2. Campo de aplicación y alcance**

Esta Norma es aplicable a las instalaciones de aprovechamiento que conduzcan gas natural desde la salida del medidor o de una estación de regulación y medición del sistema de distribución o transporte que entrega el gas, hasta la entrada a cada uno de los aparatos de consumo.

El propietario o usuario de la instalación de aprovechamiento es en todo momento el responsable de la misma y tiene la obligación de acreditar el cumplimiento con los requisitos establecidos en esta Norma.

**3. Referencias**

La presente Norma Oficial Mexicana se complementa con las normas siguientes:

NOM-001-SECRE-2010, Especificaciones del gas natural.

NOM-003-SECRE-2011, Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos.

NMX-B-010-1986, Tubos de acero al carbono sin costura o soldados, negros o galvanizados por inmersión en caliente para usos comunes.

NMX-B-177-1990, Tubos de acero con o sin costura negros y galvanizados por inmersión en caliente.

NMX-B-179-1983, Productos siderúrgicos-tubos de acero con o sin costura-series dimensionales.

NMX-E-043-SCFI-2002, Tubos de polietileno (PE) para conducción de gas natural (GN) y gas licuado de petróleo (GLP) especificaciones.

NMX-X-021-SCFI-2007, Industria del gas-Tubos multicapa de Polietileno-Aluminio-Polietileno (PE-AL-PE) para la conducción de gas natural (GN) y gas licuado de petróleo (GLP) - Especificaciones y métodos de ensayo.

NMX-X-044-SCFI-2008, Industria del gas-Tubos multicapa de poli (cloruro de vinilo clorado)-aluminio-poli (cloruro de vinilo clorado) (CPVC-AL-CPVC) para la conducción de gas natural (GN) y gas licuado de petróleo (GLP) - Especificaciones y métodos de prueba.

NMX-H-022-1989, Conexiones roscadas de hierro maleable clase 1.03 MPa (150 psi) y 2.07 MPa (300 psi)

NMX-W-018-SCFI-2006, Productos de cobre y sus aleaciones.- tubos de cobre sin costura para conducción de fluidos a presión-especificaciones y métodos de prueba.

NMX-W-101/1-SCFI-2004, Productos de cobre y sus aleaciones-conexiones de cobre soldables-Especificaciones y métodos de prueba.

NMX-W-101/2-SCFI-2004, Productos de cobre y sus aleaciones-conexiones soldables de latón-Especificaciones y métodos de prueba.

NMX-X-002-1-1996, Productos de cobre y sus aleaciones - conexiones de latón roscadas y con abocinado a 45°- Especificaciones y métodos de prueba.

NMX-X-031-SCFI-2010, Industria del gas-válvulas de paso-Especificaciones y métodos de prueba.

NMX-X-032-SCFI-2006, Industria del gas-reguladores para gas natural-Especificaciones y métodos de prueba.

#### 4. Definiciones

**4.1 Aparatos de gas de circuito abierto:** Son aparatos que toman el aire de combustión del mismo recinto donde se encuentran ubicados; pueden ser de evacuación no conducida (ejemplo: estufas, calentadores ambientales, hornillas) y de evacuación conducida, aquellos que tienen un conducto para desalojar gases de combustión (ejemplos: calentadores de agua, calderas, secadoras de ropa, etc.).

**4.2 Aparatos de gas de circuito cerrado o estanco.** Son aparatos en los cuales el aire para la combustión se toma del exterior del recinto donde se encuentran ubicados y los gases producto de la combustión son desalojados también al exterior. Por tanto se evita la acumulación de monóxido de carbono en el interior del recinto.

**4.3 Caída de presión:** La pérdida de presión ocasionada por fricción u obstrucción al pasar el gas a través de tuberías, válvulas, accesorios, reguladores y medidores.

**4.4 Caída de presión máxima permisible:** La caída de presión permitida en la instalación de aprovechamiento para el funcionamiento óptimo de todos los equipos de consumo trabajando a sus condiciones de flujo máximo.

**4.5 Camisa:** Conducto en el que se aloja una tubería conductora de gas para protegerlo mecánicamente, revestirlo o aislarlo de agentes externos.

**4.6 Combustión:** El proceso químico de oxidación rápida entre un combustible y un comburente que produce la generación de energía térmica y luminosa acompañada por la emisión de gases de combustión y, en ciertos casos, de partículas sólidas.

**4.7 Comisión:** La Comisión Reguladora de Energía.

**4.8 Corrosión:** Es el deterioro de un material, normalmente un metal, debido a la acción electroquímica con su ambiente.

**4.9 CSST:** Tubería de Acero Inoxidable Corrugado (Corrugated Stainless Steel Tubing).

**4.10 Descripción de la instalación de aprovechamiento:** Narrativa escrita del trayecto de la tubería, en la que se incluye la ubicación de la estación de regulación y medición, ubicación de los equipos de consumo y principales consideraciones.

**4.11 Dictamen de verificación:** El documento que emite la Unidad de Verificación en el que se hace constar la evaluación de la conformidad de la norma.

**4.12 Distribuidor:** El titular de un permiso de distribución en los términos del Reglamento de Gas Natural.

**4.13 Equipos o sistemas de consumo:** Los equipos, máquinas, aparatos, enseres e instrumentos, ya sean industriales, comerciales o domésticos, que utilizan gas natural como combustible.

**4.14 Estación de regulación:** La instalación destinada a reducir y controlar la presión del gas natural a una presión determinada.

**4.15 Estación de regulación y medición:** La instalación destinada a reducir y controlar la presión a una presión determinada, así como medir el flujo de gas natural, la cual cuenta como mínimo con lo siguiente:

- a) Una línea de regulación.
- b) Un elemento de seguridad por sobrepresión.
- c) Válvulas de seccionamiento de entrada y salida, un filtro, un medidor y un bypass.

**4.16 Gas o gas natural:** La mezcla de hidrocarburos compuesta primordialmente por metano, conforme a la NOM-001-SECRE vigente.

**4.17 Gas inerte:** Gas no combustible, no tóxico, no corrosivo.

**4.18 Instalación de aprovechamiento (la instalación):** El conjunto de tuberías, válvulas y accesorios apropiados para conducir gas natural desde la salida del medidor y/o estación de regulación y medición, hasta la válvula de seccionamiento anterior a cada uno los equipos de consumo.

**4.19 Instalación de aprovechamiento tipo doméstico:** La instalación para el uso o aprovechamiento del gas en equipos o sistemas de consumo en casas o departamentos destinados a uso habitacional.

**4.20 Instalación de aprovechamiento tipo comercial:** La instalación para el uso o aprovechamiento del gas en equipos o sistemas de consumo en establecimientos comerciales o de servicios destinados a la elaboración de productos que se comercializan directamente con el consumidor o donde se proporcionan servicios.

**4.21 Instalación de aprovechamiento tipo industrial:** La instalación para el uso o aprovechamiento del gas en equipos o sistemas de consumo en establecimientos industriales destinados a realizar procesos de manufactura o transformación.

**4.22 Isométrico.** Dibujo con o sin escala mediante el cual se identifican y representan las trayectorias de las instalaciones de aprovechamiento, plasmando el tipo de material, longitud, diámetro, simbología y que además ayude a la identificación y ubicación de los elementos de medición, regulación, tuberías y accesorios, así como de los aparatos de consumo.

**4.23 Junta constructiva:** Separación de los linderos de una edificación con predios vecinos (colindancia) a una cierta distancia; o bien, separación que debe dejarse entre cuerpos distintos de una misma edificación.

**4.24 Máxima Presión de Operación Permisible (MPOP):** Es la máxima presión a la cual se puede permitir la operación de la tubería o segmento de la instalación de aprovechamiento.

**4.25 Medidor:** El instrumento utilizado para cuantificar el volumen de gas natural que fluye a través del mismo.

**4.26 Memoria de cálculo:** Conjunto de cálculos en papel, hoja de cálculo o corrida de resultados de una aplicación particular, mediante las cuales se determina la caída de presión máxima permisible espesor de pared y/o presión de trabajo con base en las condiciones de operación de los equipos de consumo, así como el trayecto de la instalación y materiales utilizados.

**4.27 Metro cúbico estándar:** Aquel metro cúbico de gas natural medido a las condiciones de presión absoluta de 101,325 kPa y temperatura de 288.15 °K.

**4.28 Normas aplicables:** Son las normas oficiales mexicanas (NOM), normas mexicanas (NMX) y, a falta de éstas las normas o lineamientos internacionales, y en lo no previsto por éstas, las normas, códigos y/o estándares extranjeros que sean adoptados por el propietario o usuario de la instalación de aprovechamiento y que sean aplicables a la presente Norma Oficial Mexicana.

**4.29 Presión:** La fuerza ejercida perpendicularmente sobre una superficie.

**4.30 Presión atmosférica:** La presión que ejerce una columna de aire sobre la superficie de la tierra.

**4.31 Presión manométrica:** La presión que ejerce un gas sobre las paredes del recipiente que lo contiene.

**4.32 Presión de trabajo:** La presión manométrica a la que opera la instalación de aprovechamiento, o parte de ella, a las condiciones normales de operación.

**4.33 Propietario o usuario:** La persona que hace uso y/o es responsable de la instalación de aprovechamiento de gas natural.

**4.34 Prueba de hermeticidad:** Procedimiento utilizado para asegurar que una instalación de aprovechamiento, o una parte de ella, no tiene fuga.

**4.35 Regulador:** Instrumento utilizado para disminuir, controlar y mantener una presión determinada aguas abajo de su instalación.

**4.36 Sistema de distribución:** Conjunto de ductos, compresores, reguladores, medidores y otros equipos e instalaciones para la conducción del gas natural desde el punto de entrega del suministrador o transportista hasta la instalación de aprovechamiento del propietario o usuario de la misma, incluyendo el medidor propiedad del distribuidor.

**4.37 Tubería enterrada:** Es aquella colocada bajo la superficie y dentro del terreno natural. Se considera enterrada aun cuando la superficie del terreno natural dentro del cual está colocada sea cubierta por un piso artificial.

**4.38 Tubería Multicapa PE-AL-PE:** Tubo producido mediante la extrusión de capas de polietileno con un refuerzo de aluminio soldado a tope, unido entre las capas interior y exterior con un adhesivo.

**4.39 Tubería Multicapa CPVC-AL-CPVC:** Tubo que se produce mediante la extrusión de capas de policloruro de vinilo clorado (CPVC) con un refuerzo de aluminio soldado a tope, que se une entre las capas interior y exterior con un adhesivo.

**4.40 Tubería oculta:** Tramo de tubería que queda dentro de fundas, trincheras, ranuras o huecos colocado en muros, pisos, techos, etc., el cual es cubierto posteriormente en forma permanente para ocultarlo de la vista. No se considera oculto el tramo que sólo atraviese transversalmente un muro o losa.

**4.41 Tubería visible:** Es aquella colocada de modo tal que su recorrido se encuentra permanentemente a la vista. Las que corran dentro de ductos o trincheras destinadas exclusivamente a contener tuberías también se consideran visibles.

**4.42 Unidad de Verificación (UV):** La persona que realiza actos de verificación en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN).

**4.43 Válvula:** El dispositivo utilizado para controlar o bloquear el suministro de gas aguas abajo de su instalación.

## 5. Diseño de instalaciones de aprovechamiento

**5.1** La memoria técnico-descriptiva de las instalaciones de aprovechamiento debe tener los elementos siguientes:

**Cuadro 1.- Elementos de una instalación de aprovechamiento.**

Elemento/Tipo de instalación	Doméstico	Comercial	Industrial
Condiciones (presión, flujo) de operación (normales y máximas) de equipos de consumo	Aplica	Aplica	Aplica
Isométrico(s)	Aplica	Aplica	Aplica
Memoria de cálculo	Aplica	Aplica	Aplica
Descripción de la instalación de aprovechamiento	No aplica	No aplica	Aplica

**5.1.1 Isométrico.-** Dibujo con o sin escala mediante el cual se identifican y representan las trayectorias de las instalaciones de aprovechamiento, plasmando el tipo de material, longitud, diámetro, simbología y que además ayude a la identificación y ubicación de los elementos de medición, regulación, tuberías y accesorios, así como de los aparatos de consumo.

**5.1.2 Memoria de cálculo.-** Conjunto de cálculos en papel, hoja de cálculo o corrida de resultados de una aplicación particular, mediante las cuales se determina la caída de presión máxima permisible espesor de pared y/o presión de trabajo con base en las condiciones de operación de los equipos de consumo, así como el trayecto de la instalación y materiales utilizados.

**5.1.3 Descripción de la instalación de aprovechamiento.-** Narrativa escrita del trayecto de la tubería, en el que incluya la ubicación de la estación de regulación y medición, ubicación de los equipos de consumo,

principales consideraciones de diseño, filosofía de operación, los procesos industriales y su interrelación con el uso final del gas natural.

**5.2** Las instalaciones de aprovechamiento deben diseñarse para que puedan operar bajo la máxima caída de presión permisible sin exceder la MPOP.

**5.3** En el caso de instalaciones de aprovechamiento tipo doméstico que trabajen a 2.20 kPa o menos, la caída de presión máxima permisible debe ser tal que permita el correcto funcionamiento de los aparatos de consumo del cliente. En ningún caso la presión de suministro al aparato debe ser inferior a 17.6 mbar.

**5.4** En el caso de instalaciones de aprovechamiento tipos comercial e industrial, que trabajen a una presión mayor a 2.20 kPa, la caída de presión máxima permisible será la especificada por el fabricante de los equipos instalados para la operación correcta de dichos equipos.

**5.5** Para instalaciones de aprovechamiento tipo doméstico, la MPOP dentro de la casa habitación no debe exceder de 50 kPa, a menos que se cumpla una de las siguientes condiciones:

- a) La tubería esté dentro de un cubo ventilado u otro mecanismo que prevenga la acumulación de gas natural,
- b) La tubería suministre a cuartos de caldera, equipos mecánicos u otros que requieren operar a tales condiciones de presión.

**5.6** No se permite la instalación de tuberías en cubos o casetas de elevadores, tiros de chimenea, lugares que atraviesen cisternas, segundos sótanos e inferiores, registros y conductos para servicios eléctricos o electrónicos, ni en el interior de juntas constructivas.

**5.7** Las instalaciones de aprovechamiento tipo industrial y comercial deben tener instalada al menos una válvula de corte general inmediatamente después de la estación de regulación y/o medición, en un lugar accesible para ser operada por el propietario o usuario de la instalación de aprovechamiento.

**5.8** En el caso de las instalaciones de aprovechamiento tipo comercial y doméstico se debe instalar una válvula de corte antes de cada equipo de consumo (fijo o móvil); en caso de no poder colocar dicha válvula, se debe instalar una válvula que controle a todos los aparatos de la instalación. En todos los casos las válvulas de corte deben estar accesibles para ser operada por el propietario o usuario de la instalación de aprovechamiento.

## **6. Materiales y accesorios**

### **6.1 Tuberías**

**6.1.1** Las tuberías podrán ser de acero negro, galvanizado, al carbono, inoxidable liso o corrugado (CSST), cobre, polietileno, multicapa (PE-AL-PE), policloruromulticapa (CPVC-AL-CPVC) y poliamida sin plastificante (PA-U) de conformidad con lo siguiente:

#### **6.1.2 Tuberías de acero negro, galvanizado y al carbono**

**6.1.2.1** Las tuberías de acero a utilizar deberán cumplir con las normas NMX-B-010-1986, NMX-B-177-1990, NMX-B-179-1983.

**6.1.2.2** En las tuberías de acero que operen a presiones mayores a 50 kPa, se deberá determinar el espesor de pared o la MPOP de acuerdo con lo siguiente:

**6.1.2.2.1** Los tubos de acero que se utilicen para la conducción de gas deben satisfacer los requerimientos mínimos o equivalentes establecidos en las normas vigentes en México con relación a esta materia y, a falta de éstas, con la práctica internacionalmente reconocida aplicable. El espesor mínimo de la tubería se calcula de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$t = \frac{P \times D}{2 \times S \times F \times E \times T}$$

Donde:

- t espesor de la tubería en milímetros;  
P presión manométrica de diseño en kPa;  
D diámetro exterior de la tubería en milímetros;  
S resistencia mínima de cedencia (RMC) en kPa;

- F factor de diseño por densidad de población igual a 0.4
- E factor de eficiencia de la junta longitudinal de la tubería, Ver Cuadro 2 y
- T factor de corrección por temperatura del gas;  $T = 1$  si la temperatura del gas es igual o menor a 393 K.

**CUADRO 2. Factor de eficiencia de la junta longitudinal de la tubería**

Especificación	Clase de tubo	Factor de junta longitudinal (E)
ASTM A53	Sin costura	1,00
	Soldado por resistencia eléctrica	1,00
	Soldado a tope en horno. Soldadura continua	0,60
ASTM A106	Sin costura	1,00
ASTM A 134	Soldadura por arco eléctrico	0.8
ASTM A135	Soldado por resistencia eléctrica	1,00
ASTM A139	Soldado por arco eléctrico	0,80
ASTM A333	Sin costura	1,00
	Soldado por resistencia eléctrica	1,00
ASTM A381	Soldado con arco sumergido	1,00
ASTM A671	Soldadura por fusión eléctrica	
	Clases 13, 23, 33, 43 y 53	0,80
	Clases 12, 22, 32, 42 y 52	1,00
ASTM A672	Soldadura por fusión eléctrica	
	Clases 13, 23, 33, 43 y 53	0,80
	Clases 12, 22, 32, 42 y 52	1,00
ASTM A 691	Soldadura por fusión eléctrica	
	Clases 13, 23, 33, 43 y 53	0,8
	Clases 12, 22, 32, 42 y 52	1,0
ASTM A 984	Soldadura por resistencia eléctrica	1,0
ASTM A 1005	Soldadura por doble arco sumergido	1,0
ASTM A 1006	Soldadura con rayo láser	1,0
API 5L	Soldadura eléctrica	1,00
	Sin costura	1,00
	Soldadura con arco sumergido (costura longitudinal o helicoidal)	1,00
	Soldado a tope en horno, soldadura continua	0,60
Otra especificación o especificación desconocida	Tubería con diámetro nominal igual o mayor de 101.6 mm (4")	0,80
Otra especificación o especificación desconocida	Tubería con diámetro nominal menor de 101.6 mm (4")	0,60

### 6.1.3 Tuberías de acero inoxidable liso y corrugado (CSST).

6.1.3.1 Las tuberías de acero inoxidable a utilizar deberán cumplir con las Normas aplicables.

6.1.3.2 La tubería a emplear deberá ser de aleaciones de acero inoxidable serie 300.

6.1.3.3 La tubería a emplear no deberá superar una presión de trabajo de 50 kPa (7,25 psi).

### 6.1.4. Tuberías de cobre

6.1.4.1 Las tuberías de cobre a utilizar deberán ser de tipo rígido L o K de acuerdo con la Norma NMX-W-018-SCFI-2006.

6.1.4.2 Las tuberías de cobre no deben superar una presión de trabajo de 410 kPa (60 psi).

**6.1.5. Tuberías de polietileno**

**6.1.5.1** Las tuberías de polietileno a utilizar deberán cumplir con la norma NMX-E-043-SCFI-2002.

**6.1.5.2** Las tuberías de polietileno de media densidad no deben superar una presión de trabajo de 410 kPa (60 psi).

**6.1.5.3** Las tuberías de polietileno de alta densidad no deben superar una presión de trabajo de 689 kPa (100 psi).

**6.1.5.4** No se debe usar tubería de polietileno cuando la temperatura de operación del material sea menor de 244 K, ni mayor que 333 °K.

**6.1.6. Tuberías multicapa PE-AL-PE**

**6.1.6.1** Las tuberías multicapa PE-AL-PE a utilizar deberán cumplir con la norma NMX-X-021-SCFI-2007.

**6.1.6.2** Las tuberías multicapa PE-AL-PE no deben superar una presión de trabajo de 689 kPa (100 psi).

**6.1.7. Tuberías Multicapa CPVC-AL-CPVC**

**6.1.7.1** Las tuberías Multicapa CPVC-AL-CPVC a utilizar deberán cumplir con la norma NMX-X-044-SCFI-2008.

**6.1.7.2** Las tuberías Multicapa CPVC-AL-CPVC no deben superar una presión de trabajo de 689 kPa (100 psi).

**6.1.8 Tuberías de poliamida sin plastificante (PA-U).**

**6.1.8.1** Las tuberías de PA-U a utilizar deberán cumplir con las Normas aplicables.

**6.1.8.2** La tubería de PA-U a emplear no deberá superar una presión de trabajo de 1800 kPa (261,067 psi).

**6.2 Conexiones y accesorios****6.2.1 Conexiones y accesorios para tuberías de acero negro, galvanizado y al carbón.**

**6.2.1.1** Las conexiones forjadas deben cumplir con la norma NMX-B-177-1990 y no superar una presión de trabajo de 101,33 kPa (14,70 psi).

**6.2.1.2** Las conexiones roscadas deben ser de hierro maleable clase I, cumplir con la norma NMX-H-22-1989 y no superar una presión de trabajo de 1,03 MPa (149,39 psi).

**6.2.1.3** Las conexiones soldables deben unirse mediante la técnica de arco eléctrico o con soldadura oxiacetilénica. Se permite la soldadura oxiacetilénica sólo para unir tuberías hasta 50 mm de diámetro.

**6.2.1.4** En uniones roscadas se deben utilizar productos sellantes resistentes a la acción del gas. Está prohibido el uso de litargirio como sellante.

**6.2.1.5** Las válvulas deben cumplir con la norma NMX-X-031-SCFI-2010.

**6.2.1.6** Las juntas aislantes y recubrimientos anticorrosivos deben cumplir con las Normas aplicables.

**6.2.1.7** Las conexiones de transición pueden ser soldables, roscadas, a compresión o bridadas, pero debe existir compatibilidad entre ambos materiales.

**6.2.2 Conexiones y accesorios para tuberías de cobre.**

**6.2.2.1** Las conexiones para tubería de cobre rígido deben cumplir con la norma NMX-W-101/1-SCFI-2004 y NMX-W-101/2-SCFI-2004.

**6.2.2.2** Las conexiones para tubería flexible deben cumplir con la norma NMX-X-002-1-1996.

**6.2.2.3** Las conexiones con abocinado a 45 grados deben cumplir con la norma NMX-X-002-1-1996.

**6.2.2.4** Las válvulas roscadas y soldables deben cumplir con la norma NMX-X-031-SCFI-2010.

**6.2.2.5** Se permite el uso de válvulas con sistema de unión a compresión, siempre y cuando cumplan con la norma NMX-X-031-SCFI-2010.

**6.2.2.6** Las conexiones de transición pueden ser soldables, roscadas, a compresión o bridadas, pero deben tener compatibilidad mecánica.

**6.2.2.7** Se permite el uso de conexiones con sistema de unión a presión; siempre y cuando cumplan con el numeral 5.2.2 Resistencia a la torsión y la Tabla 2 de la NMX-X-002-1-1996; numerales 6 Muestreo y 7 Métodos de Prueba de la NMX-X-031-SCFI-2010 y en lo no previsto por éstas, con las normas aplicables

**6.2.3** Conexiones y accesorios para tuberías de polietileno

**6.2.3.1** Las conexiones y válvulas deben cumplir con las Normas aplicables.

**6.2.3.2** En caso de utilizar conexiones de transición a compresión, debe utilizarse un refuerzo tubular interno rígido en conjunto con el acoplamiento.

**6.2.4** Conexiones y accesorios para tuberías Multicapa PE-AL-PE.

**6.2.4.1** Las conexiones y accesorios para tuberías Multicapa PE-AL-PE deben cumplir con la norma NMX-X-021-SCFI-2007.

**6.2.5** Conexiones y accesorios para tuberías Multicapa CPVC-AL-CPVC.

**6.5.5.1** Las conexiones y accesorios para tuberías Multicapa CPVC-AL-CPVC deben cumplir con la norma NMX-X-044-SCFI-2008.

**6.2.5.2** El ensamble de las conexiones se debe realizar de acuerdo con las instrucciones del fabricante, usando cemento solvente CPVC o adhesivo de CPVC.

**6.2.5.3** Está prohibido el uso de cementos o adhesivos utilizados para tuberías y accesorios para agua como sellante para las instalaciones de gas natural.

**6.2.6** Conexiones y accesorios para tuberías de acero liso o corrugado (CSST).

**6.2.6.1** Las conexiones y accesorios para tuberías de acero liso o corrugado a utilizar deberán cumplir con las Normas aplicables.

**6.2.7** Conexiones y accesorios para tuberías de poliamida sin plastificante (PA-U).

**6.2.7.1** Las conexiones y accesorios para tuberías de poliamida sin plastificante deben cumplir con las Normas aplicables.

**6.3** Reguladores

Los reguladores deben cumplir con la norma NMX-X-032-SCFI-2006 y pueden ser de reapertura manual o automática.

**7. Instalación y construcción**

**7.1** Requisitos generales

**7.1.1** De acuerdo con su ubicación, se clasifican en tuberías visibles, enterradas y ocultas, mismas que se describen de la siguiente manera:

**Cuadro 3.- Instalación de tuberías y accesorios.**

	Material	Oculto	Enterrada	Visible
Tuberías	Polietileno	NO <sup>1</sup>	SI <sup>5</sup>	NO
	Cobre	SI	SI	SI
	Acero negro, y al carbón	SI <sup>6</sup>	SI <sup>4, 6</sup>	SI
	Acero galvanizado	NO	NO	SI
	Acero inoxidable liso y corrugado	SI	SI <sup>8</sup>	SI
	Multicapa PE-AL-PE y CPVC-AL-CPVC	SI	SI <sup>5</sup>	SI <sup>2</sup>
Accesorios y uniones	Polietileno	NO	SI	NO
	Cobre <sup>7</sup>	SI	SI	SI
	Acero negro, y al carbón	SI <sup>6</sup>	SI <sup>4, 6</sup>	SI

	Acero galvanizado	NO	NO	SI
	Acero inoxidable liso y corrugado	SI	NO <sup>8</sup>	SI
	Multicapa PE-AL-PE y CPVC-AL-CPVC	NO <sup>3</sup>	NO <sup>3</sup>	SI <sup>2</sup>
Válvulas	Acero, cobre y polietileno	NO <sup>3</sup>	NO <sup>3</sup>	SI

- 1 Se prohíbe el uso de tubería de polietileno en este tipo de trazos. A excepción de aquellas transiciones para efectos de continuar o finalizar el trazo subterráneo; en cuyo caso, la longitud máxima será de 2 metros y deberá encamisarse dicho tramo.
- 2 Siempre y cuando la tubería cuente con protección contra rayos ultravioleta (contenido de negro de humo).
- 3 No se permite el uso de válvulas ni tuercas unión o uniones roscadas en trayectos ocultos y/o enterrados. En caso que así se requiera, deberá alojarse en un registro. El registro debe ser de las dimensiones y ubicación adecuadas para su operación y mantenimiento.
- 4 Siempre y cuando la tubería cuente con un sistema contra la corrosión.
- 5 Siempre y cuando la tubería se encuentre enterrada a una profundidad mínima de 45 centímetros entre el nivel de piso terminado y el lomo de tubo.
- 6 Para tuberías ocultas y enterradas, no se permite el uso de uniones roscadas.
- 7 No se permite el uso de conexiones de latón abocinadas a 45° en tuberías ocultas y enterradas.
- 8 Las tuberías de acero inoxidable corrugado deberán contar con un revestimiento anticorrosivo y sus accesorios y uniones deberán quedar superficiales o dentro de registros.

**Nota:** Se deberán evitar las uniones intermedias en tramos rectos de tuberías.

**7.1.2** Cuando sea imprescindible instalar las tuberías dentro de muros, éstas deben quedar ahogadas o encamisadas, de acuerdo con el Cuadro 23 de la disposición 7.1.1 anterior. En dichos casos debe elaborarse un croquis de detalle o plano para identificar la ubicación de estas instalaciones.

**7.1.3** No se considera oculto el tramo que se utilice para atravesar muros y losas, siempre que su entrada y salida sean visibles, el espacio anular debe ser sellado y se debe usar un "pasamuros" o camisa.

**7.1.4** Cuando en un muro la trayectoria de una tubería sea horizontal, la ranura en el muro se debe hacer como mínimo a 10 centímetros del nivel de piso terminado. En muros estructurales de mampostería no está permitido llevar instalaciones en trayectorias horizontales.

**7.1.5** Cuando se instalen manómetros, éstos deben ir precedidos de una válvula de bloqueo.

**7.1.6** Cuando se instalen válvulas de alivio o reguladores con válvula de alivio integrada en recintos cerrados, la ventila de éstos deberá de dirigirse al exterior.

## 7.2 Tuberías

**7.2.1** Las tuberías enterradas deben estar a una profundidad mínima de 45 centímetros con respecto al nivel de piso terminado. En instalaciones de aprovechamiento residenciales este valor podrá ser de 30 centímetros siempre y cuando la tubería no cruce calles, andadores o caminos con tráfico vehicular.

**7.2.2** Cuando se requiera un equipo de consumo especial, como quemadores móviles, mecheros o aparatos sujetos a vibración, puede utilizarse tubería flexible de cobre o tramada con conexiones roscadas, siempre que su longitud no exceda 1.5 metros por cada equipo de consumo, colocando una válvula de control en la parte rígida antes del flexible misma que deberá estar accesible para su operación, unidas con conexiones roscadas; sujetando la parte rígida con abrazaderas. La tubería de cobre flexible o conexión tramada no debe pasar a través de divisiones, paredes, puertas, ventanas, pisos, o quedar ocultas.

**7.2.3** En los sitios donde sean previsible esfuerzos o vibraciones por asentamientos o movimientos desiguales, o si la tubería pasa por una junta constructiva, se debe dar flexibilidad mediante rizos, curvas u omegas.

**7.2.4** Las tuberías que operen a presiones mayores a 689 kPa deben localizarse de tal forma que se reduzcan al mínimo los riesgos de siniestros, protegiéndolas contra daños, fugas, etc.

**7.2.5** No se permite ningún tipo de accesorio o unión roscada enterrado ni bridas roscadas o soldadas enterradas, a menos que éstos queden alojados en registros o se instalen en forma superficial.

**7.2.6** En caso de que la tubería esté expuesta a daños mecánicos, ésta se deberá proteger mediante camisa, postes de protección, trincheras o cualquier otro medio que evite daño a la misma, y para tubería que opere a más de 689 kPa se deberá utilizar tubería de acero.

**7.2.7** Cuando las tuberías crucen azoteas, pasillos o lugares de tránsito de personas, éstas deben protegerse de manera que se impida su uso como apoyo al transitar y queden a salvo de daños.

**7.2.8** Las tuberías que tengan uniones y que atraviesen cuartos sin ventilación directa al exterior, sótanos, huecos formados por plafones, cajas de cimentación, entresuelos, por abajo de cimientos y de pisos de madera o losas, deberán de estar encamisadas. El encamisado debe ser ventilado directamente al exterior por ambos extremos. Se deben seleccionar materiales adecuados cuando exista la posibilidad de que la tubería pueda sufrir daños mecánicos.

**7.2.9** No se deberán instalar tuberías que atraviesen cubos o casetas de elevadores, cisternas, tiros de chimeneas, conductos de ventilación.

**7.2.10** La instalación de tuberías en sótanos deberá hacerse exclusivamente para abastecer los equipos de consumo que en ellos se encuentren. Se debe instalar una válvula de cierre manual en la tubería, en un punto de fácil acceso fuera del sótano, y otra antes de cada equipo de consumo. Estas tuberías deben ser visibles. El sótano debe contar con ventilación adecuada.

**7.2.11** Cuando las tuberías de gas compartan un mismo ducto que aloje tuberías de otros servicios, el ducto debe quedar ventilado permanentemente al exterior.

**7.2.12** Las tuberías de gas deben quedar separadas de otros servicios conducidos mediante tuberías, racks o cables por una distancia mínima de 2 cm, y con tuberías que conduzcan fluidos corrosivos o de alta temperatura con una distancia mínima de 5 cm. Las tuberías de gas no deben cruzar atmósferas corrosivas sin protecciones adicionales.

**7.2.12.1** Las tuberías de gas deberán quedar separadas de conductores eléctricos de acuerdo con el Cuadro 4, siguiente:

**Cuadro 4.- Distancia mínima de tuberías que conducen gas con conductores eléctricos.**

Conductor / Tensión nominal	Menor o igual 127 volts	Mayor a 127 volts
Conductor dentro de canalizaciones o ductos	2 cm	20 cm
Conductor sin canalizaciones o ductos	2 cm	50 cm

**7.2.13** Se deben adoptar las medidas de seguridad que se establecen en esta Norma para evitar la posibilidad de un siniestro en las instalaciones que utilicen tuberías para conducir fluidos que combinados con el gas natural pudieran representar un riesgo previsible.

**7.2.14** Cuando los equipos de consumo no se hayan instalado, se debe bloquear la tubería destinada a conectar dichos equipos. Las tuberías se deben bloquear con tapones del tipo soldable o mecánico. En el caso de equipos con fuga, éstos no deberán ser conectados a la instalación de aprovechamiento hasta que no hayan sido reparados.

**7.2.15** Cuando las tuberías se localicen sobre losas, se permite la instalación en firme, o bien ahogadas en la parte superior de la losa sin estar en contacto directo con el acero de refuerzo, siempre que no sea planta baja de edificios de departamentos. En casas particulares, cuando los equipos de consumo se encuentren alejados de los muros, se permite la instalación de tuberías en losas si el piso de la planta baja es firme sin celdas, cajas de cimentación o sótanos; se debe elaborar un plano detallado para identificar la ubicación de la instalación de las tuberías.

**7.2.16** Sólo se permite la instalación de tuberías para usos comerciales o residenciales en el interior de recintos, cuando estén destinadas a abastecer equipos de consumo. En caso contrario, deben estar encamisadas y ventiladas al exterior.

**7.2.17** En el caso de instalaciones de tipo doméstico (incluyendo edificios), comercial e industrial, las tuberías pueden estar enterradas en patios y jardines. La tubería no deberá tener golpes o daños.

**7.2.17.1** Para las instalaciones comerciales e industriales donde preceda una Estación de regulación y medición, la tubería enterrada deberá contar con cinta de precaución a 20 cm a lomo de tubo.

**7.2.18** Se debe efectuar una transición de polietileno a metal antes de la penetración a cualquier construcción cerrada, y cualquier parte de la tubería expuesta al exterior debe estar protegida contra daños mecánicos.

**7.2.19** La tubería visible se debe pintar en su totalidad en color amarillo, para el caso de los tubos multicapa CPVC-AL-CPVC y PE-AL-PE será suficiente que sean de color amarillo en su parte exterior o que tengan por lo menos tres franjas amarillas, y que de esta forma cumplan con lo especificado en la NMX-X-021-SCFI-2007 y NMX-X-044-SCFI-2008. Para el caso de instalaciones residenciales es opcional pintar las tuberías de color amarillo.

**7.2.20** La tubería, conexiones, accesorios y componentes de acero de la instalación de aprovechamiento que estén enterrados, se deben proteger contra la corrosión de acuerdo con lo establecido en el Apéndice I, de esta Norma.

### **7.3 Conexiones y accesorios**

**7.3.1** El abocinado y conexiones con sistema de unión a presión debe realizarse con herramienta adecuado para tal fin y, sólo es permisible en tubería de cobre y multicapa.

**7.3.2** Las uniones entre válvulas de control y equipos de consumo deben realizarse mediante conectores rígidos o flexibles. En caso de los conectores flexibles, éstos no deben exceder una longitud de 1,5 m.

**7.3.3** Queda prohibido el uso de mangueras para unir tramos de tubería.

### **7.4 Dobleces**

**7.4.1** En tubería de acero y cobre rígido no se permite realizar dobleces.

**7.4.2** En tubería de cobre flexible, polietileno y multicapa PE-AL-PE los dobleces no deben presentar daño mecánico visible y su radio de curvatura mínimo deberá ser de 5 veces el diámetro exterior del tubo. Sólo se permiten dobleces con un ángulo mayor de 45° cuando la tubería se encuentre soportada en toda la extensión del dobléz por una superficie plana o, con tubería de cobre flexible, cuando se utilicen para conectar un aparato de consumo de gas.

**7.4.3** En todos los casos, el dobléz debe realizarse sin aplicación de fuentes térmicas a la tubería y realizarse con herramienta adecuado para tal fin.

### **7.5 Sujeciones**

**7.5.1** Las tuberías no enterradas ni ahogadas deben estar soportadas por seguridad y en el caso de tuberías metálicas se deben aislar de los dispositivos de sujeción por medio de una pieza aislante entre las abrazaderas, soportes o grapas y la tubería.

**7.5.3** Los dispositivos de sujeción de las tuberías pueden ser abrazaderas, soportes o grapas, que por sí mismas no dañen las tuberías, y deben estar espaciados para prevenir o amortiguar vibración excesiva.

**7.5.4** El espaciamiento entre dispositivos de sujeción para tuberías con trayectos horizontales no debe exceder los valores indicados en la tabla siguiente, al menos que se justifique técnicamente lo contrario.

**Espaciamiento máximo entre soportes**

<b>Diámetro nominal, mm (Pulgada)</b>	<b>Espaciamiento, m</b>
12.7 (1/2)	1,2
15.9 (5/8) y 19 (3/4)	1,8
25 (1) y mayores	2,4

**7.5.5** El espaciamiento entre dispositivos de sujeción para tuberías con trayectos verticales hasta 25 mm (1 pulgada) de diámetro, requieren de un punto de sujeción por piso. Para diámetros superiores a 25 mm (1 pulgada) bastara con dos soportes por piso.

La tubería debe estar anclada para evitar esfuerzos indebidos en los equipos de consumo que tenga conectados y no debe estar soportada por otra tubería.

**7.5.6** Las abrazaderas, soportes o grapas deben ser instalados de manera que no interfieran con la expansión y contracción de la tubería entre anclas.

**7.6** Criterios de ventilación en espacios donde se instalen equipos de consumo.

**7.6.1** Todo equipo de consumo de gas se debe localizar en forma tal que se tenga fácil acceso al mismo y a sus válvulas de control, además de cuidar que las corrientes de aire no apaguen los pilotos o quemadores.

**7.6.2** Los equipos de consumo instalados dentro de recintos o cuartos cerrados se deben ubicar en sitios que dispongan de una ventilación adecuada, tanto en la parte inferior como en la superior de la construcción, que dé directamente al exterior, patio o ducto de ventilación.

**7.6.3** La superficie libre de ventilación del recinto donde se ubiquen equipos de consumo de gas de circuito abierto corresponderá a lo establecido en la siguiente tabla:

Potencia total de equipos de consumo instalados en el recinto cerrado	Área total mínima de ventilación directa al exterior (cm <sup>2</sup> )	Número de aberturas de ventilación
Menos de 16 kW	125	1 abertura de ventilación ubicada en la parte superior del recinto
De 16 a 25 kW	125	2 aberturas de ventilación ubicadas una en la parte inferior y otra en la parte superior del recinto
Mayor de 25 kW	Potencia (kW) x 5	2 aberturas de ventilación ubicadas una en la parte inferior y otra en la parte superior del recinto

Nota: 1 m<sup>3</sup> de gas natural equivale aproximadamente a 10 kW.

**7.6.3.1** Las superficies indicadas en el numeral anterior podrán ser establecidas por la suma de la ventilación superior e inferior (cuando existan ambas) pero ninguna de ellas tendrá una superficie inferior a 50 cm<sup>2</sup>.

**7.6.3.2** Para un usuario doméstico la ventilación podrá ser de forma indirecta si el recinto donde se instalan los equipos de consumo está permanentemente comunicado con otro recinto que cuente con ventilación directa al exterior que cumpla las dimensiones establecidas en 7.6.3.

**7.6.3.3** Es responsabilidad del usuario de la instalación, en todo momento, mantener las condiciones mínimas de ventilación establecidas en la presente norma, a efectos del correcto funcionamiento de los aparatos y equipos de consumo de acuerdo a sus especificaciones.

**7.6.4** Los calefactores instalados en recámaras o dormitorios deben de contar con un sistema que permita desalojar al exterior los gases producto de la combustión. No se permite la instalación de calentadores en nichos o recintos cerrados, al menos que esté diseñado para tal fin. El recinto deberá contar en la parte superior con venteo a la atmósfera. Los calefactores instalados en recámaras o dormitorios deben contar con cámara de combustión estanca y contar con un sistema que permita desalojar al exterior los gases producto de la combustión. Los calentadores de ambiente de cualquier tipo deben contar con dispositivo de seguridad de corte total de flama y piloto, que actúe cuando éste se apague accidentalmente.

**7.6.5** Todos los calentadores de agua, calderetas, secadoras o cualquier otro equipo de consumo o sistema de consumo, ubicados dentro de cuartos cerrados deberán tener chimeneas o tiro inducido que desaloje al exterior los gases producto de la combustión de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Se prohíbe instalar calentadores de agua o secadoras dentro de cuartos de baño, recámaras y dormitorios.

**7.6.6** Para los equipos de consumo de uso comercial e industrial que se instalen en recintos cerrados (nichos, cuartos de máquinas, cocinas industriales, entre otros), se debe instalar una chimenea con tiro directo, inducido o forzado hasta el exterior, para desalojar los gases producto de la combustión y proveer los medios adecuados que permitan la entrada permanente de aire del exterior, en cantidad suficiente para que el funcionamiento del quemador sea eficiente de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

**7.6.7** Se pueden utilizar detectores de gas que indiquen la presencia de fuga por medio de una señal sonora, éstos pueden ser con señal para el cierre automático de la alimentación de equipos de consumo o línea principal.

## 8. Soldadura

**8.1** Soldadura en tuberías de acero. Esta sección establece los requisitos mínimos para soldaduras en tuberías de acero. Es aplicable también a la soldadura cuando se utiliza el procedimiento de unir dos tubos, conocido como doble junta, así como en los componentes de la tubería.

**8.2** Requisitos generales. La soldadura debe ser realizada por un soldador calificado utilizando procedimientos calificados. Ambos, los soldadores y los procedimientos, deben cumplir además los requerimientos de esta sección. Para calificar el procedimiento de soldadura, la calidad de la soldadura deberá determinarse por pruebas destructivas.

**8.2.1.** Los procedimientos de soldadura aplicados a una instalación de aprovechamiento se deben conservar, e incluir los resultados de las pruebas de calificación de soldadura.

**8.3** Calificación del procedimiento de soldadura. Antes de que se realicen las soldaduras de campo en una tubería de acero se debe contar con un procedimiento de soldadura calificado de acuerdo con lo establecido con la Normas Aplicables. La calificación del procedimiento debe efectuarla un inspector de soldadura calificado. El procedimiento de soldadura y el reporte de su calificación deberán estar disponibles para referencia o consulta cuando la unidad de verificación lo solicite.

**8.4** Procedimiento de soldadura. El procedimiento debe contar con alcances y limitaciones definidas para cada aplicación.

**8.5** Calificación de soldadores. Los soldadores serán calificados de acuerdo con las Normas Aplicables.

**8.6** Juntas a inglete. Las juntas a inglete deben presentar las características siguientes:

- a) No se permiten juntas a inglete en tuberías que operen al 30% (treinta por ciento) de la Resistencia Mínima a la Cedencia (RMC) o más con un ángulo mayor de 3° (tres grados).
- b) Una junta a inglete en tubos de acero que van a ser operados a presiones que provocan esfuerzos tangenciales menores de 30% (treinta por ciento), pero mayores de 10% (diez por ciento) de la RMC, no debe desviar o deflexionar el tubo más de 12.5° (doce punto cinco grados). La distancia entre soldaduras de inglete debe ser igual o mayor a un diámetro de la tubería que se va a soldar, y
- c) No se debe desviar o deflexionar el tubo más de 90° (noventa grados) en una unión a inglete en una tubería de acero que va a operar a presiones que provocan esfuerzos tangenciales iguales o menores al 10% (diez por ciento) de la RMC.

**8.7** Preparación para soldar. Antes de iniciar cualquier proceso de soldadura, las superficies a soldar deben estar limpias y libres de cualquier material que pueda afectar la calidad de la soldadura. La tubería y sus componentes deben estar alineados para proporcionar las condiciones más favorables para la deposición de la soldadura en la raíz del área a soldar. Dicha alineación se debe conservar mientras la soldadura de fondeo está siendo depositada.

**8.7.1** Los requerimientos de pre y poscalentamiento de la tubería se deben establecer con base en sus propiedades mecánicas y metalúrgicas, los cuales deberán estar incluidos en el procedimiento de soldadura correspondiente.

**8.8** Inspección y prueba de soldaduras. Se debe realizar una inspección visual de la soldadura para asegurar que se aplique de acuerdo con el procedimiento mencionado en el numeral 8.4 y que sea aceptable de acuerdo con el numeral 8.8.1. Asimismo, las soldaduras en una tubería que va a operar a una presión que ocasione esfuerzos tangenciales iguales o mayores al 20% (veinte por ciento) de la RMC, se deben probar no destructivamente de acuerdo con el numeral 8.9.

**8.8.1** Criterios de aceptación o rechazo de una soldadura. Los criterios de aceptación o rechazo de una soldadura visualmente inspeccionada o inspeccionada con cualquier método de prueba no destructiva, se determinarán de acuerdo a lo establecido en las Normas Aplicables.

**8.9** Pruebas no destructivas. Para las pruebas no destructivas a soldaduras se permite utilizar los métodos radiográficos, por ultrasonido, líquidos penetrantes, partículas magnéticas o cualquier otro método que indique con precisión y claridad las discontinuidades y/o los defectos en la soldadura, que pueden afectar la integridad de la misma de acuerdo a lo establecido en las Normas Aplicables.

**8.10** Cuando se utilicen métodos radiográficos, todas las soldaduras de campo, tanto en línea regular como en obras especiales, empates y doble junta, se deben radiografiar al 100% con la técnica de inspección de pared sencilla en ductos de 203.20 mm (8 pulgadas) de diámetro y mayores, y con la técnica de doble pared sólo cuando no sea posible aplicar la técnica de pared sencilla.

**8.11** Archivo de las pruebas. Se debe conservar en archivo, durante un periodo de cinco años, un registro histórico de los resultados de las pruebas no destructivas de todas las soldaduras, que incluya entre otros: la

calificación de los procedimientos y probetas de soldadura, la calificación de los soldadores y los reportes radiográficos.

**8.12** Reparación o remoción de defectos. Las soldaduras que sean rechazadas de acuerdo con el punto 8.8.1, se deben reparar o remover.

**8.12.1** En soldadura reparada se debe remover el defecto de raíz. Después de repararse una soldadura, se debe inspeccionar no destructivamente utilizando el mismo método que la inspección original para asegurar su aceptabilidad y adicionalmente se podrán efectuar otras pruebas no destructivas.

**8.12.2** La reparación de una soldadura rechazada, se debe realizar de acuerdo con los procedimientos de reparación de soldadura aprobados.

**8.13** Las uniones en cobre rígido deben ser soldadas por capilaridad con soldadura de punto de fusión no menor a 513 °K.

**8.14** Conexiones y accesorios para tuberías Multicapa CPVC-AL-CPVC.

**8.14.1** Las conexiones y accesorios para tuberías Multicapa CPVC-AL-CPVC deben cumplir con la norma NMX-X-044-SCFI-2008.

**8.15** Las uniones de tubería de polietileno se deben hacer por termofusión, electrofusión o medios mecánicos de acuerdo con las Normas aplicables según corresponda. No está permitido aplicar calor con flama directa.

**8.15.1** Las conexiones de transición pueden ser soldables, a compresión o bridadas, pero deben tener compatibilidad mecánica. No está permitido unir tubería de polietileno con conexiones roscadas.

**8.16** El personal que realice uniones en tuberías y conexiones de polietileno, multicapa (PE-AL-PE), policloruromulticapa (CPVC-AL-CPVC), galvanizado, al carbón, inoxidable liso o corrugado y cobre, deberán de demostrar su capacidad y experiencia técnica en este campo a través de un certificado otorgado por un organismo o empresa con capacidad técnica en la materia.

**8.17** Las uniones de tubería de poliamida sin plastificante se debe hacer por termofusión, electrofusión o medios mecánicos de acuerdo con las Normas aplicables. No está permitido aplicar calor con flama directa.

**8.18** Las uniones de tubería de acero liso o corrugado se deben hacer de acuerdo con las Normas aplicables.

## 9. Prueba de hermeticidad

**9.1** La prueba de hermeticidad debe realizarse a las instalaciones de aprovechamiento desde la salida del medidor o de la estación de regulación y medición hasta las válvulas de seccionamiento anterior a cada uno de los equipos de consumo. En caso de ampliaciones y/o modificaciones a las instalaciones de aprovechamiento, la prueba de hermeticidad debe acotarse a dicha ampliación y/o modificación.

**9.2** La prueba de hermeticidad deberá realizarse con agua, aire o gas inerte.

**9.3** En la realización de la prueba de hermeticidad a instalaciones de aprovechamiento, se debe observar lo siguiente:

**Cuadro 5.- Pruebas de hermeticidad.**

Presión de trabajo de las instalaciones de aprovechamiento	Presión de prueba	Tiempo	Instrumento
Hasta 2,5 kPa (0,36 psi)	valor mínimo 50 kPa	10 min	Manómetro de Bourdon con precisión $\pm$ 10% del valor de la presión de prueba y rango máximo de 2 (dos) veces el valor de la prueba.  Columna de mercurio, cuya calibración será única.
Superior a 2,5 kPa (0,36 psi)	1,5 (uno punto cinco) veces la presión de	30 min	Manómetro de Bourdon con precisión $\pm$ 10% del valor de la presión de prueba y rango máximo de

y hasta 50 kPa (7.25 psi)	operación, siendo el valor mínimo 50 kPa		2 (dos) veces el valor de la prueba. Columna de mercurio, cuya calibración será única.
Superior a 50 kPa (7,25 psi) y hasta 689 kPa (99,9 psi)	1,5 (uno punto cinco) veces la presión de trabajo	8 horas	Registro gráfico o digital y se debe considerar la variación de la temperatura al inicio y final de la prueba (PV= nRT).
Superior a 689 kPa (100 psi).	1,5 (uno punto cinco) veces la presión de trabajo	24 horas	Registro gráfico o digital y se debe considerar la variación de la temperatura al inicio y final de la prueba (PV= nRT).

**9.4** La instalación de aprovechamiento debe ser purgada antes de ponerla en servicio para expulsar el fluido utilizado en la prueba de hermeticidad.

**9.5** En caso que las reparaciones consistan en el reemplazo de un tramo de tubería o cambio de accesorio, se debe realizar una prueba de hermeticidad con jabonadura en las uniones y/o empates correspondientes a la presión de operación. Sólo el Distribuidor puede realizar estas pruebas con gas natural, además que también se podrá realizar esta comprobación siempre y cuando no exista una desconexión previa de algún equipo o accesorio de la instalación.

**9.6** Las pruebas de hermeticidad que se realicen a instalaciones que operen con una presión de trabajo igual o superior a 400 kPa deberán ser atestiguadas por una UV.

**9.7** Para instalaciones de aprovechamiento tipo industrial que se encuentren en operación, se debe realizar una prueba para la detección de fugas (en las uniones, bridas, accesorios o cualquier otro componente de la instalación), a la presión de operación, mediante un instrumento para detección de fugas. En estos casos dicha prueba sustituye a la prueba de hermeticidad.

## **10. Puesta en servicio**

**10.1** Se deberá de comprobar la hermeticidad de la instalación de aprovechamiento una vez puesta en gas, mediante un monitoreo de fugas, utilizando instrumentos adecuados de detección o soluciones tenso activas que forme burbujas, entre otras, agua jabonosa. La solución utilizada no debe dañar ni debe dejar residuos que posteriormente puedan producir corrosión en los materiales de la instalación probada.

**10.2** Se deberá monitorear que los aparatos existentes sean apropiados para uso de gas natural, y que presenten adecuada combustión.

**10.3** Se deberá de realizar el monitoreo para detección de fugas en la conexión del medidor o la estación de regulación y medición con la propia instalación de aprovechamiento, utilizando instrumentos adecuados de detección o soluciones tenso activas.

## **11. Reparaciones, ampliaciones y/o modificaciones en las instalaciones de aprovechamiento e instalación de equipos de consumo adicionales**

**11.1** Se considera que una instalación de aprovechamiento ha sido modificada o ampliada cuando: se realiza la conversión de consumo de cualquier otro combustible a gas natural; se modifica su diseño o especificación original, o se reemplaza total o parcialmente la instalación de aprovechamiento.

**11.2** La sustitución de materiales y accesorios en las reparaciones o modificaciones de las instalaciones de aprovechamiento deben cumplir con los numerales 6 y 7 de esta Norma.

**11.3** Las ampliaciones a las instalaciones de aprovechamiento deben cumplir con los numerales 5, 6, 7, 8, 9 y lo aplicable del numeral 10 de esta Norma.

**11.4** La instalación posterior de equipos o aparatos de consumo debe cumplir con el numeral 10.2.

**11.5** Antes de proceder a soldar o cortar la tubería se deben cerrar todas las válvulas de suministro, purgar con aire o gas inerte la línea, así como ventilar el área de trabajo;

**11.6** En caso de requerirse corte y/o soldadura en la tubería de acero, éste se debe hacer con equipo mecánico, se debe aterrizar la tubería en ambos lados del corte, se debe asegurar que no exista una mezcla explosiva en el área de trabajo utilizando el equipo de detección adecuado y, en caso de tener sistema de protección catódica mediante corriente impresa, se debe desconectar la fuente de corriente antes de realizar algún corte y/o soldadura. Tratándose de tuberías de no metálicas se debe prever la eliminación de corrientes estáticas;

**11.7** Se pueden realizar trabajos en línea viva para la supresión y reparación de fugas, si se cuenta con personal calificado, procedimientos y equipo diseñado para este fin.

## **12. Reconversiones de instalaciones de aprovechamiento de gas L.P. a gas natural**

**12.1** Las ampliaciones o modificaciones necesarias para acoplar la instalación de aprovechamiento actual con el medidor o estación de regulación deben cumplir con los numerales 6 y 7 de esta Norma.

**12.3** Una vez reconfigurada la instalación de aprovechamiento, deberá someterse a una prueba de hermeticidad conforme al numeral 9 de esta Norma.

**12.4** La puesta en servicio de gas de la instalación de aprovechamiento debe cumplir con el numeral 10 de esta Norma.

**12.5** Para las instalaciones de aprovechamiento con presión de trabajo superior a 50 kPa, debe cumplirse con el numeral 5 de esta Norma.

## **13 Reactivación y desactivación de tubería**

**13.1** Reactivación de tuberías: En el proceso de reactivación de tuberías, se deben tomar las medidas siguientes:

- a) Antes de la reactivación de una tubería que ha estado fuera de servicio se debe llevar a cabo una evaluación de ingeniería, misma que debe considerar el historial de diseño, construcción, operación, mantenimiento y seguridad. Cuando la información anterior no se encuentre disponible o en malas condiciones para su interpretación, se deben realizar las pruebas e inspecciones necesarias. Entre éstas se encuentran la medición de espesores, pruebas de presión, inspección de la protección catódica y en su caso excavaciones para verificar el estado del recubrimiento, entre otras.
- b) Para determinar si dicha tubería es viable para su entrada en operación, cumplimiento con lo establecido en esta Norma, se debe de realizar una prueba de hermeticidad de acuerdo al numeral 9.3 de esta Norma para determinar si dicha tubería es operativamente viable para entrar en servicio.
- c) Si la evaluación de la tubería indica que no es viable para su entrada en operación, se deben implementar las medidas correctivas que sean necesarias para su reactivación cumplimiento con lo establecido en esta Norma.
- d) La puesta en servicio de gas de la instalación reactivada debe cumplir con el numeral 10 de esta Norma.

**13.2** Desactivación de tubería: En los procesos de desactivación de tuberías, se deberán tomar las medidas siguientes:

- a) Cuando se desactive una tubería, debe ser desconectar de todas las fuentes de suministro de gas y purgarse.
- b) El purgado de tubería puede realizarse con gas inerte o si se utiliza aire para purgado, se debe asegurar que no esté presente una mezcla explosiva después del purgado, y
- c) La tubería, una vez purgada, debe estar físicamente separada de toda la fuente de suministro de gas y de cualquier otro servicio, y debe taponar haciendo un sello efectivo usando bridas ciegas, cabezas soldadas, comales o el accesorio que se considere apropiado.

## **14. Operación, mantenimiento y seguridad de las instalaciones de aprovechamiento**

**14.1** Las instalaciones de aprovechamiento deben ser objeto de las siguientes actividades de operación, mantenimiento y seguridad:

### **14.1.1** Instalaciones que operan a una presión de hasta 50 kPa (7,25 psi)

- a) Monitorear las fugas de gas natural a la presión de operación al menos una vez al año. Cuando se presuma la existencia de fuga o se detecte olor a gas revisar de inmediato y en su caso, eliminar las fugas.
- b) Constatar que la instalación de aprovechamiento mantenga las condiciones indicadas en el numeral 7.1 al 7.5.
- c) Constatar que los equipos de consumo mantengan las condiciones indicadas en el numeral 7.6.1 al 7.6.4.

### **14.1.2** Instalaciones que operan a una presión superior a 50 kPa (7,25 psi)

- a) Monitorear las fugas de gas natural a la presión de operación al menos dos veces al año. Cuando se presuma la existencia de fuga o se detecte olor a gas revisar de inmediato y en su caso, eliminar las fugas.
- b) Constatar que la instalación de aprovechamiento mantenga las condiciones indicadas en el numeral 7.1 al 7.5.
- c) Constatar que los equipos de consumo mantengan las condiciones indicadas en el numeral 7.6.6
- d) En las instalaciones de aprovechamiento que tengan un sistema de protección catódica mediante ánodo de sacrificio o corriente impresa, se debe mantener las condiciones de operación y mantenimiento, conforme al Apéndice I.- Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas de esta Norma

**14.2** En el caso de instalaciones de aprovechamiento de tipo comercial e industrial, las actividades de operación, mantenimiento y seguridad anteriormente descritas, se deberán realizar conforme a la periodicidad prevista en el numeral 15.3.6.4.

**14.3** Las instalaciones de aprovechamiento tipo industrial deben contar con un manual de operación, mantenimiento y seguridad en el que se describan detalladamente los procedimientos, indicando las frecuencias, el personal involucrado y el equipo a utilizar para realizar dichas actividades. Este manual debe estar disponible a la autoridad competente y en los lugares donde se realicen las actividades de operación y mantenimiento, en electrónico o impreso, y mantenerse actualizado tomando en cuenta la memoria técnico-descriptiva mencionada en el numeral 5.1.

**14.3.1** El manual debe incluir los procedimientos que garanticen que las actividades de operación y mantenimiento y se realicen de manera segura, y debe contener, como mínimo lo siguiente:

- a) Descripción de los procedimientos de operación y mantenimiento de la instalación durante la puesta en operación, operación normal, operaciones anormales, paro y emergencia;
- b) Identificación de las instalaciones que presenten el mayor riesgo;
- c) Programa de inspecciones periódicas para asegurar que la instalación cumple con las condiciones vigentes de operación, mantenimiento y seguridad. Para el caso de modificaciones a la instalación original, el programa de inspección deberá incluir el cumplimiento de las condiciones vigentes de diseño y construcción.
- d) Registro de los resultados de las inspecciones y pruebas realizadas a la instalación de aprovechamiento (bitácora de operación y mantenimiento),
- e) Programa y registro de capacitación al personal que ejecuta las actividades de operación, mantenimiento y seguridad de la instalación de aprovechamiento.

**14.4** La instalación de aprovechamiento tipo industrial debe contar con el programa de mantenimiento anual, para desarrollar las actividades operación, mantenimiento y seguridad.

**14.5** Como resultado de la aplicación del programa mencionado en el numeral 14.4, se deberán generar los registros relativos a la inspección y mantenimiento, en su caso de las reparaciones que se hayan realizado.

**14.6** El programa de prevención de accidentes. Las instalaciones de aprovechamiento tipo industrial deben contar con un programa de prevención de accidentes en el que se establecerán, las medidas para mitigar los riesgos a que está expuesta la instalación.

**14.7** Para el caso específico de la operación y mantenimiento de instalaciones industriales se deberá realizar una detección de fugas en el tren de control y regulación del equipo de consumo a la presión de operación de acuerdo a lo indicado en el numeral 9.7 de esta norma.

## **15. Procedimiento para la evaluación de la conformidad**

### **15.1. Objetivo y alcance**

El presente Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad (PEC) tiene por objeto establecer la metodología para determinar el grado de cumplimiento de las instalaciones de aprovechamiento de gas natural con esta Norma Oficial Mexicana. Este procedimiento comprende la revisión de información documental y la verificación en campo de las instalaciones de aprovechamiento de gas natural nuevas, modificadas y/o reparadas, ampliaciones y reconversiones de instalaciones de aprovechamiento de gas L.P. a gas natural.

En cualquier caso, y para los casos que señala la misma, el único que puede verificar el cumplimiento de esta Norma es la autoridad competente o una unidad de verificación acreditada y aprobada en términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

### **15.2. Definiciones**

Para efectos del presente PEC, se establecen las siguientes definiciones:

**15.2.1 Acta circunstanciada:** Documento emitido por la UV o la Comisión en cada una de las visitas de verificación realizadas, en el cual se hará constar los hechos ocurridos durante el proceso de verificación.

**15.2.2 Dictamen de verificación:** Documento que emite la UV mediante el cual acredita el grado de cumplimiento de las instalaciones de aprovechamiento con esta Norma Oficial Mexicana.

**15.2.3 Programa de verificación:** En éste se establecen las fechas en que se deben realizar las actividades para constatar el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana, así como los recursos materiales y humanos que se emplearán para cada actividad.

**15.2.4 Reporte de verificación:** Reporte técnico emitido por la UV que sustenta al dictamen, debe especificar el nombre del propietario y/o usuario de las instalaciones de aprovechamiento, describir la documentación y evidencias utilizadas en el proceso de verificación que sustente el grado de cumplimiento con esta Norma Oficial Mexicana. Adicionalmente, debe especificar cómo se solventaron las observaciones o no conformidades que, en su caso, se hayan identificado a lo largo del proceso de verificación.

**15.2.5 Verificación:** La constatación ocular o comprobación mediante muestreo, medición, pruebas de laboratorio o documentales que se realizan para evaluar la conformidad con esta Norma Oficial Mexicana en un momento determinado.

**15.2.6 LFMN:** La Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

**15.2.7 Procedimiento para la evaluación de la conformidad (PEC):** La metodología establecida en este documento para realizar la evaluación de la conformidad con esta Norma.

**15.2.8 Registro:** El documento que provee evidencia objetiva de las actividades ejecutadas de diseño, materiales, construcción, modificaciones, pruebas, operación, mantenimiento y seguridad y los resultados obtenidos.

### **15.3. Disposiciones generales**

#### **15.3.1 Programa de Verificación:**

La Comisión, el propietario o usuario de la instalación de aprovechamiento podrán solicitar la evaluación de la conformidad con esta Norma Oficial Mexicana cuando lo requieran para dar cumplimiento a las disposiciones legales, por seguridad o para otros fines de su propio interés o competencia.

Para evaluar el cumplimiento de la instalación con lo dispuesto en esta Norma, la UV debe realizar visitas de verificación en los términos de la LFMN y su Reglamento.

La UV y el propietario y/o usuario de las instalaciones de aprovechamiento de gas natural deben definir un Programa de verificación que muestre las actividades y periodos en que se efectuará la verificación. Dicho programa debe establecer el alcance, el cual deberá incluir el cumplimiento con los requisitos establecidos en esta Norma Oficial Mexicana mediante verificación documental e inspección en campo y pruebas que, en su caso, se realicen.

Excepto cuando la verificación sea requerida por la Comisión y ésta determine dichos términos y condiciones, se deberá observar lo indicado en el párrafo anterior.

#### **15.3.2 Inspección en campo.**

**15.3.2.1** El desarrollo de la verificación en instalaciones industriales nuevas debe realizarse durante el proceso de la construcción hasta la puesta en servicio.

Para el caso de las instalaciones comerciales y de tipo doméstico hasta 55 Gcal/año, la verificación debe realizarse de acuerdo con la muestra obtenida de la aplicación de la Norma Mexicana NMX-Z-012-1987. En el caso de instalaciones de tipo doméstico y comercial cuyo consumo sea mayor a 55 Gcal/año, la verificación debe ser realizada durante la construcción de la instalación de aprovechamiento. En el caso de operación y mantenimiento se debe realizar una visita de campo a las instalaciones de tipo comercial e industrial.

**15.3.2.2** En el caso de instalaciones tipo doméstico y tipo comercial, estas últimas con consumo de hasta 55 Gcal/año, la verificación puede realizarse por muestreo siempre y cuando se trate de instalaciones nuevas y homogéneas en sus componentes y construcción, para lo cual se debe considerar el universo y determinar la muestra en base a la Norma Mexicana NMX-Z-012-1987 Muestreo para la inspección por atributos, para una inspección normal, o en base a aquella que la sustituya. El dictamen de verificación acreditará el cumplimiento del universo de las instalaciones y deberá integrar una relación de cada una de las instalaciones que ampara. Adicionalmente, se deberá observar lo siguiente:

- a) El lote debe indicar el total de viviendas y su ubicación (fraccionamiento, frente de trabajo, proyecto, colonia, entre otros).
- b) El periodo de tiempo para definir los lotes será como máximo de tres meses.
- c) Los lotes deben estar constituidos por instalaciones a las que se les vaya a realizar el mismo tipo de verificación (entrada en operación, periódica, ampliación, conversión).
- d) La UV debe seleccionar, en forma aleatoria, una muestra acorde al tamaño del lote para realizar la verificación de acuerdo con un nivel de inspección normal.
- e) Para determinar la muestra deben considerarse los siguientes atributos: El contratista, prototipos, materiales y presión de operación.

- f) La aceptación o rechazo de un lote se determina según lo indicado en la Norma Mexicana NMX-Z-012-1987, para una inspección normal, o en aquella que la sustituya.
- g) El resultado (aceptado/rechazado) obtenido para la muestra, aplica para todo el universo considerado.
- h) En caso que la muestra sea rechazada en su modalidad de inspección normal, se puede establecer de inmediato la inspección siguiente más estricta y rigurosa y, según los nuevos resultados, siguiendo las indicaciones de la Norma Mexicana NMX-Z-012-1987, o de aquella que la sustituya.

**15.3.2.3** En cada visita de verificación la UV deberá levantar un Acta circunstanciada en términos de lo establecido en la LFMN y su Reglamento.

**15.3.2.4** El propietario y/o usuario de las instalaciones de aprovechamiento debe proporcionar a la UV los documentos y la información de soporte relativa a cada una de las fases de desarrollo de las instalaciones de aprovechamiento para que se evalúe la conformidad con esta Norma Oficial Mexicana.

**15.3.2.5** El propietario y/o usuario de las instalaciones de aprovechamiento puede presentar los comentarios que estime pertinentes y ofrecer pruebas a la UV durante la visita de verificación, o dentro de los siguientes cinco días hábiles al cierre del Acta circunstanciada, con el propósito que el usuario y/o propietario de las instalaciones de aprovechamiento subsane las no conformidades y observaciones señaladas en dicha acta.

**15.3.2.6** En caso de persistir las observaciones o no conformidades, en su caso, la UV y el usuario y/o propietario de las instalaciones de aprovechamiento deberán acordar un programa para subsanarlas.

### **15.3.3 Verificación documental**

**15.3.3.1** La UV debe verificar que el propietario y/o usuario de las instalaciones de aprovechamiento cuente con la documentación siguiente, según el tipo de instalación para el dictamen que se vaya a emitir, con objeto de que ésta compruebe el cumplimiento con lo establecido en esta Norma Oficial Mexicana:

- a) La memoria técnico-descriptiva de la instalación de aprovechamiento.
- b) Los planos de detalle e isométricos de la instalación de aprovechamiento.
- c) Los procedimientos de construcción, soldadura, pruebas de hermeticidad y puesta en servicio de las instalaciones de aprovechamiento.
- d) El manual de operación, mantenimiento y seguridad en el que se describan detalladamente los procedimientos,
- e) Otra documentación complementaria como: materiales, componentes, pruebas pre-operativas, operativas de las instalaciones de aprovechamiento y/o equipos de consumo antes de su puesta en operación, y cualquier documentación requerida por esta Norma Oficial Mexicana.

**15.3.3.2** En aquellos aspectos de evaluación de la conformidad con esta Norma Oficial Mexicana que se relacionen con otra u otras Normas Oficiales Mexicanas, el usuario y/o propietario de las instalaciones de aprovechamiento deberá presentar a la UV los dictámenes vigentes de dichas normas, a fin de conocer su estado de cumplimiento.

**15.3.3.3** En conformidad con el artículo 52 de la LFMN, en las instalaciones a que se refiere esta Norma se deben utilizar materiales, componentes y equipos que cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas y/o Normas Mexicanas aplicables.

**15.3.3.4** Los materiales, componentes y equipos utilizados en las instalaciones sujetos al cumplimiento señalado en el párrafo anterior deben contar con un certificado obtenido de conformidad con la LFMN.

**15.3.3.5** En caso de no existir Norma Oficial Mexicana o Norma Mexicana aplicable al material, componente o equipo de que se trate, la UV debe requerir el registro de cumplimiento con Normas internacionales y, en caso de no existir éstas, dicho producto debe cumplir con la normatividad y/o lineamientos internacionales, y a falta de éstas con las normas o códigos y/o estándares extranjeros aplicables. En el supuesto de no contar con las normas mencionadas, el material, componente o equipo debe cumplir con las normas del país de origen o a falta de éstas, con las especificaciones del fabricante.

### **15.3.4 Reporte de Verificación**

**14.3.4.1** La UV debe elaborar un reporte de verificación que contenga, al menos, la información siguiente:

- a) Objetivo, alcance, descripción de la instalación de aprovechamiento o sección de ésta a verificar;
- b) Actas circunstanciadas generadas durante las diferentes etapas de la verificación en campo y documental;
- c) Resultado de las inspecciones y pruebas que se aplicaron, así como los documentos que las soporten;
- d) Métodos y procedimientos aplicados para inspecciones y pruebas, así como los instrumentos, equipos y dispositivos utilizados en su aplicación;
- e) Verificación hecha mediante inspección ocular;
- f) Anexos (planos y memorias técnico-descriptivas, no conformidades y observaciones, así como la manera en que fueron solventadas, pruebas, reporte fotográfico y tablas).

### 15.3.5 Dictamen

**15.3.5.1** La UV, con base en las Actas circunstanciadas y el Reporte de verificación, los cuales deberán contener la descripción de la información documental recabada, visitas de verificación practicadas, entrevistas realizadas, atestiguamientos o circunstancias observadas y a través de la revisión y análisis de todos éstos, debe elaborar el Dictamen, el cual podrá ser aprobatorio o no aprobatorio. El Dictamen deberá contener la información siguiente:

- a) Los datos de la UV, del usuario y/o propietario o solicitante, periodo de verificación, tipo de dictamen, fecha de expedición, así como nombre y firma del gerente técnico o máxima autoridad o representante legal del centro de trabajo y verificador.
- b) Cuando se detecte una o más no conformidades y éstas no sean solventadas después de concluida la verificación, la UV deberá expedir un dictamen no aprobatorio.
- c) En caso de la expedición de dictámenes no aprobatorios, la UV deberá integrar en el Reporte de verificación correspondiente el programa que implementará el propietario y/o usuario con las acciones para solventar las no conformidades.

**15.3.5.2** La UV debe entregar el original y copia del Dictamen de verificación al propietario o usuario de la instalación de aprovechamiento que se trate. El propietario o usuario de la instalación de aprovechamiento debe conservar el original del Dictamen de verificación para los efectos legales que correspondan en los términos de la legislación aplicable.

**15.3.5.3** Los gastos que se originen por los servicios de verificación serán a cargo del propietario o usuario de la instalación, en conformidad con el artículo 91 de la LFMN.

**15.3.5.4** Tratándose de instalaciones de aprovechamiento dictaminadas con base en lo establecido en la disposición 15.3.2.2 de esta Norma, el dictamen de verificación y/o informe debe ser entregado en copia a cada usuario y/o propietario de cada instalación.

**15.3.5.5** En el caso de las instalaciones de aprovechamiento tipos comercial e industrial, se debe emitir un dictamen de verificación y/o informe para cada verificación realizada y deberá ser entregado en original al usuario o propietario de la instalación de aprovechamiento.

**15.3.6** Los tipos, la periodicidad de las verificaciones y los dictámenes técnicos que deben emitirse, relativos a las instalaciones de aprovechamiento, son los siguientes:

**15.3.6.1** Dictamen de inicio de operaciones. Deberá amparar la verificación para la entrada en operación de instalaciones de aprovechamiento nuevas o en uso que hayan sido modificadas o ampliadas, para lo que se deberá cumplir con lo siguiente:

- a) La verificación debe abarcar la evaluación del cumplimiento con las disposiciones establecidas en los capítulos 5, 6, 7, 8 y 9 de esta Norma.
- b) En caso de que el proceso constructivo de la instalación de aprovechamiento lo permita, la verificación deberá abarcar el numeral 10 de esta Norma. En caso contrario, la UV deberá manifestar las razones en el Reporte correspondiente.
- c) En caso de instalaciones de aprovechamiento tipo industrial, además de lo señalado en el inciso a) de la presente disposición, la verificación deberá incluir lo referente a los incisos a), b), c) y e) de la disposición 14.3.1. de esta Norma.
- d) En el caso de instalaciones de aprovechamiento tipo industrial y comercial con consumo superior a 55 Gcal/año, el dictamen se deberá obtener previo a la puesta en operación de la instalación de aprovechamiento, ya sea nueva o en uso cuando haya sido modificada o ampliada.

**15.3.6.2** Dictamen de reconversión de instalaciones de aprovechamiento de gas L.P. a gas natural. La verificación deberá abarcar la evaluación del cumplimiento con las disposiciones establecidas en el capítulo 12 de esta Norma.

**15.3.6.3** Dictamen de operación, mantenimiento y seguridad. La verificación deberá abarcar la evaluación del cumplimiento de las instalaciones de aprovechamiento tipo industrial, comercial y residencial, con las disposiciones contenidas en capítulo 14 de esta Norma. La periodicidad con que se debe verificar la operación, mantenimiento y seguridad de las instalaciones de aprovechamiento es la siguiente:

- a) Cada 5 años para instalaciones de aprovechamiento de tipo doméstico y comercial que tengan un consumo inferior o igual a 55 Gcal/año.
- b) Cada 2 años para instalaciones de aprovechamiento de tipo doméstico y comercial que tengan un consumo superior a 55 Gcal/año.
- c) Cada año para instalaciones de aprovechamiento de tipo industrial. **15.3.6.4** Dictamen de reactivación y desactivación. La verificación deberá abarcar la evaluación del cumplimiento de las instalaciones de aprovechamiento tipo industrial y comercial, estas últimas con un consumo superior a 55 Gcal/año, en lo conducente, con las disposiciones contenidas en el capítulo 13 de esta Norma Oficial Mexicana.

**15.3.7** Es obligación del propietario o usuario de la instalación de aprovechamiento presentar a las autoridades competentes, a la UV, al distribuidor o transportista encargado de proporcionarle el suministro de

gas natural, según sea el caso, el Dictamen de verificación aprobatorio de su instalación de aprovechamiento de acuerdo a los tipos y periodicidad de dichos dictámenes indicados en el presente capítulo.

### 15.3.8 Lista de verificación

La UV debe contar con la lista de verificación aprobada por la Comisión, que indique el elemento verificado, la disposición verificada, el criterio de aceptación/rechazo y su resultado.

### 16. Bibliografía

- NOM-007-SECRE-2010, Transporte de gas natural.
- NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida.
- NOM-022-SCFI-1993, Calentadores Instantáneos de Agua para Uso Doméstico, Gas Natural o Gas LP.
- NOM-027-SCFI-1993, Calentadores para Agua Tipo Almacenamiento a Base de Gases Licuados de Petróleo o Gas Natural.
- NMX-B-010-1986, Industria siderúrgica-Tubos de acero al carbono sin costura o soldados, negros o galvanizados por inmersión en caliente, para usos comunes.
- NMX-B-177-1990, Tubos de acero con o sin costura, negros y galvanizados por inmersión en caliente.
- NMX-B-179-1983, Productos siderúrgicos-Tubos de acero con o sin costura-Series dimensionales.
- NMX-X-004-1967, Conexiones utilizadas en las mangueras que se emplean en la conducción de gas natural y gas LP.
- NMX-X-031-SCFI-2005, Industria del gas-Válvulas de paso-Especificaciones y métodos de prueba.
- NMX-X-038-1970, Quemadores industriales Uso Gas LP y Natural.
- NMX-X-039-1972, Hornos Industriales que empleen Gas Natural, Gas LP o Gas Manufacturado como combustible.
- NMX-X-041-1983, Productos para manejo de gases y combustibles. Válvulas reguladoras de operación manual para quemadores de Gas LP y/o natural.
- NMX-X-049-1972, Calidad y funcionamiento para incineradores a base de gas.
- NMX-Z12-1/2-1987, Muestreo para la Inspección por Atributos. Partes 1 y 2.
- Blumenkron, Fernando, Gas natural, combustible ecológico Tomo III, Edición 1999.
- API 5L-2000, Specification for line pipe.
- API RP 5L1-1996, Recommended practice for railroad transportation of line pipe.
- Especificación API 6D "Especificación para Válvulas de Tubería (Válvulas de compuerta, de Flotador, de Paso y de Retención)" (1994).
- Estándar API 1104 "Soldadura de Tuberías e Instalaciones Relacionadas" (1999).
- Estándar API RP 521 "Guía para los sistemas de alivio de presión y despresurización"
- Estándar API RP 526 "Válvulas de alivio de presión al acero dulce bridadas
- API Standard 1104, Welding of Pipelines and Related Facilities
- API RP 2201, Prácticas seguras de perforación de tuberías en servicio en las industrias del Petróleo y Petroquímica
- ASTM B 32; Standard specification for solder metal
- ASTM A 53-1996, Standard specification for pipe, steel, black and hot dipped, zinc coated welded and seamless.
- ASTM: A 120 "Tubos de acero negro y galvanizado con o sin costura para uso ordinario" (1984).
- ASTM: A 372/A 372M "Especificación Estándar para piezas forjadas de carbono y Aleación de Acero para Recipientes a Presión de Pared Delgada" (1955).
- ASTM B 813; Standard specification for liquid and paste fluxes for soldering of copper and copper alloy tube.
- ASTM B 828; Standard practice for making capillary joints by soldering of copper and copper alloys tube and fittings.
- ASTM B 837-1995, Standard specification for seamless copper tube for natural gas and Liquefied Petroleum (L.P.) gas distribution systems.
- ASTM D 1988-1991 (Reapproved 1995), Standard test method for Mercaptans in natural gas using length – of – stain detector tubes.
- ASTM D 2513-1999, Standard specification for thermoplastic gas pressure pipe, tubing and fittings.
- ASTM D 2657; Standard practice for heat fusion joining of polyolefin pipe and fittings
- ASTM D 3261-1997, Standard specification for butt heat fusion polyethylene (PE) plastic fittings for polyethylene (PE) plastic pipe and tubing.
- ASTM D 2683-1995, Standard specification for socket type polyethylene fittings for outside diameter controlled polyethylene pipe and tubing.

ASTM F 905-1996, Standard practice for qualification of polyethylene saddle fusion joints.

ASTM F 1055-1995, Standard specification for electro fusion type polyethylene fittings for outside diameter controlled polyethylene pipe and tubing.

ASME B 31.8-2007 Gas transmission and distribution piping systems

ASME BPV-2001, Boiler and Pressure Vessel code, section I, section VIII division I, section VIII division 2, section IX.

ASME B 16.1-1998, Cast iron pipe flanges and flanged fittings.

ASME B 16.5-1996, Pipe flanges and flanged fittings.

ASME B 16.9-2001, Factory made wrought steel butt welding fittings.

ASME B 16.18-1984/Reaffirmed 1994, Cast copper alloy solder joint pressure fittings.

ASME B 16.22-1995, Wrought copper and copper alloy solder joint pressure fittings.

ASME B 16.25-1997, Buttwelding ends.

ASME B 16.33-1990, Manually operated metallic gas valves for use in gas piping systems up to 125 psig, size ½"-2".

ASME B 16.34-1996, Valves flanged, threaded and welding end.

ASME B 16.38-1985/Reaffirmed 1994, Large metallic valves for gas distribution (manually operated NPS 2 ½" to 12", 125 psig max.).

ASME B 16.40-1985/Reaffirmed 1994, Manually operated thermoplastic gas shut-offs and valves in gas distribution systems.

MSS SP-44 "Bridas para Tuberías de Línea de Acero" (2001).

MSS-SP-75 "Estándares de conexiones para tuberías" (1988).

NFPA 69, Explosion Prevention Systems, 1992.

ANSI/NFPA 70 "Código eléctrico nacional" (1993).

NFPA 328, Manholes, Sewers and Similar Underground Structures, 1992.

NFPA 5113, Cutting and Welding Processes, 1989.

Code of Federal Regulations for the Transportation of Natural Gas and Other Gas by Pipeline, U.S. Department of Transportation, October, 1992.

Gas Engineers Handbook, The Industrial Press, January, 2008

AGA Technical report No. 10, Steady Flow in gas pipelines fluid flow model.

NACE RP 0169-1996, Standard Recommended Practice. Control of external corrosion on underground or submerged metallic piping systems.

#### **17. Concordancia con normas internacionales**

Esta norma no coincide con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

#### **18. Vigilancia**

La Comisión Reguladora de Energía es la autoridad competente para vigilar y hacer cumplir las disposiciones contenidas en la presente Norma y su procedimiento para la evaluación de la conformidad. Las unidades de verificación serán las encargadas de verificar el cumplimiento de dichas disposiciones a través de la aplicación del procedimiento para la evaluación de la conformidad correspondiente y la Comisión podrá, a su vez, llevar a cabo dicha verificación por razones de seguridad o de su competencia.

#### **19. Vigencia**

Este Proyecto de Norma Oficial Mexicana entrará en vigor al día hábil siguiente al de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

México, Distrito Federal, a 4 de septiembre de 2014.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Derivados del Petróleo, del Gas y Bioenergéticos, **Francisco José Barnés de Castro**.- Rúbrica.

### **APÉNDICE I**

#### **CONTROL DE LA CORROSIÓN EXTERNA EN TUBERÍAS DE ACERO ENTERRADAS Y/O SUMERGIDAS**

##### **ÍNDICE**

1. Introducción
2. Definiciones
3. Control de la corrosión externa en tuberías de acero
  - 3.1 Recubrimiento anticorrosivo
  - 3.2 Estructura a proteger

- 3.2.1 Tuberías nuevas
- 3.2.2 Tuberías existentes
- 3.2.3 Puenteos eléctricos
- 3.3 Tipos de protección catódica
  - 3.3.1 Ánodos galvánicos o de sacrificio
  - 3.3.2 Corriente impresa
- 3.4 Aislamiento eléctrico
- 3.5 Criterios de protección catódica
- 3.6 Perfil de potenciales de polarización
- 3.7 Potencial tubo/suelo máximo permisible
- 3.8 Mediciones de corriente eléctrica
  - 3.8.1 Medición de potenciales tubo/suelo
  - 3.8.2 Medición de resistividad
  - 3.8.3 Medición de corriente eléctrica
- 3.9 Funcionalidad del sistema
  - 3.9.1 Previsiones para el monitoreo
  - 3.9.2 Interferencia con otros sistemas
  - 3.9.3 Cruzamientos
  - 3.9.4 Defectos en el recubrimiento anticorrosivo
- 3.10 Operación, inspección y mantenimiento
  - 3.10.1 Fuentes de energía eléctrica
  - 3.10.2 Camas anódicas
  - 3.10.3 Conexiones eléctricas
  - 3.10.4 Aislamientos eléctricos
  - 3.10.5 Recubrimientos
  - 3.10.6 Levantamiento de potenciales
- 3.11 Seguridad
  - 3.11.1 Medidas generales
  - 3.11.2 Generación de gases peligrosos
  - 3.11.3 Instalación en atmósferas peligrosas
  - 3.11.4 Cortocircuitos en instalaciones eléctricas
  - 3.11.5 Señalización de instalaciones energizadas
- 3.12 Documentación
  - 3.12.1 Historial del sistema de protección catódica
  - 3.12.2 Interacción con estructuras y sistemas de otras dependencias
- 3.13 Registros
  - 3.13.1 Funcionalidad del sistema de protección catódica
  - 3.13.2 Modificaciones al sistema original
  - 3.13.3 Reparación o reemplazo de algún componente del sistema de protección catódica
  - 3.13.4 Estudios especiales.

## **1. Introducción**

Las estructuras metálicas o tuberías de acero enterradas y/o sumergidas están expuestas a los efectos de la corrosión externa como consecuencia del proceso electroquímico, que ocasiona el flujo de iones del metal de la tubería al electrolito que la rodea. Para reducir este efecto, es necesario ejercer un control de los factores que influyen en el proceso de corrosión, donde la adecuada selección del material de la tubería y la aplicación de los recubrimientos son los primeros medios utilizados para evitar dicho daño.

La función del recubrimiento es aislar la superficie metálica de la tubería del electrolito que la rodea. Además del recubrimiento anticorrosivo se debe aplicar protección complementaria a la tubería mediante el uso de protección catódica. La implementación, instalación, operación y mantenimiento adecuado del control

de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas o sumergidas han demostrado ser una herramienta eficaz que aumenta la confiabilidad de las tuberías destinadas al transporte de fluidos.

## 2. Definiciones

Para efectos de este Apéndice se establecen las definiciones siguientes:

**2.1 Ánodo:** Elemento emisor de corriente eléctrica; es el electrodo de una celda en el cual ocurre el fenómeno de oxidación.

**2.2 Ánodo galvánico o de sacrificio:** Metal con potencial de oxidación más electronegativo que el de la tubería por proteger y que al emitir corriente eléctrica de protección, se consume.

**2.3 Aterrizamiento:** Conexión eléctrica, intencional o no, entre un conductor y tierra (suelos y cuerpos de agua).

**2.4 Ánodo inerte:** Electrodo auxiliar metálico o no metálico que forma parte del circuito de protección catódica y que se conecta a la terminal positiva de una fuente externa de corriente eléctrica directa.

**2.5 Cama anódica:** Grupo de ánodos, ya sea inertes o galvánicos que forman parte del sistema de protección catódica.

**2.6 Cátodo:** Electrodo de una celda en el que ocurren las reacciones electroquímicas de reducción en un sistema de protección catódica.

**2.7 Celda solar:** Equipo que transforma la energía solar en energía eléctrica de corriente directa.

**2.8 Corriente de protección catódica:** Corriente eléctrica directa necesaria para obtener los valores del potencial de protección de una estructura metálica enterrada o sumergida en un electrolito.

**2.9 Corriente parásita:** Corriente eléctrica directa o alterna que proviene de otra fuente de energía distinta al circuito previsto y que llega a la tubería a través del electrolito o por contacto directo. Cuando en una tubería metálica entra una corriente eléctrica parásita se produce corrosión en aquellas áreas donde dicha corriente eléctrica abandona la tubería metálica para retornar a su circuito de origen.

**2.10 Corrosión:** Destrucción del metal por la acción electroquímica de ciertas sustancias.

**2.11 Defecto en el recubrimiento:** Discontinuidad en el material anticorrosivo que expone la superficie del metal al medio electrolítico que lo rodea.

**2.12 Densidad de corriente:** Corriente eléctrica directa por unidad de área, expresada usualmente en miliampere por metro cuadrado o miliampere por pie cuadrado.

**2.13 Electrodo de referencia:** Media celda electroquímica cuyo potencial es constante. Es un electrodo no polarizable.

**2.14 Electrolito:** Conductor iónico de corriente eléctrica directa. Se refiere al subsuelo o al agua en contacto con una tubería metálica enterrada o sumergida.

**2.15 Estación de registro:** Instalación para medir el potencial de la tubería ya sea natural o de polarización.

**2.16 Junta de aislamiento:** Accesorio constituido de un material aislante que se intercala en el sistema de tuberías para separar eléctricamente la tubería a proteger.

**2.17 Interfaces:** Transición a la que se somete la tubería al cambiar de electrolito, pudiendo ser ésta tierra-aire, tierra-concreto-aire, aire-agua, tierra-agua, etc.

**2.18 Material de relleno:** Mezcla de materiales sólidos que envuelven al ánodo para incrementar su conductividad eléctrica en el terreno donde se alojan.

**2.19 Polarización:** Magnitud de la variación de un circuito abierto en un electrodo causado por el paso de una corriente eléctrica.

**2.20 Potencial crítico:** Voltaje de protección catódica de valor inferior en relación al valor de cualquiera de los criterios de protección catódica.

**2.21 Potencial natural:** Potencial espontáneo (sin impresión de corriente eléctrica directa) que adquiere una estructura metálica al estar en contacto con un electrolito. También denominado potencial de corrosión.

**2.22 Potencial tubo/suelo:** Diferencia de potencial entre una tubería de acero enterrada y/o sumergida protegida catódicamente y un electrodo de referencia en contacto con el electrolito.

**2.23 Protección catódica:** Procedimiento eléctrico para proteger las estructuras metálicas enterradas o sumergidas contra la corrosión exterior, el cual consiste en establecer una diferencia de potencial para que

convierta a las estructuras metálicas en cátodo, mediante el paso de corriente eléctrica directa proveniente del sistema de protección seleccionado.

**2.24 Prueba de requerimiento de corriente:** Aplicación de corriente eléctrica directa a la tubería por proteger catódicamente con el fin de cuantificar la corriente eléctrica de protección y determinar los alcances de protección para cada uno de los puntos de drenaje eléctrico.

**2.25 Punteo eléctrico:** Conexión eléctrica entre tuberías mediante un conductor eléctrico y terminales fijas, con el fin de integrar en circuitos conocidos las tuberías adyacentes.

**2.26 Punto de drenaje eléctrico:** Sitio en el que se imprime la corriente eléctrica directa de protección a una tubería enterrada y/o sumergida.

**2.27 Recubrimiento anticorrosivo:** Material que se aplica y adhiere a la superficie externa de una tubería metálica para protegerla contra los efectos corrosivos producidos por el medio ambiente.

**2.28 Rectificador:** Equipo que convierte corriente eléctrica alterna en corriente eléctrica directa controlable.

**2.29 Resistividad:** Resistencia eléctrica por unidad de volumen del material. Las mediciones de esta propiedad indican la capacidad relativa de un medio para transportar corriente eléctrica.

**2.30 Señalamiento:** Avisos informativos, preventivos o restrictivos para indicar la presencia del ducto y/o referencia kilométrica del desarrollo del ducto. Es posible que los señalamientos estén dotados de conexiones eléctricas para funcionar como estaciones de registro de potencial.

**2.31 Sistema de protección catódica:** Conjunto de elementos como: ánodos galvánicos o inertes, rectificadores de corriente eléctrica, cables y conexiones que tienen por objeto proteger catódicamente una tubería de acero.

**2.32 Tubería enterrada o sumergida:** Es aquella tubería terrestre que está alojada bajo la superficie del terreno o en el lecho de un cuerpo de agua (pantano, río, laguna, lago, etc.). No se refiere a tuberías instaladas en el lecho marino.

**2.33 Turbina generadora:** Equipo de combustión interna que genera corriente eléctrica directa para proporcionar protección catódica a la tubería.

### **3. Control de la corrosión externa en tuberías de acero**

La prevención de la corrosión exterior en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas se lleva a cabo mediante la aplicación de recubrimientos anticorrosivos y sistemas de protección catódica, con la finalidad de tener las tuberías de acero enterradas o sumergidas en buenas condiciones de operación y seguras.

**3.1 Recubrimiento anticorrosivo.** El tipo de recubrimiento anticorrosivo se debe seleccionar tomando en cuenta las condiciones de operación, la instalación, el manejo y el escenario particular de exposición de la tubería por proteger, así como la compatibilidad con la protección catódica complementaria.

**3.1.1** Durante el manejo y almacenamiento de la tubería recubierta, ésta debe estar protegida para evitar daños físicos.

**3.1.2** El recubrimiento anticorrosivo debe estar libre de poros o imperfecciones

**3.1.3** Cuando la tubería enterrada o sumergida quede expuesta a la superficie en la parte de transición, entre el tramo aéreo y el enterrado (interfase suelo-aire), se debe aplicar un recubrimiento anticorrosivo en la parte expuesta que prevenga la corrosión.

**3.2 Estructura a proteger.**

**3.2.1 Tuberías nuevas.** Las tuberías nuevas enterradas y/o sumergidas deben ser recubiertas externamente y protegidas catódicamente, salvo que se demuestre mediante un estudio técnico realizado por el área técnica responsable del control de la corrosión externa, que los materiales son resistentes al ataque corrosivo del medio ambiente en el cual son instalados.

**3.2.2 Tuberías existentes.** Se deben establecer métodos de evaluación para determinar la necesidad de implementar programas adicionales de control de la corrosión y tomar las acciones correctivas de acuerdo con las condiciones prevalecientes.

Los métodos y acciones mencionados deben incluir, como mínimo, lo siguiente:

**a) Evaluación:**

**1.** Se deben revisar, analizar y evaluar los resultados de la inspección y mantenimiento normales de las tuberías de acero protegidas catódicamente en búsqueda de indicios de corrosión en proceso;

2. Los métodos de medición eléctrica más comunes incluyen:

- a) Potencial tubo/suelo;
- b) Resistividad del suelo;
- c) Potencial tubo/suelo por el método de dos electrodos.

3. La funcionalidad de un sistema de protección catódica se debe monitorear de acuerdo con lo indicado en las disposiciones 3.7 y 3.8 de este Apéndice.

b) Medidas correctivas:

1. Si se comprueba la existencia de áreas de corrosión en la tubería, se deben tomar medidas correctivas para inhibirla, como por ejemplo:

- a) Previsiones convenientes para la operación adecuada y continua del sistema de protección catódica;
- b) Mejoramiento del recubrimiento anticorrosivo;
- c) Instalación complementaria de ánodos de sacrificio;
- d) Utilización de fuentes de corriente impresa;
- e) Delimitación con aislamientos eléctricos, y
- f) Control de corrientes eléctricas parásitas.

**3.2.3 Puentes eléctricos.** Cuando en el derecho de vía existen varias tuberías y se requiere protegerlas catódicamente, se deben puentear eléctricamente, siempre que las dependencias, órganos o empresas encargados de los sistemas de tuberías estén de acuerdo y previamente se hayan realizado los estudios correspondientes. La integración de tuberías ya sean nuevas o existentes a otros sistemas de tuberías debe quedar documentada conforme con lo indicado en la disposición 3.12 de este Apéndice.

La instalación del puenteo eléctrico se debe realizar de acuerdo a lo indicado en la definición del término puenteo eléctrico en la disposición 2.25 de este Apéndice. Se deben proteger las áreas afectadas por las conexiones a cada tubo con un recubrimiento anticorrosivo compatible.

Es recomendable que en los puentes eléctricos que se ubiquen en las estaciones de registro de potencial se identifiquen los conductores eléctricos de cada una de las tuberías que se integran al sistema de protección catódica.

**3.3 Tipos de protección catódica.** Existen dos tipos de sistemas de protección catódica, los cuales se pueden emplear en forma individual o combinada:

- a) Ánodos galvánicos o de sacrificio, y
- b) Corriente impresa.

**3.3.1 Ánodos galvánicos o de sacrificio.** La fuente de corriente eléctrica de este sistema utiliza la diferencia de potencial de oxidación entre el material del ánodo y la tubería. La protección de las tuberías se produce a consecuencia de la corriente eléctrica que drena el ánodo durante su consumo. En todos los casos, se debe asegurar que la diferencia de potencial disponible del sistema seleccionado sea suficiente para que drene la corriente eléctrica de protección, de acuerdo con lo indicado en la disposición 3.5.

**3.3.2 Corriente impresa.** Este sistema consiste en inducir corriente eléctrica directa a una tubería enterrada mediante el empleo de una fuente y una cama de ánodos inertes que pueden ser de hierro, grafito, ferrosilicio, plomo y plata entre otros. La fuente de corriente eléctrica directa se conecta en su polo positivo a una cama de ánodos inertes y el polo negativo a la tubería a proteger.

**3.4 Aislamiento eléctrico.** La tubería de acero a proteger debe quedar eléctricamente aislada de cualquier otro tipo de estructura metálica o de concreto que no esté considerada en la implementación del sistema de protección catódica, tales como soportes de tubería, estructuras de puentes, túneles, pilotes, camisas de acero protectoras, recubrimiento de lastre, entre otros.

**3.4.1 Las juntas aislantes** se deben seleccionar considerando factores como su resistencia dieléctrica y mecánica, así como las condiciones de operación de la tubería. Al realizar cualquier instalación de junta aislante se debe comprobar la ausencia de atmósfera combustible.

Las juntas aislantes se deben instalar en los lugares siguientes:

- a) En cabezales de pozos;
- b) En el origen de ramales;

**c)** En la entrada y salida de la tubería en estaciones de medición y/o regulación de presión, de compresión y/o bombeo;

**d)** En las uniones de metales diferentes para protección contra la corrosión galvánica;

**e)** En el origen y final del sistema de tuberías que se deseen proteger para prevenir la continuidad eléctrica con otro sistema metálico, y

**f)** En la unión de una tubería recubierta con otra tubería descubierta.

**3.5** Criterios de protección catódica. Para proteger catódicamente a las tuberías enterradas y/o sumergidas se debe cumplir, como mínimo, con uno de los criterios siguientes, para ello se recomienda las técnicas de medición indicadas en el código NACE-TM-0497-1997:

**a)** Un potencial tubo/suelo (catódico) mínimo de -850 milivolts, medido respecto de un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO<sub>4</sub>), en contacto con el electrolito. La determinación de este voltaje se debe hacer con la corriente eléctrica de protección aplicada;

**b)** Un potencial de protección tubo/suelo (catódico) de -950 milivolts, cuando el área circundante de la tubería se encuentre en condiciones anaerobias y estén presentes bacterias sulfato-reductoras;

Para una interpretación válida se debe efectuar la corrección a que haya lugar debido a la caída de voltaje originada durante la medición;

**c)** Un cambio de potencial de polarización mínimo de -100 milivolts, medido entre la superficie de la tubería y un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO<sub>4</sub>) en contacto con el electrolito.

Este cambio de potencial de polarización se debe determinar interrumpiendo la corriente eléctrica de protección y midiendo el abatimiento de la polarización. Al interrumpir la corriente eléctrica ocurre un cambio inmediato de potencial. La lectura del potencial después del cambio inmediato se debe usar como base de la lectura a partir de la cual se mide el abatimiento de la polarización.

Los periodos de suspensión de corriente eléctrica de protección durante los cuales se puede realizar dicha medición están en el rango de 0,1 a 3,0 segundos.

**3.6** Perfil de potenciales de polarización. Una vez instalado el sistema de protección catódica se debe verificar el nivel de protección a lo largo de la trayectoria de la tubería. Los valores de potencial obtenidos deben cumplir, como mínimo, con alguno de los criterios indicados en la disposición 3.5 de este Apéndice. Con la información anterior se debe elaborar el perfil inicial de potenciales de polarización y mediante su análisis e interpretación se deben realizar los ajustes operacionales a que haya lugar en el sistema seleccionado.

Se deben establecer pruebas de rutina para verificar el comportamiento del sistema de protección catódica, tales como medición y registro de la demanda de corriente eléctrica de protección, resistencia del circuito, condiciones operativas de la fuente de corriente eléctrica directa y perfiles de potenciales de polarización. Lo anterior, con la finalidad de identificar fácilmente los valores de subprotección o sobreprotección en el ducto, así como contar con elementos de juicio técnicos para llevar a cabo pruebas y/o estudios adicionales.

El análisis e interpretación de los resultados de las pruebas antes mencionadas se deben efectuar de manera integral para efectos comparativos, con el objeto de determinar la tendencia de los parámetros monitoreados. Esta información se debe integrar en un expediente sobre la funcionalidad del sistema.

**3.7** Potencial tubo/suelo máximo permisible. Este valor se fijará de acuerdo a las características particulares del recubrimiento anticorrosivo existente en la tubería. No debe exceder al potencial de desprendimiento catódico o a valores de potencial más negativos que originen problemas colaterales. Como recomendación general, el valor máximo de potencial no deberá exceder de -2,5 volts en condición de encendido con respecto de un electrodo de referencia o, -1,1 volts en la condición de apagado instantáneo; ambos potenciales referidos a un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO<sub>4</sub>), con el electrolito circundante de la tubería a proteger o protegida catódicamente.

Lo anterior, para reducir los efectos adversos tanto en el recubrimiento dieléctrico como en el ducto debido a una sobreprotección originada por el sistema de protección catódica.

**3.8** Mediciones de corriente eléctrica. Durante las etapas de implementación, pruebas de campo, construcción, puesta en operación y seguimiento de la efectividad de los sistemas de protección catódica de tuberías enterradas y/o sumergidas, se deben realizar estudios que involucren la medición de variables eléctricas tales como: potencial tubo/suelo (natural y de polarización), resistividad, resistencia y corriente. En esta sección del Apéndice se describen los aspectos generales relacionados con la medición de estos parámetros.

**3.8.1** Medición de potenciales tubo/suelo. Para la protección catódica de tuberías metálicas enterradas y/o sumergidas en un electrolito, es necesario conocer la diferencia de potencial adquirida en la interfase tubo/suelo, tanto en ausencia de corriente eléctrica de protección (potenciales naturales o de corrosión), como en la impresión de corriente eléctrica (potenciales de polarización). Para efectuar la medición de esta diferencia de potencial se requiere utilizar una celda o electrodo de referencia. En el caso de tuberías de acero enterradas o sumergidas enterradas, se debe utilizar la celda de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO<sub>4</sub>).

En los casos donde se utilicen electrodos de referencia diferentes al de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO<sub>4</sub>) se debe tomar en cuenta el potencial equivalente.

Entre los electrodos de referencia más usados encontramos los potenciales equivalentes siguientes:

- a) KCl saturado (calomel) con un valor mínimo de potencial equivalente de: -0,78 volts.
- b) Plata/cloruro de plata con un valor mínimo de potencial equivalente de: -0,80 volts.

Se debe verificar cuando menos una vez al año el adecuado funcionamiento de los electrodos de referencia.

Los voltímetros utilizados en la medición de la diferencia de potencial tubo/suelo deben tener una alta impedancia de entrada. Se recomiendan impedancias de entrada no menores a 10 Mega Ohms.

Cuando se requiera conocer de manera continua la diferencia de potencial tubo/suelo, se debe utilizar un registrador de potencial mecánico o electrónico con rango y resistencia de entrada adecuados.

**3.8.2** Medición de resistividad. Se deben realizar mediciones de la resistividad del suelo, para ser usadas como apoyo en la implementación del sistema de protección catódica.

La tabla 1 proporciona datos indicativos de los efectos de corrosividad del suelo referidos a la resistividad del mismo.

**TABLA 1**

<b>Relación entre la resistividad y corrosividad del terreno</b> <b>Resistividad del suelo (ohms/cm)</b>	<b>Corrosividad del suelo</b>
0-1.000	Altamente corrosivo
1.000-5.000	Corrosivo
5.000-10.000	Poco corrosivo
10.000 en adelante	Altamente corrosivo

**3.8.3** Medición de corriente eléctrica. Durante las diferentes etapas en la implementación de un sistema de protección catódica para un sistema de tubería se deben efectuar, con la periodicidad indicada en los programas de operación y mantenimiento de la empresa, las mediciones siguientes:

- a) Corriente eléctrica alterna de alimentación al rectificador;
- b) Corriente eléctrica directa en la tubería protegida;
- c) Corriente eléctrica directa de salida del rectificador, y
- d) Corriente eléctrica directa que drena cada ánodo y la que drena la cama anódica.

Para realizar las mediciones de corriente eléctrica directa se deben utilizar los instrumentos de medición calibrados. La medición de corriente eléctrica en sistemas de ánodos galvánicos se debe realizar utilizando un amperímetro de alta ganancia.

**3.9** Funcionalidad del sistema. Para que un sistema de protección catódica sea efectivo debe proporcionar una corriente eléctrica suficiente y una distribución uniforme al sistema de tubería a proteger, evitando interferencias, corto circuitos en encamisados metálicos y daños en los aislamientos eléctricos así como en el recubrimiento anticorrosivo.

La tubería de acero debe contar con un sistema de protección catódica permanente en un plazo no mayor a un año posterior a la terminación de su construcción. En suelos altamente corrosivos (0 a 1000 cm, presencia de agentes promotores de la corrosión, etc.), se debe instalar un sistema de protección catódica provisional con ánodos galvánicos en forma simultánea a la construcción del sistema de tubería. Este sistema provisional de protección catódica se debe sustituir, antes de un año después de terminada la construcción, por el sistema de protección catódica definitivo.

**3.9.1** Previsiones para el monitoreo. Para determinar la eficacia del sistema de protección catódica, la tubería debe contar con estaciones de registro eléctrico para la medición de potenciales tubo/suelo. Cuando la tubería esté instalada a campo traviesa, dichas estaciones deben instalarse cada kilómetro sobre el derecho de vía de la tubería y en todos los cruzamientos con estructuras metálicas enterradas, carreteras, vías de ferrocarril y ríos, en caso de ser posible.

Cuando la tubería esté instalada en zonas urbanas, las estaciones de registro eléctrico se pueden instalar en banquetas, registros de válvulas o acometidas, en caso de ser posible.

Cuando las estaciones de registro eléctrico de protección catódica no se puedan colocar de acuerdo a lo establecido en el párrafo anterior debido a impedimentos físicos o geográficos, la estación de registro correspondiente se debe instalar en el sitio accesible más cercano. La ubicación real de estos sitios se debe documentar y guardar en archivo para futuras referencias.

Las estaciones deben contar con puntas de prueba, a efecto que faciliten la medición de la corriente eléctrica del sistema de protección catódica en cada uno de los puntos donde se aplique el sistema de protección seleccionado, previendo las conexiones para la medición de la corriente eléctrica drenada por cada ánodo y la total de la cama anódica. Las mediciones se realizarán como mínimo una vez al año.

**3.9.2** Interferencias con otros sistemas. Cuando se vaya a instalar un sistema de protección catódica de una tubería nueva se debe notificar a todas las compañías que tengan estructuras metálicas enterradas y/o sumergidas cerca del área en donde se vaya a alojar la tubería por proteger, con la finalidad de predecir cualquier problema de interferencia. La notificación debe contener, como mínimo, la información siguiente:

- a) La trayectoria que sigue el tendido de la tubería;
- b) La indicación de rutas de las tuberías a proteger y de cualquier estructura que se vaya a unir a la tubería para reducir alguna interferencia;
- c) El empleo de ánodos galvánicos o corriente impresa;
- d) La posición de la cama o ánodos;
- e) Las corrientes eléctricas esperadas, y
- f) La fecha de puesta en operación del sistema.

El personal encargado de la protección catódica debe estar en disponibilidad de detectar indicios de interferencia con una fuente generadora de corriente eléctrica vecina. En áreas donde se sospeche la presencia de corrientes eléctricas parásitas se deben efectuar los estudios correspondientes, dentro de los que se encuentran:

- a) La medición de potencial tubo/suelo;
- b) La medición del flujo de corriente eléctrica en la tubería interferida, y
- c) La medición de las variaciones en la corriente eléctrica de salida de la corriente eléctrica de interferencia.

Los indicios más comunes de interferencia con una fuente vecina son:

- a) Cambios de potencial tubo/suelo;
- b) Cambios de magnitud o dirección de la corriente eléctrica;
- c) Defectos en el recubrimiento, y
- d) Daños locales por corrosión en el ducto.

Para mitigar los efectos mutuos entre las líneas de transmisión eléctrica y las tuberías de acero enterradas, la separación entre la pata de la torre o sistema de tierras de la estructura de la línea de transmisión eléctrica y el ducto debe ser mayor de 15 metros para líneas de transmisión eléctrica de 400 kilovolts, y mayor de 10 metros para líneas de transmisión eléctrica de 230 kilovolts y menores.

Cuando no sea posible lograr las distancias mínimas recomendadas, se debe realizar un estudio del caso particular para reforzar el recubrimiento de la tubería donde sea necesario y, por ningún motivo, la distancia debe ser menor a 3 metros respecto de la pata de la línea de transmisión eléctrica.

Se deben realizar estudios para evaluar los efectos que pudieran causar las descargas eléctricas de alto voltaje, corrientes eléctricas inducidas, cruces y paralelismo con torres de transmisión eléctrica y otras estructuras. Se deben realizar estudios y las correcciones necesarias para resolver los problemas de interferencia eléctrica.

**3.9.3 Cruzamientos.** Se debe conocer el funcionamiento del sistema de protección catódica en los puntos de cruzamiento como son: calles, carreteras, vías de ferrocarril y ríos, debido a que en estos lugares, si tienen camisa metálica, se pueden propiciar aterrizamientos que provocarían una reducción en la efectividad del sistema de protección catódica.

Cuando existan cruzamientos y/o paralelismos con otras tuberías se debe verificar la interacción entre ambos sistemas mediante mediciones de potencial tubo/suelo y establecer las medidas correctivas para minimizar los efectos de la interacción.

**3.9.4 Defectos en el recubrimiento anticorrosivo.** Debido a que el recubrimiento anticorrosivo de la tubería está expuesto a daños y deterioros por factores tales como: absorción de humedad, esfuerzos del terreno y desprendimiento catódico, se deben realizar investigaciones tendientes a identificar, cuantificar y valorar los defectos del recubrimiento dieléctrico y sus efectos en la demanda de corriente eléctrica del sistema de protección catódica seleccionado, estableciendo la conveniencia de repararlos y/o administrar la protección catódica en esas áreas desnudas de la tubería.

Cualquier tramo de la tubería que quede desnudo o expuesto al medio ambiente, debe ser examinado en búsqueda de evidencias de corrosión externa, y dependiendo del estado del recubrimiento dieléctrico, se tomen las acciones correctivas mencionadas en la disposición 3.2.2 b) que garanticen la integridad de la tubería.

Cuando se detecten daños en el recubrimiento anticorrosivo que sean de una magnitud que justifique su reposición, se deben aplicar recubrimientos anticorrosivos compatibles con el existente.

**3.10 Operación, inspección y mantenimiento.** Con el propósito de mantener la integridad de los sistemas de tuberías enterrados y/o sumergidos, la entidad encargada del sistema de protección catódica debe establecer, instrumentar y cumplir con los programas de inspección y mantenimiento periódicos de los elementos que conforman los sistemas de protección catódica.

**3.10.1 Fuentes de energía eléctrica.** Cuando el sistema de protección es a base de corriente impresa con rectificador, las fuentes de energía eléctrica se deben inspeccionar cuando menos seis veces cada año calendario a intervalos que no excedan de dos meses y medio. Para tal efecto, se deben llevar registros de las condiciones de operación, así como cualquier ajuste operacional en el voltaje y/o corriente eléctrica de salida. En caso de que una fuente de corriente eléctrica falle, se deben realizar las medidas correctivas necesarias en conformidad con los códigos, reglamentos, normas y leyes aplicables.

La frecuencia de revisión de sistemas de protección catódica automáticos, fotovoltaicos, turbogeneradores y supervisados a control remoto, se deberá realizar cuando menos una vez al año.

En caso de ocurrir cambios positivos de potencial se debe tomar acción inmediata, particularmente en los puntos de impresión de corriente eléctrica, ya que esto pudiera indicar una polaridad invertida en la fuente externa de corriente eléctrica directa.

**3.10.2 Camas anódicas.** Los dispositivos anódicos, por lo general, son instalados en forma permanente y no requieren de mantenimiento. Estos dispositivos deben ser revisados y reemplazados cuando se presente una falla o concluya la vida útil. Se debe verificar la corriente eléctrica de salida de los ánodos y la corriente eléctrica total de la cama anódica, a fin de determinar si la cama anódica está funcionando correctamente. Cuando se requiera, los ánodos de la cama anódica se deben humectar con la adición de agua limpia.

**3.10.3 Conexiones eléctricas.** Todas las conexiones eléctricas e interruptores de corriente eléctrica se deben revisar como mínimo una vez al año y, en caso de existir alguna anomalía, se debe eliminar o corregir.

**3.10.4 Aislamientos eléctricos.** Los dispositivos de aislamiento eléctrico se deben verificar cuando menos una vez al año y reemplazar en caso de falla.

**3.10.5 Recubrimientos.** Se deben realizar inspecciones cuando menos cada seis meses del recubrimiento dieléctrico en todos los tramos de las tuberías que se encuentren en la superficie y en áreas expuestas. Cuando el recubrimiento se encuentre deteriorado se debe reemplazar o reparar.

**3.10.6 Levantamiento de potenciales.** Se deben efectuar mediciones de potenciales tubo/suelo a lo largo de la trayectoria de la tubería, a intervalos máximos de seis meses para zonas a campo traviesa y cada tres meses en zonas urbanas. Esta periodicidad puede ser modificada para condiciones particulares del sistema de protección catódica o para zonas críticas en las que una falla del sistema resulte en una condición de riesgo para la seguridad de la población, así como para áreas en donde se hayan identificado y probado la existencia de potenciales de subprotección y que se requiera evaluar la efectividad de las medidas correctivas mencionadas en la disposición 3.2.2 b) aplicadas o en caso que se presente algún fenómeno de interacción eléctrica con sistemas ajenos al seleccionado.

**3.11 Seguridad.** Esta sección indica aspectos mínimos de seguridad que se deben considerar en los sistemas de protección catódica de tuberías enterradas y/o sumergidas.

Los sistemas de protección catódica durante sus distintas etapas involucran el uso de equipo energizado, dispositivos de aislamiento eléctrico, puentes eléctricos y mediciones de parámetros eléctricos los cuales pueden provocar daños al personal operativo por descargas eléctricas. Por ello estos trabajos se deben ejecutar por personal calificado y con experiencia en materia de obras e instalaciones eléctricas y de acuerdo a lo que establecen los reglamentos, códigos, normas y leyes aplicables.

El personal que realice actividades de protección catódica debe utilizar la ropa y equipo de protección personal apropiados para el manejo de equipo energizado.

El encargado del sistema de protección catódica deberá dar por escrito las instrucciones de trabajo al personal que realice los trabajos referentes a la protección catódica en donde se indiquen las labores encomendadas, los implementos y equipos de seguridad aplicables así como el equipo y herramientas idóneas para el desempeño de las funciones.

Cuando se requiera realizar una revisión o reparación en el sistema de protección catódica que involucre un riesgo, el encargado de la protección catódica debe expedir la autorización para la realización del trabajo respectivo.

**3.11.1 Medidas generales.** Las medidas de seguridad aplicables al equipo, instalación y mantenimiento de los sistemas de protección catódica, deben considerar que se tiene la posibilidad de descargas eléctricas, cortocircuito, producción de chispas debidas a arcos eléctricos que puedan originar riesgos de incendio, toxicidad debida a la generación de cloro en camas anódicas, voltajes y corrientes eléctricas inducidas por líneas de transmisión eléctrica o sistemas de tierra localizados en las proximidades de los ductos protegidos catódicamente, así como a condiciones meteorológicas, por lo que se deberán tomar las medidas de seguridad siguientes:

- a) Cuando se instalen dispositivos de aislamiento eléctrico en áreas donde se anticipe una atmósfera combustible, se debe evitar la formación de arco eléctrico conectando a tierra las instalaciones;
- b) Los rectificadores utilizados en los sistemas de protección catódica deben ser de doble devanado y conectados a tierra;
- c) Las terminales energizadas deben estar aisladas para prevenir un contacto accidental por parte del personal operativo, y
- d) Para reducir el riesgo de daño a las personas por el gradiente de voltaje en la superficie del suelo circundante de las camas anódicas, se deben tomar las precauciones siguientes:
  1. Enterrar, a 90 centímetros como mínimo, los ánodos y el material de relleno que constituyen la cama anódica, y
  2. Aislar totalmente y proteger de daños mecánicos los cables eléctricos de interconexión.

Cuando exista la posibilidad de que se desarrollen voltajes inducidos que pudieran causar un arco eléctrico en las juntas de aislamiento, se deben utilizar celdas electrolíticas de puesta a tierra, celdas de polarización u otros dispositivos adecuados para canalizar la energía a tierra.

**3.11.2 Generación de gases peligrosos.** En sistemas de protección catódica en los que se instalen ánodos en pozo profundo se deben incluir venteos para evitar la acumulación de gases de hidrógeno y cloro producto del desprendimiento, debido a que pueden ser una condición de riesgo de explosión o intoxicación.

**3.11.3 Instalación en atmósferas peligrosas.** La naturaleza eléctrica de los sistemas de protección catódica representa el riesgo de una fuente de ignición en atmósferas peligrosas (combustibles y/o explosivos), por lo que su instalación en esas áreas debe satisfacer la clasificación eléctrica de áreas conforme a la NOM-001-SEDE-2012, o aquella que la sustituya.

**3.11.4 Cortocircuitos en instalaciones eléctricas.** El cortocircuito de juntas aislantes constituye un riesgo potencial, por lo que, en caso de ser posible, dichas juntas se deben instalar fuera de áreas peligrosas.

Cuando no sea posible, se deben adoptar medidas para evitar chispas o arcos eléctricos, como:

- a) Conexiones de resistencia colocadas en gabinetes a prueba de fuego;
- b) Arrestador de flama encapsulado;
- c) Electrodo de zinc conectados a tierra en cada lado de la junta aislante, o
- d) Una celda de polarización conectada a través de la junta aislante o a tierra.

Las superficies de la junta aislante deben estar encapsuladas para prevenir cortocircuitos causados por herramientas.

**3.11.4.1** Desconexión, separación o ruptura de la tubería protegida. La tubería protegida catódicamente tiene una corriente eléctrica fluyendo a través de ella, cualquier desconexión, separación o ruptura de la tubería interrumpe el flujo de corriente eléctrica, lo que puede provocar la generación de un arco eléctrico dependiendo de la magnitud de la corriente eléctrica.

El transformador-rectificador que protege una sección de la tubería en la que se realizará una modificación, mantenimiento o reparación debe ser apagado y se debe instalar una conexión temporal. Es esencial que la conexión esté puenteada a cada uno de los lados de la separación y que permanezca conectada hasta que se termine el trabajo y la continuidad eléctrica sea restaurada o hasta que el área quede libre de gas y sin riesgo.

**3.11.4.2** Equipo eléctrico. El equipo eléctrico instalado en un área de proceso debe ser a prueba de fuego y estar certificado para su uso en el área, con base en la NOM-001-SEDE-2012, o aquella que la sustituya. En el área de proceso se deben utilizar interruptores de doble polo para asegurar que ambos polos estén aislados durante el mantenimiento. Cada cable que transporte corriente eléctrica de protección catódica se debe instalar de manera que no se pueda realizar la desconexión dentro del área de riesgo sin suspender la energía al sistema de protección catódica. Los cables deben estar protegidos mecánicamente para prevenir su ruptura.

**3.11.4.3** Instrumentos de prueba. Cuando se efectúen mediciones eléctricas para el control de la protección catódica en atmósferas peligrosas, el equipo utilizado debe ser intrínsecamente seguro, y antes de realizar los trabajos el área debe ser evaluada y declarada libre de una atmósfera peligrosa.

**3.11.5** Señalización de instalaciones energizadas. En los lugares donde se instalen fuentes de corriente eléctrica para la protección catódica se deben colocar señalamientos de advertencia visibles de acuerdo a la NOM-001-SEDE-2012, o aquella que la sustituya.

### **3.12 Documentación.**

**3.12.1** Historial del sistema de protección catódica. La entidad, órgano o empresa responsable del sistema de protección catódica debe contar con la documentación que respalde todas las acciones realizadas desde la implementación, operación y mantenimiento del sistema. Esta documentación debe estar bajo resguardo y disponible para la autoridad competente que la requiera. La información debe contener como mínimo lo siguiente:

#### **a) Implementación:**

- Objetivo del sistema de protección catódica;
- Especificaciones del recubrimiento dieléctrico así como de su instalación;
- Ubicación y especificaciones de dispositivos de aislamiento eléctrico;
- Pruebas previas a la implementación:
  - 1) Localización de la tubería (plano, referencias geográficas, accesos, etc.);
  - 2) Estudios de resistividades del suelo;
  - 3) Resultados de pruebas de requerimiento de corriente eléctrica, ubicación y características de camas anódicas provisionales, condiciones de operación de la fuente de corriente eléctrica directa provisional, resistencia del circuito, perfil de potenciales naturales y de polarización, potencial máximo en el punto de impresión de corriente, y
  - 4) Ubicación de estructuras metálicas ajenas a la tubería a proteger;
- Memoria técnica del sistema de protección catódica (tiempo de vida, criterios, ubicación de camas anódicas, número, dimensiones y tipo de los ánodos utilizados, densidad de corriente eléctrica, resistencia total de circuito, por ciento de área desnuda a proteger, especificación de materiales y equipo, cálculos, recomendaciones, prácticas de ingeniería, normas, códigos, reglamentos y regulaciones observadas durante la implementación);
- Resultados de pruebas de interacción con otros sistemas eléctricos ajenos al sistema de protección catódica (líneas de alta tensión, sistemas de tierras, estructuras metálicas vecinas protegidas o no catódicamente y dependencias involucradas);

#### **b) Instalación:**

- Planos y diagramas del sistema de protección catódica tal y como fue instalado. (Arreglos constructivos de la cama anódica, de la fuente externa de corriente eléctrica directa, conexiones eléctricas cable-ducto, ducto-estación de registro de potencial, puentes eléctricos entre ductos);
- Permisos internos y externos;
- Afectaciones a otras estructuras y/o sistemas de protección catódica a terceros;
- Modificaciones constructivas, adecuaciones, y
- Resultados de las pruebas durante la puesta en operación del sistema de protección catódica y ajustes de campo.

En el caso de tuberías existentes se debe presentar la información que asegure que el ducto se encuentra protegido catódicamente y que no presenta interacción con otros sistemas eléctricos adyacentes a su trayectoria. Asimismo, se debe establecer un método permanente para completar la información documental requerida para ductos nuevos.

**3.12.2** Interacción con estructuras y sistemas de otras dependencias. Es esencial que durante la planeación, instalación, prueba, puesta en marcha y operación de un sistema de protección catódica se notifiquen dichas acciones a las entidades que tengan a su cargo sistemas de tubería de acero enterradas, cables u otras estructuras (ductos de agua, cableado telefónico, líneas de fibra óptica y líneas de alta tensión), próximas a la instalación. Dicha notificación se debe realizar con una anticipación mínima de un mes y por escrito.

Lo anterior, con el propósito de asegurar que el sistema sea instalado de tal manera que la interacción de la protección catódica con sistemas y estructuras vecinas sea mínima.

**3.13** Registros. Los registros de control de la corrosión deben documentar en forma clara, concisa y metódica la información relacionada a la operación, mantenimiento y efectividad del sistema de protección catódica.

**3.13.1** Funcionalidad del sistema de protección catódica. Se debe registrar la fecha de puesta en servicio del sistema de protección catódica, los levantamientos de potencial, inspecciones y pruebas realizadas para comprobar que no existen interferencias y asegurar que los aislamientos, recubrimientos y encamisados se encuentran funcionando satisfactoriamente.

Los registros del sistema de protección catódica se deben conservar durante el tiempo que las instalaciones permanezcan en servicio.

**3.13.2** Modificaciones al sistema original. Todas las modificaciones que se efectúen al sistema de protección catódica original deben registrarse anotando la fecha y modificación realizada, de manera que forme parte de la documentación conforme con lo indicado en las disposiciones 3.13 y 3.13.1 de este Apéndice, anexando memorias y planos de ingeniería en caso de rehabilitaciones mayores como cambio de capacidad del rectificador y cambio de ubicación de la cama anódica, entre otras.

**3.13.3** Reparación o reemplazo de algún componente del sistema de protección catódica. Se deben registrar las reparaciones o reemplazos cuando las inspecciones y pruebas periódicas realizadas indiquen que la protección no es efectiva. Dichas pruebas pueden ser, entre otras:

- a) Reparación, reemplazo o ajuste de componentes del sistema de protección catódica;
- b) Aplicación del recubrimiento en las áreas desnudas;
- c) Interferencia de cualquier estructura metálica en contacto con la tubería y su localización;
- d) Reposición de los dispositivos de aislamiento dañados;
- e) Acciones para corregir cortocircuitos en tuberías encamisadas, y
- f) Pruebas de interferencia con estructuras cercanas.

**3.13.4** Estudios especiales. Se deben registrar todos los resultados obtenidos de investigaciones especiales como son, entre otros: estudios de levantamiento de potenciales a intervalos cortos, inspección del recubrimiento dieléctrico mediante gradiente de voltaje de corriente eléctrica directa, así como cualquier otra investigación referente a la efectividad del sistema de protección catódica. Esta información debe formar parte del historial de la protección catódica del ducto.

---

