

SEGUNDA SECCION
PODER EJECUTIVO
SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

DISPOSICIONES administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos en materia de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente, para el transporte terrestre por medio de Ductos de Petróleo, Petrolíferos y Petroquímicos.

DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS DE CARÁCTER GENERAL QUE ESTABLECEN LOS LINEAMIENTOS EN MATERIA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL, SEGURIDAD OPERATIVA Y PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE, PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE POR MEDIO DE DUCTOS DE PETRÓLEO, PETROLÍFEROS Y PETROQUÍMICOS.

CARLOS SALVADOR DE REGULES RUIZ FUNES, Director Ejecutivo de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos con fundamento en el artículo Décimo Noveno Transitorio, segundo párrafo, del Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía, y en los artículos 1o., 2o., 3o., fracción XI, incisos b), d), e) y f), 4o., 5o., fracciones III, IV, VI, VIII, XXI, y XXX, 6o., fracción I, incisos a), b), y d), 27, 31, fracciones II, IV, y VIII, de la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos; 95, y 129, de la Ley de Hidrocarburos; 1o., 2o., fracción I, 17, y 26, de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1o., y 4o., de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo; 1o., 2o., fracción XXXI, inciso d), y segundo párrafo, 5o., fracción I, 41, 42, 43, fracción VIII, y 45 BIS, párrafo segundo, del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y 1o., y 3o., fracciones I, V, y XLVII, del Reglamento Interior de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, y

CONSIDERANDO

Que el 20 de diciembre de 2013, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de energía, en cuyo artículo transitorio décimo noveno se establece como mandato al Congreso de la Unión realizar adecuaciones al marco jurídico para crear la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, como órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría del ramo en materia de medio ambiente, con autonomía técnica y de gestión, con atribuciones para regular y supervisar, en materia de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente, las instalaciones y actividades del Sector Hidrocarburos, incluyendo las actividades de desmantelamiento y abandono de instalaciones, así como el control integral de residuos;

Que el 11 de agosto de 2014, se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos en la cual se establece que esta Agencia tiene por objeto la protección de las personas, el medio ambiente y las instalaciones del Sector Hidrocarburos, por lo que cuenta con atribuciones para regular, supervisar y sancionar en materia de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente las actividades del sector;

Que de acuerdo con la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, este órgano desconcentrado cuenta con atribuciones expresas para regular a través de lineamientos, directrices, criterios u otras disposiciones administrativas de carácter general necesarias en la materia de su competencia y en su caso, normas oficiales mexicanas;

Que el 11 de agosto de 2014, se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley de Hidrocarburos que tiene por objeto, entre otros aspectos, regular las actividades de transporte y almacenamiento de petróleo, transporte, almacenamiento, distribución, comercialización y expendio al público de Petrolíferos, así como el transporte por Ducto y el almacenamiento que se encuentre vinculado a Ductos de Petroquímicos;

Que de conformidad con lo señalado en el artículo 129 de la Ley de Hidrocarburos, corresponde a la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos emitir la regulación y la normatividad aplicable en materia de seguridad industrial y operativa, así como de protección al medio ambiente en la industria de hidrocarburos, a fin de promover, aprovechar y desarrollar de manera sustentable las actividades de la industria de hidrocarburos y aportar los elementos técnicos para el diseño y la definición de la política pública en materia energética, de protección al medio ambiente y recursos naturales;

Que es indispensable garantizar la protección de las personas, el medio ambiente y las instalaciones del Sector Hidrocarburos mediante el establecimiento de disposiciones administrativas de carácter general que contengan las especificaciones, características y requisitos que deben observar los Regulados en el diseño, construcción, pre-arranque, operación y mantenimiento, cierre, reactivación y abandono de los sistemas de transporte terrestre por Ductos de Petróleo, Petrolíferos y Petroquímicos con el propósito de administrar cada uno de los procesos de transporte mencionados;

Que con base en lo anterior, se expiden las siguientes:

**DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS DE CARÁCTER GENERAL QUE ESTABLECEN LOS
LINEAMIENTOS EN MATERIA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL, SEGURIDAD OPERATIVA Y
PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE, PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE POR MEDIO
DE DUCTOS DE PETRÓLEO, PETROLÍFEROS Y PETROQUÍMICOS**

CAPÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1. Los presentes lineamientos tienen por objeto establecer las especificaciones, características y requisitos que el Regulado debe cumplir para el diseño, construcción, pre-arranque, operación y mantenimiento, cierre, desmantelamiento y abandono de Sistemas de Transporte terrestre por medio de Ductos de Petróleo, Petrolíferos y Petroquímicos, con la finalidad de prevenir daños a la población, al personal, a las instalaciones e impactos al medio ambiente.

Artículo 2. Los presentes lineamientos son aplicables a:

- I. Sistemas de Transporte terrestre por Ductos de Petróleo, Petrolíferos y Petroquímicos líquidos cuando dichos Ductos estén vinculados a las plantas de procesamiento de gas natural o de refinación del Petróleo, localizados en territorio nacional, en las etapas de diseño, construcción, pre-arranque, operación y mantenimiento, cierre, desmantelamiento y abandono. Se considera un Sistema de Transporte terrestre por Ductos, desde el punto de recepción hasta el punto de entrega de Petróleo, Petrolíferos y Petroquímicos, incluyendo las estaciones de bombeo iniciales e intermedias;
- II. Segmentos de Ducto del Sistema de Transporte que se encuentren entre estaciones de bombeo desde la primera brida de la válvula de seccionamiento de la trampa de envío de diablos, hasta la última brida de la válvula de seccionamiento de la trampa de recibo de diablos;
- III. Ductos de transporte de Petróleo, Petrolíferos y Petroquímicos; así como las instalaciones asociadas, delimitadas por trampas de diablos, y de no existir éstas, hasta la primera válvula de seccionamiento del límite de baterías de una terminal de Almacenamiento, estación de bombeo, entre otros;
- IV. Ductos, equipos e instalaciones asociadas al Sistema de Transporte de Petróleo, Petrolíferos y Petroquímicos líquidos provenientes de plantas de procesamiento de Gas Natural o de refinación del Petróleo;
- V. Tuberías de instrumentación y otras tuberías auxiliares conectadas al Ducto, y
- VI. A las modificaciones y/o cambios a la tecnología, cambios de trazo, reparaciones, rehabilitaciones o cambios en las condiciones normales de operación del Sistemas de Transporte por Ducto.

Artículo 3. Para los efectos de aplicación de los presentes lineamientos, se hará referencia a los conceptos y definiciones previstas en la Ley de Hidrocarburos y en el Reglamento de las actividades a las que se refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos, en la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos y en su Reglamento Interior, en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y en sus reglamentos aplicables a las actividades del Sector Hidrocarburos, así como en las disposiciones administrativas de carácter general emitidas por la Agencia que sean aplicables y a las siguientes definiciones:

- I. **Abandono:** Etapa final de un Proyecto del Sector Hidrocarburos, posterior al Cierre y Desmantelamiento de una instalación en la que el sitio queda en condiciones seguras y ya no existen causas supervenientes de impacto al medio ambiente.
- II. **Abolladura:** Es una depresión que provoca una deformación o perturbación en la curvatura de la pared del tubo sin reducir el espesor del mismo.
- III. **Análisis de riesgos:** La aplicación de uno o más métodos específicos para identificar, analizar, evaluar y generar alternativas de mitigación y control de los riesgos significativos asociados con equipos críticos y los procesos.
- IV. **Ánodo:** Electrodo con carga positiva en el que se produce una reacción de oxidación.
- V. **Ánodo galvánico o de sacrificio:** Componente principal de un sistema de protección catódica galvánica, que se utiliza para proteger contra la corrosión las estructuras metálicas enterradas o sumergidas. Está hecho de un metal con mayor tendencia a la oxidación que el metal de la estructura a proteger.

- VI. Ánodo inerte o de corriente impresa:** Electrodo auxiliar metálico o no metálico que forma parte de un circuito de protección catódica.
- VII. Área unitaria:** Área delimitada por una longitud de 1600 metros y 200 metros de ancho, a cada lado del eje del Ducto.
- VIII. Cama anódica:** Grupo de ánodos, ya sean inertes o galvánicos, que forman parte del sistema de protección catódica.
- IX. Camisa:** Tramo de tubería dentro del cual se alojan aisladores, centradores, sellos y el Ducto, usada en cruzamientos de vías de ferrocarril, autopistas y carreteras federales entre otros, para proteger el Ducto de esfuerzos producidos por cargas externas.
- X. Campo traviesa:** Trayecto natural no-urbano.
- XI. Cátodo:** Electrodo negativo de una celda en el que ocurren las reacciones electroquímicas de reducción, es el elemento receptor de corriente eléctrica.
- XII. Centro de control:** Lugar donde se coordina y controla la operación, seguridad y mantenimiento del Ducto y sus componentes.
- XIII. Certificado:** Documento por el cual se asegura que un producto, proceso, sistema o servicio se ajusta a las normas o lineamientos o recomendaciones de organismos dedicados a la normalización nacional o internacional.
- XIV. Cierre:** Etapa del ciclo de vida de un Proyecto del Sector Hidrocarburos en la cual una Instalación deja de operar de manera definitiva, en condiciones seguras y libre de Hidrocarburos, Petrolíferos o cualquier producto resultado o inherente al proceso.
- XV. Corrosión:** Proceso destructivo de un metal provocado por reacción química o electroquímica, ocasionado por el medio ambiente al que está expuesto.
- XVI. Defectos en el recubrimiento:** Daños o fallas que presenta el recubrimiento mecánico, pudiendo o no, exponer el metal del Ducto al electrolito que lo rodea afectando la eficiencia del sistema de protección catódica.
- XVII. Densidad de corriente:** Corriente eléctrica directa por unidad de área expresada usualmente en mA/m².
- XVIII. Desmantelamiento:** Actividad en la que se realiza la remoción total o parcial, reutilización y disposición segura de equipos y accesorios de una instalación.
- XIX. Diablo:** Dispositivo con libertad de movimiento que es insertado en el Ducto para fines de inspección y/o limpieza del mismo.
- XX. Dictamen técnico:** Documento que emite un Tercero Autorizado, en el cual se establece el resultado de la verificación del cumplimiento de los requisitos establecidos en un patrón (documento regulatorio, código, estándar, diseño establecido o práctica nacional o internacional).
- XXI. Ductos:** Las tuberías e instalaciones para el Transporte de Hidrocarburos, Petrolíferos o Petroquímicos, así como para la Distribución de Petrolíferos y Gas Natural.
- XXII. Ducto enterrado o sumergido:** Es aquel Ducto terrestre que está alojado bajo la superficie del terreno o en el lecho de un cuerpo de agua (pantano, río, laguna, lago, etc.). Para fines de este lineamiento el término no es aplicable a Ductos instalados en el lecho marino.
- XXIII. Electrodo de referencia:** Media celda electroquímica cuyo potencial es constante y reproducible, se utiliza en la medición de potenciales Ducto-medio (electrolito).
- XXIV. Electrolito:** Conductor iónico de corriente eléctrica directa, se refiere al subsuelo o al agua en contacto con un Ducto enterrado o sumergido.
- XXV. Estación de bombeo:** Instalación destinada a la operación del equipo dinámico empleado para transformar la energía cinética de un fluido en presión, con el objeto de transportar un fluido en estado líquido de un punto a otro a través de un Ducto.
- XXVI. Evaluación Técnica:** Proceso por medio del cual un Tercero Autorizado efectúa un análisis técnico comparativo de uno o más requisitos contra un patrón (dimensiones, propósitos, materiales, resultados, límites, alcances), del que se deriva un informe de evaluación.

- XXVII. Explosión:** Reacción fisicoquímica de una mezcla combustible de gas iniciada por un proceso de combustión, seguida de la propagación rápida de la flama y generación violenta de una onda de presión confinada, misma que al ser liberada produce daños.
- XXVIII. Franja de seguridad:** Sección de terreno para la protección, operación, mantenimiento e inspección de los Ductos.
- XXIX. Franja de servicios urbanos:** Sección de terreno donde se alojan los Ductos para el transporte de Petróleo, Petrolífero y Petroquímico en áreas urbanas municipales, estatales o federales (camellones, banquetas, calles, entre otros).
- XXX. Gas L.P:** Aquel obtenido de los procesos de refinación del Petróleo y de las plantas procesadoras de Gas Natural, y está compuesto principalmente de gas butano y propano.
- XXXI. Hallazgos críticos (no tolerables):** Todas las fallas en equipos y materiales que, por su diseño, uso u operación, presenten un riesgo inminente de accidente en cualquiera de las operaciones del Regulado, así como errores en la operación por parte del personal.
- XXXII. Interface:** Transición a la que se somete el Ducto al cambiar de electrolito, pudiendo ser ésta tierra-aire, tierra-concreto, concreto-aire, aire-agua, tierra-agua, etc.
- XXXIII. Juntas de aislamiento:** Accesorios constituidos de un material aislante que se intercala en el Sistema de Transporte por Ducto para separar eléctricamente en secciones el Ducto a proteger.
- XXXIV. Mantenimiento mayor:** Actividades de sustitución o modificación del Sistema de Transporte por Ducto de acuerdo a un programa preestablecido de operación y mantenimiento.
- XXXV. Material de relleno (backfill) para ánodos de corriente impresa:** Mezcla pulverizada y homogenizada de coque grado metalúrgico o coque de Petróleo calcinado, ambos contienen carbono, ceniza y humedad; sin embargo, el primero de ellos contiene adicionalmente trazas de sulfuros. Tiene como propósito incrementar el tamaño efectivo del ánodo para obtener una resistencia a tierra menor y disminuir la tasa de consumo del ánodo, ya que la corriente descargada se transmite a través del backfill y no directamente a través del ánodo.
- XXXVI. Material de relleno (backfill) para ánodos de sacrificio:** Mezcla pulverizada, homogenizada que se hace en el suelo cercano a una instalación subterránea, específicamente para verificar la existencia de hidrocarburo líquido debajo de la superficie del suelo con un detector de gas.
- XXXVII. Obras especiales:** Son todas aquellas obras diferentes al Ducto regular como son: área de trampas, área de válvulas de seccionamiento, cruces, entre otros, las cuales requieren de consideraciones específicas para su diseño y construcción dado que interrumpen la instalación del Ducto regular.
- XXXVIII. Polarización:** Magnitud de variación de potencial de un circuito abierto en un electrodo, causado por la suspensión del paso de corriente eléctrica.
- XXXIX. Potencial Ducto/suelo:** Diferencia de potencial entre Ducto de acero enterrado y/o sumergido protegido catódicamente y un electrodo de referencia en contacto con el electrolito.
- XL. Presión de diseño:** El valor de la presión establecido en la fabricación del equipo, sobre las condiciones más severas de presión y temperatura esperadas durante su funcionamiento, y conforme a las cuales se determinan las especificaciones más estrictas de espesor de pared y de sus componentes.
- XLI. Presión de prueba:** Presión máxima alcanzada a la cual se somete el Ducto y sus componentes antes de entrar en operación con el fin de garantizar su hermeticidad e integridad.
- XLII. Presión máxima de operación (PMO):** Presión máxima de funcionamiento real, es la presión más alta a la que opera un Sistema de Transporte por Ducto durante un ciclo normal de operación.
- XLIII. Presión máxima de operación permisible (PMOP):** Presión máxima a la cual un Ducto o sección de él puede ser operado de manera segura de acuerdo con lo determinado en el análisis de integridad.
- XLIV. Protección catódica:** Método electroquímico de prevención para proteger Ductos enterrados y/o sumergidos de la corrosión exterior, el cual consiste en establecer una diferencia de potencial convirtiendo la superficie metálica en cátodo mediante el paso de corriente directa proveniente de alguna fuente propia del sistema.

- XLV. Pruebas no destructivas:** Técnicas de inspección para determinar la integridad de los materiales sin afectar la estructura de los mismos.
- XLVI. Punteo eléctrico:** Conexión eléctrica entre Ductos mediante un conductor eléctrico y terminales fijas, con el fin de integrar punteo eléctrico en circuitos conocidos los Ductos adyacentes.
- XLVII. Rectificador:** Equipo que convierte corriente alterna en corriente directa controlable, permitiendo imprimir gradualmente la corriente eléctrica necesaria para la protección de los Ductos.
- XLVIII. 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.
- XLIX. Recubrimiento mecánico:** Material que se aplica y adhiere a la superficie externa del Ducto para protegerlo contra los efectos corrosivos, erosivos y abrasivos producidos por el medio donde se aloja.
- L. Reparación definitiva:** Reforzamiento o reemplazo de una sección de tubería conteniendo defecto(s) o daño(s).
- LI. Reparación permanente:** Colocación de una envoltura metálica soldada circunferencialmente al tramo de Ducto que contiene un defecto o daño, permitiendo la reparación de una longitud no menor a un diámetro y medio del tubo o el refuerzo de la sección del Ducto dañada.
- LII. Reparación provisional:** Acción de colocar dispositivos como abrazaderas de fábrica atornilladas en la sección de tubería que contiene un daño o defecto y que debe ser reparada en forma definitiva.
- LIII. Resistencia mínima a la cedencia (RMC):** Límite de deformación permanente especificado por el fabricante de la tubería, que corresponde al valor del esfuerzo aplicado a un material después del cual éste sufre una deformación sin incremento sensible del esfuerzo.
- LIV. Resistividad:** Resistencia eléctrica específica de un terreno, se expresa en ohm por centímetro. Las mediciones de esta propiedad indican la capacidad relativa de un medio para transportar corriente eléctrica.
- LV. 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 un Ducto de acero.
- LVI. Sistema de Transporte por Ducto:** El conjunto de Ductos, válvulas, equipos de bombeo, medidores, trampas de envío y recibo de diablos y demás instalaciones asociadas al sistema necesarias para el transporte de Petróleo, Petrolíferos y Petroquímicos.
- LVII. Tercero Autorizado:** Persona moral Autorizada por la Agencia para auxiliar en las labores de supervisión, verificación, evaluación, y realizar investigaciones técnicas y/o auditorías de los presentes lineamientos.
- LVIII. Trampa para dispositivos de limpieza e inspección interna (trampa de diablos):** Es la instalación interconectada al Ducto que se utiliza para fines de envío y recibo de dispositivos de inspección o limpieza interna de la tubería (diablos).
- LIX. Válvula de seccionamiento:** Dispositivo instalado en la tubería para controlar o bloquear el flujo del fluido conducido, hacia cualquier sección de un sistema de Ductos.

Artículo 4. La información que los Regulados presenten a la Agencia en razón de los presentes lineamientos, será considerada como información pública, salvo los supuestos previstos por la legislación en materia de transparencia, acceso a la información pública y datos personales. Toda reserva o clasificación seguirá los procedimientos previstos en dicha normatividad.

Artículo 5. Las presentes disposiciones se emiten y serán aplicadas bajo el principio y el entendido de que, en materia de protección al medio ambiente, a los Regulados que realicen actividades del Sector Hidrocarburos corresponde la responsabilidad directa y objetiva derivada del riesgo creado por las obras o actividades que desarrollen y, en consecuencia, responderán ante la Agencia por las acciones necesarias para evitar y prevenir daños ambientales derivados de esos riesgos, así como de contenerlos, caracterizarlos y remediarlos con oportunidad bajo sus propios procesos y en cumplimiento de las medidas correctivas que sean aplicables, de acuerdo con la legislación y normatividad vigente en el ámbito administrativo competencia de la Agencia.

Lo anterior, con total independencia de cualquier otro reclamo por daños o responsabilidades civiles, administrativas o penales que sean exigibles en términos de la legislación y los procedimientos que sean aplicables en cada caso.

Artículo 6. Corresponde a la Agencia la aplicación e interpretación para efectos administrativos de los presentes lineamientos y sus anexos.

CAPÍTULO II

DISEÑO

Artículo 7. En el diseño de un Sistema de Transporte por Ducto, el Regulado debe cumplir con los siguientes criterios generales:

- I. El tipo de Petróleo, Petrolífero o Petroquímico que va a transportar, así como sus propiedades físico-químicas con objeto de seleccionar los materiales, las condiciones de flujo, presión y temperatura normales y máximas de operación;
- II. Las instalaciones requeridas y las medidas de seguridad para el transporte de los Ductos, sean acordes con lo establecido en estos lineamientos;
- III. Los aspectos específicos de aquellos Sistemas de Transporte por Ducto que conducen líquidos que poseen elevada presión de vapor, por ejemplo, gasolina, entre otros;
- IV. Identificar las zonas donde se encuentre una mancha urbana y/o riesgos externos al Sistema de Transporte por Ducto;
- V. Realizar la identificación de los peligros, las cargas sobre el Ducto durante su fabricación, instalación, operación y mantenimiento mediante el Análisis de Riesgo en las distintas etapas del proyecto, así como establecer las medidas de mitigación, prevención y control necesarias para reducir los riesgos;
- VI. Conservar la información detallada de los diferentes aspectos considerados en el diseño para cuando sean requeridos por la Agencia, y
- VII. Para aquellas zonas con condiciones inusuales o especiales como zonas de riesgo, por ejemplo, en las inmediaciones de un volcán, zonas clasificadas como reservas ecológicas, zonas susceptibles a deslaves y/o erosión o de otra índole, cruces con cuerpos de agua, vías de comunicación, puentes, áreas de tráfico intenso, suelos inestables, vibraciones, zonas sísmicas, entre otras, adoptar las medidas para un diseño seguro, como pueden ser la instalación de válvulas de seccionamiento adicionales ya sea manuales o de acción remota, protecciones adicionales mediante encamisados, encofrados, aumento del espesor del Ducto, aumento de la profundidad de la zanja, medidas de identificación adecuadas o de señalamiento de la instalación del sistema, entre otras.

Artículo 8. En relación con la selección de los materiales para el diseño de los Ductos y sus componentes, éstos deben ser capaces de soportar las condiciones de operación del sistema, así como, las características del fluido transportado sin demeritar la seguridad. Asimismo, los materiales deben utilizarse de acuerdo a las recomendaciones del fabricante o proveedor, que cumpla con las siguientes consideraciones:

- I. Las propiedades químicas, físicas y mecánicas de los materiales, los métodos y procesos de manufactura, el tratamiento térmico, el control de calidad y pruebas;
- II. Las propiedades físico-químicas del fluido a transportar;
- III. Los esfuerzos permisibles, los cuales deben determinarse de conformidad con los requerimientos de los presentes lineamientos en los apartados de esfuerzo circunferencial, límites de esfuerzos de cedencia calculados por cargas fijas o sostenidas y expansión térmica y límites de esfuerzos calculados por cargas temporales;
- IV. La integridad estructural de acuerdo con las condiciones previstas de presión, temperatura y otras condiciones del medio ambiente, y
- V. La compatibilidad de aquellos materiales que estén en contacto con el Ducto.

Artículo 9. La temperatura de diseño debe establecerse considerando:

- I. Las variaciones de temperatura resultantes de los cambios de presión y de las condiciones ambientales extremas, así como su impacto en los materiales de construcción;
- II. Las condiciones que resulten de la evaporación del Petróleo, Petrolífero o Petroquímico a condiciones atmosféricas, y
- III. La temperatura del metal y su expansión como resultado de la transferencia de calor cuando los Ductos están expuestos a la radiación directa del sol.

Artículo 10. Los fluidos que sean transportados deben estar considerados, de acuerdo a su potencial de peligro con respecto a la seguridad pública, en una de las dos categorías, establecidas en la tabla siguiente:

Tabla 1. Clasificación de fluidos.

Clasificación	Descripción
Categoría A	Fluidos inflamables y/o tóxicos que son líquidos en condiciones a temperatura ambiente y presión atmosférica como son: Petróleo, gasolinas, gas avión, turbosina, gasóleo doméstico, diésel automotriz, industrial bajo azufre y marino especial; Petrolíferos, combustóleo, nafta ligera, nafta pesada y gasolina natural.
Categoría B	Fluidos inflamables y/o tóxicos que son gases en condiciones de temperatura ambiente y presión atmosférica y que se transportan como gases y/o líquidos. Ejemplos típicos son el etano, gas licuado del Petróleo, (Tal como propano y butano, líquidos de Gas Natural).
Los fluidos que no estén incluidos específicamente por su nombre deben ser clasificados en la categoría con fluidos con peligros similares a los señalados. Si la categoría no es clara, se asumirá la categoría B.	

Por razones de seguridad, en relación con las clases de localización para un Sistema de Transporte por Ducto de fluidos categoría B, el Regulado debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- I. Para cada Ducto se debe realizar un estudio de campo y gabinete para establecer:
 - a) La PMOP y la clase de localización real de acuerdo con el área unitaria del Sistema de Transporte por Ducto de fluidos categoría B;
 - b) Que el esfuerzo tangencial producido por la PMOP determinado en el artículo 14, fracción V de los presentes lineamientos corresponda a la clase de localización del Sistema de Transporte por Ducto de fluidos categoría B, y
 - c) En caso de que un Ducto de Gas L.P. tenga una PMOP que produzca un esfuerzo tangencial que no corresponda a la clase de localización, se deben adecuar las condiciones de operación consideradas en el diseño;
- II. Las clases de localización para los Ductos de fluidos Categoría B, se clasifican en relación con la densidad de población y concentración de personas, de acuerdo con lo siguiente:

Tabla 2. Clases de localización.

Clases de Localización	Descripción
1	Lugares expuestos a la actividad humana poco frecuente sin presencia humana permanente. Esta clase de localización refleja áreas de difícil acceso, como los desiertos y regiones de la tundra.
2	El área unitaria que cuenta con diez o menos construcciones ocupadas por personas y/o lugares con una densidad de población inferior a 50 habitantes por kilómetro cuadrado. Esta clase de localización refleja áreas como tierras baldías, tierras de pastoreo, tierras agrícolas y otras zonas escasamente pobladas.
3	El área unitaria con más de diez y hasta cuarenta y cinco construcciones ocupadas por personas y/o lugares con una densidad de población de 50 personas o más, pero menos de 250 personas por kilómetro cuadrado, con múltiples viviendas, con hoteles o edificios de oficinas donde no más de 50 personas pueden reunirse regularmente y con industrias dispersas. Esta clase de localización refleja áreas donde la densidad de población es intermedia entre la clase de localización 2 y la clase de localización 4, tales como las zonas marginales ubicadas alrededor de las ciudades y pueblos, ranchos y fincas.

4	El área unitaria que cuenta con cuarenta y seis construcciones o más ocupadas por personas y/o lugares con una densidad poblacional de 250 personas o más por kilómetro cuadrado, excepto donde prevalezca una clase de localización 5. Esta clase de localización refleja zonas donde existan desarrollos urbanos, zonas residenciales, zonas industriales y otras áreas pobladas que no estén incluidas en la clase de localización 5.
5	Cuando además de las condiciones presentadas en una clase de localización 4, prevalece alguna de las características siguientes: <ol style="list-style-type: none"> i. Construcciones de cuatro o más niveles incluyendo la planta baja. ii. Vías de comunicación con tránsito intenso o masivo, e iii. Instalaciones subterráneas de servicios prioritarios o estratégicas para la zona urbana.

BS EN 14161:2003 BRITISH STANDARD Petroleum and natural gas industries- Pipeline transportation systems e ISO 13623: 2009 Petroleum and natural gas industries- Pipeline transportation systems

- III. La determinación de las clases de localización basada en la actividad humana consiste en evaluar el grado de exposición del Ducto a daños y por consiguiente a la seguridad de las personas. El Regulado debe determinar la densidad de población por kilómetro cuadrado a lo largo de la trayectoria del Sistema de Transporte por Ducto, tomando como referencia el censo de población y vivienda actual emitido por el INEGI y/o en su caso en los diversos programas existentes en materia de ordenamiento territorial, así como herramientas para sistemas de información geográfica (SIG);
- IV. La zona se debe dividir en áreas unitarias continuas para determinar la clasificación por clase de localización, la cual comprende una sección de 1600 metros de longitud en la ruta del Ducto y 200 metros a cada lado del eje del Ducto; las áreas unitarias deben incluir el máximo número de edificaciones destinados a la ocupación humana acorde a la clase de localización;

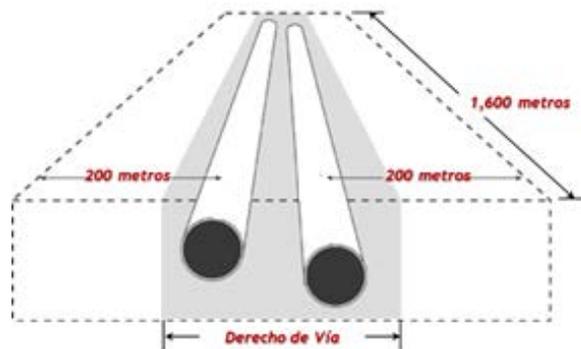


Figura 1.- Determinación del área unitaria.

- V. La longitud del área unitaria podrá reducirse cuando se justifique la existencia de barreras físicas o de otros factores que limitarán la extensión de las zonas más densamente pobladas de una distancia total menor de 1600 metros, y
- VI. Los requisitos de la clase de localización 5 se aplicarán también a los Ductos de clases de localización 3 y 4, cuando estén cerca lugares de reunión pública con concentración de personas como iglesias, escuelas, edificios de vivienda, hospitales o áreas recreativas. La concentración de las personas antes mencionadas, está destinada a los grupos de 20 o más personas en un área exterior, así como en un edificio.

Artículo 11. En relación con la presión de operación normal del Sistema de Transporte por Ducto se debe cumplir con lo siguiente:

- I. La presión de operación no debe exceder la presión interna de diseño del Ducto y de los componentes, y
- II. Las tolerancias de variación de las condiciones normales de operación respecto del aumento de presión de operación de un Sistema de Transporte por Ducto, producido por un cambio en la velocidad del fluido que resulta por el paro de una estación de bombeo o una bomba, cierre de una válvula o bloqueo de la corriente, no debe exceder 10% de la presión interna de diseño en cualquier punto del sistema y equipos.

Artículo 12. Los Ductos se deben diseñar con un espesor de pared para soportar la presión interna del fluido, así como las cargas externas a las cuales se considera estarán expuestos durante y después de su instalación, considerando, entre otros, los aspectos siguientes:

- I. Propiedades físico-químicas del Petróleo, Petrolífero o Petroquímico que se va a transportar;
- II. Perfil topográfico e hidráulico;
- III. Presión máxima de operación permisible en condiciones normales de flujo;
- IV. Temperatura de diseño;
- V. Presión interna de diseño, la cual debe ser 1.1 veces la PMOP del Sistema de Transporte por Ducto, y
- VI. Las cargas dinámicas y los esfuerzos que éstas producen en el Ducto, siendo entre otros, sismo, impacto, movimiento del suelo y vibración debida a los vórtices generados por corrientes externas (por ejemplo, vientos, cruces con cuerpos de agua, entre otras).

Artículo 13. El Regulado debe evaluar para el cálculo del espesor de pared del Ducto de Petróleo, Petrolíferos y Petroquímicos, las siguientes cargas:

- I. Cargas vivas: Incluir el peso del fluido transportado y cualquier otro material externo tal como hielo o nieve que se encuentre adherido al Ducto;
- II. Cargas muertas: Incluir el peso propio del Ducto, componentes o accesorios, recubrimientos y relleno de la zanja;
- III. Cargas dinámicas: Incluir las cargas dinámicas y los esfuerzos que éstas producen en el Ducto, entre las que se encuentran sismo, impacto, movimiento del suelo, vibración debida a los vórtices generados por corriente, entre otras;
- IV. Efectos de incremento de presión por expansión del fluido: Tomar medidas para proveer la resistencia suficiente o aliviar el incremento de presión ocasionado por el calentamiento del fluido transportado;
- V. Cargas por expansión térmica y por contracción: Tomar las medidas necesarias para prevenir los efectos por expansión térmica y por contracción del Sistema de Transporte por Ducto;
- VI. Movimientos relativos de componentes conectados: Incluir los efectos del movimiento relativo de componentes conectados en aquellos tramos que, debido a su disposición, se encuentren soportando ciertos elementos que ocasionen movimientos;
- VII. Socavación, azolve y erosión de riberas: Incluir los efectos debidos a la socavación y erosión de riberas, así como el azolve en cruzamientos subpluviales;
- VIII. Interacción suelo-Ducto: En Ductos enterrados evaluar la interacción entre el suelo y el Ducto, para determinar los desplazamientos longitudinales y las deformaciones de esta última, principalmente en suelos no homogéneos, y
- IX. Fenómenos transitorios: Tomar las medidas necesarias para prevenir los efectos de golpe de ariete.

Artículo 14. El diseño del espesor de pared del Sistema de Transporte por Ducto se debe realizar de conformidad con las especificaciones siguientes:

- I. El espesor de pared mínimo "tn" se determina con la siguiente ecuación:

$$t_n = t + A$$

Donde:

tn = Espesor de pared mínimo requerido que satisface los requerimientos de presión y otros factores como cargas, corrosión, esfuerzos, medidas de protección, entre otros.

t = Espesor de pared calculado por la presión de diseño.

A = Suma de todos los factores que afectan el espesor, tales como cargas, corrosión, esfuerzos, medidas de protección, entre otros.

Por razones de seguridad, debe especificarse el valor inmediato superior de espesor de tubo (to) que se fabrique comercialmente.

- II. El Ducto de acero al carbón debe tener un espesor mínimo de pared requerido para soportar la presión interna del fluido, de acuerdo con el valor calculado mediante la fórmula siguiente:

$$t = \frac{P X D}{2 X S}$$

Donde:

- t = Espesor de pared mínimo del Ducto requerido debido a la presión interna (en cm).
 P = Presión manométrica interna de diseño (en kPa).
 D = Diámetro exterior del Ducto (en cm).
 S = Esfuerzo de trabajo máximo permisible del material (en kPa), de acuerdo a la siguiente fracción.

- III. El esfuerzo de trabajo máximo permisible S que debe ser usado en los cálculos de diseño para Ductos nuevos se determina como sigue:

$$S = F \times E \times (\text{RMC})$$

Donde:

- F = Factor de diseño = 0.72 para Petróleo, Petrolíferos (excepto Gas L.P.) y Petroquímicos.
 E = Factor de eficiencia de junta longitudinal, conforme al artículo 15, fracción II, inciso c) de los presentes lineamientos.

RMC = Resistencia mínima a la cedencia del Ducto (en MPa).

Para fluidos clase B el factor de diseño se determinará con base en la clase de localización donde se instale el Ducto, de conformidad con los siguientes valores:

Tabla 3.- Factor de diseño con base en las clases de localización.

Clase de Localización	1	2	3	4	5
Ruta general.	0.77	0.77	0.67	0.55	0.45
Cruces e invasiones paralelas. Caminos secundarios.	0.77	0.77	0.67	0.55	0.45
Cruces e invasiones paralelas. Caminos principales, vías de ferrocarril, canales, ríos, y lagos.	0.67	0.67	0.67	0.55	0.45
Trampas de diablos.	0.67	0.67	0.67	0.55	0.45
Ducto principal en estaciones y terminales.	0.67	0.67	0.67	0.55	0.45
Construcciones especiales, como ensambles fabricados y Ducto en puentes.	0.67	0.67	0.67	0.55	0.45

- IV. Cuando el Ducto pueda estar sometido a condiciones particulares durante la construcción y operación donde la presión exterior exceda la presión interior, se debe seleccionar el espesor del Ducto de forma que se evite su colapso, tomando en cuenta sus propiedades mecánicas y cargas externas a las que estará sometida la misma.

- V. La presión interna ejercida por el fluido sobre las paredes del Ducto causa un esfuerzo tangencial en la pared de la misma. El esfuerzo tangencial máximo permitido en los Sistemas de Transporte por Ducto se debe determinar por medio de la siguiente fórmula:

$$ST = \frac{P X D}{2 X t_o}$$

- ST = Esfuerzo tangencial máximo permisible (en MPa).
 P = Presión manométrica de operación (en MPa).
 D = Diámetro exterior del Ducto (en mm).
 to = Espesor de pared seleccionado del Ducto (en mm).

El esfuerzo tangencial máximo permitido puede establecerse como un porcentaje de la RMC de acuerdo a lo siguiente:

$$\% RMC = \frac{ST}{RMC} \times 100$$

Artículo 15. En el diseño del Sistema de Transporte por Ducto se deben incluir los esfuerzos enunciados a continuación causados por cargas fijas y sostenidas, así como por expansión térmica, cumpliendo con los siguientes requisitos:

- I. El análisis de estos esfuerzos debe incluirse en la memoria de cálculo respectiva. Estos esfuerzos incluyen, entre otros, los siguientes:
 - a) Presión interna: Los esfuerzos calculados por presión interna deben ser menores o iguales al 72% de la Resistencia Mínima a la Cedencia;
 - b) Presión externa: Los esfuerzos calculados por presión externa considerados en el espesor de pared de los componentes del Ducto deben cumplir con los requerimientos de diseño y las tolerancias establecidas en los presentes lineamientos;
 - c) Permisibles de expansión: El esfuerzo permisible de tensión equivalente para Ductos que tienen restricción de movimiento debe ser menor o igual al 90% de la RMC del Ducto. El rango de esfuerzo permisible para Ductos que tienen libertad de movimiento debe ser menor del 72% de la RMC del Ducto;
 - d) Longitudinales adicionales: La suma de los esfuerzos longitudinales ocasionados por presión, peso y otras cargas sostenidas deben ser menores o igual al 75% del esfuerzo permitido para Ductos con libertad de movimiento que se especifica en el inciso inmediato anterior, y
 - e) Efectivos: La suma de los esfuerzos circunferenciales, longitudinales y radiales por presión, así como cargas externas en el Ducto instalado bajo vías de ferrocarril o carreteras, deben ser menores o iguales al 90% de la RMC. Las cargas deben incluir la carga del terreno, la carga cíclica por paso de vehículos y ferrocarriles, así como esfuerzos térmicos.

- II. El análisis de los límites de esfuerzos calculados por cargas temporales, debe incluirse en la memoria de cálculo respectiva y debe cumplir con lo siguiente:
 - a) Esfuerzos por operación: La suma de los esfuerzos longitudinales producidos por presión, cargas vivas y cargas muertas y aquéllos producidos por cargas temporales, tales como viento o temblores deben ser menores o iguales al 80% de la RMC del Ducto;
 - b) Esfuerzos por pruebas: Los esfuerzos debidos a condiciones de prueba son independientes a las limitantes de los esfuerzos permisibles. Al momento de realizar la prueba de hermeticidad ésta será independiente de las cargas por viento o sismo junto con las cargas vivas o muertas, y
 - c) Factor de eficiencia de junta longitudinal (E) para Ductos: El factor E de junta longitudinal que se utiliza en la fórmula de diseño del espesor de pared se determina de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla 4. Factor de eficiencia de junta longitudinal soldada (E).

Especificación	Clase de tubo	Factor de junta longitudinal (E)
ISO 3183 / API 5L	Sin costura	1.00
	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
	Soldado por flasheo eléctrico	1.00
	Soldado con arco sumergido con costura	1.00
	Soldado a tope en horno.	0.60

III. El Ducto debe diseñarse con la suficiente flexibilidad para absorber una posible expansión o contracción que pueda ocasionar esfuerzos en el material, mayores a los permisibles indicados en esta sección, momentos flexionantes de importancia en las juntas, fuerzas o momentos elevados en los puntos de conexión de equipos o en los puntos de guía o anclaje. Deben realizarse los respectivos análisis donde exista duda de la adecuada flexibilidad del sistema.

La expansión térmica de los Ductos enterrados puede causar movimientos en los puntos terminales, cambios de dirección y cambio de dimensiones, acercándose o rebasando los esfuerzos permisibles. Dichos movimientos pueden reducirse a través de anclajes. El análisis de flexibilidad y expansión térmica debe cumplir, entre otros, los aspectos siguientes:

- a) Flexibilidad suficiente para prevenir expansión o contracción térmica que cause fatiga en el material, esfuerzos en juntas o fuerzas y momentos en puntos de conexión a equipos o en anclajes. Las fuerzas y momentos permitidos en equipos o accesorios deben ser menores que aquéllos determinados para el Ducto conectado a los mismos;
- b) Cálculos de expansión para Ductos enterrados cuando se prevén cambios de temperatura que puedan causar movimientos en los puntos donde la línea termina, donde cambia de dirección o cambia de diámetro;
- c) Expansión en Ductos superficiales, la cual puede ser prevista mediante el anclaje de los mismos de manera que la expansión o contracción longitudinal debida a cambios térmicos o de presión, sea absorbida por compresión axial directa o tensión del Ducto, en la misma manera que para Ductos enterrados;
- d) En Ductos no restringidos superficiales la flexibilidad debe ser proporcionada por el uso de codos, omegas y cambios de dirección, de otro modo, se deben tomar medidas para absorber los esfuerzos térmicos mediante juntas de expansión o acoplamientos de la junta deslizable, junta de bola o tipo fuelle. Si se usan juntas de expansión se deben instalar anclajes y piezas de suficiente resistencia y rigidez para proporcionar soportes a las fuerzas ocasionadas por la presión del fluido, entre otras causas;
- e) Cálculos de flexibilidad, los cuales deben basarse en el módulo de elasticidad a temperatura ambiente;
- f) La especificación del Ducto a utilizar en tramos enterrados y superficiales;
- g) El análisis sobre la aplicación de diferentes límites permisibles de esfuerzo de expansión para Ductos con restricción de movimiento y Ductos sin restricción, que debe basarse en las diferencias que existen entre las condiciones de carga para Ductos enterrados o secciones de los mismos similarmente restringidos y secciones de Ductos superficiales no sujetos a una restricción axial sustancial;
- h) El efecto de restricciones al movimiento, como la fricción de soportes, conexiones de derivación, interferencias laterales, entre otras, mismas que deben ser consideradas en los cálculos de esfuerzo;
- i) Integrar en los cálculos los factores de incremento del esfuerzo encontrado en componentes que no sean Ducto recto;
- j) Las dimensiones nominales del tubo y accesorios, que deben ser usadas en los cálculos de flexibilidad;
- k) Los cálculos de esfuerzo de Ductos en aros, curvas y compensaciones, que deben basarse en el rango total de variación de la temperatura esperada. En los cálculos de expansión del Ducto deben evaluarse los movimientos tanto lineales como angulares del equipo al cual estará unida, y
- l) Los cálculos de esfuerzo de Ductos en codos, omegas y cambios de dirección o utilizando juntas de expansión, que deben basarse en el rango total de variación de la temperatura esperada. En los cálculos de expansión del Ducto deben evaluarse los movimientos tanto lineales como angulares del equipo al cual estará unida.

Artículo 16. Se debe evaluar la susceptibilidad del Ducto al aplastamiento, ovalado, pandeo y abollado. Estas deformaciones se incrementan en proporción directa al incremento de la relación D/t (Diámetro/espesor) y decrece con el aumento del espesor de pared y con el aumento de la RMC. Los Ductos con relación D/t mayores de 100, requieren medidas adicionales de protección durante la etapa de construcción.

Artículo 17. Las bridas y sus accesorios (diferentes al hierro forjado) deben cumplir con lo establecido en estos lineamientos, además de atender los siguientes criterios:

- I. Los ensambles bridados deben resistir la máxima presión a la cual operará el Ducto y mantener sus propiedades físicas y químicas a cualquier temperatura a la que se prevé puedan llegar a estar sujetos en servicio, y
- II. Las bridas o uniones bridadas en tubos diferentes de hierro forjado deben cumplir con las dimensiones, perforaciones, diseño de cara y empaques, además deben coincidir íntegramente con el Ducto, válvula, unión o accesorio.

Artículo 18. Todas las válvulas y accesorios deben satisfacer los requerimientos establecidos en los presentes lineamientos. Las válvulas y accesorios se deben diseñar para las condiciones de operación del Sistema de Transporte por Ducto dentro de los rangos aplicables de presión-temperatura, considerando los siguientes requerimientos:

- I. El Sistema de Transporte por Ducto debe contar con válvulas de seccionamiento para aislar una sección del sistema de otra y así limitar el riesgo y daño provocado en caso de fuga o accidente, así como para facilitar el mantenimiento del sistema y debe cumplir con las características siguientes:
 - a) Ser de acero, lubricable y de paso completo; su diámetro interior debe ser igual al del Ducto al que están unidas para permitir el libre paso de los dispositivos de limpieza e inspección interna;
 - b) Probarse hidrostáticamente a la misma presión que el Ducto al que están conectadas en base a recomendaciones del fabricante;
 - c) Contar con un dispositivo que indique claramente la posición "cerrada" o "abierta" en que se encuentre;
 - d) Estar debidamente soportadas y ancladas de acuerdo con un análisis de flexibilidad y cumplir los esfuerzos permisibles indicados para el material, y
 - e) Contar con una inscripción en relieve o placa en la que se muestre: marca, diámetro nominal, presión o clase y material del cuerpo.
- II. La instalación de válvulas de retención debe integrar en paralelo una válvula de bloqueo de paso completo para evitar el flujo inverso de acuerdo a la topografía del terreno donde esté instalado el Ducto, para realizar las actividades de mantenimiento;
- III. Los cambios de dirección en la trayectoria del Sistema de Transporte por Ducto se deben realizar mediante codos prefabricados o hechos en campo, para lo cual se deben establecer las alternativas y especificaciones necesarias aplicables en la etapa de construcción;
- IV. En caso de realizarse segmentos curvados al doblar el tubo en campo y/o prefabricados, el doblado no debe afectar la capacidad de servicio del Ducto. Los dobleces realizados en campo y/o prefabricados deben cumplir con lo siguiente:
 - a) El radio mínimo de doblado se establece en la tabla siguiente:

Tabla 5.- Radio mínimo de doblado.

Diámetro nominal milímetros (pulgadas)	Radio mínimo
304.8 (12) y menores	18D
355.6 (14)	21D
406.4 (16)	24D
457.2 (18)	27D
508 (20) y mayores	30D

D: Diámetro nominal del Ducto.

- b) En tubos de soldadura longitudinal debe cuidarse que dicha soldadura esté tan cerca como sea posible del eje neutral del doblado, a menos que:
 - i. El doblado se realice mediante un mandril interno;
 - ii. El tubo sea de un diámetro externo de 305 mm (12.01 pulgadas) o menor, o
 - iii. Tenga una relación diámetro a espesor de la pared menor a 70.

- c) Los dobleces deben estar libres de abolladuras, fracturas, ovalamiento, arrugas y otros daños mecánicos evidentes. Los dobleces se deben realizar de tal forma que no se dañe la integridad estructural y operativa del Ducto;
 - d) Las soldaduras que estén sujetas a esfuerzos durante el doblado, deben ser calificadas mediante pruebas o ensayos no destructivos;
 - e) La soldadura circunferencial en tubos de acero que se localice en un área que se vaya a someter a un proceso de doblado, se debe probar y comprobar técnicamente mediante métodos no destructivos antes y después de dicho proceso para prevenir posibles fallas, y
 - f) Los codos de acero forjado para soldar y los segmentos transversales de los mismos solo se deben usar para cambios de dirección en tubos de acero de diámetros menores o iguales a 50 mm (1.97 pulgadas), a menos que la longitud del arco medido sobre la curva interna sea de 25 mm (0.98 pulgadas), como mínimo.
- V. Con relación al diseño por presión y libre paso de dispositivos de inspección o limpieza, los codos fabricados de línea deben tener un espesor mínimo de pared y curvatura deben ser fabricados del mismo material u otro que tenga propiedades mecánicas y químicas similares al Ducto al que van a ser unidos;
- VI. Al tener sistemas que operen con esfuerzos circunferenciales del 20% o menos de la RMC estará permitido usar los codos hechos mediante gajos, cortes angulares de tubo juntas a inglete, siempre que el ángulo entre gajos no exceda los 12.5 grados y la distancia entre gajos por la parte interna del codo no sea menor al diámetro del tubo. Para los sistemas que operen con esfuerzos circunferenciales menores al 10% de la RMC estará permitido usar los codos hechos mediante gajos, cortes angulares de tubo juntas a inglete sin las restricciones anteriores. Las deflexiones causadas por desalineación de hasta 3 grados no deben ser consideradas como parte de este tipo de codos;
- VII. Se debe evitar el uso de accesorios roscados en la parte principal y secundaria de los Sistemas de Transporte por Ducto, éstos sólo podrán utilizarse en líneas auxiliares menores a 50 mm (2 pulgadas) de diámetro con flujo estacionario, aguas abajo de una válvula de bloqueo, como purgas, en derivaciones para instrumentación y venteos, y
- VIII. Los componentes de Ductos usados, como codos, intersecciones, reducciones, bridas, válvulas y otros accesorios, pueden ser reusados siempre que se examinen y reacondicionen en caso de ser necesario, para asegurar que cumplen con los requerimientos para el servicio al que serán destinados y que están libres de defectos. Estos componentes deben mantener la identificación de su especificación original, cuando no se cuente con ella se deben utilizar métodos de identificación positiva de materiales y su uso se debe restringir a la máxima presión de operación permisible.

Artículo 19. El Ducto y sus accesorios se deben soportar o anclar por medio de una estructura que los mantenga en una posición fija, para lo cual se debe cumplir con los siguientes aspectos:

- I. Los soportes del Sistema de Transporte por Ducto deben:
 - a) Evitar esfuerzos y momentos transmitidos a los equipos y accesorios conectados como válvulas, filtros, tanques, recipientes a presión y bombas, entre otros;
 - b) Resistir las fuerzas longitudinales causadas por flexión o desviación del Ducto;
 - c) Evitar o amortiguar la vibración excesiva, y
 - d) Evitar los esfuerzos debidos a la expansión y contracción térmica.
- II. El diseño de los soportes debe cumplir como mínimo con lo siguiente:
 - a) Ser construidos con material resistente y no combustible;
 - b) Soportar el Ducto sin causar esfuerzos excesivos locales en el mismo y sin imponer fuerzas excesivas de fricciones axiales o laterales que puedan restringir los movimientos;
 - c) Los tirantes y dispositivos de amortiguamiento pueden ser usados ocasionalmente para prevenir vibración del Ducto;
 - d) Todo dispositivo o accesorio sujeto al Ducto debe ser diseñado para minimizar los esfuerzos que le agregan a la pared del Ducto. Los aditamentos no integrales como las abrazaderas deben usarse principalmente para cumplir simultáneamente las funciones de soporte y anclaje;

- e) Si el Ducto es diseñado para operar arriba del 20% de la RMC, todos los sistemas de sujeción añadidos deben estar hechos de manera que una parte cilíndrica separada abrace completamente al Ducto y se una a ésta mediante soldadura continua circunferencial, y
- f) Permitir una libre expansión y contracción del Ducto entre soportes o anclajes.

Artículo 20. Los Ductos instalados en la proximidad de líneas de conducción eléctrica y equipo auxiliar deben cumplir con lo siguiente:

- I. Incorporar los criterios de diseño necesarios para mitigar los efectos eléctricos sobre los Ductos;
- II. Adoptar las medidas para mitigar las corrientes de falla que resulten de descargas eléctricas o anomalías de equipo eléctrico para prevenir condiciones de peligro al personal o daño al recubrimiento y al Ducto. Estos efectos adversos pueden ocurrir cuando un Ducto se encuentra cerca de instalaciones de aterrizado de las estructuras de líneas de conducción eléctrica, subestaciones, centrales de generación eléctrica, y otras instalaciones que tienen redes de tierras con elevadas corrientes de falla;
- III. Cuando se encuentran Ductos cerca de este tipo de redes de tierras deben implementarse medidas para protegerlas de gradientes de voltaje a tierra, y
- IV. Cuando los Ductos corran paralelos a líneas de conducción de corriente alterna se deben tomar las medidas necesarias para reducir mediante dispositivos dieléctricos los potenciales eléctricos a niveles aceptables.

Artículo 21. Las estaciones de bombeo del Sistema de Transporte por Ductos se deben localizar en un área libre, con el objeto de minimizar que, en caso de incendio, éste traspase los límites de la propiedad. El espacio libre alrededor del área principal de bombeo debe permitir la libertad de movimiento del equipo de mantenimiento y contra incendio, tanto interno como externo.

Estas instalaciones deben estar cercadas de manera que se evite o minimice la intrusión por parte de externos, los caminos y puertas deben estar localizados de manera que faciliten el acceso y la salida de las instalaciones.

El diseño de las estaciones de bombeo debe incorporar los rubros siguientes:

- I. El tipo de Petróleo, Petrolífero o Petroquímico y sus propiedades físico-químicas y seleccionar el equipo más adecuado;
- II. Establecer la seguridad del sistema de bombeo, de acuerdo con las características, dimensiones, condiciones operativas y fluidos transportados;
- III. Disponer de un sistema de control de presión adecuado;
- IV. Disponer de los sistemas de alarmas de seguridad y disparos para protección de los equipos de bombeo de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes;
- V. Realizar la construcción con materiales no combustibles;
- VI. Prever flexibilidad operativa de los sistemas de recirculación y descarga-succión para protección de los equipos de bombeo y tomar en cuenta futuras ampliaciones; asimismo, debe evaluarse la necesidad de equipos de relevo y/u otros sistemas redundantes;
- VII. Contar con válvulas de seccionamiento y/o bloqueo en el Ducto de entrada y salida de la estación;
- VIII. Tener una ventilación cruzada y a favor de los vientos dominantes para garantizar que el personal que opera, mantiene, inspecciona y supervisa la instalación no corra riesgo por la acumulación de vapores;
- IX. La filosofía de operación y control de la estación que incluya, como mínimo, el uso de dispositivos de seguridad que alerten por altas y bajas presiones, así como por altos y bajos flujos;
- X. Incorporar sistemas instrumentados de seguridad tanto de prevención como de mitigación en cada estación. En caso de no incorporar estos sistemas a las estaciones, se deben incluir, al menos, funciones de paro de emergencia dentro del sistema de control de la estación de bombeo y la instalación de válvulas de corte de activación remota para el caso de fugas con incendio;

- XI.** Incorporar fuentes alternas de energía para accionar los dispositivos de seguridad en caso de emergencias;
- XII.** Instalar filtros en la succión del equipo de bombeo para evitar la entrada de partículas sólidas que pueda arrastrar el Petróleo, Petrolífero o Petroquímico;
- XIII.** Cuando el área de operación de una instalación de bombeo es cerrada se debe contar al menos con dos salidas separadas y sin obstáculos ubicadas de tal manera que proporcionen una posibilidad de escape a un lugar seguro;
- XIV.** La cerca perimetral de la estación de bombeo debe tener al menos, dos puertas localizadas de manera que permitan la salida rápida del área a un lugar seguro, tanto a personas como a vehículos, estas puertas se deben localizar a un radio mínimo de 30 metros (1181.1 pulgadas) del área de bombas;
- XV.** El equipo eléctrico y la instalación eléctrica en las estaciones de bombeo deben ser a prueba de explosión, los elementos metálicos de las estaciones de bombeo deben estar conectados a tierra;
- XVI.** Incluir sistemas adecuados de protección contra incendio de conformidad con lo establecido en el código NFPA. Si el sistema instalado requiere del uso de bombas contra incendio, se debe cumplir con lo establecido en el código NFPA 20 vigente y la fuerza motriz de éstas debe ser independiente de la fuerza motriz de la estación de bombeo de tal forma que no se vea afectada su operación por el paro de emergencia de la estación;
- XVII.** Incluir las especificaciones de los sistemas adicionales o periféricos de los equipos de bombeo que sean recomendados por el fabricante;
- XVIII.** Incluir el diseño civil de la cimentación para el equipo de bombeo el cual debe contener las características mecánicas del suelo;
- XIX.** El diseño de los sistemas de relevo de presión debe incluir al menos lo siguiente:
- a)** Prever en su cálculo los aumentos de presión por cambios de temperatura ambiental;
 - b)** Establecer un valor de apertura de los dispositivos que sea igual o inferior a la PMOP de la parte del sistema que protege;
 - c)** Tener la suficiente capacidad y sensibilidad de acuerdo al servicio para el que se diseña;
 - d)** En los Ductos de alivio de presión debe instalarse una válvula de bloqueo de paso completo anterior y posterior al dispositivo de relevo de manera que la válvula puede ser asegurada o sellada en posición abierta y sólo se opere para el remplazo del dispositivo de seguridad;
 - e)** Los Ductos de alivio de presión que parten del dispositivo de relevo deben ser conectados a un recolector como puede ser una fosa adecuada, pozo o tanque auxiliar por medio de tuberías recolectoras. Éstas deben tener un dispositivo indicador de flujo situado en un lugar visible, con alarma para evitar derrames en el recolector y no deben tener válvulas entre el dispositivo de relevo y el recolector a menos que la válvula situada pueda ser asegurada o sellada en posición abierta;
 - f)** La ubicación final del dispositivo de relevo debe ser visible y accesible en un lugar seguro para evitar golpes al mismo;
 - g)** Estar soportados adecuadamente con materiales no combustibles para evitar las vibraciones;
 - h)** Las tuberías de ramificación del Ducto o cabezal destinadas al alivio de presión deben ser dimensionadas para evitar golpes de ariete y disminuir la capacidad de relevo cuando el dispositivo de relevo accione, y
 - i)** Para bombas de desplazamiento positivo los sistemas de relevo de presión deben ser instalados entre la bomba y la primera válvula de bloqueo en la descarga, la capacidad de relevo debe ser igual o mayor a la capacidad de la bomba.
- XX.** Incluir tanques de recolección auxiliares del sistema de relevo de presión donde sean necesarios;
- XXI.** Incluir los sistemas de protección y seguridad para turbinas de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, en caso de que los equipos de bombeo sean accionados por éstas, y
- XXII.** El aislamiento eléctrico de los Ductos de entrada y salida de la estación de bombeo si ésta cuenta con protección catódica.

Artículo 22. El diseño de los patines de medición y trampas de diablos deben incluir, entre otros puntos, los siguientes:

- I. Aspectos generales;
 - a) Ubicarse tomando como base el Análisis de Riesgos de manera que exista un área libre intermedia entre los patines de medición y las trampas de diablos, así como entre cada uno de éstos y el área de bombeo, con la finalidad de que en caso de accidente no se afecten las instalaciones vecinas. Si por razones de espacio no es posible incluir dicha área libre será necesaria la colocación de barreras físicas;
 - b) Los Ductos y los accesorios que formen parte de estos componentes deben cumplir en su diseño con lo establecido en estos lineamientos;
 - c) Los Ductos de estos componentes deben tener en su parte inferior una altura mínima de 0.65 metros (25.6 pulgadas) sobre el nivel del piso y de acuerdo con esta altura construir los soportes;
 - d) Los Ductos y componentes deben tener los espaciamientos mínimos requeridos para su mantenimiento, y
 - e) A estos componentes se les debe realizar un análisis de flexibilidad para determinar el tipo de soporte y anclaje, así como su ubicación. Dichos componentes deben ser debidamente soportados sobre el terreno para evitar que se transmitan esfuerzos originados por la expansión y contracción del Ducto a las instalaciones y equipos conectados.
- II. En el diseño de los patines de medición, se debe incluir lo siguiente:
 - a) Las dimensiones del Ducto y el espacio necesario para la protección de los equipos e instrumentos que permitan las actividades de operación y mantenimiento;
 - b) Líneas de desvío (bypass) para mantenimiento, sin necesidad de interrumpir el flujo;
 - c) Recomendaciones de los fabricantes de los medidores con relación a diámetros del Ducto, conexiones y distancia a otros aparatos o accesorios en la instalación;
 - d) Los medidores deben diseñarse de acuerdo al servicio del fluido de trabajo y condiciones de operación. La presión soportada por los medidores debe ser superior a la presión máxima de operación del sistema;
 - e) La capacidad del medidor debe estar acorde con los requerimientos operativos del sistema y recomendaciones del fabricante con relación al rango de trabajo del instrumento, y
 - f) Las conexiones para toma de instrumentos en las cuales se deben instalar válvulas de bloqueo.
- III. Los Ductos de transporte se deben diseñar y construir para permitir el paso o corrida de dispositivos instrumentados de inspección interna o dispositivos de limpieza; excepto para:
 - a) Cabezales;
 - b) Ductos en estaciones de bombeo o medición;
 - c) Ductos asociados con las instalaciones de entrega y otras líneas de transporte continuo entre estaciones de bombeo;
 - d) Diámetros del Ducto para los cuales no existe un dispositivo instrumentado de inspección interna, y
 - e) Ductos en las que el diseñador determine y justifique que resulta impráctico construir instalaciones para el paso de instrumentos de inspección interna.
- IV. En el diseño de las trampas de diablos se debe incorporar lo siguiente:
 - a) Características y dimensiones que permitan el alojamiento de los dispositivos de inspección de nueva generación de acuerdo con los requerimientos del Sistema de Transporte por Ducto y del fabricante;
 - b) Un dispositivo que indique la presión interior, así como válvulas de bloqueo que permitan despresurizarlas de manera previa a la extracción de los productos y residuos colectados;
 - c) Válvulas de tipo compuerta de doble expansión o tipo bola, ambas de paso completo y continuado, con doble bloqueo;

- d) Válvulas para la tubería de drenaje para evitar su obstrucción, y
- e) Cabezales colectores que deben contar con las conexiones necesarias para drenar de manera segura los productos y residuos a un colector fijo (registro bajo charnela) o portátil, o a un sistema cerrado.

Artículo 23. Los registros subterráneos para válvulas y dispositivos de relevo de presión, deben:

- I. Resistir las cargas externas a las que pueden ser sometidos y proteger el equipo instalado;
- II. Contar con un espacio de trabajo que permita que el equipo requerido en el registro se pueda instalar, operar y mantener;
- III. Estar contruidos con equipo eléctrico que demuestre las especificaciones mínimas establecidas por el fabricante;
- IV. Estar localizados en lugares accesibles y lo más alejado posible de:
 - a) Cruzamientos de calles o puntos donde el tráfico sea pesado o intenso;
 - b) Puntos de elevación mínima, cuencas de recolección o lugares donde la cubierta de acceso tenga posibilidad de inundarse, y
 - c) Instalaciones de servicios de agua, drenajes, eléctricos, telefónicos, tuberías de vapor, entre otras;
- V. Los registros subterráneos o fosas de techo cerrado para Ductos, válvulas y dispositivos de relevo de presión deben estar sellados, venteados o ventilados como se indica a continuación:
 - a) Cuando el volumen interno exceda 6 metros cúbicos (212 pies cúbicos):
 - i. Contar con dos Ductos de ventilación que tengan al menos el efecto de ventilación de una tubería de 0.10 metros (3.94 pulgadas) de diámetro;
 - ii. Disponer de ventilación suficiente para minimizar la formación de una atmósfera explosiva en el interior, y
 - iii. Los Ductos de ventilación deben contar con una altura que permita la descarga y dispersión de los vapores y evitar la formación de una mezcla explosiva.
 - b) Cuando el volumen interno sea mayor de 2 metros cúbicos (70.63 pies cúbicos) pero menor de 6 metros cúbicos (212 pies cúbicos):
 - i. Si el registro o fosa está sellado, la cubierta de ajuste hermético debe tener orificios que puedan abrirse con el objeto de detectar una mezcla explosiva. Se debe contar con los medios para probar la atmósfera interna antes de retirar la cubierta;
 - ii. Si el registro o fosa cuenta con ventilación, debe existir un medio para evitar que fuentes externas de ignición alcancen la atmósfera del registro, o
 - iii. Si el registro o fosa está ventilado deben aplicarse los incisos a) o c) de esta fracción.
 - c) Si un registro o fosa, considerado en el inciso inmediato anterior, está ventilado por las aberturas en las cubiertas o por rejillas y la relación entre el volumen interno (en m³) y el área efectiva de ventilación de la cubierta o rejilla (en metros cuadrados), es igual o menor a 6.0, no se requiere de una ventilación adicional.

Artículo 24. Para la protección y/o control de la corrosión de los Sistemas de Transporte por Ducto de Petróleo, Petrolíferos y Petroquímicos debe cumplirse lo establecido en el anexo I de estos lineamientos, salvo lo establecido en el numeral 2.2 de dicho anexo.

CAPÍTULO III CONSTRUCCIÓN

Artículo 25. La construcción de un Sistema de Transporte por Ducto nuevo, así como las reparaciones a sistemas existentes se deben realizar de acuerdo con las especificaciones establecidas en estos lineamientos.

Artículo 26. Previo a la construcción de un Sistema de Transporte por Ducto el Regulado debe contar con la autorización en materia de impacto y riesgo ambiental, así como la identificación de los peligros y el análisis de riesgos, estableciendo las medidas de mitigación, prevención y control necesarias para reducir los riesgos e impactos ambientales.

Lo anterior, de conformidad con la normatividad que para tal efecto emita la Agencia.

Artículo 27. El Regulado debe asegurarse que durante el manejo y transporte de tubería y sus componentes, desde los centros de aprovisionamiento hasta el punto de recepción y almacenamiento en los sitios de construcción, se eviten daños a la tubería, componentes y recubrimientos aplicados.

En el caso de tubería con recubrimiento anticorrosivo aplicado en planta, el Regulado debe asegurarse que se tomaron las medidas necesarias para evitar daños al recubrimiento durante el transporte, así como contar con el certificado de calidad del recubrimiento.

Artículo 28. La tubería de acero al carbono empleada en el Sistema de Transporte por Ducto, debe cumplir como mínimo con lo siguiente:

- I. Especificaciones de diseño de estos lineamientos;
- II. Las instalaciones superficiales tales como estaciones de bombeo, límites de batería, trampas de diablos, válvulas de seccionamiento, válvulas de retención, etc.; pueden ser fabricadas con tubería de especificaciones ASTM A53, equivalente o superiores en propiedades fisicoquímicas y mecánicas;
- III. Los tramos de tubos deben evitar tener soldaduras o uniones circunferenciales intermedias. Se deben evitar soldaduras de extremos de placa o rollo (uniones punta/cola de rollos o placas "strip/plate end welds") en los tramos de tubería, y
- IV. En el caso de sustitución por deterioro o defecto del Ducto o tramo del mismo, sólo se debe usar tubería nueva.

Artículo 29. Las válvulas y accesorios deben cumplir con las especificaciones y componentes de diseño establecidos en estos lineamientos.

Artículo 30. Las tuberías de instrumentación y otras tuberías auxiliares conectadas a la tubería principal deben cumplir con el diseño y estar construidas de acuerdo a las especificaciones establecidas en estos lineamientos, y siempre operar a una presión manométrica mayor a 1 bar (14.5 psia).

Artículo 31. Los Ductos y sus componentes deben estar identificados para su rastreabilidad por medio de un registro, esto aplica también a válvulas, accesorios y/o conexiones; dicho registro debe contener, como mínimo, los datos siguientes:

- I. Especificación del componente;
- II. Número de pedido;
- III. Fabricante y/o proveedor;
- IV. Número de lote;
- V. Pruebas a las que el componente fue sometido, y
- VI. Certificado de calidad o norma a la que se dio cumplimiento, en su caso.

Artículo 32. Los Regulados deben conservar, controlar y proteger los registros relativos a la especificación de los materiales del Ducto, válvulas, accesorios y/o conexiones del Sistema de Transporte por Ducto, desde su construcción y durante la vida del sistema para cuando sea requeridos por la Agencia.

Artículo 33. Los Ductos y sus componentes se deben inspeccionar visualmente en el sitio de la instalación por personal calificado, para asegurar que cualquier daño identificado sea corregido y no afecte la operación y seguridad del sistema, además de cumplir con los siguientes requerimientos:

- I. Los Ductos y materiales deben ser verificados antes de usarse y dejar evidencia de haberlo realizado, y
- II. Todo Ducto debe ser probado hidrostáticamente por un periodo de cuando menos 8 horas y evidenciar que se realizó la actividad, cumpliendo con los siguientes factores usados para presión de prueba:
 - a) Para Gas L.P. al menos 1.4 veces la presión de diseño, y
 - b) Para Petróleo y el resto de los Petrolíferos (excepto Gas L.P.), al menos a 1.25 veces la presión de diseño.

Artículo 34. En relación a los procesos de soldadura de los Ductos de acero del Sistema de Transporte por Ducto de Petróleo, Petrolíferos y Petroquímicos, cuando se utiliza para unir dos Ductos, conocido como doble junta, así como para la unión del Ducto con sus componentes se deben atender los siguientes requerimientos durante las etapas del ciclo de vida del Ducto donde se realice esta actividad:

- I. Antes de realizar trabajos de corte y soldadura en áreas donde la posible fuga o presencia de vapor o líquido inflamable constituya un riesgo de fuego o explosión se debe realizar una inspección exhaustiva para determinar la presencia de mezcla de gas-combustible o de líquido inflamable. Los procesos de corte y soldadura deben realizarse sólo cuando las condiciones seguras sean corroboradas;
- II. La soldadura debe realizarse mediante un proceso manual, semiautomático o automático, o una combinación de éstos en que se haya demostrado que se pueden producir soldaduras que cumplen con los requisitos establecidos en estos lineamientos;
- III. A menos que se especifique lo contrario, los electrodos de soldadura y consumibles deben cumplir con lo siguiente:
 - a) El metal de aporte y los consumibles deben ser seleccionados para que la resistencia de la soldadura final iguale o exceda la resistencia a la tensión mínima de los materiales que son unidos;
 - b) Si se van a unir metales base de diferente resistencia a la tensión, la resistencia a la tensión nominal del metal de aporte de la soldadura debe igualar o exceder la resistencia a la tensión del metal más débil;
 - c) Cuando metales de aporte de diferentes resistencias son usados en la misma soldadura las porciones deben ser tales que la soldadura final iguale la resistencia a la tensión mínima especificada del metal base;
 - d) Para aceros de aleación, el análisis químico del metal de aporte debe ser el mismo que el del metal base. Si se van a unir metales de diferente composición química, el metal de aporte debe ser el mismo que cualquiera de los metales base o de composición intermedia, excepto cuando los aceros austeníticos sean unidos a aceros ferríticos en cuyo caso el metal de aporte debe tener una estructura austenítica, y
 - e) La soldadura debe ser realizada por un soldador calificado y certificado utilizando procedimientos calificados y actualizados por el Regulado.
- IV. Los procedimientos de soldadura deben cumplir con lo siguiente:
 - a) Deben ser elaborados y calificados de manera previa a cualquier aplicación de soldadura. Tanto los soldadores calificados y certificados, como los procedimientos aplicados deben cumplir con los requisitos establecidos en esta sección. Para calificar el procedimiento de soldadura y asegurar que la calidad de la soldadura tiene propiedades mecánicas y de resistencia adecuadas deben aplicarse pruebas destructivas o el método radiográfico;
 - b) Los procedimientos de soldadura que son aplicados a un Sistema de Transporte por Ducto se deben conservar durante la vida útil del sistema para cuando sean requeridos por la Agencia, e incluir la calificación y los resultados respectivos de las pruebas de calificación de soldadura para cada procedimiento;
 - c) El procedimiento debe calificar y certificar las pruebas destructivas y no destructivas, asegurar que la soldadura cumple con las propiedades mecánicas para el Ducto y sus accesorios; además de establecer el alcance y limitaciones para cada aplicación. La calificación del procedimiento debe efectuarla un inspector de soldadura calificado;
 - d) Los procedimientos de soldadura pueden ser elaborados y calificados por un grupo o institución de reconocimiento nacional o internacional, dichos procedimientos deben ser aprobados por el Regulado, y
 - e) Cuando los materiales, consumibles, restricciones mecánicas, condiciones de servicio y/o condiciones ambientales hagan necesario un trabajo más específico; por ejemplo, precalentamiento, temperatura de entrapaso, tratamiento térmico post-soldado cuyo propósito sea obtener soldaduras resistentes, entre otros, dichas operaciones deben establecerse en los procedimientos de soldadura. Cuando se vayan a unir materiales con requisitos específicos de dureza, particularmente para servicio a baja temperatura los procedimientos deben incluirlos tanto para el metal base como para la zona afectada por el calor.

- V.** La calificación de soldadores se sujetará a lo siguiente:
- a)** La habilidad y capacidad de los soldadores que intervengan en los trabajos de soldadura deben calificarse y certificarse, conforme al código ASME sección IX o en el código API 1104, o en otro equivalente o superior;
 - b)** El Regulado es el responsable de la calificación y certificación de los soldadores. La preparación de una especificación del procedimiento de soldadura y/o el desarrollo de las pruebas de calificación pueden ser realizadas a través de un grupo o institución con reconocimiento nacional o internacional;
 - c)** La calificación de los soldadores debe realizarse nuevamente cuando se modifique el procedimiento de soldadura. Las pruebas de calificación de un soldador deben estar disponibles si existe alguna razón para cuestionar la capacidad de un soldador o si éste no ha realizado tareas de soldadura durante un periodo de 6 meses o mayor, y
 - d)** Se debe guardar un registro de los soldadores calificados los cuales deben estar certificados durante la vida operativa del Ducto. Este registro debe contener las fechas y resultados de las pruebas y estar disponible para su consulta para cuando la Agencia lo requiera.
- VI.** La preparación para soldar debe de cumplir con las siguientes especificaciones:
- a)** Se debe verificar que las varillas de soldadura no absorban humedad (utilizar hornos), si es el caso de acuerdo a las indicaciones del fabricante y se debe cerciorar que las superficies a soldar estén limpias y libres de cualquier material que pueda afectar la calidad de la soldadura. Los Ductos 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. La alineación se debe conservar mientras la soldadura de fondeo está siendo depositada;
 - b)** Los requisitos de precalentamiento y calentamiento entre pasos del Ducto y accesorios se deben establecer con base en sus propiedades mecánicas y metalúrgicas, dichos requisitos deben incluirse en el procedimiento de soldadura correspondiente. El procedimiento debe indicar la temperatura mínima de precalentamiento cuando ésta esté por arriba de la temperatura ambiente y el método de calentamiento. Se debe incluir la temperatura de entrapaso para los materiales tratados térmicamente y otros de alta resistencia, así como para aquéllos probados por impacto, y
 - c)** Cuando se suelden materiales distintos con diferentes requisitos de precalentamiento, el material que requiera la mayor temperatura de precalentamiento debe ser el que controle el proceso. La temperatura de precalentamiento debe verificarse mediante el uso de crayones indicadores, termopares, pirómetros u otro método adecuado para asegurarse que dicha temperatura se ha alcanzado antes de la aplicación de la soldadura, misma que debe mantenerse durante el proceso.
- VII.** Para la protección de la soldadura se deben evitar condiciones ambientales adversas que pudieran perjudicar la calidad de la soldadura en los Ductos. Las soldaduras terminadas deben ser protegidas contra la corrosión y cumplir con lo establecido en el anexo I de los presentes lineamientos;
- VIII.** La inspección, pruebas y criterios de soldadura se sujetarán a lo siguiente:
- a)** La inspección no destructiva debe consistir en la inspección visual y examen radiográfico u otro método aceptable no destructivo. Los métodos usados deben ser aptos para mostrar defectos potenciales, en su caso, que deben ser interpretados y evaluados;
 - b)** La inspección visual de la soldadura debe asegurar que se aplicó de acuerdo con el procedimiento mencionado en la fracción IV de este artículo y que es aceptable conforme a lo establecido en el inciso i) de la presente fracción;
 - c)** Las soldaduras en un Ducto que va a operar a una presión que ocasione esfuerzos tangenciales iguales o mayores al 30% de la RMC se deben probar mediante pruebas no destructivas de acuerdo con el inciso e) de la presente fracción. Las pruebas no destructivas son requeridas cuando el Ducto tenga un diámetro nominal menor de 152.4 mm, y

- d) En los siguientes casos se deben inspeccionar todas las soldaduras del Ducto, cuando algunos de ellos sean inaccesibles se inspeccionarán cuando menos el 90% de las soldaduras:
 - i. Dentro de áreas frecuentadas por personas como zonas residenciales, centros de reunión y comerciales y áreas industriales;
 - ii. En cruces tanto superficiales como en el lecho de ríos, lagos, arroyos y áreas sujetas a inundaciones frecuentes;
 - iii. En cruces tanto subterráneos como aéreos, de ferrocarril, autopistas, carreteras y caminos vehiculares de terracería;
 - iv. En soldaduras circunferenciales antiguas en Ductos usados, y
 - v. En soldaduras circunferenciales de empate no probadas hidrostáticamente.
 - e) Para poder realizar las pruebas no destructivas en soldaduras y previo al inicio de los trabajos se debe cumplir con lo siguiente:
 - i. Disponer de los procedimientos aprobados;
 - ii. El personal técnico encargado de tomar, revelar e interpretar radiografías de juntas soldadas, debe ser un especialista calificado y acreditado en los niveles I y II de cada prueba de inspección no destructiva. El personal responsable de la inspección radiográfica debe estar formado, cuando menos, por dos técnicos en radiografía (un nivel I y un nivel II) por unidad o frente de trabajo, y
 - iii. Contar con los certificados e informes de actividad de la fuente, de los equipos de radiografía, ultrasonido y de calibración vigentes, que se vayan a utilizar durante la ejecución de los trabajos.
 - f) Durante el periodo de vida del Sistema de Transporte por Ducto se debe conservar para cuando sea requerido por la Agencia, el registro histórico correspondiente del trazo general del Ducto por secciones con los reportes radiográficos de las soldaduras inspeccionadas, como son: radiografías aceptadas, rechazadas, reparadas o sustituidas y pruebas no destructivas realizadas al Ducto. Las placas radiográficas deben tener indicadas las referencias necesarias para la identificación y localización de la junta en campo;
 - g) Las soldaduras de campo tanto en el Ducto principal como en obras especiales, empates y doble junta se deben radiografiar al 100% usando la técnica de inspección adecuada y cubrir los requisitos requeridos para obtener la calidad adecuada en las radiografías;
 - h) Las soldaduras de campo tanto en el Ducto principal como en obras especiales, empates y doble junta se deben radiografiar al 100% usando la técnica de inspección adecuada y cubrir los requisitos requeridos para obtener la calidad adecuada en las radiografías;
 - i) Para los accesorios y tramos de Ducto en donde no es práctico o conveniente realizar pruebas radiográficas después de la instalación, se deben realizar pruebas no destructivas y de hermeticidad antes de su puesta en operación. Para ello se debe mantener la presión de la prueba de hermeticidad por un mínimo de 4 horas y conservar la evidencia documental durante la vida útil del Ducto para cuando sea requerida por la Agencia;
 - j) Los criterios de aceptación o rechazo de una soldadura inspeccionada visualmente o mediante cualquier método de prueba no destructivo se determinarán de acuerdo con lo establecido el código API 1104, vigente o el que lo sustituya, y
 - k) Los soldadores deben estar certificados para pruebas destructivas o equivalente.
- IX.** La reparación de una soldadura rechazada se debe realizar de acuerdo con los procedimientos de reparación aprobados y que se señalan a continuación:
- a) Límite de reparaciones: Las soldaduras que sean rechazadas de acuerdo con la fracción VIII inciso i) del presente artículo se deben reparar o remover. Sólo se permite reparar dos veces la misma soldadura. En caso de que la soldadura, una vez efectuadas las dos reparaciones continúe fuera de norma, se procederá a cortarla y retirarla;

- b) Quemaduras por arco: Las quemaduras por arco pueden causar concentraciones de esfuerzos en el Ducto y deben ser evitadas, retiradas o reparadas. Las muescas en el metal causadas por quemaduras de arco deben ser retiradas por esmerilado siempre que el esmerilado no reduzca el espesor de pared a menos del mínimo permitido por las especificaciones del material. Si el espesor de pared del tubo después del esmerilado es menor al permitido por las especificaciones del material, la zona del tubo que contenga la quemadura por arco debe ser retirada o reparada. Los parches por injerto no están permitidos;
- c) Defectos de soldadura: Las actividades para retirar y reparar defectos de soldadura, así como las pruebas realizadas de reparaciones de soldadura deben incluir, al menos, el retiro del defecto de raíz. Una vez que la soldadura ha sido reparada ésta debe inspeccionarse radiográficamente para evaluar si se acepta. Adicionalmente se podrán efectuar otras pruebas no destructivas, y
- d) Defectos de la tubería: Laminaciones u otros defectos visibles en la tubería deben ser reparados o removidos de acuerdo al procedimiento correspondiente.
- X. En el procedimiento de soldadura se debe especificar si se requiere el relevado de esfuerzos y/o tratamiento térmico debido a la composición del material, espesor, proceso de soldadura, restricciones de la soldadura o condiciones del servicio a que se someterá, y
- XI. Los tramos de Ductos que queden pendientes de unir a lo largo de la línea de construcción de un Ducto, como cruces de ríos, canales, autopistas o vías de ferrocarril, requieren atención especial al momento de continuar con su instalación para garantizar una alineación y proceso de soldadura correctas. Se debe tener cuidado de no forzar o tensar el Ducto durante el trabajo de alineación.

Artículo 35. Los trabajos que se realicen sobre la franja de seguridad de los Ductos deben minimizar los daños al terreno y las condiciones que favorezcan la erosión, para lo cual el Regulado debe cumplir con lo siguiente:

- I. El ancho mínimo de la franja de seguridad que debe tener el Sistema de Transporte por Ducto para la operación, mantenimiento e inspección de los Ductos, se indica en la tabla siguiente:

Tabla 6.- Ancho mínimo de franja de seguridad del sistema para alojar el Ducto de transporte.

Diámetro nominal, milímetros (pulgadas)	Ancho mínimo de la franja de seguridad, metros (pies)		
	A	B	C
Hasta 200 (8)	7 (23)	2 (7)	5 (17)
De 250 (10) a 450 (18)	10 (33)	5 (17)	5 (17)
De 500 (20) y mayores	14 (46)	5 (17)	9 (30)

Notas:

- (1) Se debe conservar una distancia mínima de 5 metros (16.4 pies) del eje longitudinal del Ducto al hombro de la superficie de rodamiento de caminos menores y de 10 metros (32.80 pies) con caminos mayores o vías de ferrocarril.

Para Ductos menores de 0.5 metros (20 pulgadas) de diámetro, éstos se pueden calcular para cargas bajo condiciones de aplastamiento con profundidad mínima de 1.2 metros (4 pies) y un factor de diseño (F) no mayor de 0.4, a efecto de evitar las distancias mínimas de separación con caminos y vías de ferrocarril.

- (2) Para el caso en que dentro de una misma franja de seguridad se aloje más de un Ducto el ancho de ésta se debe aumentar en proporción del diámetro de cada Ducto adicional más la separación que haya entre ellos conforme a lo establecido en el artículo 38 de los presentes lineamientos.
- (3) En la medida de lo posible, se debe evitar alojar los Ductos en forma paralela dentro del derecho de vía de carreteras o vías de ferrocarril.

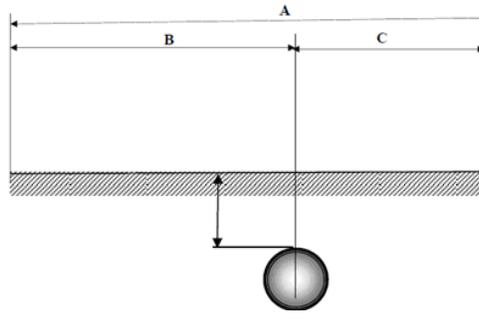


Figura 2.- Ancho mínimo de franja.

Tabla 7.- Ancho mínimo de franja de seguridad del sistema para alojar el Ducto de transporte dentro de zonas urbanas.

Dentro de zonas urbanas, en milímetros (pulgadas)	
Hasta 101.6 (4)	Diámetro exterior del Ducto + 101.6 (4) a cada lado del Ducto.
De 152.4 a 203.2 (6 a 8)	Diámetro exterior del Ducto + 152.4 (6) a cada lado del Ducto.
De 254 a 304.8 (10 a 12)	Diámetro exterior del Ducto + 203.2 (8) a cada lado del Ducto.
Mayores a 304.8 (12)	Diámetro exterior del Ducto + 254 (10) a cada lado del Ducto.

- II. La separación mínima entre Ductos dentro de la misma zanja debe ser de 1 metro (3.28 pies) y la separación entre Ductos en diferente zanja debe ser de 2 metros (6.56 pies), como mínimo;
- III. Para el alojamiento de un Ducto en una franja de seguridad de un sistema existente el Regulado debe sujetarse a los presentes lineamientos además de las del titular de dicha franja;
- IV. Cuando el Regulado requiera instalar otro Ducto en la misma franja de seguridad de un Ducto existente el ancho mínimo de ésta debe ser el correspondiente al diámetro mayor que se muestra en las tablas 6 o 7, considerando la fracción II del presente artículo y se debe agregar la separación entre paños de Ductos; dicha separación debe cumplir con lo establecido en el artículo 38 de los presentes lineamientos referente a las separaciones de Ductos con otras instalaciones. Cuando por limitaciones físicas no sea posible aumentar el ancho de la franja de seguridad asociado a la separación del Ducto el o los nuevos Ductos se deben calcular para cargas bajo condiciones de aplastamiento con profundidad mínima de 1.2 metros (3.94 pies) y un factor de diseño (F) no mayor de 0.4, en cualquier caso, la separación entre Ductos debe permitir efectuar las actividades de mantenimiento en cualquiera de ellos sin afectar a los otros Ductos, y
- V. Cuando no se pueda establecer una franja de seguridad del Sistema de Transporte por Ducto como lo indican las tablas 6 o 7 y se tenga que alojar el Ducto en una "franja de servicios urbanos" se debe cumplir con los requerimientos de la separación de Ductos con otras instalaciones establecidos en el artículo 38 de los presentes lineamientos.

Artículo 36. Para Ductos de transporte enterrados se debe cumplir con los siguientes requerimientos de profundidad:

- I. La profundidad mínima medida del lomo de tubo hasta la superficie debe cumplir con lo que se indica en las tablas siguientes, según corresponda:

Tabla 8.- Profundidad mínima para Ductos de Gas L.P.

Localización	Suelo normal	Roca consolidada
	Centímetros (pulgadas) (al lomo de tubo)	
Clase de localización 1, 2, 3	60 (24)	45 (18)
Clase de localización 4 y 5	75 (30)	60 (24)
Cruzamiento con carreteras y zanjas de drenaje en caminos picos.	90 (36)	60 (24)
Cruces de ferrocarril.	120 (47)	120 (47)

Tabla 9.- Profundidad mínima para Ductos de Petróleo, Petrolíferos (excepto Gas L.P.) y Petroquímicos.

Localización	Excavación Normal, m (pies)	Excavación en Roca, m (pies)
Área industrial, comercial o residencial	1.20 (4)	0.60 (2)
Cruces de ríos y arroyos (vías pluviales)	1.80 (6)	0.60 (2)
Cualquier otra área	1.20 (4)	0.60 (2)

- II. Cuando los requerimientos de profundidad mínima no puedan ser cumplidos o donde las cargas externas En las áreas donde se lleven a cabo actividades agrícolas que requieran de arado profundo en áreas sujetas a erosión o en áreas donde se planea la construcción de carreteras, vías de ferrocarril, entre otras, se debe incluir protección adicional o enterrar el Ducto a una mayor profundidad;
- III. Sean excesivas el Ducto debe ser encamisado o encofrado y diseñado para soportar la carga externa, y
- IV. Los Ductos que se instalen en un río navegable, cuerpo de agua, en puerto marítimo u otro, deben tener una profundidad mínima de 1.8 metros (6 pies) en suelo normal o 0.60 metros (2 pies) en roca consolidada.

Artículo 37. Los Ductos de transporte se deben instalar en una zanja de superficie uniforme de tal manera que se adapten y ajusten al fondo de ésta con objeto de minimizar los esfuerzos. Al efectuar el tendido del Ducto éste y su recubrimiento se debe inspeccionar para verificar que no presenten daños ocasionados durante el transporte y manejo. El Ducto debe ser izado y bajado a su posición final dentro de la zanja con equipo y accesorios adecuados y seguros, además de cumplir con lo siguiente:

- I. El tendido de los Ductos del Sistema de Transporte por Ducto debe realizarse de forma que:
 - a) Se tenga fácil acceso a todos sus componentes, por ejemplo; válvulas, estaciones de bombeo, estaciones de medición, trampas de envío de diablos y registros, entre otros; con objeto de dar una adecuada operación y mantenimiento, y
 - b) Se cumpla con las distancias mínimas indicadas en el artículo 38 de los presentes lineamientos respecto de otras instalaciones, áreas de almacenamiento de sustancias inflamables o peligrosas, estaciones de servicio de hidrocarburos líquidos o gaseosos, derechos de vía de otros servicios, edificaciones y zonas urbanas; con objeto de prevenir daños a la población, al personal y a las instalaciones.
- II. Para cubrir la zanja donde se aloja un Ducto ésta se debe rellenar de manera que:
 - a) Se proporcione un soporte firme bajo el Ducto, y
 - b) Se eviten daños al Ducto y a su recubrimiento provocados por el equipo de maniobras o material de relleno.

- III. En terreno rocoso se debe colocar una capa de 0.1 metros (4 pulgadas) de espesor mínimo de material suelto libre de piedras o componentes de aristas agudas o cortantes sobre el fondo de la zanja, y
- IV. En zanjas a cielo abierto se deberá colocar una cinta de color amarillo con una leyenda de advertencia, a una distancia sobre la tubería enterrada y antes de tapado total de la zanja.

Artículo 38. En la separación de Ductos con otras instalaciones se debe cumplir con los requerimientos siguientes:

- I. Cuando los Ductos corran paralelos dentro de la misma zanja o crucen cualquier instalación subterránea se debe tener una separación mínima de 1 metro (3.28 pies) entre ellos, la separación mínima entre Ductos en diferente zanja debe ser de 2 metros (6.56 pies) medidos del diámetro exterior de cada Ducto. Cuando no sea posible lograr las distancias mínimas indicadas, se debe realizar un estudio específico de análisis de cargas, con el fin de demostrar que los Ductos no sufrirán daño y que no se afectarán los sistemas de protección catódica de ambos Ductos;
- II. Cuando no sea posible mantener la separación mencionada en la fracción anterior durante el proceso de construcción del Ducto se deben tomar medidas adicionales para proteger los Ductos de agentes externos y asegurar el acceso a los mismos para fines de mantenimiento, para lo cual podrán instalarse registros, divisiones o protecciones constituidas por materiales con características térmicas, dieléctricas y aislantes adecuadas que brinden una protección adicional más segura;
- III. La separación mínima entre la pata de la torre de conducción eléctrica o sistema de tierras de la estructura de una línea de transmisión eléctrica y el Ducto debe ser mayor de 15 metros (49.2 pies) para líneas de transmisión eléctrica de 400 kV y mayor de 10 metros (32.80 pies) para líneas de transmisión eléctrica de 230 kV o menores. Cuando no sea posible lograr las distancias mínimas indicadas se debe realizar un estudio específico de manera previa a la instalación del Ducto para reforzar el recubrimiento mecánico del Ducto donde sea necesario y mantener la seguridad del personal operativo del Sistema de Transporte por Ducto, así como la integridad física de éste; se deben incluir durante dicho estudio distancias mayores a 3 metros;
- IV. No se deben invadir derechos de vía de otros servicios como por ejemplo una carretera, ferrocarril, entre otros, salvo cuando la franja de seguridad del Ducto se comparta con otros Ductos;
- V. Se debe guardar una distancia mínima de 10 metros (32.80 pies) de cualquier edificación con objeto de proporcionar una zona de amortiguamiento y de maniobras de emergencia en caso de presentarse un incidente;
- VI. Se debe situar a una distancia mínima de 15 metros (49.2 pies) de estaciones de servicio de combustibles líquidos o gaseosos o cualquier instalación donde se almacenen sustancias peligrosas o inflamables;
- VII. Se debe situar a más de 50 metros (164 pies) de centros de reunión como salas de concierto, iglesias, centros de convención y parques recreativos, entre otros, y
- VIII. Se debe realizar la identificación de los peligros y el análisis de riesgo, así como el análisis de consecuencias que pudieran ocasionarse a las instalaciones y a la población en general en caso de ocurrir un incidente en el Sistema de Transporte por Ducto. Se deben implementar las recomendaciones resultantes del análisis de riesgos y análisis de consecuencias y guardar las distancias correspondientes a fin de garantizar la seguridad de la población e instalaciones diversas.

Artículo 39. Al terminar la construcción de un Ducto la franja de seguridad del sistema donde se aloje el Ducto o, en su caso, el derecho de vía se debe restaurar tanto como sea posible a su condición original y quedar libre de materiales y desperdicios de la propia obra. Los materiales y residuos peligrosos generados por la construcción del Ducto se deben disponer de acuerdo con la normatividad vigente.

Artículo 40. Los cambios de dirección durante la construcción pueden llevarse a cabo por medio del doblado del Ducto o codos conforme a lo establecido en el artículo 18, fracción IV, de los presentes lineamientos.

Artículo 41. Los cruces de cuerpos de agua, vías de ferrocarril, carreteras y autopistas, requieren de un proyecto específico y, cuando éste proceda, se debe obtener el permiso de ejecución de la autoridad competente. Durante la construcción de estos cruces se deben minimizar los problemas de tráfico o las actividades de las zonas adyacentes, cuando el cruce bajo una corriente pluvial se efectúe mediante perforación horizontal direccional ésta debe realizarse basada en los estudios tanto de mecánica de suelos como de impacto ambiental.

Artículo 42. La ubicación de las obras especiales se debe indicar con precisión en los planos de ingeniería del proyecto. Cada una de las soldaduras que se realicen en este tipo de obras debe ser radiografiada en toda su longitud.

Artículo 43. El personal que implemente y ejecute la perforación horizontal debe tener experiencia y estar capacitado para este trabajo. Para realizar esta actividad se debe dar cumplimiento a los siguientes puntos:

- I. Tener un plan que incluya los procedimientos sobre los controles que deben implementarse para llevar a cabo la perforación horizontal, dicho plan debe incluir al menos lo siguiente:
 - a) Uso de la herramienta perforadora y equipo de rastreo para verificar la ruta;
 - b) Requisitos de espacio para el equipo en los puntos de entrada y salida;
 - c) Requisitos de espacio para construir el área para jalar el Ducto;
 - d) Protección al Ducto contra la abrasión durante el proceso de colocación;
 - e) Requerimientos de agua y líquido de perforación;
 - f) Plan de protección al medio ambiente y monitoreo de las actividades;
 - g) Plan sobre el manejo del líquido de perforación;
 - h) Planes de contingencia sobre derrame o pérdida de fluido, respuesta a dicha emergencia, limpieza y mitigación, y
 - i) Especificaciones del equipo a utilizar e integridad de los mismos.
- II. Los procedimientos para el manejo e instalación deben desarrollarse para que el Ducto reciba el menor daño posible al recubrimiento y se eviten esfuerzos excesivos durante la actividad. Se debe utilizar equipo de tamaño adecuado para levantar y colocar el Ducto en el punto de salida de la broca de perforación, y
- III. La evaluación de la integridad del Ducto y su recubrimiento debe incluir:
 - a) Inspección visual y no destructiva del Ducto y cordones de soldadura, antes de jalar el Ducto;
 - b) Inspección visual del Ducto y recubrimiento en el sitio donde sale del punto de perforación, y
 - c) Prueba de presión después de la instalación de la sección que fue colocada mediante perforación horizontal.

Artículo 44. El encamisado y/o encofrado para un Ducto de transporte que cruza una vía de ferrocarril o carretera, debe incluir lo siguiente:

- I. Tener un diseño para resistir las cargas específicas en estas aplicaciones;
- II. Sellar los extremos del encamisado si existe la posibilidad de que pudiera penetrar agua en el ánulo que forman el Ducto con el encamisado;
- III. En caso de sellarse los extremos de un encamisado sin ventilación y el sello es lo suficientemente resistente para mantener la presión máxima permisible de operación del Ducto, o el encamisado implementado debe estar diseñado para soportar esta presión a un nivel de esfuerzo no mayor al 72% de la RMC;
- IV. En cruzamientos se permite instalar un Ducto sin encamisar siempre y cuando en el diseño se hayan tomado en cuenta las cargas externas de la misma, y
- V. Si se instalan venteos se deben proteger contra agentes atmosféricos para evitar que entre agua al encamisado.

Artículo 45. Los Ductos deben estar protegidos contra deslaves, inundaciones, suelos inestables, deslizamientos de tierra, avenidas de ríos u otros riesgos que puedan provocar que el Ducto se mueva o que esté sometido a cargas adicionales. Para la protección del Ducto se debe incluir lo siguiente:

- I. Las instalaciones superficiales o aéreas (Ducto de transporte o cabezal principal), deben estar protegidas de daño accidental ocasionado por tráfico vehicular u otras causas similares y colocarse a una distancia segura del tráfico o en su defecto colocar barricadas;
- II. Cuando los Ductos crucen zonas que normalmente se hallan bajo agua o en áreas que tienen la probabilidad de inundarse, como niveles freáticos altos, lagos, pantanos y cruces de ríos, se debe aplicar al Ducto un peso o anclaje (lastre) suficiente para impedir su flotación;
- III. El cruce del Ducto en un cuerpo de agua debe instalarse en el margen y lecho más estable. Tanto la profundidad de la instalación como el espesor de pared del Ducto se deben seleccionar considerando las características físicas del cruce, y
- IV. Se deben tomar las medidas para proteger a un Ducto de transporte de eventos naturales e incluir, entre otros, los aspectos siguientes: aumentos de espesor de pared, construcción de muros de contención de materiales naturales, medidas preventivas contra la erosión, instalación de anclajes, incorporación de medidas que aumenten la flexibilidad y recubrimientos especiales.

Artículo 46. Cuando se transporte un hidrocarburo de alta viscosidad como el combustóleo, que requiera de una determinada temperatura para facilitar su flujo, se debe proporcionar el aislamiento térmico adecuado.

Artículo 47. Durante la construcción se debe vigilar que las válvulas de seccionamiento cumplan con las características físicas establecidas en el artículo 18 de los presentes lineamientos, además de cumplir con lo siguiente:

- I. El Ducto debe contar con válvulas de seccionamiento a lo largo de su trayectoria para el transporte de Gas L.P., mismas que deben instalarse de acuerdo a su clase de localización como se menciona a continuación:
 - a) En Ductos ubicados en localizaciones clase 1 y 2, cada 32 kilómetros (20 millas);
 - b) En Ductos ubicadas en localizaciones clase 3, cada 24 kilómetros (15 millas);
 - c) En Ductos ubicadas en localizaciones clase 4, cada 16 kilómetros (10 millas), y
 - d) En Ductos ubicadas en localizaciones clase 5, cada 8 kilómetros (5 millas).
- II. La instalación de válvulas de seccionamiento para los sistemas de transporte de Petróleo, Petrolíferos (excepto Gas L.P.) y Petroquímicos, debe realizarse de acuerdo con lo siguiente:
 - a) Antes y después del cruce de ríos, lagos o lagunas;
 - b) Antes y después del cruce de fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano;
 - c) En cada conexión de un ramal (lateral) al Ducto principal de manera que su ubicación sea lo más cercana al Ducto principal;
 - d) En las entradas y salidas de las estaciones de bombeo y en la entrada de las estaciones de recibo de instrumentos de limpieza;
 - e) En la proximidad de zonas residenciales, comerciales e industriales, la máxima separación debe ser de 12 kilómetros (7.5 millas), y
 - f) En aquellas zonas donde la mancha urbana o los desarrollos de vivienda y edificaciones de diversa índole se encuentren a distancias menores de la franja de seguridad del Ducto a las establecidas en el artículo 35 de los presentes lineamientos o, en caso extremo, invadiendo la franja de seguridad, la distancia entre válvulas debe resultar de la evaluación del análisis de riesgos así como del análisis de las consecuencias a la población, con objeto de prevenir el daño a éstas en caso de ocurrir un incidente. Asimismo, se debe incluir la instalación de válvulas de seccionamiento automáticas, dadas las condiciones precarias de acceso al Sistema de Transporte por Ducto y a la necesidad de restringir el flujo del hidrocarburo en el menor tiempo posible en caso de presentarse una fuga.

- III. En caso de restricciones físicas o de accesibilidad el espaciamiento entre válvulas de seccionamiento puede ser modificado para permitir que la válvula sea instalada en un lugar accesible;
- IV. El Regulado debe identificar las invasiones a la franja de seguridad y/o al derecho de vía del Ducto y tomar las medidas necesarias para mantener la seguridad de las personas, del Sistema de Transporte por Ducto y prevenir impactos al medio ambiente;
- V. Las válvulas de seccionamiento se deben localizar en lugares accesibles, protegidos contra daños o manipulaciones externas y soportadas adecuadamente para evitar movimientos del Ducto a la que están conectadas;
- VI. En las estaciones de bombeo se deben instalar válvulas de seccionamiento, así como válvulas adicionales de bloqueo o válvulas de retención considerando las características del terreno y que ante algún evento imprevisible se requiera cortar o minimizar el contraflujo. Se debe analizar la ubicación estratégica y espaciamiento de las válvulas de seccionamiento en áreas industriales, comerciales y residenciales, donde las actividades cotidianas o de construcción puedan representar un riesgo particular de daño externo al Ducto o de acceso a dichas válvulas tomando en cuenta el tipo Petróleo, Petrolífero o Petroquímico transportado, y
- VII. De manera general las válvulas de seccionamiento a lo largo del Ducto deben instalarse acompañadas de válvulas de retención para protegerlas de flujo inverso considerando un análisis del área que se quiera proteger (suburbana, ecológica protegida, entre otras).

Artículo 48. Las trampas de diablos deben instalarse para enviar y recibir dispositivos de limpieza e inspección interior para mantener la eficiencia de transporte del Ducto.

Para la construcción o instalación de las trampas de diablos debe tomarse en cuenta lo establecido en el artículo 22, fracción IV, de los presentes lineamientos. Las trampas de diablos ubicadas en los extremos e intermedios de los Ductos y sus conexiones asociadas deben sujetarse al piso con anclas adecuadas y en concreto; así mismo, deben contar con los soportes superficiales adecuados para prevenir la transmisión de esfuerzos al Ducto debido a expansión y contracción.

Artículo 49. Los señalamientos tienen el propósito de indicar el trayecto del Ducto enterrado, delimitar la franja de seguridad del sistema, identificar las instalaciones superficiales del Sistema de Transporte por Ducto, así como los tramos de Ducto superficiales. Lo anterior, a efecto de reducir la posibilidad de daño o interferencia. Los requisitos generales de los señalamientos son los siguientes:

- I. El señalamiento debe ser instalado sobre un soporte, colocado a los lados de la franja de seguridad del Ducto en todos aquellos lugares en donde el Ducto corra riesgos de sufrir daños por excavaciones, golpes o construcción. En zonas urbanas los señalamientos para el Sistema de Transporte por Ducto de Petróleo, Petrolíferos (excepto Gas L.P.) y Petroquímicos se deben colocar espaciados en distancias de 100 metros (328 pies), en zonas rurales espaciados en distancias de 500 metros (1640 pies) y en zonas con una densidad de población inferior a 50 habitantes por metro cuadrado se deben colocar cada 1000 metros. Para el Sistema de Transporte por Ducto de Gas L.P. se debe cubrir la distancia mínima entre cada señalamiento de acuerdo a lo indicado en la tabla siguiente:

Tabla 10. Distancia mínima entre cada señalamiento.

Clase de localización	Distancia, en metros (pies)
1 y 2	Cada 1000 (3281)
3	Cada 500 (1640)
4 y 5	Cada 100 (328)

- II. Se deben instalar señalamientos lo más cerca posible en los casos siguientes:
 - a) En ambos lados del cruce de una carretera, camino público y ferrocarril o cuerpos de agua, y
 - b) Antes y después de los cambios de dirección mayores a 30 grados.

- III.** En instalaciones superficiales como válvulas de seccionamiento, trampas de diablo, estaciones de recibo/entrega, medición y/o bombeo, entre otras, deben incluirse anuncios preventivos, restrictivos, informativos y obligatorios alusivos a la seguridad, como pueden ser: uso de equipo de protección personal, restricción de acceso, no fumar, no fuentes de ignición, entre otros;
- IV.** Los contenidos mínimos de información en los señalamientos son:
- a)** El señalamiento debe contener alguna de las palabras siguientes: “advertencia, cuidado, precaución”. Estas palabras deben tener una altura mínima de 3.74 centímetros (1.47 pulgadas) de alto y ser seguida de las frases:
- i.** “Ducto a presión bajo tierra, Gas L.P., gasolina, diésel, etc.”;
 - ii.** “No cavar, no golpear, no construir”; esta frase puede ir en letras o en símbolo;
 - iii.** “En caso de emergencia, llamar a: (nombre del Regulado)”, y
 - iv.** “Teléfonos: Clave lada, teléfono(s) local y/o número libre de cargo”.
- b)** Los señalamientos deben ser en letras color negro sobre fondo amarillo.
- V.** Para los tramos de Ducto donde los señalamientos antes descritos no puedan ser colocados debido a impedimentos del lugar o físicos del terreno se deben incluir medidas adicionales en el programa de operación y mantenimiento e incorporar la señalización mediante las alternativas siguientes:
- a)** Colocar en una tachuela de hierro fundido, o cualquier otro material de durabilidad y resistencia similar, de 15 centímetros (6 pulgadas) de diámetro y 18 centímetros (7 pulgadas) de longitud, que tendrá grabado en alto relieve, en la cabeza, la leyenda “Ducto” y una flecha que muestre el sentido del flujo.
- Este señalamiento se debe colocar ahogado en concreto, de manera que la cabeza de la tachuela quede al nivel del piso, localizada a cada 50 metros (164 pies), en bocacalles y cambios de dirección sobre el Ducto cuando se trate de uno solo, o bien sobre los dos Ductos extremos cuando se trate de un corredor de Ductos. Adicionalmente, se debe colocar en áreas verdes o de tierra, una mojonera por 10 centímetros (3.94 pulgadas) de base, pintada de color amarillo;
- b)** Placas en el piso o pared (tachuelas o estoperoles) que contengan como mínimo: nombre del Regulado, teléfono(s) del mismo y las leyendas “gas LP, gasolina, diésel, etc. y no cavar, no golpear, no construir, etc.”, y
- c)** Cuando en la franja de seguridad del Ducto existan dos o más Ductos, el Regulado puede indicar con un solo señalamiento en ese sitio la distancia a la que se encuentran los Ductos.
- VI.** Los señalamientos en estaciones de bombeo deben cumplir con lo siguiente:
- a)** Se deben colocar señalamientos que sirvan de advertencia en áreas riesgosas;
- b)** Las áreas clasificadas o de alto voltaje deben ser marcadas y aisladas mediante la señalización correspondiente, y
- c)** En estas instalaciones se deben colocar señalamientos para el público en general que indiquen como mínimo el nombre del Regulado y un teléfono de contacto para caso de emergencia.

Artículo 50. Los sistemas de protección catódica deben cumplir con lo establecido en el diseño y en el anexo I de los presentes lineamientos, para su instalación deben cumplir con lo siguiente:

- I.** Los Ductos nuevos, enterrados y/o sumergidos deben protegerse catódicamente contra la corrosión como complemento al recubrimiento anticorrosivo por medio de un sistema de ánodos galvánicos o de corriente impresa que garantice la protección total de la instalación de acuerdo con lo señalado en el anexo I de estos lineamientos;

- II. El recubrimiento anticorrosivo de los Ductos debe cumplir con lo siguiente:
- a) Debe ser revisado y reparado con base en las recomendaciones del fabricante, de cualquier daño que tenga antes de bajar el Ducto y tapar la zanja;
 - b) El recubrimiento debe protegerse para evitar cualquier daño causado por los soportes del Ducto, irregularidades que se encuentren en la zanja o relleno de la misma;
 - c) Si el Ducto recubierto va a ser introducido por perforación horizontal en cualquiera de sus modalidades (direccional, rompimiento, hincado o por topo) o por algún método similar, se deben tomar las medidas para minimizar daños al recubrimiento, y
 - d) Cuando sea necesario la aplicación del recubrimiento mecánico en campo, incluyendo reparaciones, éste debe realizarse de acuerdo al procedimiento correspondiente, los registros de pruebas de adherencia, el espesor de aplicación del recubrimiento del Ducto y con base en recomendación de fabricante, utilizando un material de las mismas características o compatible con el recubrimiento del sistema. Se deben tomar las medidas para evitar daños al personal que lo aplica e impactos al medio ambiente.
- III. Los Ductos protegidos catódicamente se deben aislar eléctricamente en todas las interconexiones con estructuras adyacentes. Se deben colocar juntas dieléctricas para aislar los Ductos de instalaciones superficiales tales como estaciones de bombeo, de medición, entre otras;
- IV. La conexión eléctrica al Ducto debe hacerse empleando un proceso de soldadura de baja temperatura y los alambres empleados deben quedar holgados para evitar que se rompan o dañen durante el relleno de la excavación. Esta conexión se debe cubrir con material que proporcione aislamiento eléctrico y sea compatible con el recubrimiento del Ducto, y
- V. Los Regulados deben conservar los reportes escritos o mapas que muestren la localización del Ducto e instalaciones catódicamente protegidas, así como otras instalaciones y estructuras vecinas protegidas catódicamente, para cuando sean requeridos por la Agencia.

Artículo 51. Los patines o estaciones de medición de flujo del producto se deben fabricar de acuerdo con el diseño del proyecto y cumplir con lo establecido en el artículo 22, fracciones I y II, de los presentes lineamientos. Durante la construcción los patines o estaciones de medición se debe cumplir con los aspectos siguientes:

- I. Usar materiales no combustibles;
- II. Contar los detectores de mezcla explosiva y detectores de fuego establecidos en el diseño, previo análisis de riesgo y análisis de consecuencias;
- III. Proporcionar el espacio necesario para la protección de los equipos e instrumentos y permitir las actividades de operación y mantenimiento;
- IV. Tener una ventilación cruzada a favor de los vientos dominantes para garantizar que el personal que opera, mantiene, inspecciona y supervisa la instalación no corra riesgos por acumulación de gases;
- V. Cuando los patines o estaciones de medición de flujo estén en un recinto aislado de las estaciones de bombeo, el recinto debe estar cercado y tener puertas que permitan el acceso al personal y al equipo para que se realicen los trabajos de operación, mantenimiento e inspección;
- VI. Cuando se encuentren ubicados fuera de las estaciones de bombeo deben contar con accesos para atención a emergencias;
- VII. La instalación eléctrica debe ser a prueba de explosión y los elementos metálicos deben estar conectados a tierra;
- VIII. Contar con un sistema de protección eléctrica contra descargas atmosféricas;
- IX. Contar con válvulas de bloqueo en el Ducto de entrada y salida de la estación o patín;
- X. Contar con líneas de desvío (bypass) para mantenimiento, en su caso;

- XI. Los procedimientos de soldadura empleados durante la instalación de la estación o patín deben observar lo establecido en este lineamiento;
- XII. El Ducto de acero se debe proteger contra la corrosión exterior;
- XIII. En las conexiones para tomas de instrumentos se deben instalar válvulas de bloqueo;
- XIV. La instalación debe incluir la posibilidad de instalar filtros a la entrada de la estación a fin de retener partículas sólidas que pueda contener el Petróleo, Petrolífero o Petroquímico transportado;
- XV. La estación o patín debe estar aislada eléctricamente del Ducto de entrada y salida, si éstas cuentan con protección catódica;
- XVI. Contar con un cobertizo de dimensiones adecuadas para protegerla de la radiación solar, en caso necesario, y
- XVII. En la instalación de los medidores se deben observar las recomendaciones del fabricante respecto de los diámetros del Ducto, conexiones y distancia a otros aparatos.

Artículo 52. Todas las reparaciones realizadas al Sistema de Transporte por Ducto durante la etapa de construcción deben apegarse a la sección de reparaciones del capítulo V "Operación y Mantenimiento".

Artículo 53. Las actividades durante la construcción que impliquen riesgos; tales como soldadura con gas, soldadura eléctrica, corte con soplete, entre otras; se deben realizar en forma segura. Siempre que el Ducto contenga un combustible se deben tomar medidas para evitar la formación de una mezcla explosiva y medir los límites de explosividad (LEL) antes de iniciar cualquier trabajo de reparación.

CAPÍTULO IV

PRE-ARRANQUE

Artículo 54. La revisión de pre-arranque se debe llevar a cabo al concluir la construcción (para Sistemas de Transporte por Ductos nuevos), en cambios a la tecnología, en un mantenimiento mayor, en la reactivación de un Ducto existente, en un cambio de servicio o en cambios de trazo fuera del derecho de vía y antes de la introducción de sustancias químicas peligrosas a las instalaciones industriales o antes de energizar instalaciones eléctricas.

Artículo 55. El Regulado debe ejecutar la verificación de pre-arranque, de conformidad con la normatividad que para tal efecto emita la Agencia, considerando sin ser limitativos, los siguientes aspectos:

- I. Verificar que el Sistema de Transporte por Ducto cuente con la evaluación de riesgo y que ésta haya considerado todos los peligros potenciales de su administración de la integridad de Ductos;
- II. Verificar el cumplimiento de los hallazgos críticos (no tolerables), que son clasificados de atención inmediata;
- III. Verificar que se cuente y se tenga disponible el análisis de consecuencias para los escenarios catastróficos y más probables, así como sus respectivos procedimientos operativos y de respuesta a emergencias;
- IV. Verificar que se tenga disponible el listado de los cambios realizados al Sistema de Transporte por Ducto, así como la documentación respectiva que demuestre que llevó a cabo una administración de cambios;
- V. Verificar que existen registros de que el personal que operará el Ducto conoce estos cambios y que los procedimientos operativos están actualizados;
- VI. Verificar que los procedimientos de seguridad, operación, mantenimiento, inspecciones y pruebas y emergencias estén completos, actualizados, comunicados y disponibles para su consulta;
- VII. Verificar que se tengan procedimientos para la disposición de los materiales y residuos peligrosos que se puedan generar durante el proceso de limpieza interior del Ducto;
- VIII. Verificar que las válvulas de seccionamiento instaladas a lo largo del Ducto, que cuenten con actuadores remotos, hayan sido correctamente instaladas y probadas;

- IX. Verificar que el personal de operación que participará en el arranque del Ducto tenga experiencia en la operación y haya recibido previamente la capacitación y entrenamiento correspondiente;
- X. Verificar que el Ducto cuente con la evaluación vigente de su integridad mecánica, mediante equipo instrumentado, evaluaciones directas, prueba hidrostática u otras metodologías establecidas en este lineamiento, en las normas oficiales mexicanas o en otras disposiciones administrativas de carácter general aplicables en materia de administración de la integridad de Ductos, emitidas por la Agencia;
- XI. Verificar que el Ducto no cuente con reparaciones provisionales o fuera de especificación;
- XII. En caso de existir algún cambio en el diseño o actualización al mismo, el Regulado debe contar con los planos "As-Built" autorizados;
- XIII. Verificar la existencia de un plan de respuesta a emergencias actualizado y vigente;
- XIV. Verificar que el plan de respuesta a emergencia sea consistente con los escenarios identificados en el análisis de riesgo;
- XV. Verificar que se cuente con las licencias ambientales solicitadas por la legislación aplicable, y
- XVI. Se debe verificar la evidencia documental de que todos los hallazgos que resultaron del análisis de riesgos, fueron debidamente identificados, jerarquizados, clasificados y atendidos.

Artículo 56. Para que un Ducto pueda iniciar operaciones de manera segura, se debe realizar lo siguiente:

- I. Probar el Sistema de Transporte por Ducto conforme a lo establecido en el artículo 57 de los presentes lineamientos. El medio de prueba debe ser agua limpia y libre de materiales que sedimenten;
- II. Validar a través de la documentación y el protocolo de revisión de pre-arranque que se ha cumplido con los aspectos de prevención a la población, al personal, a las instalaciones y al medio ambiente;
- III. Validar que se hayan realizado las inspecciones, pruebas y auditorías de conformidad necesarias;
- IV. Contar con la información de especificaciones de diseño, construcción, planos, datos de corrosión y de protección catódica; así como datos históricos de las condiciones de operación, mantenimientos y reparaciones efectuadas para un sistema ya construido; mismos que deben estar a disposición del personal operativo, y
- V. Contar con el programa anual de operación, mantenimiento e inspecciones y pruebas de acuerdo con los presentes lineamientos.

Artículo 57. La inspección y pruebas de hermeticidad deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- I. Ejecutarse siguiendo un procedimiento previamente establecido;
- II. Mantener medidas de seguridad para proteger al personal;
- III. Para la prueba de hermeticidad todas las uniones, bridas y accesorios deben ser probados a través de ensayos no destructivos, considerando entre otros: ultrasonido, radiografiado o gama-grafiado, líquidos penetrantes, emisión acústica y partículas magnéticas;
- IV. El Regulado debe mantener los datos de la prueba en un documento firmado por el personal responsable de su ejecución, para su posterior verificación por parte del Tercero Autorizado, o para cuando sean requeridos por la Agencia;
- V. Los requisitos para realizar la prueba de hermeticidad en Ductos nuevos y existentes de acero al carbono que van a operar a esfuerzos tangenciales de 30% o más de la resistencia mínima de cedencia (RMC), son los siguientes:
 - a) Se debe probar la hermeticidad de cada segmento de Ducto para los sistemas de transporte Petróleo, Petrolíferos (excepto el gas L.P) y Petroquímicos, a 1.25 veces la presión de diseño;

- b) Para los Ductos y cabezales de gas L.P se deben probar hidrostáticamente como mínimo a 1.40 veces la presión de diseño, y
 - c) La presión debe mantenerse como mínimo 8 horas.
- VI. Los requisitos de prueba de hermeticidad en Ductos de acero que operan a un esfuerzo tangencial menor de 30% de la RMC:
 - a) Se deben probar hidrostáticamente a una presión que produzca un esfuerzo tangencial del 30% con respecto de la RMC pero nunca inferior a 689 kPa (100 psia), y
 - b) La presión se debe mantener constante como mínimo 4 horas.
- VII. Si un accesorio del Ducto es la única pieza que va a ser reemplazada o agregada a un sistema de transporte no requerirá de prueba de hermeticidad después de su instalación, si el fabricante del accesorio certifica que:
 - a) El accesorio se probó como mínimo a la presión requerida del sistema al cual se adiciona, o
 - b) El accesorio se fabricó bajo un sistema de control de calidad que asegura que cada pieza fabricada es, cuando menos, de resistencia equivalente a un prototipo que fue probado a la presión requerida del sistema, al cual se adiciona y que existe compatibilidad de materiales.
- VIII. Se deben elaborar y mantener durante la vida útil del Ducto los registros que se generen de las pruebas de hermeticidad realizadas a los Sistemas de Transporte por Ducto o secciones de los mismos para cuando sean requeridos por la Agencia. Estos registros deben contener como mínimo la información siguiente:
 - a) Nombre de la empresa que efectúa la prueba;
 - b) Fecha en que se realiza la prueba;
 - c) Medio de prueba empleado;
 - d) Metodología o procedimiento de seguridad empleado para la prueba;
 - e) Longitud y localización del Ducto probado;
 - f) Presión de prueba y de diseño;
 - g) Duración de la prueba;
 - h) Gráficas de registro de pruebas u otros reportes de lecturas de presión y temperatura, firmados por los responsables de la ejecución de la prueba;
 - i) El registro vigente en la fecha de la inspección de calibración del equipo de medición utilizado para la prueba, dicho registro debe tener la trazabilidad conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización;
 - j) Variaciones de los incrementos de presión siempre que sean significativas para la prueba en particular, y
 - k) Fugas y fallas observadas y, en su caso, las medidas tomadas para corregirlas así como la información que se generó durante las mismas.
- IX. El agua utilizada durante la prueba de hermeticidad se debe disponer de conformidad con la regulación aplicable vigente.

CAPÍTULO V

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Artículo 58. Las medidas de prevención para mantener la seguridad del Sistema de Transporte por Ducto por parte de los Regulados, se deben realizar mediante el cumplimiento de estos lineamientos; además deben implementar el uso de medidas o niveles de protección para mantener la seguridad del Sistema de Transporte por Ducto, considerando como mínimo, el diseño inherentemente seguro, instrumentación básica, alarmas críticas con procedimientos de acción de operadores, planes y programas de prevención de accidentes, planes de respuesta a emergencias y dispositivos fijos de protección.

Los Regulados deben contar con los estudios correspondientes que le permitan sustentar la implantación de protecciones para la seguridad funcional como son: sistema de control automático, sistemas de adquisición de datos, sistemas intrusivos, sistemas de detección de fugas y sistemas instrumentados de seguridad.

Artículo 59. Se deben mantener disponibles los registros de las actividades y condiciones de operación, pruebas, reparaciones, reemplazos y modificaciones o alteraciones realizadas; para cuando la Agencia así lo requiera.

Artículo 60. Los manuales y procedimientos de operación, mantenimiento y seguridad deben mantenerse actualizados, difundidos y disponibles en los lugares donde se realicen las actividades de operación y mantenimiento en formato electrónico y/o en medio impreso. El manual debe contemplar procedimientos detallados para garantizar que dichas actividades se realicen de manera segura e incluir como mínimo, sin ser limitativo, lo siguiente:

- I. Los procedimientos aplicables a Ductos, sistemas de bombeo, válvulas, equipos y accesorios;
- II. El detalle de las tareas para el arranque y paro programado de cualquier componente del Sistema de Transporte por Ducto;
- III. Los procedimientos aplicables a las estaciones de bombeo, medición, así como instalaciones de entrega;
- IV. Los procedimientos aplicables al control de la corrosión interna y externa de Ductos de acero para el Sistema de Transporte por Ducto;
- V. Los diagramas de flujo del Sistema de Transporte por Ducto con un listado de las principales variables de operación que deben controlarse, como presión, temperatura, nivel, flujo;
- VI. Las medidas que deben tomarse en registros y en zanjas excavadas para proteger al personal de riesgos por la presencia de fugas o de acumulación de vapores, así como la descripción y ubicación de los equipos de seguridad y emergencia;
- VII. Las instrucciones para el patrullaje de las instalaciones y franja de seguridad del sistema conforme a lo establecido en el artículo 80 de los presentes lineamientos;
- VIII. Las instrucciones para detectar desviaciones de las condiciones normales de operación; relativas a los sistemas de medición de flujo, presión, nivel y temperatura del fluido;
- IX. Los procedimientos que proporcionen las condiciones de seguridad requeridas y su secuencia de operación inmediata cuando se hayan excedido los límites de operación normal de los equipos, como pueden ser:
 - a. Cierre de válvulas y paros no intencionales, paro de estaciones de bombeo y de medición de flujo;
 - b. Incremento / disminución de flujo o presión en el rango fuera de los límites de operación normal;
 - c. Mal funcionamiento de componentes que pueda resultar en riesgo para el personal o las instalaciones;
 - d. Pérdida de comunicaciones;
 - e. Operación de cualquier dispositivo de seguridad, control de flujo, presión, y
 - f. Cualquier otro funcionamiento no deseable de un componente, desviación de la operación normal o error humano que pueda resultar en un riesgo para las personas o la propiedad.
- X. Procedimientos para evaluar las variaciones de la operación normal, en su caso, después de que hayan cesado las operaciones anormales. Esto debe realizarse las veces que sea necesario, principalmente en los puntos críticos del sistema para determinar su integridad y operación segura;

- XI. Logística para notificar al personal operativo responsable en caso de presentarse una operación anormal, y
- XII. Evaluación periódica de la respuesta del personal operativo mediante simulacros para determinar la efectividad de los procedimientos para controlar operaciones anormales y, en su caso, tomar las acciones correctivas donde se encuentren deficiencias.

Artículo 61. Adicionalmente a lo establecido en el artículo 60 de los presentes lineamientos, se deben actualizar los manuales de operación y mantenimiento cuando cambien las condiciones de operación, se actualice o modifique la PMOP o se realicen cambios a la tecnología del Sistema de Transporte por Ducto.

Artículo 62. Para la detección de derrames o fugas en el Sistemas de Transporte por Ducto, el Regulado debe cumplir con lo siguiente:

- I. Realizar mediciones periódicas de balance de materia para verificar la hermeticidad de sus sistemas y detectar fugas. La tecnología para medir y realizar un balance en sistemas bifásicos puede ser impráctico y limitado, para esos sistemas deben aplicarse otras técnicas disponibles para verificar su hermeticidad;
- II. Revisar periódicamente sus programas de detección de fugas para verificar su efectividad;
- III. Hacer uso de dispositivos o la implementación de prácticas operativas adecuados para detectar en forma temprana cualquier fuga en el sistema. Asimismo, el equipo de medición debe ser calibrado regularmente con objeto de operar dentro de las especificaciones que establece el fabricante, y
- IV. Se deben tomar las medidas apropiadas para el control de la fuga o derrame, y avisar a las autoridades competentes. De manera posterior, se debe investigar y reportar conforme a la normatividad vigente aplica en la materia que para tal efecto emita la Agencia.

Artículo 63. El Regulado debe realizar una prueba de hermeticidad a aquellos Ductos que tengan más de 20 años de operación, previo a un estudio de integridad mecánica que demuestre el estado condicional para seguir operando el Ducto, y que:

- I. No se haya realizado una corrida de diablo instrumentado;
- II. No cuenten con los documentos relativos a los materiales, construcción e historial sobre su operación y mantenimiento, y
- III. No pueda evidenciarse mediante una inspección directa, el estado físico en que se encuentran.

Artículo 64. Los métodos y procedimientos para la operación, mantenimiento y reparación de Sistemas de Transporte por Ducto que poseen elevada presión de vapor, deben contemplar lo siguiente:

- I. En zonas donde se encuentre la mancha urbana a menos de 100 metros (328 pies) del Sistema de Transporte por Ducto o donde estén presentes riesgos externos a éste, se deben tomar medidas adicionales de seguridad durante la operación y mantenimiento de dichos Ductos;
- II. Los vapores de los hidrocarburos de elevada presión de vapor son más pesados que el aire, por lo que permanecen cerca del piso y pueden acumularse en las partes bajas;
- III. El personal asignado a las actividades de operación, mantenimiento y reparación debe usar ropa y equipo adecuados; este último debe poseer las características específicas para soportar el efecto de enfriamiento de los hidrocarburos de elevada presión de vapor;
- IV. Las tareas de mantenimiento o reparación deben planificarse y realizarse considerando las propiedades físico-químicas de estos hidrocarburos especialmente cuando haya una fuga presente, y
- V. Cuando se esté realizando una reparación o inspección en un área donde se esté presentando una fuga de un Ducto o equipo diverso que conduzca un hidrocarburo de elevada presión de vapor, debe ponerse especial atención a la dirección y velocidad del viento, el terreno circundante, vegetación y edificaciones aledañas. Deben eliminarse o en la medida de lo posible aislar efectivamente probables fuentes de ignición y utilizar instrumentos detectores de vapor en las labores de inspección y reparación para conocer los niveles de concentración de los vapores de dichos hidrocarburos.

Artículo 65. Cualquier derrame o fuga en el Ducto debe ser atendido por el Regulado y notificarlo de acuerdo con las disposiciones administrativas de carácter general que para tal efecto emita la Agencia. El registro de un incidente o accidente se debe realizar conjuntamente con la inspección de la fuga. Los registros correspondientes se deben conservar por el tiempo que permanezca operando el Sistema de Transporte por Ducto para cuando sean requeridos por la Agencia.

Artículo 66. Los Regulados que realicen actividades de transporte deben contar con programas de capacitación y entrenamiento enfocados a la seguridad del sistema en cuanto a su operación y mantenimiento, mismos que deben ser actualizados y de conformidad con la normatividad que para tal efecto emita la Agencia; deben enfocarse, sin ser limitativo, en lo siguiente:

- I. Operación del sistema;
- II. Operación anormal o de emergencia;
- III. Procedimientos relativos al uso de equipo contra incendio;
- IV. Registro de la capacitación y entrenamiento al personal que realiza la operación, y
- V. Realización de simulacros.

Artículo 67. El Sistema de Transporte por Ducto debe contar con un centro de control operativo con infraestructura de comunicación adecuada para la operación segura y el mantenimiento de los Ductos bajo condiciones de operación normal y de emergencia que cumpla entre otros, con los siguientes criterios:

- I. Establecer y mantener sistemas de comunicación entre el centro de control operativo y las diversas áreas de operación y mantenimiento a lo largo del trayecto del Sistema de Transporte por Ducto;
- II. Contar con una bitácora para registrar los eventos de operación y mantenimiento del sistema, así como la capacidad para registrar y conservar la información operativa, con objeto de analizarla y establecer una adecuada trazabilidad en caso de alguna contingencia y para cuando dicha información sea requerida por la Agencia, y
- III. Contar con un registro que contenga lo relativo al diseño, construcción, inspección, mantenimiento y pruebas realizadas al Sistema de Transporte por Ducto, así como copia de los planos de construcción actualizados y de la memoria técnica. Este registro debe incluir como mínimo la localización e identificación de las instalaciones siguientes:
 - a) Estaciones de bombeo;
 - b) Trampas de diablos;
 - c) Válvulas de seccionamiento y bloqueo;
 - d) Sistemas de protección catódica;
 - e) Franja de seguridad del sistema;
 - f) Dispositivos de seguridad;
 - g) Cruzamientos con carreteras, vías de ferrocarril, ríos, entre otros;
 - h) Presión de operación de cada tramo de línea;
 - i) Especificaciones de todo el Ducto, y
 - j) Presiones de succión y descarga de las estaciones de bombeo y flujos.

Artículo 68. Un Sistema de Transporte por Ducto debe operar a una presión menor o igual de la PMOP establecida como límite de seguridad y debe cumplir con las siguientes consideraciones:

- I. La PMOP que se establezca para el Sistema de Transporte por Ducto debe ser menor de los valores de presión siguientes:
 - a) La presión de diseño del elemento más débil en el Ducto;
 - b) La presión que resulte de dividir la presión a la cual se probó el tramo del Ducto después de ser construido, conforme a lo establecido en el artículo 12 de los presentes lineamientos, entre el factor 1.10 para Petróleo, Petrolíferos (excepto Gas L.P.) y Petroquímicos. El factor a utilizar para el Gas L.P. será el que se establece en la tabla siguiente:

Tabla 11.- Factores usados para obtener la PMOP en Ductos de acero para Gas L.P. operados a 689 kPa (100 psia) o mayor.

Clase de localización	Factor
1, 2	1.25
3	1.25
4	1.40
5	1.40

- c) La presión más elevada a la cual el tramo de Ducto estuvo sujeto durante los últimos 5 años, a no ser que el tramo de Ducto haya sido probado de acuerdo con el inciso b) de esta fracción, y
- d) La presión determinada como la máxima que se establece después de verificar la integridad física del tramo de Ducto, particularmente por el nivel de corrosión presente, en su caso.
- II. Para aquellos sistemas de transporte en operación, cuyo esfuerzo tangencial correspondiente a la PMOP establecida en un tramo del Ducto de Gas L.P. ya no corresponde con la clase de localización, pero el tramo se encuentra en condiciones físicas satisfactorias, la PMOP de ese tramo se debe evaluar y confirmar su valor de acuerdo con los criterios siguientes:
- a) La PMOP del tramo se debe reducir de manera que el esfuerzo tangencial correspondiente sea menor que el permitido por estos lineamientos para Ductos en esa misma clase de localización;
- b) Si el tramo ha sido probado previamente durante un periodo mayor de 8 horas conforme a lo establecido en el artículo 57 de los presentes lineamientos, la PMOP debe ser la que indica la tabla siguiente:

Tabla 12. Confirmación y revisión de la PMOP.

Clase de Localización	PMOP	Esfuerzo tangencial máximo
1, 2	Conforme al presente artículo fracción I inciso b).	72% de la RMC
3		60% de la RMC
4		50% de la RMC
5		40% de la RMC

- c) Si el tramo no ha sido probado, se debe probar conforme a lo establecido en el artículo 57 de los presentes lineamientos y su PMOP se debe establecer de acuerdo con los criterios siguientes:
- i. La PMOP confirmada debe ser menor o igual que aquélla existente antes de la prueba;
 - ii. La PMOP después de la prueba de revaloración debe ser la indicada en la tabla 12, y
 - iii. El esfuerzo tangencial máximo debe ser el indicado en la tabla 12.
- d) La modificación de la PMOP que se requiera como resultado de un estudio, así como la reducción de presión, se deben realizar dentro de los 18 meses siguientes al cambio de clase de localización.

- III. En caso de no resultar viable una reducción de la PMOP, debido al cambio en la clase de localización de un Ducto de acuerdo con la fracción II del presente artículo y conforme en los artículos 69 y 70 de los presentes lineamientos, se pueden incluir las medidas siguientes:
- a) Reemplazo del tramo o tramos de Ducto afectados por Ductos que cumplan con los requisitos de presión de diseño correspondientes a la nueva clase de localización de acuerdo en los artículos 69 y 70 de los presentes lineamientos, o
 - b) Implementación de medidas de seguridad adicionales a la parte del Sistema de Transporte por Ducto afectado que refuerce la integridad mecánica a fin de garantizar la seguridad de la población, del personal, de las instalaciones y evitar impactos al medio ambiente.

Artículo 69. Los Sistemas de Transporte por Ducto que estén sujetos a cambios en la clase de localización, deben llevar a cabo una evaluación anual para determinar si ha habido un cambio. Lo anterior aplica a menos que el Sistema de Transporte por Ducto haya sido diseñado, construido y operado de acuerdo a la clase de localización 5.

Artículo 70. En aquellos puntos donde proceda un cambio en la clase de localización, como resultado de un cambio de la densidad de población o nuevos desarrollos urbanos, para el tramo o tramos afectados del Sistema de Transporte por Ductos de Gas L.P. el Regulado debe:

- I. Evaluar el sistema bajo los requerimientos de la nueva clase de localización;
- II. La evaluación de ingeniería debe incluir como mínimo lo siguiente:
 - a) Revisión de las condiciones originales de diseño, construcción y pruebas a las que se sujetó el Sistema de Transporte por Ducto y comparación con los requisitos de los presentes lineamientos;
 - b) Evaluación del estado físico que guardan los tramos afectados mediante la verificación en campo, revisión de programas de operación y mantenimiento implementados, así como la evaluación de la integridad del Ducto, en su caso, y
 - c) Evaluación del tipo de edificaciones o desarrollo urbano de que se trata, considerando la ubicación de escuelas, hospitales, centros de reunión y parques recreativos, así como de instalaciones que representen riesgo adicional, por ejemplo, estaciones de servicio de Gas L.P. gasolineras, entre otros;
- III. Cuando la evaluación de ingeniería resulte aceptable y se demuestre que el tramo o tramos son adecuados a la nueva clase de localización, se debe mantener la presión máxima de operación permisible;
- IV. Cuando la evaluación de ingeniería resulte inaceptable y además el tramo o tramos son inadecuados a la nueva clase de localización, se debe realizar un cambio de Ducto a la brevedad posible o reducirse la PMOP conforme a lo establecido en el artículo 68 fracción II de los presentes lineamientos, e
- V. Identificar los cambios implementados en la nueva clase de localización y conservar, durante la vida del Sistema de Transporte por Ducto, la evaluación de ingeniería, modificaciones y pruebas realizadas, para cuando le sean requeridas por la Agencia.

Artículo 71. Respecto a los dispositivos de presión, limitadores de presión y relevo de presión, se deben observar las consideraciones siguientes en estos dispositivos:

- I. Cuando exista un cambio en la PMOP de un Sistema de Transporte por Ducto o en un tramo de Ducto se deben cambiar y/o ajustar los dispositivos de protección por sobrepresión de acuerdo a la nueva PMOP establecida, y
- II. Los dispositivos de relevo, limitadores de presión y control de presión deben ser inspeccionados y probados cuando menos una vez cada año calendario con un intervalo máximo de 15 meses entre cada inspección, excepto para discos de ruptura que debe cumplir la vida útil determinada en la garantía del fabricante. Además, se debe verificar que se encuentren instalados correctamente y evaluar que tienen la capacidad para las condiciones reales de operación del Ducto.

Artículo 72. Las válvulas del Sistema de Transporte por Ducto que pudieran ser requeridas durante una emergencia se deben inspeccionar y verificar su funcionalidad operativa a intervalos que no excedan 15 meses, pero como mínimo una vez cada año calendario. En el programa de mantenimiento se deben establecer, implementar y cumplir:

- I. La revisión y lubricación de válvulas de seccionamiento, válvulas de trampas de dispositivos de limpieza e inspección interior del Ducto, con sus accesorios y mecanismos actuadores para asegurar su operatividad;
- II. La verificación del torque recomendado por el fabricante en los espárragos de las uniones mecánicas de las válvulas, y
- III. La verificación del funcionamiento correcto de las válvulas de las trampas de diablos cada vez que se corra en el Ducto un dispositivo de limpieza o de inspección interior (diablo instrumentado).

Artículo 73. Los registros o fosas que alojen válvulas, equipo de limitación de presión y que tengan una capacidad interna volumétrica igual o mayor de 6 metros cúbicos (212 pies cúbicos), se deben inspeccionar una vez cada año calendario a intervalos que no excedan de 15 meses para determinar que se encuentren en condiciones operativas y con ventilación. En cualquier caso, en el mantenimiento de los registros, se debe realizar lo siguiente:

- I. Cuando se detecte Petróleo, Petrolífero, Petroquímico, vapores o gas en el registro, el equipo, los Ductos y sus accesorios éstos deben ser inspeccionados para identificar la fuga y en su caso, reparar de inmediato;
- II. Se debe comprobar que la ventilación funcione adecuadamente, y
- III. Se deben inspeccionar las cubiertas de los registros para asegurarse que no presenten un riesgo a la seguridad pública.

Artículo 74. Las conexiones a Ductos en operación mediante su perforación deben realizarse de acuerdo a los procedimientos establecidos y aprobados, además las conexiones deben cumplir con lo siguiente:

- I. Cuando se realicen conexiones en vivo a Ductos de acero, las áreas afectadas de ésta, incluyendo soldaduras de costura hechas en fábrica, deben inspeccionarse para identificar si existen defectos como resultado del proceso;
- II. Las soldaduras que unen líneas vivas con derivaciones deben ser realizadas de acuerdo a un procedimiento de soldadura. Se deben establecer las presiones máximas permisibles durante el proceso de soldadura considerando como mínimo, los factores siguientes:
 - a) Tamaño, grado y espesor del Ducto vivo;
 - b) Parámetros de soldadura y electrodos que van a usarse;
 - c) El flujo y temperatura del hidrocarburo en el Ducto vivo;
 - d) Tamaño del Ducto secundario, y
 - e) Clase de localización del Ducto de transporte (Ducto vivo) de Gas L.P.
- III. Todo el proceso de conexión a un Ducto vivo puede realizarse con excepción del proceso de soldadura referido en la fracción anterior, a la presión de operación del Sistema de Transporte por Ducto siempre y cuando no se exceda la máxima presión de trabajo del equipo para realizar la conexión en vivo, y
- IV. Las perforaciones en Ductos bajo presión deben ser realizadas por personal especializado con el equipo adecuado. Se deben incluir los rubros siguientes:
 - a) El personal que realice las perforaciones cuando los Ductos estén presurizadas debe:
 - i. Estar familiarizado con las limitaciones de presión del equipo a utilizar, y
 - ii. Estar capacitado en los procedimientos mecánicos y en las medidas de seguridad relacionadas con el uso del equipo.

- b) Cuando se lleven a cabo este tipo de perforaciones se deben aplicar los estándares de seguridad y técnicas utilizadas e indagar sobre la posible instalación de otros servicios subterráneos en la zona. En ese supuesto se debe contactar a las autoridades correspondientes o a los propietarios de dichas instalaciones subterráneas para solicitar los planos de construcción correspondientes y determinar su ubicación precisa;
- c) Realizar las adecuaciones a las condiciones operativas del Ducto de manera previa y durante la realización de los trabajos, y
- d) Mantener una comunicación directa durante la realización de estos trabajos, entre el personal que los realiza y el personal encargado de la operación del sistema de transporte por Ducto.

Artículo 75. Para purgar un Ducto que contiene aire usando Petróleo, Petrolífero o Petroquímico, se deben tomar las previsiones necesarias en los flujos y presiones tanto de desalojo de aire como de inyección del hidrocarburo para evitar que se forme una mezcla inflamable con los vapores del hidrocarburo dentro del Ducto. Para llevar a cabo esta actividad se debe verificar la presión de vapor del Hidrocarburo.

Artículo 76. Cualquier derrame en el Sistema de Transporte por Ducto se debe atender y reparar de manera inmediata implementando las medidas para garantizar la seguridad de la población, de las instalaciones, del personal y para evitar un impacto al medio ambiente.

Los derrames de Petróleo, Petrolíferos o Petroquímicos de un Sistema de Transporte por Ducto deben ser reportados conforme a lo establecido en la Ley General de Gestión Integral de Residuos y las disposiciones administrativas de carácter general que para tal efecto emita la Agencia.

Artículo 77. Los Regulados deben mantener una vigilancia continua cuando se presentan cambios en la franja de seguridad, fallas en el Sistema de Transporte por Ducto, invasiones a la franja de seguridad o derecho de vía del sistema y fugas o derrames, entre otros; con objeto de implementar la acción adecuada para la protección a la población, de las instalaciones, del personal y para evitar un impacto al medio ambiente. La vigilancia continua atenderá lo siguiente:

- I. Identificar condiciones físicas, operativas o de mantenimientos anormales o inusuales, con el fin de evitar que dichas condiciones originen incidentes. La vigilancia se debe realizar mediante:
 - a) Inspección visual de las instalaciones, con relación a:
 - i. Modificación en la densidad de población en la franja de seguridad;
 - ii. Efecto de la exposición a la intemperie o movimiento del Ducto;
 - iii. Cambios en la topografía que pudieran afectar las instalaciones;
 - iv. Manipulación peligrosa en los sistemas, vandalismo, daños o evidencia de tales situaciones;
 - v. Acciones de externos sobre el Ducto, y
 - vi. Posible filtración de hidrocarburos líquidos o sus vapores a construcciones desde los registros y fosas.
 - b) Inspeccionar y evaluar:
 - i. Fugas;
 - ii. Válvulas;
 - iii. Equipos de alivio y limitación de presión;
 - iv. Control de corrosión, y
 - v. Fallas de las instalaciones en general, entre otros.
- II. En caso de determinar que un Ducto se encuentra en condiciones operativas no satisfactorias, pero no existe un riesgo inmediato, se debe iniciar un programa para reacondicionar o eliminar el tramo afectado y en caso de que dicho tramo no se pueda reacondicionar o eliminar la falla en ese momento, se debe reducir la PMOP conforme al artículo 68 fracción II de los presentes lineamientos, y
- III. Los reportes de la vigilancia continua deben incorporarse a la administración de la integridad de Ductos.

Artículo 78. Se deben establecer programas de mantenimiento para determinar que la protección catódica en Ductos enterrados y/o sumergidos es satisfactoria. La inspección y conservación del sistema de protección catódica se debe realizar conforme con lo establecido en el anexo I de los presentes lineamientos.

Artículo 79. La frecuencia de inspección a la que se refiere el artículo anterior debe ser al menos dos veces por año calendario. Las inspecciones pueden ser más frecuentes de acuerdo a la administración de la integridad de Ductos si así lo requiere. Para el control de la corrosión, se atenderán los siguientes criterios:

- I. Los recubrimientos anticorrosivos en los Ductos enterrados, así como en las instalaciones superficiales deben mantenerse en buen estado mediante un programa de inspección. Cuando se localicen fallas en los recubrimientos éstas deben corregirse con material compatible con el ya instalado;
- II. Los procedimientos de mantenimiento y operación deben incluir la metodología para la aplicación, manejo e inspección del recubrimiento. Estos procedimientos deben ser inspeccionados antes, durante y después de la instalación del Ducto para detectar imperfecciones o fallas, se recomienda incluir el reporte fotográfico;
- III. Si la evaluación de la corrosión interna de un Ducto indica una rapidez de corrosión superior a 2 milésimas de pulgada por año (mpa) se deben implantar acciones con el fin de disminuir la tasa de corrosión entre ellas, y aumentar la dosificación de inhibidores de corrosión. Para el control de la corrosión interna, cuando se retire un tramo de Ducto en operación, se debe inspeccionar su superficie interna en busca de evidencias de corrosión y documentar los hallazgos, en cuyo caso se debe:
 - a) Investigar los tramos adyacentes (posterior y anterior) del Ducto para determinar si existe extensión de la corrosión interna;
 - b) Realizar el remplazo de la extensión requerida con un espesor previamente establecido de acuerdo a la presión de operación y las condiciones de diseño del Ducto marcadas por los presentes lineamientos;
 - c) Tomar las medidas para minimizar la corrosión interna;
 - d) Para el monitoreo de la corrosión interna por la presencia de líquidos corrosivos en el Sistema de Transporte por Ducto se deben utilizar probetas u otro dispositivo adecuado para determinar la efectividad de las medidas adoptadas para minimizar la corrosión interna. Cada probeta u otro medio de monitoreo de corrosión interna se debe implementar dos veces cada año calendario, pero con intervalos que no excedan de 7.5 meses, y
 - e) Los dispositivos y/o técnicas que se pueden emplear para medir la corrosión interna o la eficiencia de los inhibidores incluyen sondas de hidrógeno, sondas de corrosión, probetas corrosimétricas, embobinadoras de ensayo y equipo para ensayos no destructivos capaces de indicar pérdida del espesor de pared.
- IV. Cualquier acción preventiva o correctiva para el control de la corrosión debe estar debidamente fundamentada e incluida en la administración de la integridad de Ductos, de acuerdo a lo indicado en el capítulo VI de los presentes lineamientos; las acciones correctivas que se pueden adoptar, sin ser limitativas, son las siguientes:
 - a) Proteger mediante recubrimiento externo el tramo de Ducto metálico que reemplace a un tubo dañado por corrosión externa;
 - b) Verificar que el tramo reparado esté integrado al sistema de protección catódica;
 - c) Reemplazar o reducir la presión de operación de acuerdo con la resistencia calculada del Ducto, basándose en el espesor de pared real remanente de cada tramo de un Ducto de transporte con corrosión generalizada (evaluación física en campo) y con un espesor de pared remanente menor que el requerido para la PMOP del Ducto. Si el área con corrosión generalizada se reduce, el Ducto corroído se puede reparar. La corrosión por picadura (evaluación física en campo) que esté agrupada puede afectar la resistencia total del tubo por lo que se evaluará como colonia de corrosión para el propósito de este inciso;

- d) Reemplazar, reparar o reducir la presión de operación de acuerdo con la resistencia del Ducto basada en el espesor real de pared remanente de las picaduras de cada tramo de Ducto que pudiera provocar fugas;
 - e) Pruebas por un método analítico o por un método alternativo para determinar la resistencia remanente en una zona que sufrió corrosión, así como la viabilidad de continuar en servicio, y
 - f) Reparar las secciones de Ducto y juntas mediante el método que resulte adecuado basándose en una evaluación de ingeniería conforme a lo establecido en el artículo 79, fracción II de los presentes lineamientos.
- V. Los Regulados deben conservar los reportes escritos o mapas que muestren la localización del Ducto e instalaciones catódicamente protegidas, así como los reportes de pruebas, investigación o inspección que contengan información relativa a un adecuado control de la corrosión durante ciclo de vida del Ducto para cuando sean requeridos por la Agencia.

Artículo 80. Se debe establecer un programa de patrullaje para observar las condiciones superficiales y sus zonas adyacentes a la franja de seguridad del Sistema de Transporte por Ducto en busca de indicios de fugas, condiciones inseguras del Ducto, condiciones de cruces (aéreos, con ríos o cuerpos de agua, sobre puentes, entre otros), limpieza y vegetación que pueda dañar al Ducto, actividades de construcción, excavaciones, invasión y asentamientos humanos irregulares, sustracción de dispositivos de protección catódica, tomas clandestinas de producto, perforaciones en los Ductos y cualquier otro factor que pueda afectar la seguridad, integridad y operación del sistema, atendiendo las siguientes consideraciones:

- I. Las formas de patrullajes deben aplicarse según sea el caso:
 - a) Terrestre.- En vehículo o a pie;
 - b) Aéreo.- El método aéreo se considera como una alternativa que debe evaluarse de acuerdo con las necesidades específicas del caso; o
 - c) Cualquier otro medio que se considere apropiado.
- II. La frecuencia de los patrullajes se determina en función de la longitud, topografía, acceso y problemática particular de cada línea involucrada, presiones de operación, invasiones a la franja de seguridad, tipo de terreno, clima y otros factores relevantes. Los intervalos mínimos entre patrullajes se deben realizar de la siguiente manera:
 - a) En áreas urbanas de 2 semanas;
 - b) En líneas fuera de áreas urbanas de un mes, y
 - c) Los Ductos de transporte que se encuentren en áreas industriales, comerciales o residenciales, de 1 semana.
- III. Se debe poner particular atención a las áreas pobladas y/o protegidas de biósferas, carreteras, cruces de ríos o cuerpos de agua y vías de ferrocarril, así como áreas públicas de reunión y de recreo como parques y campos de juego. Los programas de patrullaje deben incluir al menos los aspectos siguientes:
 - a) Mantenimiento de los caminos de acceso a la franja de seguridad del sistema y a las instalaciones superficiales para que sean transitables todo el tiempo a efecto de permitir el paso del personal y equipo de mantenimiento del Sistema de Transporte por Ducto;
 - b) Diversos tipos de inspección para detectar fugas de Petróleo, Petrolíferos o Petroquímicos del Sistema de Transporte por Ducto con objeto de cumplir con lo señalado en el anexo III de los presentes lineamientos;
 - c) Reporte de áreas con riesgo de deslave y erosión causados por agentes naturales a fin de reforzar y/o construir las obras especiales que apliquen para cada caso en la franja de seguridad del sistema. Deben tomarse en cuenta posibles asentamientos humanos irregulares y actividades de construcción que afecten la integridad, seguridad y operación del Sistema de Transporte por Ducto;

- d) Localización de tramos donde el espesor de tierra sobre los Ductos ya no conserva las dimensiones de diseño con objeto de implantar las acciones correctivas;
 - e) Inspección de obras especiales tales como cruzamientos de carreteras, vías de ferrocarril, ríos, pantanos, trampas de dispositivos de limpieza e inspección y válvulas de seccionamiento para evaluar si conservan sus condiciones de diseño;
 - f) Mantenimiento de la señalización informativa, restrictiva y preventiva del trayecto del Sistema de Transporte por Ducto, la cual se debe conservar legible y en buen estado, y
 - g) Reporte de las anomalías encontradas y las acciones correctivas programadas una vez concluido el patrullaje o implantadas en forma inmediata de ser el caso.
- IV. La frecuencia para realizar la inspección sobre detección de fugas se debe determinar en función de la longitud, topografía, acceso y problemáticas particulares de cada línea involucrada, presiones de operación, invasión a la franja de seguridad, tipo de terreno, clima y otros factores relevantes. En caso de localización de fuga del Petróleo, Petrolífero o Petroquímico, ésta debe atenderse de inmediato, y
- V. Los requisitos de patrullaje enunciados en este apartado podrán ser más estrictos si la administración de la integridad de Ductos así lo requiere.

Artículo 81. Los requisitos generales de los procedimientos de reparación de Ductos deben incorporar medidas temporales inmediatas para proteger a la población, al personal, a las instalaciones y evitar un impacto al medio ambiente. Por lo que se deben atender los siguientes requerimientos:

- I. Las medidas temporales se realizarán cuando:
 - a) Se detecte una fuga, imperfección o daño que afecte el servicio de un tramo de Ducto, y
 - b) No sea posible realizar una reparación definitiva en el momento de su detección la cual se debe programar a la brevedad posible.
- II. No se deben utilizar parches soldados como medio de reparación;
- III. Las reparaciones se deben realizar mediante un procedimiento aprobado, por personal competente el cual debe ejecutar las medidas de seguridad necesarias para evitar un siniestro. Asimismo, los trabajos deben ser supervisados por personal calificado, entrenado y que tenga conocimientos de los riesgos que las reparaciones representan. En caso que la reparación requiera de soldadura, ésta debe apegarse a lo establecido en el artículo 34 de los presentes lineamientos;
- IV. Antes de reparar permanentemente un Ducto de acero por medios mecánicos o por soldadura se debe determinar por medio de pruebas no destructivas si las características del tubo (espesor e integridad de la pared) son adecuadas para el tipo de reparación seleccionado;
- V. Todas las reparaciones que involucren trabajos de soldadura deben ser inspeccionadas de acuerdo a lo establecido en el artículo 34, fracción VIII, incisos a) y b) de los presentes lineamientos, y
- VI. Cada imperfección o daño que afecte las propiedades físicas de un tramo de tubo de acero se debe reparar o retirar conforme al artículo 34, fracción IX, de los presentes lineamientos. Si la reparación provoca una disminución de la pared del tubo el espesor de pared remanente debe presentar las características siguientes para no retirarse:
 - a) El espesor mínimo será el requerido por las tolerancias que señale la especificación bajo la cual se fabricó, y
 - b) El espesor nominal de la pared del Ducto será el requerido por la presión de diseño del Ducto.
- VII. Las abolladuras y hendiduras se deben retirar de los tubos de acero que van a operar a presiones que producen un esfuerzo tangencial del 30% o más de la RMC en los casos siguientes:
 - a) Cuando se presenta una rasgadura, muesca, ranura, o quemadura de arco de soldadura que puedan causar concentración de esfuerzos;
 - b) Cuando afecten la soldadura longitudinal o circunferencial;

- c) Cuando las hendiduras tengan más de 6 mm en tubos de 324 mm o menor en diámetro exterior, y
 - d) Cuando las hendiduras tengan más del 2% del espesor nominal en tubos mayores de 324 mm de diámetro exterior.
- VIII. La profundidad de una abolladura se mide como la separación entre el punto más bajo de la misma y la prolongación del contorno original del tubo;
- IX. Se deben reparar o remover las quemaduras con soldadura de arco en tubos de acero que van a operar a presiones que provocan esfuerzos tangenciales de 30% o mayores de la RMC. Esta reparación o eliminación debe realizarse conforme a lo establecido en el artículo 34 fracción VIII de los presentes lineamientos; la reparación debe mantener los espesores señalados en la fracción VI del presente artículo;
- X. Las abolladuras, muescas, quemaduras por soldadura de arco o hendiduras no se deben reparar con parches de inserción, golpeteo y/o martillado. Cuando van a ser removidos de un tramo de tubo estos defectos deben ser retirados cortando la parte dañada como un carrete;
- XI. Las imperfecciones o daños que se describen a continuación deben ser reparados de manera permanente o definitiva de acuerdo con lo establecido en la fracción XII del presente artículo, en los siguientes supuestos:
 - a) Hendiduras con una profundidad mayor de 10% de espesor nominal de pared;
 - b) Aquellas que provoquen una concentración de esfuerzos, tales como estrías, muescas, rasgaduras, quemaduras por soldadura, entre otras;
 - c) Toda laminación que no sea aceptable en la especificación aplicable al material en cuestión o toda fisura detectada por medios de inspección no destructiva en el metal base o en la soldadura longitudinal o circunferencial, y
 - d) Toda corrosión externa o interna que exceda las tolerancias en profundidad y longitud para una presión de operación segura.
- XII. Las imperfecciones o daños deben ser reparados de manera permanente o definitiva, de acuerdo a lo siguiente:
 - a) Se debe sacar de servicio el tramo, cortar el carrete dañado y reemplazar por otro de espesor de pared igual o mayor; asimismo, el carrete debe ser de grado y especificación compatibles con el del Ducto existente;
 - b) En caso de no ser posible sacar de servicio el tramo se debe reducir la presión de operación hasta un nivel que garantice la integridad y seguridad del Ducto;
 - c) Colocar envolventes bipartidas soldables sobre el área total dañada del tubo;
 - d) Las abolladuras se deben retirar cuando presenten cualquiera de las condiciones siguientes:
 - i. Afecten la curvatura de un tubo en la soldadura longitudinal o en cualquier soldadura circunferencial a tope;
 - ii. Contengan una raspadura o ranura, y
 - iii. Excedan una profundidad del 6% del diámetro exterior (nominal) del tubo;
 - e) Si el defecto no es una abolladura, se puede esmerilar para eliminarlo; si después de eliminar el defecto se determina que el espesor no es suficiente para las condiciones de operación, se debe proceder conforme a los puntos del inciso anterior, y
 - f) Los Ductos sumergidos en aguas navegables continentales se pueden reparar por medios mecánicos, instalando abrazaderas atornilladas de diseño apropiado sobre el daño o imperfección;

- XIII.** Para la reparación permanente de soldaduras en campo, cada soldadura que no sea aceptable conforme a lo establecido en el artículo 34, fracción VII, de los presentes lineamientos, se debe reparar como se describe a continuación:
- a)** Sacar de servicio el tramo de Ducto de transporte para reparar la soldadura y cumplir con lo establecido en el artículo 34, fracción VII, de los presentes lineamientos;
 - b)** Reparar e inspeccionar de acuerdo con el artículo 34 fracción VIII incisos b) y c) de los presentes lineamientos, mientras el tramo del Ducto de transporte está en servicio, sólo si:
 - i.** No existe fuga en la soldadura;
 - ii.** La presión en el tramo se reduce de manera que no produzca un esfuerzo tangencial que sea mayor del 30% de la RMC del tubo, y
 - iii.** El espesor remanente de la soldadura después del esmerilado de preparación, debe ser mayor a 3.2 mm (0.13 pulgadas).
 - c)** Las soldaduras fabricadas por medio de arco sumergido que tengan defectos deben ser reparadas por medio de una envolvente bipartida soldable, las soldaduras circunferenciales son opcionales;
 - d)** Las soldaduras fabricadas por medio de resistencia eléctrica que tengan defectos deben ser reparadas por medio de una envolvente bipartida soldable, las soldaduras circunferenciales completas de esta envolvente son obligatorias, y
 - e)** Una soldadura defectuosa que no se pueda reparar de acuerdo con los incisos a) o b) anteriores se debe corregir mediante la instalación de envolventes bipartidas soldables de diseño apropiado.
- XIV.** La reparación de un Ducto que cause derrame o fuga se debe realizar considerando lo establecido en este artículo, así como a través de las envolventes atornilladas y cualquier otro medio para eliminación de fugas. Si se utiliza una reparación provisional, debe programarse su remplazo por una reparación definitiva a corto plazo;
- XV.** Si un tramo de un Ducto de transporte se repara cortando el carrete dañado el tubo de reemplazo se debe probar a la presión requerida para un Ducto nuevo que se instale en la misma localización. Esta prueba se debe realizar en el Ducto antes de su instalación de acuerdo con lo establecido en el artículo 81, de los presentes lineamientos;
- XVI.** Las reparaciones que se realicen por soldadura de acuerdo con lo establecido en este artículo, deben examinarse bajo el criterio establecido en el artículo 34, fracción VIII, inciso a) de estos lineamientos;
- XVII.** Las envolventes de refuerzo que ayudarán a contener la presión interna del Ducto se deben evaluar como reparaciones permanentes siempre y cuando sean soldadas y se extienden longitudinalmente por lo menos 100 mm (3.94 pulgadas) o medio diámetro del Ducto, la que resulte mayor más allá del extremo del defecto o imperfección. Asimismo, para la instalación de estas envolventes se debe determinar el espesor del Ducto y realizar una inspección no destructiva por radiografía o ultrasonido en las partes del tubo adyacentes al defecto, con el fin de asegurar que no existen defectos o imperfecciones adicionales en la zona de interés. En la instalación de las envolventes se debe observar lo siguiente:
- a)** Proporcionar el soporte adecuado durante la instalación y operación;
 - b)** La concentración de esfuerzos a la flexión del Ducto debe localizarse dentro de la envolvente;
 - c)** El material de la envolvente debe tener características de resistencia a la presión igual o mayor y ser compatible con el del Ducto de transporte instalada;
 - d)** Proporcionar el espacio adecuado con relación a otros dispositivos del Ducto, y
 - e)** Probarse a la presión de prueba correspondiente indicada en los presentes lineamientos.

- XVIII.** Para la resistencia de las envolventes se debe utilizar un procedimiento de soldadura calificado de acuerdo con lo establecido en el artículo 34, fracción IV de los presentes lineamientos, y
- XIX.** Se permite el uso de envolventes atornilladas para soportar la presión interna del Ducto, como reparación permanente, si están diseñadas y construidas de material que sea adecuado para soldadura y que pueda soportar la presión del Ducto de acuerdo con los requerimientos de diseño. El Ducto debe ser sellado a presión entre el ánulo del Ducto y la envolvente para relevar los esfuerzos asociados a la imperfección o defecto.

Artículo 82. Las estaciones de bombeo deben arrancarse, operarse, mantenerse y ponerse fuera de operación de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y atendiendo las siguientes consideraciones:

- I.** Los dispositivos y sistemas de paro deben revisarse periódicamente para verificar su funcionamiento adecuado;
- II.** Cuando las estaciones y equipo auxiliar de bombeo se encuentren ubicados en lugares que propicien la corrosión, se debe disponer de procedimientos para implementar inspecciones rutinarias a intervalos adecuados que permitan tomar medidas preventivas y, en su caso, acciones correctivas para impedir que la corrosión afecte Ductos y funcionamiento del equipo de bombeo. Cuando se identifique corrosión deben implementarse inmediatamente medidas correctivas o de reemplazo de equipo para parar el proceso de deterioro;
- III.** El equipo de bombeo, auxiliares y Ductos deben aislarse para las actividades de mantenimiento y, cuando sea necesario, purgarse antes de incorporarlos a servicio nuevamente de acuerdo con las recomendaciones del fabricante;
- IV.** Los combustibles y lubricantes utilizados para la operación del equipo en cantidades mayores que aquellas requeridas para el uso diario deben almacenarse en una estructura separada construida de material no combustible ubicada lejos del equipo de bombeo. Los tanques de almacenamiento de los combustibles y lubricantes ubicados en la superficie deben apegarse a las condiciones de seguridad;
- V.** Se debe contar con un manual de operación y mantenimiento que contenga procedimientos para el arranque, operación normal y anormal y paro de los equipos de la estación de bombeo. Dichos procedimientos deben incluir entre otras, el Petróleo, Petrolífero o Petroquímico transportado y sus propiedades físico-químicas y las medidas preventivas y correctivas aplicables a los componentes de los sistemas de seguridad, con objeto de proporcionar un funcionamiento adecuado del sistema de paro de emergencia, control de bombeo y alarma de condiciones inseguras;
- VI.** Todos los controles y equipos de protección incluyendo los dispositivos limitadores de presión, elementos de los lazos de regulación de presión, válvulas de relevo, dispositivos o elementos de los sistemas de seguridad como el sistema automático de protección contra incendio, entre otros, deben estar sujetos a inspecciones, pruebas sistemáticas y periódicas cuando menos una vez al año para determinar que:
 - a)** Se encuentran en buena condición mecánica;
 - b)** Son adecuados desde el punto de vista de capacidad y confiabilidad de operación para el servicio para el cual son empleados;
 - c)** Están calibrados para funcionar a la presión o flujo correctos, y
 - d)** Están instalados correctamente y protegidos de materiales extraños u otras condiciones que pueden interferir con su adecuada operación.
- VII.** Se debe establecer un programa periódico de mantenimiento, calibración, certificación y verificación de todo el equipo en las estaciones de bombeo para asegurar un funcionamiento adecuado y reducir riesgos, el cual debe incluir:
 - a)** Dispositivos de medición y alarmas de flujo, presión y temperatura, para detectar desviaciones en sus condiciones normales de operación;
 - b)** Dispositivos de seguridad por sobrepresión como son válvulas de relevo y elementos de los lazos de regulación de presión;

- c) Sistemas y equipos contra incendio manuales, los cuales se deben mantener en óptimas condiciones de operación, estar claramente identificados y con fácil acceso en caso de fuego, y
 - d) El equipo electromecánico y obra civil de la estación.
- VIII.** Los equipos asociados a los Ductos que se encuentren en las estaciones de bombeo deben ser evaluados regularmente para la detección de fugas, de conformidad con el anexo III de los presentes lineamientos. Para cumplir con lo anterior se debe incluir lo siguiente:
- a) Instalar sistemas de control como detectores de gas, alarmas de falla de sellos de bombas y alarmas de alto nivel de tanques de recolección auxiliares del sistema de relevo de presión;
 - b) Realizar patrullajes de observación o verificaciones operacionales cada hora, diarios, semanales o mensuales, programados de acuerdo a los factores locales;
 - c) Realizar pruebas periódicas de presión estática de los Ductos;
 - d) Evaluar en forma rutinaria los balances de recibo, entrega e inventario de producto, y
 - e) Realizar pruebas de emisiones fugitivas de sellos de bombas.
- IX.** La revisión periódica y el análisis de las fugas que han ocurrido deben evaluarse y analizarse para la toma de acciones correctivas.

Artículo 83. Las estaciones o patines de medición y su equipo se deben sujetar a inspecciones y pruebas a intervalos que no excedan de quince meses, pero como mínimo una vez cada año calendario, atendiendo los siguientes requerimientos:

- I. Las inspecciones se deben realizar para asegurar que:
 - a) Se encuentran en una condición mecánica adecuada desde el punto de vista de capacidad y confiabilidad operativa;
 - b) Se encuentran operando a las condiciones para las cuales fueron seleccionadas;
 - c) Sus instrumentos, accesorios o aditamentos susceptibles de calibración, cuentan con calibración vigente;
 - d) No presentan fugas;
 - e) Los soportes se encuentran en buen estado y no se presenta holgura entre éstos y el Ducto, ni vibración de esta última, y
 - f) No hay almacenados materiales ajenos a la instalación.
- II. Se deben instrumentar las medidas de seguridad de acuerdo a las recomendaciones que resulten del análisis de riesgos para minimizar el peligro de una ignición accidental en áreas donde la presencia del Petróleo, Petrolífero o Petroquímico constituya un riesgo de fuego o explosión. Se deben tomar en cuenta entre otras medidas las siguientes:
 - a) Cuando un volumen del Petróleo, Petrolífero o Petroquímico sea liberado al ambiente como resultado de una condición operativa anticipada se debe tener cuidado de retirar del área cualquier fuente de ignición potencial y contar con el equipo contra incendio adecuado en caso de emergencia;
 - b) La soldadura o corte eléctrico o con gas no se debe realizar en el Ducto o sus componentes que pudieran contener una mezcla inflamable de vapores del Petróleo, Petrolífero o Petroquímico en aire del área de trabajo, y
 - c) Colocar señalamientos de advertencia en todas las áreas donde exista un riesgo de incendio.

Artículo 84. En el caso del transporte de Gas L.P. si el Regulado lo recibe sin odorizante éste debe agregárselo al producto desde el inicio del Sistema de Transporte por Ducto y en cada punto de inyección secundario. Para este proceso de odorización se debe establecer un programa periódico de mantenimiento, inspección, prueba y calibración de todo el equipo e instalaciones de odorización para asegurar un funcionamiento adecuado, el cual debe incluir:

- I. Revisión de los dispositivos de inyección de flujo, indicadores de presión y temperatura para detectar desviaciones en sus condiciones normales de operación con una frecuencia mínima semanal, y
- II. Revisión de los reguladores y dispositivos de seguridad por sobrepresión, como son válvulas de relevo o válvulas automáticas con sus respectivos lazos de control, con una frecuencia mínima semestral para determinar su funcionalidad, buena condición mecánica y si es adecuado desde el punto de vista de capacidad y operación para el servicio que es utilizado.

Artículo 85. Los requerimientos mínimos que se deben cumplir para modificar la PMOP por motivos diferentes a la densidad de población, ya sea incrementándola por necesidades operativas o reduciéndola como medida preventiva como resultado de la evaluación de la integridad del Ducto, son los siguientes:

- I. En caso de requerirse modificar las condiciones de operación de un Ducto para aumentar la presión el incremento se debe realizar gradualmente a valores que puedan ser controlados y de acuerdo con lo siguiente:
 - a) Debe inspeccionarse el Ducto para determinar si existen fugas y repararlas antes de realizar un nuevo incremento de presión siguiendo el procedimiento establecido en los presentes lineamientos;
 - b) Se deben establecer las medidas de seguridad necesarias y límites de presión para que el tramo de Ducto no sea expuesto a presiones que puedan afectar adversamente su integridad, y
 - c) Los incrementos deben ser menores o iguales del 10% de la presión cada hora. Al final de cada incremento gradual la presión se debe mantener constante para corroborar que no existen fugas en el tramo de Ducto.
- II. Cuando se someta un tramo de Ducto a condiciones de operación más severas la integridad de dicho tramo debe estar evaluada de acuerdo a lo establecido en el capítulo VI de los presentes lineamientos. Se debe contar con un registro de las acciones realizadas en el tramo de Ducto, documentación relacionada al mismo, trabajos correctivos y preventivos y pruebas de presión desarrolladas;
- III. Cuando se modifiquen las condiciones de operación de un tramo de Ducto para operar a condiciones más severas se deben seguir los procedimientos disponibles que aseguren el cumplimiento de los requisitos aplicables de esta sección;
- IV. En relación a las limitaciones para incrementar la PMOP, al establecer una nueva PMOP conforme con esta sección no se podrá exceder el valor máximo permitido para un tramo nuevo de Ducto construido de los mismos materiales, de acuerdo a los criterios establecidos en el artículo 68 de los presentes lineamientos;
- V. La PMOP para el Ducto de transporte podrá incrementarse si de manera previa al incremento de presión se lleva a cabo una evaluación de ingeniería conforme a lo establecido en el artículo 70 de los presentes lineamientos para determinar si es viable incrementar la PMOP a la presión propuesta y si a la fecha de incremento de la PMOP no se tienen retrasos en las actividades correctivas o de inspección programadas de acuerdo a la administración de la integridad de Ductos;
- VI. La evaluación de ingeniería a que se refiere el párrafo anterior debe incluir al menos:
 - a) Análisis de las condiciones físicas actuales del tramo de Ducto completo como es su espesor y velocidad de corrosión, poniendo especial énfasis en las zonas con menores espesores;
 - b) Revisión detallada del diseño original del tramo de Ducto;
 - c) Análisis de los registros de construcción, inspección y pruebas;
 - d) Análisis de los registros de las reparaciones que haya tenido desde su construcción, y
 - e) Análisis de los registros de las fugas que haya tenido.

- VII.** Si derivado de la evaluación de ingeniería resulta viable el incremento de la PMOP el tramo de Ducto en cuestión se debe someter a nuevas pruebas de presión de acuerdo con lo establecido en el artículo 57 de los presentes lineamientos y establecer la nueva PMOP de acuerdo a los criterios del artículo 68, fracciones I y II de estos lineamientos;
- VIII.** Si derivado de la evaluación de ingeniería resulta viable el incremento de la PMOP pero las pruebas de presión no pueden aplicarse al tramo de Ducto la implementación de una nueva PMOP debe realizarse de acuerdo a lo siguiente:
- a)** Seleccionar la nueva PMOP que haya sido confirmada por la evaluación de ingeniería y que no exceda el menor de los siguientes valores:
 - i.** El 80% de la presión de diseño de un Ducto nuevo que tenga las mismas características de diseño y el mismo material, y
 - ii.** La presión que corresponda a un esfuerzo tangencial máximo del 50% de la RMC del Ducto.
 - b)** Antes de iniciar el incremento de presión en el tramo de Ducto se debe realizar lo siguiente:
 - i.** Contar con los dispositivos adecuados para medir la presión;
 - ii.** Realizar un monitoreo de fugas inicial y hacer la reparación correspondiente en donde sea requerido, y
 - iii.** Reparar o reemplazar cualquier tramo de Ducto o accesorio inadecuado para la nueva PMOP.
- IX.** Si derivado de la evaluación de ingeniería no resulta viable el incremento de la PMOP, se debe mantener la PMOP actual hasta en tanto se subsanen las deficiencias encontradas en dicha evaluación;
- X.** Cuando se requiera incrementar la MPOP por necesidades operativas, se debe realizar lo siguiente:
- a)** Al reducirse el espesor de pared del Ducto y sus accesorios por efecto de la corrosión o erosión, se hace necesario reevaluar la PMPO debido a que se reduce la resistencia del Ducto. Derivado de la aplicación de la administración de Integridad de Ductos, siempre que se obtengan lecturas del espesor de un Ducto como parte de las actividades de inspección realizadas a un tramo, se debe someter a evaluación de PMPO para dicho tramo y evaluar como alternativas:
 - i.** Realizar la reparación o reemplazo correspondiente en la zona que presente espesores reducidos, o
 - ii.** Reducir la PMPO para dicho Ducto.
 - b)** Sí la profundidad máxima medida del área corroída (d), es mayor o igual que el 10% del espesor nominal de pared, pero menor que el 80% del mismo, se deben incluir los siguientes métodos para la determinación de la resistencia residual de Ductos que presentan corrosión en el cuerpo, utilizados en la industria petrolera mundial y respaldados por pruebas hidrostáticas a escala real:
 - i.** Geometría Regular:
 - 1.** Método ASME/ANSI B31G: Considera que el Ducto falla cuando el esfuerzo debido a la presión interna σ_H supera, en el espesor remanente, el esfuerzo de flujo σ_f se define como:
$$\sigma_f = 1.1 \text{ SMYS}$$
La forma del defecto se aproxima a una parábola definida por la longitud axial "L" del defecto y su profundidad máxima "d". Se desarrolló buscando que fuera lo más simple posible.

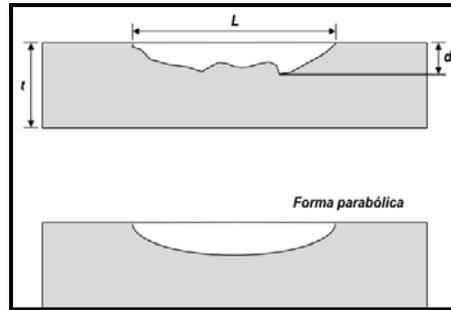


Figura 3A. Perfil de Corrosión.

La ecuación está calibrada para predecir de forma conservadora los defectos de Ductos corroídos, algunos de los cuales se sospechaba que poseían baja tenacidad o una Temperatura de Transición Dúctil-Frágil (TTDF) relativamente alta. Consecuentemente, se cree que la ecuación de falla B31G es aplicable, en ausencia de otras herramientas de predicción, en Ductos de baja tenacidad.

Características:

- A. Produce valores más conservadores de presión de falla para defectos de longitud considerable.
 - B. La incertidumbre del modelo es la mayor.
 - C. Es relativamente conservador cuando se aplica a Ductos de baja tenacidad, o con una TTDF mayor que la temperatura de operación.
 - D. No es apropiado para la determinación de la presión de falla de defectos tipo grieta.
 - E. No es apropiado para materiales con $\sigma_{SMYS} / \sigma_{SMTS} \rightarrow 1.0$ como grado X70 y X80.
 - F. No considera la presencia de material intacto entre defectos de corrosión próximos.
2. Método RSTRENG-1 (B31G Modificado): Considera que el Ducto falla cuando en el espesor remanente, el esfuerzo debido a la presión interna σ_H supera, el esfuerzo de flujo σ_f definido como:

$$\sigma_f = SMYS + 68.95 \text{ MPa}$$

La forma del defecto se aproxima como intermedia entre fondo plano y bordes parabólicos. El Área del defecto se aproxima como: $A=0.85dL$. Se desarrolló buscando que fuera más exacto que el B31G.

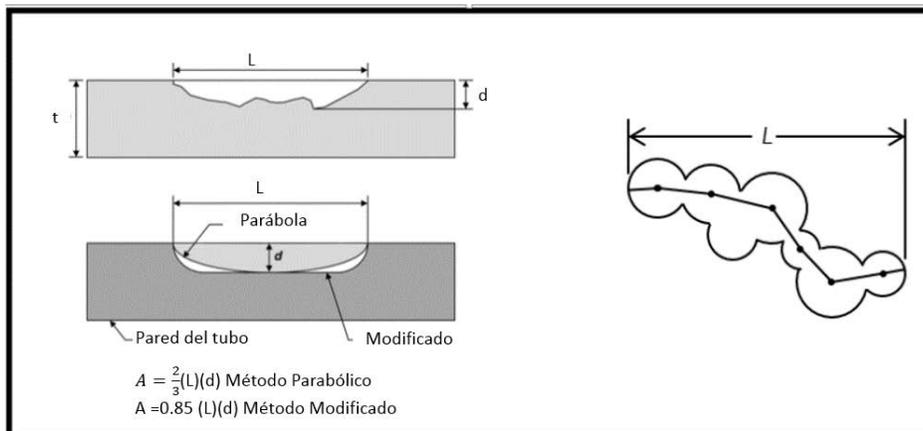


Figura 3B. Perfil de Corrosión.

La ecuación también está calibrada para predecir conservadoramente las fallas de Ductos corroídos, algunos de los cuales se sospechaba que poseían baja tenacidad o una TTDF relativamente alta. Consecuentemente, se cree que la ecuación de falla RSTRENG-1 es aplicable en Ductos de baja tenacidad.

Características:

- A. Produce resultados más exactos que el B31G en la predicción de la presión de falla cuando $L^2/Dt > 20$.
 - B. Presenta una menor incertidumbre como modelo de predicción.
 - C. Es relativamente conservador cuando se aplica a Ductos de baja tenacidad o con una TTFD mayor que la temperatura de operación.
 - D. No es apropiado para la determinación de la presión de falla de defectos tipo grieta.
 - E. No es apropiado para materiales con $SMYS / SMTS \rightarrow 1.0$ como grado X70 y X80.
3. Método PCORRC: Considera que los límites de la presión de falla se sitúan entre la presión de falla del Ducto sin defectos (superior) y la presión de falla para un defecto de longitud infinita (inferior). La forma se aproxima a una parábola definida por la longitud axial del defecto "L" y su profundidad máxima "d"; la presión de falla del Ducto libre de defectos está determinada por el límite último a la tensión (SMTS). Aplica específicamente al colapso plástico y se recomienda su uso cuando la tenacidad es superior a 61 J (45 lpb) y opera a temperaturas superiores a la TTFD.

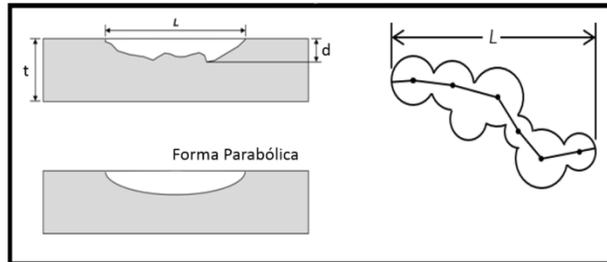


Figura 3C. Perfil de Corrosión.

La ecuación está calibrada para predecir la relación entre la presión de falla, la geometría y las propiedades del material en el colapso plástico lo más acertadamente posible.

Características:

- A. Produce resultados más exactos que los modelos B31G y RSTRENG-1 para todas las longitudes de defectos.
 - B. Presenta una menor dispersión en los resultados de las estimaciones.
 - C. Está específicamente orientado al colapso plástico.
 - D. Su aplicación requiere conocer con certeza las propiedades del material.
 - E. Es más apropiado para materiales con $SMYS/SMTS \rightarrow 1.0$ como grado X70 y X80.
 - F. Su aplicación no está tan extendida.
- ii. Geometría Compleja:
1. Método RSTRENG-2 (Área Efectiva): Se aplica en secciones de la proyección del perfil del defecto, en el plano axial del Ducto. La proyección tipo "fondo de río" se divide en secciones y se determina P_{fi} en cada una de ellas. La presión de falla del defecto corresponde a la mínima de las presiones así determinadas. Es posible incluir la interacción entre defectos y predecir la presión de falla del defecto combinado con dimensión equivalente. Mantiene las premisas del modelo RSTRENG-1 con respecto al tipo de material y condiciones de falla.

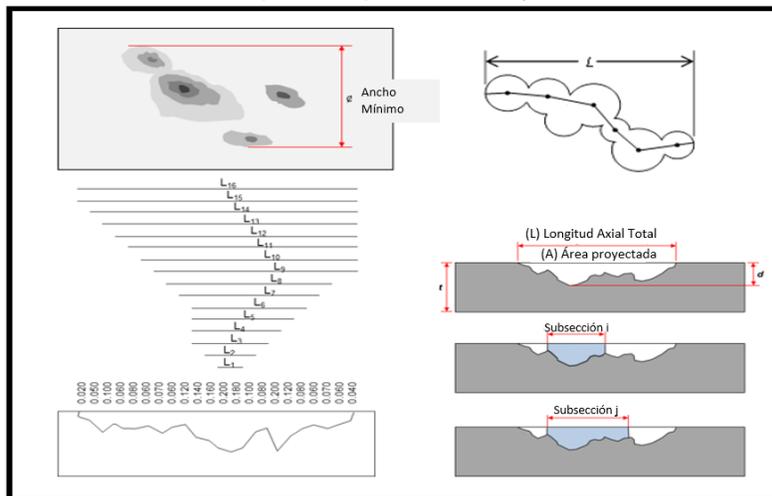


Figura 3D. Perfil de Corrosión.

La agrupación de defectos puede reducir la presión de falla del Ducto. En el RSTRENG-2, una vez que se ha detectado que los defectos interactúan, se procede a combinar los mismos para obtener todas las posibles configuraciones de defectos combinados con diferente longitud y profundidad. La validación y la práctica han demostrado que las estimaciones del modelo pueden resultar conservadoras con relación a la presión de falla real.

Características:

- A. En general produce resultados más exactos que los modelos basados en geometría simple del defecto. Se utiliza en niveles de análisis superiores.
 - B. Es óptimo para el análisis de defectos largos con geometría compleja, en los cuales es difícil medir la longitud.
 - C. Es relativamente conservador cuando se aplica a Ductos de baja tenacidad o con un TTDF mayor que la temperatura de operación.
 - D. Se debe de aplicar con precaución en ciertas geometrías de defectos Ej.: en picaduras contenidas en áreas con pérdida de metal generalizada.
 - E. No es apropiado para materiales con $SMYS/SMTS \rightarrow 1.0$ como grado X70 y X80.
 - F. Es el menos exacto de los modelos capaces de evaluar la geometría compleja de los defectos de corrosión.
2. Método LPC-2, LPC-1a (1b): Se basa en la aplicación repetida de la ecuación de falla LPC-1 (Advantica, DNV) al perfil de corrosión proyectado (en el plano axial) que resulta de seccionar la pared del Ducto a diferentes profundidades. La presión de falla es la mínima entre todas las estimadas en este proceso iterativo. Es un método del tipo “espesor de pared efectivo”. Está específicamente orientado a caracterizar la presión de falla dominada por el colapso plástico y permite evaluar la interacción entre defectos además de predecir la presión de falla resultante de la interacción (LPC-3).

El modelo LPC-2 es un procedimiento iterativo que toma como base el cálculo de la presión de falla en el modelo LPC-1 el cual asume que el Ducto falla cuando en el espesor remanente, el esfuerzo equivalente (Von Misses) supera el esfuerzo último a la tensión transversal:

$$\sigma_f = SMTS$$

Recomendado cuando la tenacidad es superior a 27 J (20 lbp) y el Ducto opera a temperaturas superiores a la TTDF. Es un modelo orientado específicamente al colapso plástico.

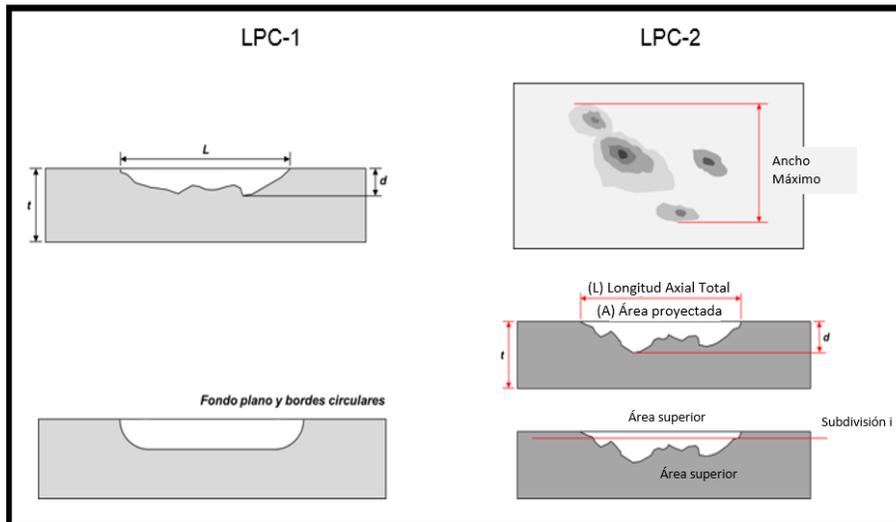


Figura 3E. Perfil de Corrosión.

Características

- A. En general produce los resultados más exactos y más precisos que el modelo RSTRENG-2.
- B. Es también óptimo en el análisis de defectos largos con geometría compleja, en los cuales es difícil medir la longitud.
- C. Se recomienda para niveles de evaluación de defectos superiores y requiere programas de cálculo más avanzados.
- D. Es más apropiado para materiales con $SMYS/SMTS \rightarrow 1.0$ como grado X70 y X80.
- E. Es el más conservador al tratar la interacción entre los defectos.
- F. No se debe utilizar si se desconocen las propiedades del material, debido a su aplicabilidad específica al colapso plástico.

Tabla 13. Métodos de evaluación para la presión.

MÉTODOS	FÓRMULAS
ASME B-31 G	$A = 0.893 \frac{L}{\sqrt{Dt}} \quad M = \sqrt{1 + 0.893 \frac{L^2}{Dt}}$ $Pf = 1.11 \frac{2tSMYS}{D} \left(\frac{1 - \frac{2d}{3t}}{1 - \frac{2d}{3t} M^{-1}} \right) \quad \text{Para } A < 4$ $Pf = 1.11 \frac{2tSMYS}{D} \left(1 - \frac{d}{t} \right) \quad \text{Para } A \geq 4$
RSTRENG-1 (B-31 G Modificado)	$M = \sqrt{1 + 0.6275 \left(\frac{L}{\sqrt{Dt}} \right)^2 - 0.003375 \left(\frac{L}{\sqrt{Dt}} \right)^4} \quad \text{Para } \frac{L^2}{Dt} \leq 50$ $M = 3.33 + 0.032 \left(\frac{L}{\sqrt{Dt}} \right)^2 \quad \text{Para } \frac{L^2}{Dt} > 50$ $Pf = \frac{2(SMYS + 68.95MPa)t}{D} \left(\frac{1 - 0.85 \frac{d}{t}}{1 - 0.85 \frac{d}{t} M^{-1}} \right)$
PCORRC	$M = 1 - \exp \left(-0.22 \frac{L}{\sqrt{D(t-d)}} \right)$ $Pf = \frac{2tSMTS}{D} \left(1 - \frac{d}{t} M \right)$
LPC-1	$M = \sqrt{1 + 0.31 \left(\frac{L}{\sqrt{Dt}} \right)^2}$ $Pf = \frac{2tSMTS}{D - t} \left(\frac{1 - \frac{d}{t}}{1 - \left(\frac{d}{t} \right) M^{-1}} \right)$

<p>RSTRENG-2 (B-31 G Modificado con Área Efectiva)</p>	$M = \sqrt{1 + 0.6275 \left(\frac{L}{\sqrt{Dt}}\right)^2 - 0.003375 \left(\frac{L}{\sqrt{Dt}}\right)^4}$ <p>Para $\frac{L^2}{Dt} \leq 50$</p> $M = 3.33 + 0.032 \left(\frac{L}{\sqrt{Dt}}\right)^2$ <p>Para $\frac{L^2}{Dt} > 50$</p> $Pf = \frac{2(SMYS + 68.95MPa)t}{D} \left(\frac{1 - \frac{A}{A_0}}{1 - \left(\frac{A}{A_0}\right)^{M-1}} \right)$
<p>LPC-2 (Área Efectiva)</p>	$M = \sqrt{1 + 0.31 \left(\frac{L}{\sqrt{Dt}}\right)^2}$ $Pf = \frac{2tSMTS}{D - t} \left(\frac{1 - \frac{A}{A_0}}{1 - \left(\frac{A}{A_0}\right)^{M-1}} \right)$

Terminología:

- A = Área Exacta de pérdida de material debido a corrosión en la dirección axial en mm² o pulg².
- A₀ = Área original (L*t) en mm² ó pulg².
- D = Diámetro Exterior nominal del Ducto en mm (pulg).
- d = Profundidad máxima del área corroída en mm (pulg).
- G = Factor adimensional
- L = Longitud axial del defecto por corrosión en mm (pulg).
- M = Factor de Folias
- P_f = Presión interna de falla (deformación plástica del material) prevista para el defecto por corrosión, en kPa (lb/pulg²).
- t = Espesor mínimo de pared medido en campo en zona sana de la tubería aledaña a la indicación, en mm (pulg).
- SMTS = Esfuerzo de Tensión Último Mínimo Especificado del tubo (Specified Minimum Ultimate Tensile Strength) en kPa (lb/pulg²).
- SMYS = Esfuerzo de Cedencia Mínimo Especificado de la tubería (Specified Minimum Yield Strength) en kPa (lb/pulg²).

XI. La evaluación de la PMOP para el tramo de Ducto debe realizarse de acuerdo con lo siguiente:

- Determinar la profundidad de la corrosión en la sección del Ducto "c" (en mm). Si "c" es menor que el 10% del espesor nominal del tubo "t" (en mm) no se requiere reducir la PMOP. Si "c" es mayor que el 80% del espesor nominal del tubo "t" se debe evaluar la posibilidad de reemplazar la sección de tubo corroído;
- Determinar la longitud efectiva de corrosión a lo largo del eje longitudinal del Ducto "L" (en mm);
- Calcular el factor adimensional A de acuerdo a lo siguiente:

$$A = 0.893 \times L \sqrt{(D \times t)}$$

Donde:

D = Diámetro exterior nominal del Ducto (en mm).

- d) Para valores de A menores o iguales a 4.0 calcular P' de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$P' = 1.1 \times P \times \left(\frac{1-2c/3t}{1-2c/3t\sqrt{(A^2+1)}} \right)$$

Donde:

P = El valor mayor entre la presión de diseño excluyendo el factor de junta soldada (en MPa) y la PMOP actual.

P' = La máxima presión segura para el área corroída (en MPa);

El valor de P' debe ser menor o igual al de P.

- e) Para valores de A mayores a 4.0, calcular P' de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$P' = 1.1 \times P \times (1-c/t)$$

El valor de P' debe ser menor o igual al de P, y

- f) Si la PMOP actual es igual o menor a P' el área con problemas de corrosión puede permanecer en servicio con la actual PMOP si se protegen las zonas corroídas y no se interrumpe la administración de la integridad de Ductos. Si la PMOP actual es mayor a P' la PMOP debe reducirse al valor que asegure que no excede a P' o la zona corroída debe ser reparada o reemplazada.

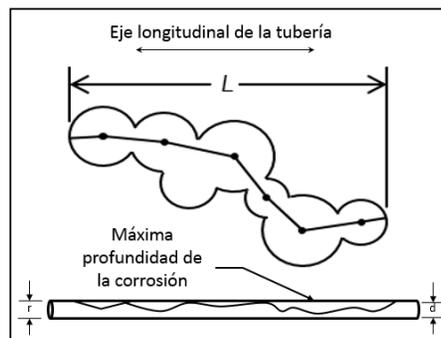


Figura 4 Eje longitudinal de la tubería.

Artículo 86. Con la finalidad de controlar el desgaste del Ducto por corrosión o erosión, se debe contar con un programa para realizar la medición de espesores de pared del Ducto en instalaciones superficiales, como son estaciones de bombeo, estaciones de medición, pasos aéreos y trampas de diablos. Estas mediciones se deben efectuar anualmente.

Artículo 87. El Regulado debe elaborar el programa anual de operación y mantenimiento del Sistema de Transporte por Ducto conforme con la normatividad vigente aplicable que para tal efecto emita la Agencia y debe incluir, entre otros, los siguientes requisitos:

- I. La lista total de actividades a desarrollar relativas a la operación y mantenimiento del Sistema de Transporte por Ducto;
- II. Desagregación de las actividades por área del sistema o por concepto, es decir, operación y mantenimiento;
- III. Desarrollo cronológico de las actividades estableciendo su interdependencia con otras, en su caso. Se debe mostrar claramente la fecha de inicio y terminación de la actividad;
- IV. Manual, instrucciones y recomendaciones del fabricante del equipo, sistema o instalación correspondiente, en su caso;
- V. Descripción de los recursos humanos y tiempo asignados a cada actividad;
- VI. Persona responsable de las actividades;
- VII. La forma en que se va a controlar el desarrollo y ejecución de las actividades programadas, y
- VIII. Bitácora de las actividades de operación, mantenimiento y seguridad.

Artículo 88. Cuando un Sistema de Transporte por Ducto requiera cambiar de servicio y deje de transportar el fluido que habitualmente maneja para transportar Petróleo, un Petrolífero o un Petroquímico diferente se debe llevar a cabo una evaluación de ingeniería conforme a lo establecido en el artículo 70 de los presentes lineamientos para determinar si puede entrar en servicio sin causar riesgos a la población, al personal, a las instalaciones o un impacto al medio ambiente en las condiciones en que se encuentra, la evaluación debe incluir al menos lo siguiente:

- I. Una revisión del diseño original del sistema;
- II. Una evaluación de la integridad del sistema;
- III. Una revisión de los registros de construcción, que incluya los reportes de inspección y pruebas, procedimientos de soldadura empleados, otros métodos de unión, en su caso, y recubrimientos empleados;
- IV. Una revisión de los registros de operación y de mantenimiento a que estuvo sujeto, y
- V. Un análisis de los incidentes o accidentes, así como de las reparaciones realizadas desde su construcción.

Artículo 89. El Regulado debe tener y ejecutar un procedimiento que considere el cambio de servicio en el Sistema de Transporte por Ducto.

Artículo 90. Todo cambio a la tecnología del Sistema de Transporte por Ducto debe ser administrado, documentado y comunicado, conforme a la normatividad vigente aplicable que para tal efecto emita la Agencia.

Artículo 91. Cuando la evaluación de ingeniería indicada en el artículo 88 de los presentes lineamientos determine que el Sistema de Transporte por Ducto puede cambiar de servicio por determinado tipo de Petróleo, Petrolífero o Petroquímico, se debe dar cumplimiento a los requerimientos del capítulo IV "pre-arranque" previo a la operación del Sistema de Transporte por Ducto.

CAPÍTULO VI

ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD DE DUCTOS

Artículo 92. El Regulado de un Sistema de Transporte por Ducto de Petróleo, Petrolíferos (excepto Gas L.P.) y Petroquímicos debe evidenciar el cumplimiento de lo dispuesto en la NOM-027-SESH-2010, vigente o la que la modifique o sustituya, a través del documento que emita la unidad de verificación acreditada y aprobada para tal fin.

Artículo 93. El Regulado de un Sistema de Transporte por Ducto de Gas L.P. debe evidenciar el cumplimiento de las disposiciones administrativas de carácter general en materia de administración de la integridad de Ductos aplicables a gas L.P. que para tal efecto emita la Agencia y en ausencia de éstas, debe ejecutar una administración de la integridad de Ductos de acuerdo a lo dispuesto del artículo 92 al 101 del presente lineamiento.

Artículo 94. El Regulado debe contar con una administración de la integridad de Ductos de un Sistema de Transporte por Ducto de gas L.P., que tenga como objetivo los rubros siguientes:

- I. Identificación de peligros potenciales aplicables al Ducto;
- II. Llevar a cabo una evaluación inicial sobre el estado físico del Sistema de Transporte por Ducto y posteriormente reevaluar periódicamente los Ductos y demás equipo que lo integra para identificar fallas que representen un riesgo potencial;
- III. Recopilación, revisión e integración de datos;
- IV. Evaluar el riesgo y la integridad (remediar defectos o fallas descubiertos durante estos procesos de evaluación), y
- V. Monitorear continuamente el cumplimiento de la administración de la integridad del Ducto.

Artículo 95. Para la administración de la integridad del Ducto, el Regulado debe basarse en alguno de los dos métodos siguientes:

- I. Prescriptivo. En este método los requerimientos tanto de información como de análisis son menos extensos. Se requiere recopilar información específica con objeto de evaluar cada amenaza identificada por lo que debe implantarse en Sistemas de Transporte por Ducto nuevos que no cuenten con un historial operativo y, por lo tanto, de integridad. Se debe evaluar inicialmente el peor escenario esperado en el Sistema de Transporte por Ducto y establecer intervalos entre evaluaciones sucesivas de las instalaciones mediante las cuales se obtenga el estado de integridad de las mismas. Adicionalmente, el Regulado debe implementar actividades de inspección, prevención, detección y mitigación para producir un plan de administración de la integridad, y
- II. Basado en el desempeño. Este método requiere de mayor información y disponer de capacidad de análisis de riesgos más complejos ya que se implementa en Sistemas de Transporte por Ductos existentes, a que cuentan con historial operativo y de integridad. Por lo anterior, se deben efectuar inspecciones que proporcionen información sobre la integridad del sistema con la finalidad de lograr un mayor grado de flexibilidad con relación a intervalos de inspección y técnicas de mitigación empleadas. El método de administración de la integridad de Ductos basado en el desempeño debe incluir, al menos, lo siguiente:
 - a) Descripción del método de análisis de riesgos empleado;
 - b) Documentación aplicable a cada una de las áreas que forman el Sistema de Transporte por Ducto, y
 - c) Análisis documentado mediante el cual se determinen los intervalos de evaluación de la integridad y los métodos de mitigación (reparación y prevención).

Artículo 96. La administración de la integridad de Ductos debe incluir al menos los siguientes rubros:

- I. Identificación de causas de daños potenciales por amenaza. Se debe identificar y recopilar información que caracterice cada sección del Sistema de Transporte por Ducto y sus amenazas potenciales; por ejemplo, corrosión interna y externa, daños mecánicos, defectos de fabricación, fallas operativas, entre otras. Posteriormente se debe analizar la interacción de estas amenazas (más de una amenaza que ocurra en una sección del Sistema de Transporte por Ducto al mismo tiempo) e identificar el impacto potencial de cada una de ellas;
- II. Recolección, revisión e integración de datos. Se debe recopilar información sobre el diseño, operación, mantenimiento, historial de operación y fallas específicas en cada una de las áreas del Sistema de Transporte por Ducto con el fin de caracterizarlas e identificar las amenazas potenciales específicas. Además, se deben incluir aquellas condiciones o acciones que afectan el estado en el que se presentan las amenazas identificadas, por ejemplo, deficiencias en la protección catódica, condición del recubrimiento de protección contra incendio, entre otras;
- III. Análisis de Riesgo. La información recopilada de los pasos anteriores debe usarse en la elaboración del estudio de riesgos del Sistema de Transporte por Ducto o de cada uno de los sistemas que lo forman. Dicho estudio integra un análisis de riesgos mediante el cual se identifican eventos y condiciones específicas que podrían ocasionar una falla en el Sistema de Transporte por Ducto y determina la probabilidad de ocurrencia de un evento, así como sus consecuencias a las instalaciones, al personal que las opera, a la población y al medio ambiente. Con el resultado del análisis de riesgos, que proporciona información sobre la ubicación y naturaleza de los riesgos más significativos, se deben clasificar los sistemas (mecánico, eléctrico, contra incendio entre otros) que forman parte del Sistema de Transporte por Ducto y establecer criterios para la evaluación de la integridad de las instalaciones, así como priorizar las acciones de mitigación correspondientes. El Análisis de Riesgo debe realizarse conforme a lo establecido en la normatividad vigente y aplicable que para tal efecto emita la Agencia; los resultados del estudio de riesgos deben integrarse al plan de administración de la integridad de los Ductos;

- IV.** Se debe contar con una clasificación de todas las zonas o áreas de impacto por las que cruza el Sistema de Transporte por Ducto, en las que el criterio de clasificación sea el estado que guardan las instalaciones con relación al tipo de riesgo presente en cada una de las áreas de impacto, siguiendo el criterio establecido en la fracción III del presente artículo;
- V.** Las áreas de impacto deben estar incluidas e identificadas mediante coordenadas en un plano general del trayecto del Sistema de Transporte por Ducto;
- VI.** Se debe desarrollar y ejecutar un plan de evaluación de la integridad de Ductos, que integre al menos los siguientes conceptos:
- a)** Determinación de tramos o secciones del Ducto a ser evaluados, de acuerdo a los resultados del análisis de riesgos y consecuencias;
 - b)** La identificación de las amenazas potenciales para cada tramo o sección y la información que soporte la identificación de la amenaza;
 - c)** Los métodos de evaluación de la integridad de cada tramo de Ducto, entre los distintos métodos aplicables deben evaluarse al menos los siguientes:
 - i.** Herramientas de inspección interna o herramientas capaces de detectar corrosión y cualquier otro defecto en el Ducto;
 - ii.** Pruebas de presión;
 - iii.** Evaluaciones directas para identificar corrosión externa, corrosión interna y agrietamiento por corrosión por esfuerzos, y
 - iv.** Otras tecnologías probadas que proporcionen información sobre la condición del Ducto.
 - d)** Los métodos de evaluación elegidos deben cubrir entre otros, los riesgos de falla relativos a los rubros siguientes:
 - i.** Corrosión externa;
 - ii.** Corrosión interna;
 - iii.** Agrietamiento por corrosión por esfuerzos;
 - iv.** Defectos de fabricación (agrietamiento por fatiga debido a defectos existentes en soldaduras por resistencia eléctrica);
 - v.** Fallas por equipo asociado al Ducto;
 - vi.** Fallas de construcción/fabricación del tubo como son las curvaturas con pliegues, defectos en soldaduras circunferenciales y fallas en el acoplamiento de uniones;
 - vii.** Daño mecánico por terceras partes;
 - viii.** Fatigas cíclicas u otras condiciones de carga como movimientos del suelo/pérdida de soporte del suelo debido al clima y a fuerzas externas, y
 - ix.** Operación incorrecta del Sistema de Transporte por Ducto.
 - e)** Programa de actividades basado en prioridades para ejecutar la evaluación de la integridad del Ducto, considerando los factores de riesgo;
 - f)** Cuando surja un nuevo tramo de Ducto la actualización del estudio de riesgo y las prioridades de evaluación del mismo se deben integrar al programa de evaluación de integridad;
 - g)** Las medidas para controlar o eliminar los defectos, que debe incluir al menos los rubros siguientes:
 - i.** Listado de defectos y descripción de los mismos;
 - ii.** Listado de requerimientos para efectuar las reparaciones tanto inmediatas como programadas;

- iii. Reducción temporal de la presión de operación, en su caso;
- iv. Memorias de cálculo para determinar la presión que pueden soportar los tramos del Ducto considerando los defectos; lo anterior para el caso en que se haya identificado una disminución en el espesor del Ducto o esfuerzos adicionales;
- v. Listado de medidas preventivas o de mitigación necesarias;
- vi. Programa para la reparación del Ducto o eliminación de defectos;
- vii. Reducción de la presión a largo plazo. Cuando la reducción de presión temporal exceda 365 días el Regulado debe tener documentadas y justificadas las razones por las cuales la reparación del Ducto ha sido retrasada;
- viii. Programa para efectuar reparaciones en un año. Las siguientes reparaciones deben ser reparadas a más tardar en un año:
 - 1. Abolladuras localizadas entre las posiciones 8 en punto y 4 en punto (las 2/3 partes superiores del tubo) que tengan una profundidad mayor a 6% del diámetro del tubo o que tengan una profundidad de 12.7 mm (0.5 pulgadas) en Ductos de 304.8 mm (12 pulgadas) de diámetro y menores, y
 - 2. Abolladuras que tengan una profundidad mayor a 2% del diámetro del tubo o que tengan una profundidad de 6.35 mm (0.25 pulgadas) en Ductos de 304.8 mm (12 pulgadas) de diámetro y menores y que afecten la curvatura del tubo en una soldadura circunferencial o longitudinal.
- ix. Programa de monitoreo de condiciones no reparables a corto plazo. El Regulado debe monitorear las condiciones de los defectos no reparables a corto plazo para tomar en cuenta su condición en los estudios de riesgos subsecuentes e identificar cualquier cambio que requiera reparación. Se deben monitorear las condiciones siguientes:
 - 1. Abolladuras localizadas entre las posiciones 4 en punto y 8 en punto (la tercera parte inferior del tubo) que tengan una profundidad mayor a 6% del diámetro del tubo o que tengan una profundidad de 12.7 mm (0.5 pulgadas) en Ductos de 304.8 mm (12 pulgadas) de diámetro y menores;
 - 2. Abolladuras localizadas entre las posiciones 8 en punto y 4 en punto (las 2/3 partes superiores del tubo) que tengan una profundidad mayor a 6% del diámetro del tubo o que tengan una profundidad de 12.7 mm (0.5 pulgadas) en Ductos de 304.8 mm (12 pulgadas) de diámetro y menores en las que un análisis de ingeniería demuestre que estas abolladuras no rebasan los esfuerzos críticos en el metal, y
 - 3. Abolladuras que tengan una profundidad mayor a 2% del diámetro del tubo o que tengan una profundidad de 6.35 mm (0.25 pulgadas) en Ductos de 304.8 mm (12 pulgadas) de diámetro y menores en las que se afecte la curvatura del tubo en una soldadura circunferencial o longitudinal pero que mediante una evaluación de ingeniería se demuestre que estas abolladuras y soldaduras no rebasan los límites de esfuerzos permitidos en el metal.
- x. Plan para confirmar la evaluación directa que servirá para reevaluar las condiciones más críticas del Sistema de Transporte por Ducto en un periodo no mayor a 5 años;
- xi. Determinación de medidas preventivas y de mitigación que se establecerán para proteger las áreas de impacto, y
- xii. Sistema de seguridad que establezca las actividades de campo relacionadas con la administración de la integridad del Sistema de Transporte por Ducto para que se lleven a cabo sin riesgos para el personal, instalaciones y medio ambiente.

Artículo 97. El Regulado debe realizar los reportes de los resultados de la inspección y evaluación de la integridad del Sistema de Transporte por Ducto.

Artículo 98. Se deben programar acciones preventivas y de mitigación para evitar, reducir o eliminar las amenazas a la integridad de las instalaciones del Sistema de Transporte por Ducto.

Artículo 99. El Regulado debe desarrollar e implementar un plan quinquenal de la administración de la integridad de Ductos o antes en caso de alguna modificación al mismo y mantener disponible la información para cuando se la requiera la Agencia.

Artículo 100. Como parte de una administración de la integridad de Ductos el Regulado debe evaluar las modificaciones a las instalaciones, de ingeniería de los diversos sistemas y de procedimientos del Sistema de Transporte por Ducto tanto permanentes como temporales. Dichas modificaciones deben ser administradas para identificar el impacto sobre el Sistema de Transporte por Ducto y su integridad, el Regulado debe establecer los criterios para aprobar e implementar dichos cambios a una administración de la integridad de Ductos. Para llevar a cabo esas modificaciones se deben consultar los procedimientos aplicables.

Artículo 101. Los resultados reportados del plan de administración de la integridad de Ductos deben ser considerados en el programa anual de operación y mantenimiento del Sistema de Transporte por Ducto.

CAPÍTULO VII

DESACTIVACIÓN

Artículo 102. Cuando el Regulado por necesidades del servicio deba suspender temporalmente la operación del Sistema de Transporte por Ducto o una sección de éste sin incluir el paro por mantenimiento, se considerará desactivación, en cuyo caso se deben tomar las siguientes medidas:

- I. El Regulado debe contar con un procedimiento que considere la desactivación del Ducto o del Sistema de Transporte por Ducto;
- II. Dicho procedimiento debe incluir como mínimo las acciones siguientes:
 - a) El Ducto debe ser desconectado del sistema de suministro de Petróleo, Petrolífero o Petroquímico correspondiente;
 - b) El Ducto debe ser vaciado de todo su contenido;
 - c) El Ducto debe ser barrido y vaciado a través de un equipo de limpieza interna;
 - d) El Ducto debe ser inertizado utilizando un gas para estos fines;
 - e) Los puntos de alimentación al Ducto, descarga, derivaciones y/o bypass, deben ser obstruidos usando bridas ciegas, cabezas soldadas, discos ciegos u otro accesorio para tal fin;
 - f) Se debe indicar la condición del Ducto e instalar mecanismos de bloqueo, y
 - g) Los materiales y residuos peligrosos generados por la desactivación del Ducto se deben disponer de acuerdo con la normatividad vigente.
- III. En Ductos desactivados se debe dar el mantenimiento e inspección aplicables, como si éste se mantuviera en operación, evitando que exista afectación o contaminación al suelo, mantos freáticos y cuerpos de agua.

CAPÍTULO VIII

REACTIVACIÓN

Artículo 103. Cuando el Regulado requiere poner nuevamente en operación un Sistema de Transporte por Ducto o una sección del mismo, que ha estado desactivado, para transportar el mismo fluido con el cual operaba antes de la desactivación, se debe llevar a cabo una evaluación de ingeniería considerando lo establecido en el artículo 70 de los presentes lineamientos, para determinar si dicho Ducto es operativamente seguro para entrar en servicio. La evaluación debe prever los siguientes aspectos:

- I. Realizar la evaluación de riesgo y que ésta haya considerado todos los peligros potenciales de su administración de la integridad de Ductos;
- II. Atender las recomendaciones resultantes de la evaluación de riesgo;
- III. Realizar el análisis de consecuencias para los escenarios catastróficos y más probables, así como sus respectivos procedimientos operativos y de respuesta a emergencias;
- IV. Conservar la evidencia documental de que todos los hallazgos que resultaron del análisis de riesgo fueron debidamente identificados, jerarquizados, clasificados y atendidos;
- V. Realizar las simulaciones mediante análisis hidráulicos en régimen permanente y transiente de las condiciones operativas a que se someterá, respecto a las condiciones de integridad del Sistema de Transporte por Ducto;
- VI. Revisar y analizar la trayectoria del Sistema de Transporte por Ducto a fin de maximizar la mitigación de los riesgos, tomar en consideración la densidad de población aledaña con relación a las clases de localización para el gas L.P.;
- VII. Probar el Sistema de Transporte por Ducto de acuerdo con la inspección y pruebas de hermeticidad, para una operación segura, y
- VIII. Los materiales y residuos peligrosos generados por la reactivación del Ducto, se deben disponer de acuerdo con la legislación vigente aplicable.

El Regulado pondrá en operación su Sistema de Transporte por Ducto o sección de éste, si los hallazgos han sido corregidos en su totalidad.

Artículo 104. Si, como resultado de la reactivación de un Sistema de Transporte por Ducto o una sección de éste, se presentó un cambio a la tecnología o a sus procedimientos, éste debe ser administrado, documentado y comunicado, conforme a lo establecido en la normatividad que para tal efecto emita la Agencia.

CAPÍTULO IX

CIERRE, DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO

Artículo 105. El Regulado debe elaborar un Programa de actividades de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y de protección al medio ambiente, para la etapa de Cierre, Desmantelamiento o Abandono.

Artículo 106. El programa debe incluir por lo menos, lo siguiente:

- I. Los escenarios y recomendaciones del análisis de riesgos actualizado para esa etapa, conforme a lo previsto en las Disposiciones Administrativas de Carácter General que establecen los lineamientos para la conformación, implementación y autorización de los Sistemas de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente y otras aplicables a las actividades del Sector Hidrocarburos que se indican;
- II. Lo previsto en la normatividad aplicable en materia de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y de protección al medio ambiente, y
- III. Los términos y condicionantes en materia de Seguridad Industrial, Operativa y protección al medio ambiente de los diversos trámites bajo los cuales fue autorizado el Proyecto.

Artículo 107. La Agencia resolverá sobre la viabilidad de abandonar el sitio, de conformidad con las disposiciones administrativas que se emitan al respecto.

CAPÍTULO X

DICTÁMENES Y EVALUACIONES TÉCNICAS.

Artículo 108. El Regulado debe obtener un Dictamen Técnico de Diseño de un Tercero Autorizado, en el que conste que la ingeniería de detalle de las instalaciones nuevas, ampliadas o con modificaciones al proceso, se realizó conforme a lo establecido en el presente Lineamiento.

Artículo 109. El Dictamen Técnico de Diseño debe ser conservado por el Regulado durante el ciclo de vida de la instalación; y podrá ser presentado, en su oportunidad, a las autoridades correspondientes para acreditar que el Diseño de las instalaciones o equipos son acordes con la normativa aplicable y las mejores prácticas Nacionales y/o Internacionales.

Artículo 110. El Regulado debe obtener un Dictamen Técnico de Pre-arranque de un Tercero Autorizado, en el que conste que las instalaciones y los equipos cumplen con lo previsto en el presente Lineamiento.

Artículo 111. El Regulado debe dar aviso a la Agencia del inicio de operaciones, en un plazo máximo de 10 días posterior a éste, mediante declaración, bajo protesta de decir verdad, que la Construcción y los equipos son acorde con lo dispuesto en el presente Lineamiento, la ingeniería de detalle y las modificaciones que se hayan incorporado a dicha ingeniería durante la etapa de Construcción, así como las especificaciones de los fabricantes, los estándares y mejores prácticas correspondientes.

Artículo 112. El aviso al que se refiere el artículo anterior, debe acompañarse de los Dictámenes Técnicos de Diseño y Pre-arranque, emitidos por el Tercero Autorizado.

Artículo 113. El Dictamen Técnico de Pre-arranque podrá ser presentado, en su oportunidad, a las autoridades correspondientes para acreditar que las instalaciones y equipos son acordes con la normativa aplicable y las mejores prácticas.

Artículo 114. El Dictamen Técnico para el Pre-arranque se realiza, además de lo dispuesto en el artículo 110 del presente lineamiento, para los casos de cambios de trazo fuera del derecho de vía y en la reactivación de un Ducto existente.

Artículo 115. Para un Sistema de Transporte por Ducto que será reactivado, el Regulado debe contar con el Dictamen Técnico de Pre-arranque en el que conste el cumplimiento de la totalidad de los requisitos establecidos en los capítulos IV "Pre-arranque" y VIII "Reactivación" de los presentes lineamientos.

Artículo 116. El Regulado debe obtener de forma anual, un Dictamen Técnico de Operación y Mantenimiento de un Tercero Autorizado, en el que conste el cumplimiento de los requisitos establecidos en el presente Lineamiento para esta etapa.

Artículo 117. El Dictamen Técnico al que se refiere el artículo anterior, debe ser entregado a la Agencia, en los primeros tres meses de cada año, una vez cumplido el primer año de operaciones.

Artículo 118. El Regulado debe dar aviso a la Agencia, 15 días hábiles previo al inicio y desarrollo de la etapa de Cierre o Desmantelamiento, según corresponda, mediante declaración, bajo protesta de decir verdad, que el Programa de actividades de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y de protección al medio ambiente, contempla el marco regulatorio aplicable, el análisis de riesgos actualizado, los términos y condicionantes Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y de protección al medio ambiente de los diversos trámites bajo los cuales fue autorizado el Proyecto y las buenas prácticas internacionales.

Artículo 119. El aviso de inicio de Cierre o Desmantelamiento, según corresponda, al que se refiere el artículo anterior, debe acompañarse del Programa de Actividades de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y de protección al medio ambiente, descrito en el artículo 106.

Artículo 120. Si el Regulado requiere realizar cambios al Programa de actividades de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y de protección al medio ambiente de Cierre o Desmantelamiento, según corresponda, debe entregar a la Agencia la actualización de dicho programa, previo a la ejecución de las actividades.

Artículo 121. El Regulado debe presentar en un plazo máximo de 15 días hábiles posteriores al término del Cierre o Desmantelamiento, según corresponda, un Aviso de Conclusión, mediante declaración, bajo protesta de decir verdad, que las actividades establecidas en el Programa de actividades de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y de protección al medio ambiente para el Cierre o Desmantelamiento, según corresponda, fueron ejecutadas.

Artículo 122. El Aviso de Conclusión de Cierre o Desmantelamiento, según corresponda, al que se refiere el artículo anterior, debe ser acompañado de un reporte detallado del cumplimiento de las actividades del Programa de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y de protección al medio ambiente definido en el artículo 106, para el Cierre o Desmantelamiento, según corresponda, y de las actividades de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y protección al medio ambiente, adicionales; así como de las condiciones en que queda la instalación.

Artículo 123. El Regulado debe obtener Dictamen Técnico del Programa de Abandono de un Tercero Autorizado, en el que conste que el Programa de actividades de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y de protección al medio ambiente, para la etapa de Abandono cumple con el Capítulo IX del presente lineamiento y las mejores prácticas internacionales.

Artículo 124. El Regulado debe dar aviso a la Agencia 15 días hábiles previos al inicio y desarrollo de la etapa de Abandono.

Artículo 125. El aviso de inicio de Abandono al que se refiere el artículo anterior, debe acompañarse del Programa de Actividades de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y de protección al medio ambiente para el Abandono y de su respectivo Dictamen Técnico emitido por un Tercero Autorizado.

Artículo 126. El Regulado debe obtener una Evaluación técnica de Abandono elaborada por un Tercero Autorizado, en el que conste el cumplimiento del Programa de Actividades de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y de protección al medio ambiente para el Abandono.

Artículo 127. El Regulado debe presentar en un plazo máximo de 15 días hábiles posteriores al término las actividades de Abandono, un Aviso de Conclusión de la etapa de Abandono.

Artículo 128. El aviso de conclusión de Abandono al que se refiere el artículo anterior, debe acompañarse de la Evaluación Técnica de Abandono emitido por un Tercero Autorizado, así como de la información soporte del cumplimiento del Programa de actividades de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y de protección al medio ambiente para el Abandono y del estado final que guarda el sitio donde se demuestra que no existen causas supervivientes de impacto al medio ambiente.

TRANSITORIOS

PRIMERO.- Los presentes lineamientos entrarán en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO.- Los Regulados que se encuentren realizando obras o actividades a la entrada en vigor de los presentes lineamientos deben ajustarse a los términos del presente instrumento, en un plazo no mayor a 180 días naturales contados a partir de lo dispuesto en el transitorio anterior, con excepción de lo estipulado en los capítulos de Diseño y Construcción, en cuyo caso será exigible la normatividad que hubiere sido aplicable al momento de haberse realizado el Diseño y Construcción.

TERCERO.- Los Regulados deberán conservar las evidencias de cumplimiento de lo previsto en el presente Lineamiento, durante la vigencia del permiso y hasta 12 años después de abandonado el sitio.

CUARTO.- En tanto no se cuente con Terceros Autorizados para realizar los dictámenes técnicos y evaluaciones técnicas previstos en los presentes Lineamientos, el Regulado debe someter a aprobación de la Agencia, por Proyecto en la etapa correspondiente del Lineamiento, la documentación que demuestre la experiencia de una persona moral, con reconocimiento nacional o internacional, para que ésta emita una opinión en materia de Seguridad Industrial, Operativa y protección al medio ambiente.

Para demostrar la experiencia se deberán incluir, al menos, acreditaciones profesionales, certificaciones, reconocimientos y cursos de actualización. Asimismo, se debe adjuntar la declaratoria de no existencia de conflicto de interés.

QUINTO.- La Agencia podrá establecer mediante programas de evaluación los periodos en los que se deberán presentar los Dictámenes Técnicos de Operación y Mantenimiento. En tanto no se publiquen dichos programas, se estará a los plazos establecidos en los presentes Lineamientos.

Ciudad de México, a los quince días del mes de marzo de dos mil diecisiete.- El Director Ejecutivo de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, **Carlos Salvador de Regules Ruiz-Funes**.- Rúbrica.

ANEXO I**CONTROL DE LA CORROSIÓN EXTERNA EN DUCTOS DE ACERO ENTERRADOS Y/O SUMERGIDOS.****1. Introducción.**

Las estructuras metálicas o Ductos de acero enterrados y/o sumergidos están expuestas a los efectos de la corrosión externa como consecuencia del proceso electroquímico que ocasiona el flujo de iones del metal del Ducto 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 del Ducto y la aplicación de los recubrimientos son los primeros medios utilizados para evitar dicho daño.

La función del recubrimiento es aislar la superficie metálica del Ducto del electrolito que la rodea. Además del recubrimiento anticorrosivo se debe aplicar protección complementaria al Ducto mediante el uso de protección catódica.

2. Control de la corrosión externa en Ductos de acero.

La prevención de la corrosión exterior en Ductos de acero enterrados y/o sumergidos se debe llevar a cabo mediante la aplicación de recubrimientos anticorrosivos y sistemas de protección catódica, con la finalidad de mantener buenas condiciones de operación y seguridad.

2.1 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 del Ducto por proteger, así como la compatibilidad con la protección catódica complementaria.

2.1.1 Durante el manejo y almacenamiento del Ducto recubierto, éste debe estar protegido para evitar daños físicos.

2.1.2 Se debe realizar una inspección dieléctrica de acuerdo a las características del recubrimiento anticorrosivo para determinar que no presente poros o imperfecciones. En caso de detectarse imperfecciones se deben eliminar y realizar nuevamente la inspección dieléctrica hasta su aceptación.

2.1.3 Cuando el Ducto enterrado o sumergido quede expuesto a la superficie se debe aplicar un recubrimiento anticorrosivo en la parte de transición que prevenga la corrosión entre el tramo aéreo y el enterrado (interface suelo-aire).

2.2 Estructura a proteger.

2.2.1 Ductos nuevos. Los Ductos nuevos enterrados y/o sumergidos deben ser recubiertos externamente y protegidos catódicamente, salvo que se demuestre mediante un estudio técnico que los materiales son resistentes al ataque corrosivo del medio ambiente en el cual son instalados.

2.2.2 Ductos 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:

- i.** Se deben revisar, analizar y evaluar los resultados de la inspección y mantenimiento normales de los Ductos de acero protegidos catódicamente en búsqueda de indicios de corrosión en proceso;
- ii.** Los métodos de medición eléctrica más comunes incluyen:
 - Potencial Ducto/suelo;
 - Resistividad del suelo;
 - Potencial Ducto/suelo por el método de dos electrodos.
- iii.** La funcionalidad de un sistema de protección catódica se debe monitorear de acuerdo con lo indicado en los numerales 2.8 y 2.9 del presente Anexo.

b) Medidas correctivas:

Si se comprueba la existencia de áreas de corrosión en los Ductos se deben tomar medidas correctivas para inhibirla, entre las cuales se encuentran las siguientes:

- i. Análisis de la efectividad y la continuidad de la operación del sistema de protección catódica;
- ii. Mejoramiento del recubrimiento anticorrosivo;
- iii. Instalación complementaria de ánodos de sacrificio;
- iv. Utilización de fuentes de corriente impresa;
- v. Delimitación con aislamientos eléctricos, y
- vi. Control de corrientes eléctricas parásitas.

2.2.3 Puenteos eléctricos. Cuando en el derecho de vía existen varios Ductos y se requiere protegerlos catódicamente se deben puentear eléctricamente siempre que las dependencias, órganos o empresas encargados de los sistemas de Ductos estén de acuerdo y previamente se hayan realizado los estudios correspondientes. La integración de Ductos ya sean nuevos o existentes a otros sistemas de Ductos debe quedar documentada conforme con lo indicado en el numeral 2.12 de este Anexo.

Durante el puenteo eléctrico se deben proteger las áreas afectadas por las conexiones en cada tubo con un recubrimiento anticorrosivo compatible en los puenteos eléctricos que se ubiquen en las estaciones de prueba de potencial se deben identificar los conductores eléctricos de cada una de los Ductos que se integran al sistema de protección catódica.

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

a) Ánodos galvánicos o de sacrificio, y

b) Corriente impresa.

2.3.1 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 el Ducto. La protección de los Ductos 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 el numeral 2.5 del presente anexo.

2.3.2 Corriente impresa. Este sistema consiste en inducir corriente eléctrica directa a un Ducto enterrado 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 debe conectar en su polo positivo a una cama de ánodos inertes y el polo negativo al Ducto a proteger.

2.4 Aislamiento eléctrico. El Ducto de acero a proteger debe quedar eléctricamente aislado de cualquier otro tipo de estructura metálica o de concreto que no esté considerado en la implementación del sistema de protección catódica tales como soportes de Ductos, estructuras de puentes, túneles, pilotes, camisas de acero protectoras, recubrimiento de lastre, entre otros.

2.4.1 Las juntas aislantes se deben seleccionar considerando factores como su resistencia dieléctrica y mecánica, así como las condiciones de operación del Ducto. 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 del Ducto en estaciones de medición y/o regulación de presión y/o de estaciones de bombeo;
- d) En las uniones de metales diferentes para protección contra la corrosión galvánica;
- e) En el origen y final del Sistema de Transporte por Ducto para prevenir la continuidad eléctrica con otro sistema metálico, y
- f) En la unión de un Ducto recubierto con otro Ducto descubierto.

2.5 Criterios de protección catódica. Para proteger catódicamente a los Ductos enterrados y/o sumergidos se debe cumplir como mínimo con uno de los criterios siguientes:

- a) Un potencial Ducto/suelo (catódico) mínimo de -850 mili volts, medido respecto de un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO₄) 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 Ducto/suelo (catódico) de -950 mili volts cuando el área circundante del Ducto 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, y

- c) Un cambio de potencial de polarización mínimo de -100 mV medido entre la superficie del Ducto y un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO₄) 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, y

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.

2.6 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 del Ducto. Los valores de potencial obtenidos deben cumplir como mínimo con alguno de los criterios indicados en el numeral 2.5 del presente anexo. 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, impedancia 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 sub-protección 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.

- 2.7** Potencial tubo/suelo máximo permisible. Este valor se fijará de acuerdo a las características particulares del recubrimiento anticorrosivo existente en el Ducto y debe ser menor al potencial de desprendimiento catódico o a valores de potencial más negativos que originen problemas colaterales. Como recomendación general, el valor máximo de potencial debe ser menor 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/CuSO₄) con el electrolito circundante del Ducto 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.

- 2.8** 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 Ductos enterrados y/o sumergidos, se deben realizar estudios que involucren la medición de variables eléctricas tales como: potencial Ducto/suelo (natural y de polarización), resistividad, resistencia y corriente.

- 2.8.1** Medición de potenciales Ducto/suelo. Para implementar la protección catódica de Ductos metálicos enterrados y/o sumergidos en un electrolito, se debe conocer la diferencia de potencial adquirida en la interface Ducto/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 debe utilizar una celda o electrodo de referencia. En el caso de Ductos de acero enterrados o sumergidos se debe utilizar la celda de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO₄).

En los casos donde se utilicen electrodos de referencia diferentes al de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO₄) se debe tomar en cuenta el potencial equivalente.

Entre los electrodos de referencia se pueden emplear los potenciales equivalentes siguientes:

- a) KCl saturado (calomel) con un valor mínimo de potencial equivalente de -0.78 V, o
- b) Plata/cloruro de plata (Ag/AgCl) 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 Ducto/suelo deben tener una alta impedancia de entrada. Se deben tener impedancias de entrada no menores a 10 Mega ohm.

Quando se requiera conocer de manera continua la diferencia de potencial Ducto/suelo, se debe utilizar un registrador de potencial mecánico o electrónico con rango e impedancia de entrada adecuados.

- 2.8.2** 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 siguiente indica los efectos de corrosividad del suelo referidos a la resistividad del mismo.

Tabla 1 Relación entre la resistividad y corrosividad del terreno.

Resistividad del suelo (ohm/cm)	Corrosividad del suelo
0-1000	Altamente corrosivo
1000-5000	Corrosivo
5000-10000	Poco corrosivo
10000-en adelante	Muy poco corrosivo

- 2.8.3** Medición de corriente eléctrica. Durante las diferentes etapas en la implementación de un sistema de protección catódica para un Sistema de Transporte por Ductos se deben efectuar con la periodicidad establecida en los programas de operación y mantenimiento, las mediciones siguientes:

- a) Corriente eléctrica alterna de alimentación al rectificador;
- b) Corriente eléctrica directa en el Ducto protegido;
- 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 y certificados. La medición de corriente eléctrica en sistemas de ánodos galvánicos se debe realizar utilizando un amperímetro de alta ganancia.

- 2.9** 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 Transporte por Ducto a proteger evitando interferencias, cortocircuitos en encamisados metálicos y daños en los aislamientos eléctricos, así como en el recubrimiento anticorrosivo.

Todos los sistemas de Ductos de acero deben 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 2000 ohm/cm, con presencia de agentes promotores de la corrosión) se debe instalar un sistema de protección catódica provisional con ánodos galvánicos en forma simultánea a la construcción del Sistema de Transporte por Ducto. Este sistema provisional de protección catódica se debe sustituir, antes de un lapso de un año después de terminada la construcción por el sistema de protección catódica permanente.

- 2.9.1** Previsiones para el monitoreo. Para determinar la eficacia del sistema de protección catódica el Ducto debe contar con estaciones de prueba de potencial a lo largo de ésta a intervalos regulares con el fin de realizar la medición de potenciales Ducto/suelo de una manera más representativa.

- 2.9.1.1** Cuando el Ducto esté instalado a campo traviesa dichas estaciones deben instalarse cada kilómetro sobre el derecho de vía del Ducto y en todos los cruzamientos con estructuras metálicas enterradas, carreteras, vías de ferrocarril y ríos, en caso de ser posible.
- 2.9.1.2** Cuando el Ducto esté instalado en zonas urbanas, las estaciones de prueba de potencial se pueden instalar en banquetas, registros de válvulas o acometidas, en caso de ser posible.
- 2.9.1.3** Cuando las estaciones de prueba de potencial de protección catódica no se puedan colocar de acuerdo a lo establecido en el numeral anterior debido a impedimentos físicos o geográficos, la estación de registro correspondiente se debe instalar en el sitio accesible más cercano. La ubicación final de estas instalaciones se debe documentar y guardar durante la vida útil del Sistema de Transporte por Ducto para cuando la Agencia lo requiera.
- 2.9.1.4** Las estaciones de prueba de potencial deben contar con puntas de prueba a efecto de facilitar 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 deben realizarse conforme a lo señalado en el numeral 2.10.6 del presente Anexo.
- 2.9.2** Interferencias con otros sistemas. Cuando se vaya a instalar un sistema de protección catódica en un Ducto nuevo se debe notificar a las compañías que tengan estructuras metálicas enterradas y/o sumergidas cerca del área en donde se vaya a alojar el Ducto por proteger, con la finalidad de evitar cualquier problema de interferencia. La notificación debe contener como mínimo la información siguiente:
- a)** La trayectoria que sigue el tendido del Ducto;
 - b)** La indicación de rutas de los Ductos a proteger y de cualquier estructura que se vaya a unir al Ducto para reducir alguna interferencia;
 - c)** El tipo de protección catódica a utilizar y especificar si es 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 preparado para 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 mediciones dentro de las que se encuentran:
- a)** Medición de potencial Ducto/suelo;
 - b)** Medición del flujo de corriente eléctrica en el Ducto interferido, y
 - c)** 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:
 - i.** Cambios de potencial Ducto/suelo;
 - ii.** Cambios de magnitud o dirección de la corriente eléctrica;
 - iii.** Defectos en el recubrimiento, y
 - iv.** Daños locales por corrosión en el Ducto.

Para mitigar los efectos mutuos entre las líneas de transmisión eléctrica y los Ductos de acero enterrados 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 (50 pies) para líneas de transmisión eléctrica de 400 kilo volts y mayor de 10 metros (32.8 pies) para líneas de transmisión eléctrica de 230 kilo volts y menores.

Cuando no sea posible lograr las distancias mínimas recomendadas se debe realizar un estudio del caso particular para reforzar el recubrimiento del Ducto donde sea necesario manteniendo una distancia debe mayor o igual a 3 metros (9.8 pies) respecto de la pata de la torre 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 modificaciones, en su caso, necesarias para resolver los problemas de interferencia eléctrica.

- 2.9.3** 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 conexiones a tierra que provocarían una reducción en la efectividad del sistema de protección catódica.

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

- 2.9.4** Defectos en el recubrimiento anticorrosivo. Debido a que el recubrimiento anticorrosivo del Ducto está expuesto a daños y deterioros por factores tales como: absorción de humedad, esfuerzos del terreno y desprendimiento catódico se deben realizar estudios enfocados 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, así como establecer la conveniencia de repararlos y/o administrar la protección catódica en esas áreas desnudas del Ducto.

Cualquier tramo del Ducto 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 deben tomar las acciones correctivas mencionadas en el numeral 2.2.2 inciso b) del presente anexo que garanticen la integridad del Ducto.

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.

- 2.10** Operación, inspección y mantenimiento. Con el propósito de mantener la integridad de los sistemas de Ductos enterrados y/o sumergidos el Regulado debe establecer, instrumentar y cumplir con los programas de inspección y mantenimiento periódico de los elementos que conforman dicho sistema.

- 2.10.1** 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 técnicos y regulación vigente.

La frecuencia de revisión de los sistemas automáticos de protección catódica, los sistemas fotovoltaicos, turbo generadores y los supervisados a control remoto se debe 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 puede indicar una polaridad invertida en la fuente externa de corriente eléctrica directa.

- 2.10.2** 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 está funcionando correctamente. Cuando se requieran los ánodos de la cama anódica se deben humectar con la adición de agua limpia.
- 2.10.3** 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.
- 2.10.4** Aislamientos eléctricos. Los dispositivos de aislamiento eléctrico se deben verificar cuando menos una vez al año y reemplazar en caso de falla.
- 2.10.5** Recubrimientos. Se deben realizar inspecciones cuando menos cada seis meses del recubrimiento dieléctrico en todos los tramos de los Ductos que se encuentren en la superficie y en áreas expuestas. Cuando el recubrimiento se encuentre deteriorado se debe reemplazar o reparar.
- 2.10.6** Levantamiento de potenciales. Se deben efectuar mediciones de potenciales Ducto/suelo a lo largo de la trayectoria del Ducto 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 el numeral 2.2.2 inciso b) del presente anexo aplicadas o en caso que se presente algún fenómeno de interacción eléctrica con sistemas ajenos al seleccionado.
- 2.11** Seguridad. Los aspectos mínimos de seguridad que se deben incluir en los sistemas de protección catódica de Ductos enterrados y/o sumergidos son los siguientes:
- a)** 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;
 - b)** El personal que realice actividades de protección catódica debe utilizar la ropa y equipo de protección personal apropiados para el manejo de equipo energizado; también debe ser personal con experiencia y calificado;

- c) Se debe contar con procedimientos donde se indique la secuencia de actividades a desarrollar, las condiciones de seguridad a cumplir y el equipos de seguridad y herramientas aplicables para el desempeño de las funciones, y
 - d) 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 mediante el permiso de trabajo correspondiente para la realización de la actividad respectiva, una vez que se cumplan las condiciones requeridas de seguridad para realizar el trabajo sin riesgo alguno.
- 2.11.1** Medidas generales. Las medidas de seguridad aplicables al equipo, instalación y mantenimiento de los sistemas de protección catódica deben incluir que se tiene la posibilidad de descargas eléctricas, cortocircuito y 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 deben 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:
 - i. Enterrar a 0.9 metros (35.4 pulgadas) como mínimo los ánodos y el material de relleno que constituyen la cama anódica, y
 - ii. 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.

- 2.11.2** 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.
- 2.11.3** 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 explosivas).
- 2.11.4** Corto circuito en instalaciones eléctricas. El corto circuito de juntas aislantes constituye un riesgo potencial por lo que dichas juntas se deben instalar fuera de áreas peligrosas y 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.

2.11.4.1 Desconexión, separación o ruptura del Ducto protegido. El Ducto protegido catódicamente tiene una corriente eléctrica fluyendo a través de ella, cualquier desconexión, separación o ruptura del Ducto 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 del Ducto en la que se realizará una modificación, mantenimiento o reparación debe ser puesto fuera de servicio y se debe instalar una conexión temporal. La conexión debe estar 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.

2.11.4.2 Equipo eléctrico. El equipo eléctrico instalado en un área de proceso debe ser sellado a prueba de vapores (a prueba de explosión) y evidenciar el cumplimiento de la NOM-001-SEDE-2012, vigente o la que la modifique o 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.

2.11.4.3 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 combustible.

2.11.5 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 y demostrar su cumplimiento de acuerdo a la NOM-001-SEDE-2012, vigente o la que la sustituya.

2.12 Documentación

2.12.1 Historial del sistema de protección catódica. Se debe contar con la documentación que respalde las acciones realizadas para la protección catódica que considere la implementación, operación y mantenimiento del sistema. Esta documentación debe estar bajo resguardo y disponible para cuando la Agencia la requiera durante la vida útil del sistema. La información debe contener como mínimo lo siguiente:

- a) Implementación:**
- i.** Alcance del sistema de protección catódica;
 - ii.** Especificaciones del recubrimiento dieléctrico, así como de su instalación;
 - iii.** Ubicación y especificaciones de dispositivos de aislamiento eléctrico;
 - iv.** Pruebas previas a la implementación:
 - A.** Localización del Ducto (plano, referencias geográficas, accesos, etc.);
 - B.** Estudios de resistividades del suelo;
 - C.** 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
 - D.** Ubicación de estructuras metálicas ajenas al Ducto a proteger.
 - v.** 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, y
 - vi.** 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:**
- i.** 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 y puentes eléctricos entre Ductos);
 - ii.** Permisos internos y externos;
 - iii.** Afectaciones a otras estructuras y/o sistemas de protección catódica a terceros;
 - iv.** Modificaciones constructivas, adecuaciones, y
 - v.** Resultados de las pruebas durante la puesta en operación del sistema de protección catódica y ajustes de campo.

En el caso de Ductos existentes se debe contar con 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.

- 2.12.2** Interacción con estructuras y sistemas de otras dependencias. Durante la planificación, instalación, prueba, puesta en marcha y operación de un sistema de protección catódica se deben notificar dichas acciones a las compañías que tengan a su cargo sistemas de Ducto de acero enterrados, 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.

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

2.13.1 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 para cuando sean requeridos por la Agencia.

2.13.2 Modificaciones al sistema original. Todas las modificaciones que se efectúen al sistema de protección catódica original deben registrarse anotando la fecha y modificación realizada y ejecutarse a través de un procesos de administración al cambio, de manera que forme parte de la documentación conforme con lo indicado en los numerales 2.13 y 2.13.1 del presente anexo; se deben incorporar 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.

2.13.3 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 el Ducto y su localización;
- d) Reposición de los dispositivos de aislamiento dañados;
- e) Acciones para corregir corto circuitos en Ductos encamisados, y
- f) Pruebas de interferencia con estructuras cercanas.

2.13.4 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.

ANEXO II

CONTROL DE LA CORROSIÓN INTERNA EN DUCTOS DE ACERO ENTERRADOS Y/O SUMERGIDOS.**1. Introducción.**

Los sistemas de transporte por Ductos para la distribución de la producción de hidrocarburos y sus derivados, por ser la principal y más rentable vía para el traslado de estos productos, son objeto de una serie de acciones para su salvaguarda y conservación.

Para preservar los citados sistemas de Ductos y equipos de proceso, resulta esencial la medición de la velocidad de corrosión interior, misma que se genera por la naturaleza corrosiva y agresiva de las diferentes corrientes de hidrocarburos, sus derivados y otros fluidos a los que están expuestas las instalaciones; esto como parte de la estrategia de prevención para resolver o mitigar en gran medida, los problemas asociados con los sistemas de Ductos de transporte, así como con toda la infraestructura industrial; lo que permite poder estimar el impacto de la corrosión que se genera al evaluar la velocidad de corrosión que se presenta con respecto al tiempo, cuyo índice se debe someter a un análisis vinculado a información adicional relacionada con la operación y mantenimiento de los Ductos e instalaciones, para definir las estrategias que permitan prevenir y mitigar los efectos de la corrosión.

2. Control de la Corrosión Interior.

La medición de la velocidad de corrosión se puede llevar a cabo con una técnica gravimétrica que se aplica mediante testigos corrosimétricos o bien mediante una técnica electroquímica y/o eléctrica por medio del método de Resistencia de Polarización Lineal (RPL) o de Resistencia Eléctrica (RE), empleados en las probetas corrosimétricas.

Se debe controlar la corrosión interior, generada debido a la naturaleza corrosiva de los fluidos transportados, por lo que se deben establecer programas de prevención, de los que forma parte importante la evaluación de la corrosión y la protección interior de los Ductos de transporte, mediante aplicación de inhibidores de corrosión, para resolver en gran medida los problemas asociados.

2.1. Medición y control de la corrosión interior.

La medición, control y prevención de la corrosión interior en campo, abarca un amplio espectro de actividades técnicas. Dentro de la esfera del control de la corrosión y su prevención, existen diferentes opciones técnicas entre otras como son: la selección de materiales, la inyección química de inhibidores y la aplicación de recubrimientos internos.

La medición de la corrosión, por su parte, emplea otra variedad de técnicas destinadas a determinar qué tan corrosivo es el ambiente del sistema y a qué tasa o rapidez se experimenta la pérdida de metal. La medición de la corrosión es un método cuantitativo por medio del cual la efectividad de las técnicas de control y prevención de la corrosión, pueden ser evaluadas y proveer la retroalimentación necesaria para optimizarlas.

Existe una amplia variedad de técnicas para la medición de la corrosión, incluyendo entre otras:

Tabla 1. Técnicas para la medición de corrosión interior.

Análisis Químico	Pruebas No Destructivas	Datos Operacionales	Monitoreo de Corrosión
Medición de pH	Ultrasonido	pH	Cupones de pérdida de peso
Gas disuelto (O ₂ , CO ₂ , H ₂ S)	Radiografía	Tasa de flujo	Resistencia eléctrica
Conteo de iones metálicos (Fe ²⁺ , Fe ³⁺)	Termografía	Presión	Polarización lineal
Análisis microbiológico	Corriente Eddy / Flujo magnético	Temperatura	Penetración de hidrógeno
	Equipos instrumentados inteligentes		Corriente galvánica

Algunas técnicas para la medición de la corrosión pueden ser utilizadas mediante monitoreo en línea, a través de un monitoreo constante del proceso, mientras que otras mediciones deben ser determinadas a través de un análisis de laboratorio. Algunas técnicas proveen una medición directa de la pérdida de metal o de la tasa de corrosión, mientras que otras son indirectas, pues son utilizadas para inferir el ambiente corrosivo que pueda existir.

2.2. Monitoreo de la corrosión interior.

Es la práctica de la medición del potencial corrosivo de las condiciones de un proceso, a través del uso de “probetas”, las cuales son insertadas en el proceso y expuestas continuamente a las condiciones ambientales del mismo. Las probetas de monitoreo de corrosión pueden ser dispositivos mecánicos, eléctricos o electroquímicos.

Las técnicas de monitoreo de corrosión proveen una medición directa y monitoreo en línea de la pérdida de metal y/o tasa de corrosión en el sistema de un proceso industrial.

Un programa de medición de la corrosión, inspección y mantenimiento, utiliza una combinación de técnicas de monitoreo en línea, directa e indirecta.

La tasa de corrosión determina la vida útil del Ducto y su seguridad operacional. La medición de la corrosión y las acciones para remediar las tasas de corrosión elevadas, permiten incrementar la efectividad costo-operativa del Ducto para alcanzar la reducción de los costos asociados a la renovación de los activos.

2.2.1. Técnicas para el monitoreo de la corrosión.

Existe un gran número de técnicas. Entre las más comúnmente usadas en las aplicaciones industriales son:

- a)** Cupones de Corrosión (Medición de pérdida de peso);
- b)** Resistencia Eléctrica (Probetas E/R);
- c)** Resistencia de Polarización Lineal (Probetas LPR);
- d)** Galvánica (ZRA)/ Potencial. La técnica de monitoreo galvánico también conocida como la técnica de amperímetro de resistencia cero o ZRA;
- e)** Penetración de Hidrógeno;
- f)** Microbiológica, y
- g)** Erosión por arena.

De las técnicas mencionadas, la de los cupones de corrosión, el método E/R y el método LPR constituyen los más importantes en el monitoreo de la corrosión interior de Ductos.

2.2.1.1 Monitoreo por Cupones de corrosión (medición de pérdida de peso).

Esta técnica se basa en la exposición por un tiempo determinado de una muestra (cupón) del mismo material de la estructura supervisada, en el mismo ambiente corrosivo al que la estructura está expuesta.

La medición obtenida de los cupones al analizarse, es la pérdida de peso que ocurre en la muestra durante el periodo de tiempo al que ha sido expuesto, expresada como tasa de corrosión.

2.2.1.2 Monitoreo por resistencia eléctrica (Probetas Er).

Las probetas de resistencia eléctrica (E/R) son consideradas como cupones de corrosión “electrónicos”. Al igual que los cupones, las probetas E/R proveen una medición de la pérdida de metal de un elemento expuesto a un ambiente corrosivo, pero a diferencia de los cupones, la magnitud de la pérdida de metal puede ser medido en cualquier momento, a la frecuencia que sea requerida, mientras la probeta se encuentre in-situ y permanentemente expuesto a las condiciones del proceso.

La técnica E/R mide el cambio en la resistencia eléctrica (Ohms) de un elemento metálico corroído expuesto al medio ambiente del proceso. Las probetas E/R se encuentran disponibles en una gran variedad geométrica, metalúrgica y sensitiva de elementos, y puede ser configurado para el montaje tipo rasante para poder ejecutar operaciones con equipos de limpieza o instrumentados en los Ductos, sin tener que remover las probetas. Su rango de sensibilidad permite seleccionar la mejor respuesta dinámica, que sea consistente con los requerimientos del proceso.

2.2.1.3 Monitoreo por resistencia de polarización Lineal (Probeta LPR).

Técnica LPR está basada en una teoría electroquímica, para su aplicación en mediciones industriales, ha sido simplificada a un concepto básico. En términos fundamentales, un pequeño voltaje (o potencial de polarización) es aplicado a un electrodo en solución. La corriente necesaria para mantener una tensión (típicamente 10 milivolts) es directamente proporcional a la corrosión en la superficie del electrodo sumergido en la solución. Por medio de la medición de la corriente, la tasa de corrosión puede ser deducida.

La ventaja de la técnica LPR, es que la medición de la tasa de corrosión es hecha instantáneamente. Esta es una herramienta más poderosa que las probetas E/R o los cupones cuando la medición fundamental no es la pérdida de metal si no la tasa de corrosión, y cuando no se desea esperar por un periodo de exposición para determinarla. La desventaja de la técnica LPR es que ésta sólo puede ser ejecutada exitosamente en medios acuosos electrolíticos. Las probetas LPR no funcionan en gases o emulsiones de agua/crudo, en donde se puedan asentar depósitos o impurezas que impidan a los electrodos actuar debidamente.

2.3 Aplicaciones de las técnicas de monitoreo de corrosión interior.

El monitoreo de corrosión es típicamente implementado en las siguientes situaciones:

- a) Donde existen procesos con altos niveles de presión, temperatura, toxicidad, inflamabilidad y peligros de explosión;
- b) Donde los procesos sean altamente corrosivos;
- c) Donde los cambios en las condiciones operacionales, pueden causar cambios significativos en las tasas de corrosión;
- d) Donde se desee auditar la efectividad de un inhibidor de corrosión;
- e) En procesos intermitentes, donde la corrosión se presenta debido a ciclos repetitivos;
- f) En proceso con cambios en la alimentación;
- g) Para evaluación de la corrosión de diferentes aleaciones;
- h) En estructuras donde se utilice protección catódica o anódica, y
- i) Donde es de gran importancia supervisar los productos derivados del fenómeno corrosivo.

2.4 Selección del sitio para evaluar la velocidad de corrosión interior y para la inyección inhibidores en Ductos de transporte.

Los Ductos de transporte que por su naturaleza manejan sustancias corrosivas, deben estar protegidos contra la corrosión interior desde la puesta en operación del Ducto, por lo que en la etapa de diseño se deben seleccionar los puntos para evaluar la corrosión interior donde es factible que ocurra, así como seleccionar la ubicación de los nipples de inyección de inhibidores de corrosión.

2.4.1. Sitios para evaluar la velocidad de corrosión.

Los puntos para evaluar la velocidad de corrosión interior en los Ductos de transporte o tramo, se deben ubicar en los puntos críticos, para lo cual se debe incluir lo indicado en la figura 1, además de lo que se indica a continuación:

- a) Áreas con fluido estancado;
- b) Corrientes de fluido con velocidad alta, y
- c) Áreas donde se tenga flujo multifásico.

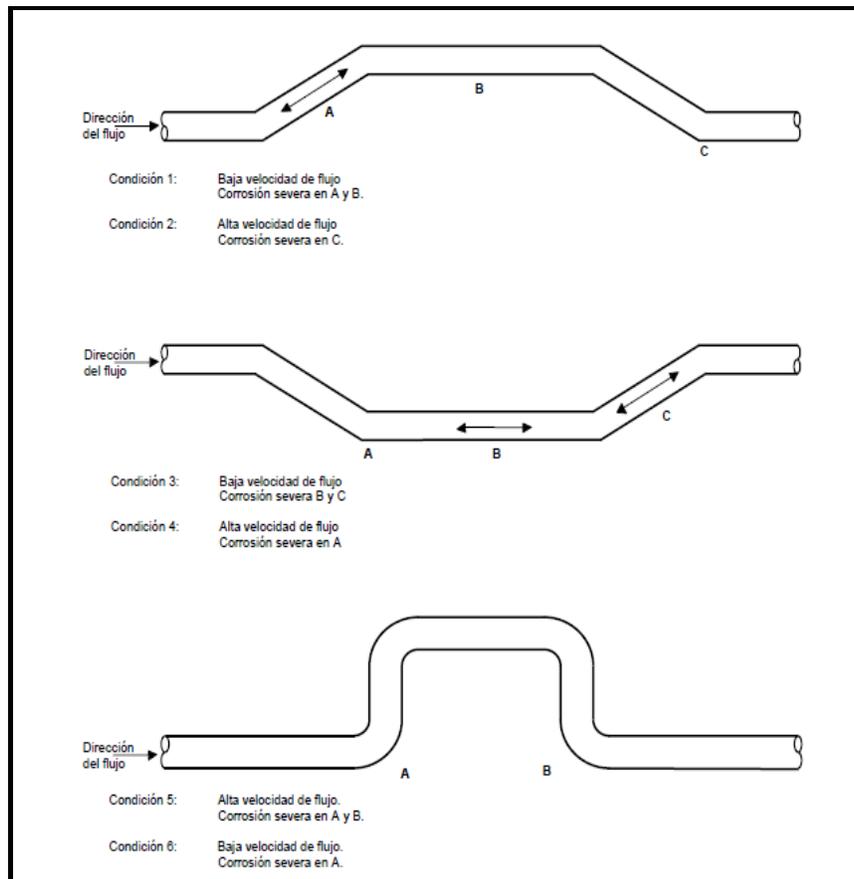


Figura 1. Sitios de corrosión interior severa en Ductos de transporte.

La posición del niple de evaluación en el Ducto debe ser a las 6 ó 12 (hora técnica), donde se asegure que el testigo o probeta este sumergido totalmente en el fluido corrosivo, cada Ducto debe contar como mínimo con dos niples de evaluación, uno en el origen y otro en el destino.

2.4.2 Sitios para Inyección de inhibidor.

Los puntos de inyección de inhibidor deben estar en el origen del Ducto de transporte o tramo, para Ductos con longitudes mayores al alcance de protección del inhibidor, debe incluirse una reinyección para proteger la longitud total del Ducto, de acuerdo con las características fisicoquímicas del fluido, diámetro del Ducto y de la velocidad de corrosión obtenida en el punto de evaluación inmediato anterior o posterior.

2.5 Instalación de sistemas de evaluación de la corrosión interior y sistemas de inyección de inhibidores en Ductos existentes y/o nuevos.

Para los Ductos de transporte en la etapa de diseño se deben seleccionar los puntos para evaluar la corrosión interior donde es factible que ocurra, así como seleccionar la ubicación de los niples de inyección de inhibidores de corrosión, y en Ductos que se encuentren en operación, pero sea necesaria la adición de punto o puntos adicionales de medición de corrosión interior, se deberán realizar las perforaciones como se indican a continuación.

2.5.1. Instalación de sistemas de evaluación de la corrosión interior en Ductos existentes y/o nuevos.

Para la instalación de nuevos sistemas de evaluación de la corrosión interior, en Ductos existentes y/o nuevos, el regulado debe seleccionar la ubicación de los niples de evaluación de acuerdo con el numeral 2.4.1 de la presente.

En caso de que las condiciones de campo de los Ductos por evaluar, no permitan instalar los niples de evaluación en los sitios indicados en el numeral 2.4.1, se pueden incluir las instalaciones superficiales, donde en forma segura se realicen las maniobras para colocar y retirar los testigos o probetas corrosimétricos.

Como mínimo cada Ducto de transporte o tramo, debe contar con un niple de evaluación en el origen y uno en el destino del Ducto o tramo, en caso de requerirse, el Regulado puede instalar dos niples en el origen y dos en el destino del Ducto o tramo, con la finalidad de evaluar con testigos y probetas en forma simultánea, para correlacionar el método gravimétrico y electroquímico y efectuar una toma de decisiones inmediata.

En el caso que no sea posible la instalación de niples de evaluación en el origen y en el destino, el regulado debe justificar la causa por la que se instale un solo niple.

Para la instalación de los niples de evaluación en Ductos en operación, la horadación se debe realizar con una máquina perforadora (Hot Tapping Machine o equivalente), como se indica en la práctica recomendada API-RP-2201-2003 o equivalente.

Para Ductos en etapa de construcción, la horadación debe hacerse con una máquina taladradora (Hot Tapping Machine o equivalente).

Los niples de evaluación ubicados a las 6 (hora técnica) en Ductos de transporte terrestres que no cuenten con el espacio necesario para efectuar las maniobras con el equipo para instalación y recuperación de testigos y/o probetas, deben disponer de una fosa o registro, con las dimensiones requeridas para el manejo y operación del equipo mencionado, además deben contar con al menos una escalera de acceso, tapa de fibra de vidrio con agarraderas abatibles y dispositivo para asegurarse con candados.

2.5.2. Instalación de nuevos sistemas de inyección de inhibidores en Ductos existentes y/o nuevos.

El Regulado debe instalar los niples de inyección de acuerdo con las condiciones de campo, se deben instalar en el origen del Ducto o tramo, para el caso de Ductos con longitudes mayores al alcance de protección que se aplique desde el origen del flujo, debe incluirse una reinyección para proteger la totalidad del Ducto o tramo.

Para la instalación de los niples de inyección de inhibidores en Ductos operando, la horadación se debe realizar con una máquina perforadora (Hot Tapping Machine o equivalente), como se indica en la práctica recomendada API-2201-2003 o equivalente.

Para Ductos en etapa de construcción la horadación debe hacerse con una máquina taladradora (Hot Tapping Machine o equivalente).

Los depósitos para inhibidores de corrosión deben ser metálicos, deben contar con un dique de contención y drenaje diseñado para confinar derrames, la capacidad volumétrica de los diques de contención que en su interior albergue uno o varios depósitos de inhibidor, debe ser la necesaria para contener la capacidad total de los depósitos de inhibidor.

Cuando se requiera instalar bombas eléctricas para dosificar el inhibidor, la instalación eléctrica y la selección del área para la instalación de dicha bomba deben cumplir con los requerimientos del fabricante.

3. Materiales para el control de la corrosión interna.

El Regulado debe cumplir con lo establecido en cuanto a las características de los equipos, componentes y materiales que conforman los sistemas de evaluación de la corrosión y los sistemas de protección interior con inhibidores, de acuerdo con lo establecido en la normatividad vigente y las recomendaciones del fabricante o proveedor.

3.1 Propiedades y requisitos que deben cumplir los inhibidores seleccionados son los siguientes:

- a)** Marca registrada en términos de la Ley de la propiedad Industrial (para los efectos del Artículo 76, Capítulo III del título Cuarto de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización);
- b)** Formador de película;
- c)** Eficiencia del 90 por ciento;
- d)** No debe presentar tendencia a la emulsión con el fluido manejado;
- e)** No debe presentar tendencia a la formación de espuma;

- f) Debe ser térmicamente estable a la temperatura de operación del Ducto hasta 135 °C (275 °F) y la temperatura de almacenamiento debe ser de; 5, 20 y 50 °C (41, 68 y 122 °F), de acuerdo con la tabla 1;
- g) No debe causar daños a empaques, sellos, accesorios de las bombas, válvulas, ni causar obstrucción al sistema de protección interior con inhibidores, y
- h) Toxicidad, debe cumplir con lo establecido en la tabla 2.

Tabla 2. Caracterización de inhibidores.

Propiedades	Unidad	Requisito de aceptación	Método de prueba
Principio activo N° ácido	N° ácido	Rango o valor indicado en la hoja de especificaciones técnicas del fabricante ⁽¹⁾ .	ASTM D 664 o equivalente
Principio activo contenido de Amina	Valor total de Amina	Rango o valor indicado en la hoja de especificaciones técnicas del fabricante ⁽¹⁾ .	ASTM D 2074 o equivalente
pH	Adimensional	Rango o valor indicado en la hoja de especificaciones técnicas del fabricante ⁽¹⁾ .	ASTM E 70 o equivalente
Densidad	g/cm ³	Rango o valor indicado en la hoja de especificaciones técnicas del fabricante ⁽¹⁾ .	ASTM D 1217 o equivalente
Viscosidad	Pa s	Rango o valor indicado en la hoja de especificaciones técnicas del fabricante ⁽¹⁾ .	ASTM D 2196 o equivalente
Apariencia	No aplica	Análisis comparativo de la muestra original (patrón) evaluada en laboratorio para caracterización.	Visual
Tendencia a la emulsión	s	El tiempo de separación de fases de la mezcla con inhibidor (muestra agua - hidrocarburo - inhibidor) no debe ser mayor en un 10 por ciento del tiempo de separación de fases de la mezcla sin inhibidor (muestra agua - hidrocarburo).	Numeral 9.3 del ASTM G 170 o equivalente
Tendencia a la formación de espuma	s	El volumen de espuma formada y el tiempo de colapsarse con inhibidor no debe ser mayor en un 10 por ciento al de la mezcla sin inhibidor.	Numeral 9.4 del ASTM G 170 o equivalente
Espectrograma de infrarrojo	No aplica	Obtener el gráfico que identifique los puntos máximos principales (picos) en función de la longitud de onda.	ASTM 1252 o equivalente
Estabilidad térmica a la temperatura de operación de Ducto hasta 408 K (135 °C)	No aplica	Después de la exposición del inhibidor a la temperatura de prueba hasta 408 K (135 °C). Determinar la eficiencia y cumplir con el requisito de aceptación.	Numeral 9.5.4 del ASTM G 170 o equivalente
Estabilidad térmica de almacenamiento a 278, 293 y 323 K (5, 20 y 50 °C)		No debe presentar separación de fases.	Numeral 9.5.5 del ASTM G 170 o equivalente
Toxicidad	Unidades de toxicidad	2 máximo, ambientes marinos o salobres	NMX-AA-110-1995-SCFI
		20 máximos, ambientes dulceacuícolas.	NMX-AA-087-1995-SCFI

3.1.1 Muestreo de inhibidores.

El Regulado debe realizar el muestreo del lote de inhibidor de acuerdo con lo indicado en la tabla 2.

Adicionalmente deberá revisar que el envase para contener la muestra debe presentar las siguientes características como mínimo:

- a) Ser nuevo y limpio;
- b) Fabricado con un material resistente al inhibidor contenido;
- c) Boca ancha;
- d) Tapa roscada con contra tapa o rosca de seguridad;
- e) Sello para evitar derrames;
- f) Capacidad mínima de 1 litro, y
- g) Etiqueta de identificación fechada y firmada por el proveedor y el regulado.

Tabla 3. Muestreo de inhibidores.

Forma de entrega	Tipo de muestra	Equipo de muestreo	Tamaño de muestra
En carro-tanque, camión – tanque, tanque de almacenamiento o tanque montado en barco abastecedor.	Se debe tomar una muestra local en el punto medio de la columna del líquido.	Toma de muestra con saca muestras tipo botella.	1 por tanque
En tambor, barril o lata.	Se debe tomar una muestra compuesta en el punto medio de la columna del líquido.	Toma de muestra con saca muestras tipo tubo.	1 por tambor, barril o lata

Tabla 4. Número mínimo de unidades para muestreo.

Número de unidades del lote	Número de unidades de la muestra
1 a 3	Todas
4 a 64	4
65 a 125	5
126 a 216	6
217 a 343	7
344 a 512	8
513 a 729	9
730 a 1000	10
1001 a 1331	11
1332 a 1728	12
1729 a 2197	13
2198 a 2744	14
2745 a 3375	15
3376 a 4096	16
4097 a 4913	17
4914 a 5832	18
5833 a 6859	19
6860 a más	20

3.1.2 Control de calidad de inhibidores.

Para la aceptación del lote de inhibidor se deben realizar las pruebas de control de calidad descritas en la tabla 4 de este anexo, la muestra debe ser envasada y etiquetada de acuerdo con lo indicado en el numeral 3.1.1, la muestra y la hoja de especificaciones técnicas del inhibidor deben entregarse a un laboratorio acreditado en términos de la LFMN, para realizar las pruebas de control de calidad, el laboratorio de prueba no debe aceptar la muestra si los envases no cumplen con lo descrito en el numeral 3.1.1 y no deben presentar daños, derrames o alteraciones en la etiqueta de identificación.

Cada lote de inhibidor debe contar con la documentación indicada, el lote de inhibidor debe aceptarse siempre y cuando todas sus propiedades estén dentro del requisito de aceptación, métodos de prueba y unidades establecidos en la tabla 5, debiéndose rechazar cuando el lote de inhibidor no cumpla con alguna de las propiedades contenidas en dicha tabla.

Tabla 5. Control de calidad de inhibidores.

Propiedad	Unidad	Requisito de aceptación	Método de prueba
Eficiencia	%	90% mínimo, sin ningún tipo de picaduras.	Tabla 6
Principio activo N° ácido	N° ácido	±5 por ciento del valor indicado en el primer informe de laboratorio descrito en el numeral 3.1.1	ASTM D 664 o equivalente
Principio activo contenido de amina	Valor total de amina	±5 por ciento del valor indicado en el primer informe de laboratorio descrito en el numeral 3.1.1	ASTM D 2074 o equivalente
pH	Adimensional	±0.3 por ciento del valor indicado en el primer informe de laboratorio descrito en el numeral 3.1.1	ASTM E 70 o equivalente
Densidad	g/cm ³	±5 por ciento del valor indicado en el primer informe de laboratorio descrito en el numeral 3.1.1	ASTM D 1217 o equivalente
Viscosidad	Pas	±10 por ciento del valor indicado en el primer informe de laboratorio descrito en el numeral 3.1.1	ASTM D 2196 o equivalente
Apariencia	No aplica	La original en el patrón muestra evaluada en el laboratorio para caracterización.	Visual
Tendencia a la emulsión	S	El tiempo para que presente la separación de fases (muestra agua-hidrocarburo-inhibidor) no debe ser mayor en un 10% al tiempo requerido para la separación de fases de la mezcla sin inhibidor (muestra agua-hidrocarburo).	Numeral 9.3 del ASTM G 170 o equivalente
Tendencia a la formación de espuma	S	El volumen de espuma formada y el tiempo para colapsarse con inhibidor no debe ser mayor en un 10% al de la mezcla sin inhibidor.	Numeral 9.4 del ASTM G 170 o equivalente
Espectrograma de infrarrojo	No aplica	Se deben obtener los puntos máximos principales (picos) exactamente a la misma longitud de onda que presentó en la muestra original, en el gráfico del primer informe emitido por el laboratorio de acuerdo con el numeral 3.1.1 de estas disposiciones.	ASTM E 1252 o equivalente

El inhibidor debe cumplir con una eficiencia mínima del 90 por ciento, determinada con cualquiera de las siguientes concentraciones de inhibidor; 5; 10; 25 y 50 ppm, cuando se aplique la técnica de pérdida de peso, se debe realizar una inspección visual del testigo de prueba, el cual no debe presentar ningún tipo de picaduras identificadas con la ASTM G 46-94 o equivalente. Estas pruebas se deben realizar en un laboratorio acreditado en términos de la LFMN.

Los inhibidores de corrosión seleccionados para aplicación a Ductos que transportan gasolinas y destilados intermedios, deben cumplir con un nivel de corrosividad máximo de B++, determinado con cualquiera de las siguientes concentraciones de inhibidor; 1, 3, 5, 7 y 10 ppm, determinado con el método de prueba establecido en NACE TM0172-2001 o equivalente.

Las características y dimensiones de los carteles que deben portar las unidades vehiculares, camiones, unidades de arrastre, auto-tanques, carro-tanques, contenedores, contenedores cisterna, tanques portátiles, recipientes intermedios para granel y demás unidades de auto transporte de los inhibidores, deben cumplir con la NOM-004-SCT/2000.

3.2 Testigos y probetas corrosimétricas.

Para los testigos y probetas corrosimétricos, el regulado debe mantener la documentación descrita a continuación:

- a) Informe de resultados de pruebas de laboratorio para inhibidores;
- b) Hoja de especificaciones técnicas del fabricante del inhibidor seleccionado, la cual debe contener como mínimo la siguiente información: tipo de inhibidor, servicio, principio activo número ácido o número de amina, densidad, viscosidad y pH;
- c) Hoja de seguridad;
- d) Identificación y tamaño del lote;
- e) Garantía del fabricante;
- f) Informe de conformidad;
- g) Informe o dictamen de calibración de los equipos o instrumentos de medición emitido por un laboratorio acreditado en términos de la LFMN, y
- h) Certificado en términos de la LFMN.

Para lo relativo a los accesorios y equipos utilizados en los sistemas de evaluación y de protección interior con inhibidores tales como: nipples; conexiones; portatestigos; empaques; válvulas; equipo para instalación y recuperación de testigos y/o probetas; bombas dosificadoras; entre otros, deben cumplir con los requisitos establecidos en la composición química, metalúrgica, dimensiones, identificación y calidad entre otros, además debe cumplir con la calibración de los equipos e instrumentos de medición, mediante un laboratorio acreditado en términos de la LFMN, debe mantenerlos calibrados durante el tiempo de uso, así como debe resguardar y mantener dicha documentación para cuando se le sea requerida.

4.- Determinación de la velocidad de corrosión en Ductos de transporte con tratamiento y sin tratamiento (en blanco).

La determinación de la velocidad de corrosión en los sistemas de transporte por Ducto con tratamiento y sin tratamiento (en blanco), se debe efectuar con las frecuencias mínimas establecidas en la tabla 5 ya sea por medio de testigos y/o probetas corrosimétricos, se debe expresar en mm/año y su equivalencia en MPA (milésimas de pulgadas por año). Cuando se utilicen testigos corrosimétricos el tiempo de exposición mínimo debe ser de 30 días. Para la determinación con probetas corrosimétricas, se debe efectuar una medición diaria durante dos semanas como máximo, comparar los resultados en función del tiempo y verificar que el elemento sensor se encuentre estable.

Tabla 6. Frecuencias de mantenimiento para evaluación de la corrosión interior.

Actividad	Frecuencia mínima
Evaluación de la velocidad de corrosión interior con tratamiento con testigos y/o probetas corrosimétricos.	Bimestral ⁽¹⁾
Evaluación de velocidad de corrosión interior para Ductos sin tratamiento (en blanco) con testigo y/o probetas corrosimétricos.	Cuatrimestral
Mantenimiento a fosas o registros de nipples de evaluación.	Semestral
Mantenimiento a casetas o resguardos de los sistemas de evaluación.	Anual
Determinación de parámetros fisicoquímicos del fluido.	Anual
Limpieza interior de Ductos.	Anual
Determinación de parámetros químicos de los sedimentos obtenidos de la limpieza interior de Ductos.	Anual

(1) Con esta frecuencia se cumple con el tiempo mínimo de exposición para la determinación de la velocidad de corrosión con testigos corrosimétricos.

La determinación de la velocidad de corrosión mediante testigos corrosimétricos debe realizarse en un laboratorio acreditado en términos de la LFMN. En caso de que las condiciones de campo de los Ductos por evaluar, no permitan la determinación de la velocidad de corrosión en los puntos críticos, el responsable del control de la corrosión interior debe establecer el valor máximo de velocidad de corrosión, en función de las condiciones particulares de cada Ducto o tramo, tales como: calidad del fluido manejado, composición química de las sustancias corrosivas, condiciones de operación, entre otras y no debe ser mayor a lo establecido en el punto 4.1 de esta disposición.

4.1 Los requisitos para la velocidad de corrosión en Ductos con tratamiento de inhibidor, son los siguientes:

- a)** Para los Ductos de transporte o tramo con tratamiento, la velocidad de corrosión debe ser máximo de 0,05 mm/año (2,00 MPA) evaluada en los puntos críticos. El testigo no debe presentar ningún tipo de picaduras identificadas con la ASTM G 46-94 o equivalente, y
- b)** Si se obtienen velocidades de corrosión mayores que 0,05 mm/año (2,00 MPa), se debe recabar los resultados de laboratorio, datos de campo para aplicar las medidas correctivas pertinentes.

4.2 Requisitos para la velocidad de corrosión sin tratamiento (en blanco).

- a)** Para Ductos de transporte o tramo sin tratamiento (en blanco), la velocidad de corrosión debe ser máximo 0,025 mm/año (1,00 MPA) evaluada en los puntos críticos. El testigo no debe presentar ningún tipo de picaduras identificadas con la ASTM G 46-94 o equivalente;

- b)** Para los Ductos que presenten velocidades de corrosión interior mayores que 0,025 mm/año (1,00 MPA), se debe actualizar y analizar la información contenida en la tabla 6 de esta Disposición para que realice una toma de decisiones relacionada con el control de la corrosión interior, y
- c)** Cuando se trate de Ductos nuevos o Ductos existentes, con cambios en sus condiciones de operación, como régimen de flujo, operación intermitente, cambio de servicio, entre otros; se debe evaluar la velocidad de corrosión de forma mensual por un periodo tres meses como máximo y se debe incluir lo establecido en este numeral.

Tabla 7. Información técnica para la evaluación de corrosión y protección interior de Ductos de transporte.

Condiciones operativas y características del ducto		
1. Especificaciones de diseño.		
Topografía y perfil del Ducto	Croquis plano	
Ubicación de las instalaciones superficiales	Croquis plano	
Especificación de la tubería	Indicar especificación	
Diámetro del Ducto	mm (pulgada)	
Longitud del Ducto	kilómetro	
Condiciones operativas y características del Ducto		
2. Condiciones operativas.	Unidad	Rango
Servicio	Indicar el servicio	No aplica
Condición de operación	Operando / Fuera de operación temporal	
Volumen de gas por día	MMPCD	Mínimo - Máximo
Volumen de líquido por día	MBPD	
Temperatura de operación	K (°C)	
Velocidad de flujo	m/s	
Continuidad del flujo	Intermitente / continuo	No aplica
Ciclos de operación y fuera de operación (Ductos intermitentes)	Hora	
Régimen de flujo	Laminar / turbulento	
Requiere prueba de compatibilidad	Sí / No	

3. Parámetros fisicoquímicos del fluido.	Unidad	Rango
Contenido de H ₂ S	% mol	Mínimo - Máximo
Contenido de CO ₂	% mol	
Contenido de O ₂	% mol	
Contenido de ión Fe	ppm	
Contenido de ión Mn	ppm	
Contenido de Ca	ppm	
Contenido de Mg	ppm	
Contenido de sulfatos	ppm	
Contenido de cloruros	ppm	
pH	Adimensional	
Contenido de agua	%	
Contenido de agua (aplica solamente para arribos playeros)	ppm	
Contenido de sólidos (asfáltenos, parafinas, entre otros)	%	
Parámetros adicionales a los listados	Definir	

4.3 Mantenimiento de los sistemas de evaluación interior de Ductos.

Los programas y frecuencias de mantenimiento para la evaluación de la corrosión y para los sistemas de protección interior con inhibidores en los sistemas de transporte de hidrocarburos por Ducto, deben elaborarse de acuerdo con las frecuencias mínimas establecidas en las tablas 7 y 8 de la presente disposición.

Tabla 8. Frecuencias de mantenimiento para evaluación de la corrosión interior.

Actividad	Frecuencia mínima
Suministro y dosificación de inhibidor.	Continua
Inspección y ajuste de sistemas de inyección de inhibidor.	Semanal
Mantenimiento a bombas de inyección de inhibidor.	Trimestral
Mantenimiento a depósitos de inhibidores.	Anual
Aplicación de recubrimientos anticorrosivos y rotulación a sistemas de protección interior con inhibidores	Semestral
Mantenimiento a casetas o resguardos de los sistemas de protección.	Anual

ANEXO III

MONITOREO Y DETECCIÓN DE FUGAS Y/O DERRAMES DE PETRÓLEO, PETROLÍFEROS Y PETROQUÍMICOS**1. Detección de fugas y/o derrames.**

1.1 Atención a reportes de fugas y/o derrames. El Regulado debe investigar en forma inmediata cualquier notificación o aviso en el que se reporte olor a combustible, presencia de Petróleo, Petrolífero o Petroquímico o cualquier indicio que pueda involucrar al Sistema de Transporte por Ducto. Si la investigación confirma una fuga y/o derrame, ésta se debe atender inmediatamente.

1.1.1 Olores o indicaciones de derrames o fugas de Petróleo, Petrolíferos y Petroquímicos. Cuando existan indicaciones de fuga y/o derrames en el sistema de transporte por Ducto se deben tomar las acciones siguientes para proteger la integridad física de las personas y de las instalaciones:

- a)** Informar de inmediato al operador de la instalación e informar a la Agencia de acuerdo con lo previsto en las disposiciones administrativas que para tal efecto emita, y
- b)** Cuando el Ducto del Regulado esté conectado a una instalación ajena que presente fuga y/o derrame de Petróleo, Petrolífero o Petroquímico, el Regulado para evitar riesgos debe implementar de inmediato su plan de respuesta a emergencias realizando las acciones necesarias para prevenir o, en su caso, controlar la fuga y/o derrame de combustible.

1.2 Métodos de detección de fugas y/o derrames. El Regulado puede aplicar para la detección de fugas y/o derrames en sus instalaciones, individualmente o combinados, por lo menos alguno de los métodos siguientes:

- a)** Con detectores de gas combustible.
 - i.** Sobre la superficie del suelo, y
 - ii.** Debajo de la superficie del suelo.
- b)** Inspección visual de la vegetación;
- c)** Ultrasonido;
- d)** Fibra óptica;
- e)** Diferenciales de presión y flujo;
- f)** Burbujeo;
- g)** Termografía infrarroja terrestre o aérea y,
- h)** Perros adiestrados.

El Regulado puede emplear otros métodos siempre y cuando se apliquen de acuerdo con los procedimientos escritos que prueben que dichos métodos son tan eficaces como los de la lista anterior. La aplicación del método adecuado es responsabilidad del Regulado, quien debe determinar si existe fuga y en caso de que exista, esta se debe detectar, localizar, clasificar, controlar y atender inmediatamente.

1.2.1 Detección con detectores de gas combustible. El equipo para realizar esta inspección puede ser portátil o móvil. El indicador debe ser del tipo y sensibilidad adecuados para el método de detección de Gas L.P. y/o hidrocarburos líquidos que se aplique en la instalación inspeccionada, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

1.2.2 Detección sobre la superficie del suelo.

- a)** Para instalaciones subterráneas se deben tomar muestras de la atmósfera a no más de 5 centímetros (2 pulgadas) de la superficie del suelo cuando sea posible, y en todas aquellas irregularidades del terreno que faciliten que el líquido aflore. En áreas donde el Ducto está debajo de piso terminado, por

ejemplo, banquetas, calles pavimentadas, entre otras, se deben tomar muestras del aire cercano a discontinuidades e irregularidades del piso, tales como: aberturas, ranuras, rupturas y grietas que faciliten que la detección. Así mismo, se debe analizar el aire dentro de recintos cerrados alojados en aberturas del piso debajo de su nivel, cercanos al Ducto, por ejemplo, pozos de visita, registros de drenaje, de instalaciones eléctricas, telefónicas y otros servicios, y

- b) El muestreo de la atmosfera explosiva en equipo y/o instalaciones superficiales se debe realizar considerando la velocidad y dirección del viento y las condiciones atmosféricas para que dicho muestreo sea correcto. La operación del detector de gas, debe realizarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Se deben analizar las muestras en los lugares especificados en el apartado anterior.

1.2.3 Detección debajo de la superficie del suelo. El muestreo de la atmósfera debajo del piso se debe realizar en aberturas existentes y/o sondeos arriba y/o adyacentes al Ducto. Los pozos de muestreo se deben perforar lo más cerca posible al Ducto y lateralmente a no más de 5 metros (17 pies) del eje de la misma. A lo largo del Ducto los puntos de prueba se deben localizar a no más del doble de la distancia entre el Ducto y la pared de edificio más cercana o 10 metros (32.8 pies), la que sea más corta, pero en ningún caso el espaciamiento debe ser menor a 3 metros (9.8 pies). El patrón del muestreo debe incluir puntos de prueba adyacentes a las conexiones de las líneas de servicio, acometidas a los edificios, cruzamientos de calles y conexiones de ramales. El numeral 2.2.8 describe el procedimiento para localizar fugas por perforación de barra.

1.2.4 Detección por inspección visual de la vegetación. Este método tiene por objeto detectar condiciones anormales o inusuales en la vegetación que puedan haber sido causadas por la migración del hidrocarburo, dichas condiciones deben confirmarse usando un detector de hidrocarburos. La inspección debe ser realizada por personal experto que tenga una buena visión del área que está inspeccionando y sus alrededores. Para determinar la velocidad de recorrido se debe incluir lo siguiente:

- a) Trazo del Sistema de Transporte por Ducto;
- b) Cantidad y tipo de vegetación, y
- c) Condiciones de visibilidad tales como: alumbrado, reflejo de luz, distorsiones u obstrucciones del terreno.

1.2.5 El método de inspección visual del estado de la vegetación sólo se puede aplicar en áreas en donde el crecimiento de la vegetación está bien definido, no se debe emplear cuando el grado de humedad del suelo sea alto, cuando la vegetación está inactiva o cuando está en periodo de crecimiento acelerado como en el comienzo de la primavera.

1.2.6 Detección por ultrasonido. Este método consiste en la instalación de sensores ultrasónicos espaciados a lo largo del Ducto que pueden detectar la ocurrencia de una fuga en tiempo real por la energía ultrasónica que se genera desde el momento en que ocurre. Las ondas viajan en todas direcciones del sitio de la fuga, lo que permite detectarlas a grandes distancias. Este método se puede acoplar a un sistema de geo-posicionamiento.

1.2.6.1 Para probar una instalación por ultrasonido se debe tomar en consideración lo siguiente:

- a) Localización de la instalación. Los objetos alrededor de la instalación bajo prueba pueden reflejar o atenuar la energía ultrasónica generada dificultando la detección de la fuga;
- b) Cantidad de fugas. La capacidad de detección de este método se reduce conforme se incrementa el número de fugas en un área determinada, ya que pueden producir un nivel alto de ruido ultrasónico debido al aumento de la energía ultrasónica liberada por cada fuga, y

- c) Tipo de instalación. Se debe conocer la localización, cantidad y características de dichos equipos cerca de la instalación para determinar si el ruido ultrasónico que producen puede causar interferencia al equipo de detección de fallas. El área de prueba se debe recorrer para verificar la posible presencia de interferencias.

1.2.6.2 El Regulado debe confirmar los resultados obtenidos por ultrasonido aplicando los métodos adecuados para detectar fugas en sus instalaciones.

1.2.7 Detección por fibra óptica. Este método consiste en la instalación de sensores y cable de fibra óptica en los Ductos para monitorear, detectar y diagnosticar el desempeño de dichas instalaciones. Se usa para detectar y monitorear fugas de hidrocarburos en tiempo real.

1.2.8 Localización de fugas por perforación de barra. Este procedimiento se aplica para localizar el lugar preciso de fuga en instalaciones subterráneas y tiene por objeto minimizar la excavación para disminuir costos y evitar pérdida de tiempo en la localización y reparación de fugas. El Regulado es responsable de aplicar el procedimiento adecuado para localizar fugas por sondeos en sus instalaciones. Para este método de detección de fugas, se deben incluir los siguientes aspectos:

- a) Delimitar la zona de migración del Petróleo, Petrolífero o Petroquímico;
- b) Identificar todos los Ductos dentro del área delimitada y localizar las válvulas, conexiones y accesorios. Se debe tener precaución de no dañar otras instalaciones subterráneas que estén dentro del área delimitada, durante la excavación y perforación para localizar fugas;
- c) Buscar en el área delimitada evidencias de construcción recientes que pudieran haber dañado el Ducto provocando la fuga;
- d) Hacer perforaciones equidistantes sobre la línea del Sistema de Transporte por Ducto de Petróleo, Petrolífero o Petroquímico, que se sospeche tiene fuga. Todos los pozos de muestreo deben tener igual profundidad y diámetro. Las muestras de hidrocarburo deben tomarse a la misma profundidad y, donde sea necesario, los sondeos deben bajar hasta la profundidad del tubo para obtener lecturas consistentes y útiles. Para localizar la fuga se deben identificar los sondeos con las lecturas más altas;
- e) En caso de encontrar lecturas altas en varias perforaciones adyacentes, se requiere de procedimientos para determinar cuál es la lectura más cercana al probable punto de fuga y/o derrame. Las lecturas de algunos sondeos disminuirán con el tiempo, por lo que se debe acelerar este proceso extrayendo el exceso de hidrocarburo de las perforaciones. Cuando se recupere el hidrocarburo que está migrando dentro de las perforaciones, se deben tomar nuevas lecturas para determinar la perforación más cercana a la fuga. Esta actividad se debe aplicar con precaución para evitar la distorsión del patrón de venteo;
- f) Una vez identificado el lugar aproximado de la fuga se deben hacer pozos de muestreo adicionales más profundos para determinar el lugar probable de la fuga con mayor exactitud;
- g) Para determinar cuál de las perforaciones tiene el mayor flujo de hidrocarburo se pueden hacer lecturas adicionales en la parte superior de ellas o usar un manómetro o solución tensoactiva que forme burbujas. Asimismo, se pueden incluir otras indicaciones en los pozos tales como: las partículas de polvo sopladadas, el sonido o sentir en la piel el flujo del hidrocarburo. Para el caso de gas en ocasiones es posible distinguir la difracción de la luz solar cuando el hidrocarburo se ventea a la atmósfera;

- h)** Cuando el hidrocarburo se localiza dentro de algún conducto subterráneo ajeno a los Ductos de transporte, se deben tomar muestras en todas las aberturas que se tengan disponibles en dicho conducto para delimitar la localización de la fuga de hidrocarburo;
- i)** Cuando se logran lecturas estables del indicador de hidrocarburo; se determina el patrón de venteo. El sondeo con la lectura más alta normalmente será el punto exacto de la fuga, y
- j)** Una vez descubierta se puede usar cualquier procedimiento para localizar la fuga en el Ducto como el burbujeo para fugas pequeñas.

1.2.9 Detección por diferencial de presión y flujo. Este método se aplica para determinar si una sección o segmento del Sistema de Transporte por Ducto presenta una diferencial de presión y/o flujo por fugas y/o derrames. Para determinar los parámetros de la diferencial de presión y flujo se deben tomar en cuenta los criterios siguientes:

- a)** Presión de prueba. Si la prueba se realiza únicamente con el propósito de detectar pérdida de contención se debe hacer cuando menos a la presión de operación, y
- b)** Duración de la detección. El tiempo suficiente para detectar la diferencial de presión y/o flujo debida a fugas y/o derrames.

El método de diferencial de presión y/o flujo no localiza las fugas por lo que se requiere una evaluación posterior con otro procedimiento que permita localizar las fugas para evaluarlas y clasificarlas.

1.2.10 Detección por burbujeo (aplica para el caso de hidrocarburos gaseosos). Este método consiste en cubrir totalmente el Ducto con una solución tensoactiva que forme burbujas, entre otras, agua jabonosa, para señalar las fugas sobre la superficie expuesta de la instalación. La solución utilizada no debe dañar ni debe dejar residuos que posteriormente puedan producir corrosión en los materiales de la instalación probada.

1.2.11 Detección por termografía infrarroja terrestre o aérea. Este método se usa en Ductos superficiales y subterráneos, mide la energía térmica del hidrocarburo mediante un espectrómetro de banda infrarrojo como elemento primario de detección. El instrumento puede acoplarse a un sistema de geo posicionamiento para ubicar las fugas y/o derrames.

1.2.12 Detección por medio de perros adiestrados (aplica para el caso de gas LP). Se emplea la raza labrador ya que puede detectar el odorizante adicionado en la corriente del fluido. El perro localiza y rastrea el olor que sale por la fuga hasta el punto de máxima concentración.

1.3 Medidas precautorias.

1.3.1 El Regulado puede emplear el método de detección más adecuado de acuerdo con sus procedimientos. En caso de identificar un derrame o fuga debe el Regulado debe controlarla y repararla inmediatamente.

1.3.2 Inspección subsecuente. Todas las reparaciones de fugas se deben probar antes de que la instalación entre en operación para confirmar que no persiste la fuga. En Ductos subterráneos esta prueba se debe hacer antes de taparlas con tierra. Cuando entre en operación la instalación se debe inspeccionar el área afectada por la fuga con un indicador de gas combustible. Donde esté presente gas residual después de la reparación de una fuga se debe ventilar y estabilizar la atmósfera del suelo y realizar una inspección subsecuente en un plazo menor de un mes posterior a la reparación.

Tabla 1. Fugas y/o derrames de Petróleo, Petrolíferos y Petroquímicos.

Ejemplo	Criterio de acción
1. Cualquier derrame o fuga de Petróleo, Petrolífero o Petroquímico.	Requiere de acciones inmediatas para proteger la vida y propiedades de las personas y de acciones continuas hasta lograr que las condiciones dejen de ser peligrosas, y
2. Cualquier escape de Petróleo, petrolífero o petroquímico líquido que se haya encendido.	Debe notificarse a la Agencia. La acción inmediata en algunos casos puede requerir de uno o más de los pasos siguientes:
3. Cualquier indicación de que el Petróleo, Petrolífero o Petroquímico haya migrado por ejemplo al interior o debajo de un edificio o dentro de un túnel.	<ul style="list-style-type: none"> a. Puesta en marcha y coordinación del plan de emergencia del Regulado; b. Evacuación del área; c. Acordonamiento del área; d. Desviación del tráfico y cierre de las válvulas;
4. Cualquier fuga que sea detectada y que está en una localización que puede ser peligrosa para las personas.	<ul style="list-style-type: none"> e. Eliminación de las fuentes de ignición; f. Ventilación del área, y g. Suspensión del flujo de Petróleo, Petrolífero o Petroquímico.

2. Historial de derrames y/o fugas y disposiciones para autoevaluación.

- 2.1** El Regulado debe conservar la documentación que demuestre cada monitoreo de derrames o fugas de acuerdo con los resultados, conclusiones y acciones realizadas para cuando sea requerida por la Agencia.
- 2.2** Los registros de monitoreo del derrame o fuga deben contener al menos la información siguiente:
- a)** La fecha en que se realizó el monitoreo;
 - b)** La descripción del sistema y del área monitoreada incluyendo los planos y/o libros bitácora;
 - c)** Los resultados del monitoreo, las conclusiones y las acciones a seguir;
 - d)** Los métodos aplicados en el monitoreo, y
 - e)** Nombre y firma del personal que efectuó el monitoreo.
- 2.3** Cuando se detecte un derrame o fuga de Petróleo, Petrolífero o Petroquímico, el Regulado debe realizar el informe conforme a lo establecido en las disposiciones administrativas de carácter general para informar la ocurrencia de incidentes y accidentes que emita la Agencia.
- 2.4** El Regulado debe evaluar su programa de monitoreo de fugas y/o derrames para determinar la efectividad de dicho programa. Esta autoevaluación debe realizarse cuando menos una vez al año de acuerdo a lo siguiente:
- a)** Programa de monitoreo de fugas y/o derrames;
 - b)** Con base en un procedimiento se debe asegurar que el programa de mantenimiento del sistema cumple con lo establecido en este anexo;
 - c)** Se debe asegurar que los monitoreos de fugas y/o derrames fueron efectuados de acuerdo con el programa y que los resultados fueron satisfactorios en todo el sistema;
 - d)** Se debe comprobar que las reparaciones de fugas y/o derrames fueron efectuadas de acuerdo con el programa y los procedimientos especificados;
 - e)** Se debe verificar que las reparaciones de fugas y/o derrames fueron realizadas con la efectividad indicada en los procedimientos aplicados, y
 - f)** Se debe mantener actualizado el historial de fugas y/o derrames.

ANEXO IV**NORMAS, CÓDIGOS, ESTÁNDARES Y/O ESPECIFICACIONES APLICABLES**

Para la observancia de los presentes lineamientos se sugiere tomar las normas oficiales mexicanas y normas mexicanas o, en ausencia de estas, las normas, códigos, estándares y/o especificaciones internacionales, vigentes y aplicables. De manera enunciativa y no limitativa se señalan los siguientes:

1. NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas (utilización) vigente o la que la sustituya.
2. NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-condiciones de seguridad e higiene, vigente o la que la sustituya.
3. NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo, vigente o la que la sustituya.
4. NOM-003-SECRE-2011, Distribución de gas natural y gas licuado de Petróleo por Ductos. NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo, vigente o la que la sustituya.
5. NOM-003-SEGOB-2011, Señales y avisos para protección civil - colores, formas y símbolos a utilizar, vigente o la que la sustituya.
6. NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, vigente o la que la sustituya.
7. NOM-007-SECRE-2010, Transporte de gas natural.
8. NOM-008-SCFI-2002, Sistema general de unidades de medida, vigente o la que la sustituya.
9. NOM-009-STPS-2011, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura.
10. NOM-009-SESH-2011, Recipientes para contener Gas L.P., tipo no transportable. Especificaciones y métodos de prueba, vigente o la que la sustituya.
11. NOM-012-STPS-2012, Condiciones de seguridad y salud en los centros de trabajo donde se manejen fuentes de radiación ionizante.
12. NOM-013-SEDG-2002, Evaluación de espesores mediante medición ultrasónica usando el método de pulso-eco, para la verificación de recipientes tipo no portátil para contener Gas L.P.; vigente o la que la sustituya.
13. NOM-014-SCFI-1997, Medidores de desplazamiento positivo tipo diafragma para gas natural o gas LP. Con capacidad máxima de 16 m³/h con caída de Presión de 200 Pa, vigente o la que la sustituya.
14. NOM-015-SECRE-2013, Diseño, construcción, seguridad, operación y mantenimiento de sistemas de almacenamiento de gas licuado de Petróleo mediante planta de depósito o planta de suministro que se encuentran directamente vinculados a los sistemas de transporte o distribución por Ducto de gas licuado de Petróleo, o que forman parte integral de las terminales terrestres o marítimas de importación de dicho producto.

15. NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal-selección, uso y manejo en los centros de trabajo, vigente o la que la sustituya.
16. NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo, vigente o la que la sustituya.
17. NOM-019-STPS-2011, Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene.
18. NOM-019-STPS-2011, Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene, vigente o la que la sustituya.
19. NOM-020-STPS-2011, Recipientes sujetos a presión y calderas.
20. NOM-020-STPS-2011, Recipientes sujetos a presión y calderas, vigente o la que la sustituya.
21. NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo; vigente o la que la sustituya.
22. NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías, vigente o la que la sustituya.
23. NOM-027-STPS-2008, Actividades de soldadura y corte. Condiciones de seguridad e higiene, vigente o la que la sustituya.
24. NOM-027-SESH-2010, Administración de la Integridad de Ductos de Recolección y Transporte de Hidrocarburos, vigente o la que la sustituya.
25. NOM-028-STPS-2012, Sistema para la administración del trabajo–seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas, vigente o la que la sustituya.
26. NOM-031-STPS-2011, Construcción-condiciones de seguridad y salud en el trabajo.
27. NOM-052-SEMARNAT-2005 - Establece las características, identificación, clasificación y listado de Residuos Peligrosos, vigente o la que la sustituya.
28. NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo.
29. NOM-093-SCFI-1994, Válvulas de relevo de presión (Seguridad, seguridad-alivio y alivio) operadas por resorte y piloto fabricadas de acero y bronce, vigente o la que la sustituya.
30. NOM-100-STPS-1994, Seguridad-Extintores contra incendio a base de polvo químico seco con presión contenida-especificaciones.

31. NOM-117-SEMARNAT-2006, Que establece las especificaciones de protección ambiental durante la instalación, mantenimiento mayor y abandono, de sistemas de conducción de hidrocarburos y Petroquímicos en estado líquido y gaseoso por Ducto, que se realicen en derechos de vía existentes, ubicados en zonas agrícolas.
 32. NOM-138-SEMARNART/SSA1-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación, vigente o la que la sustituya.
 33. NMX-E-043-SCFI-2002, Industria del Plástico-Tubos de polietileno (PE) para la conducción de gas natural (GN) y Gas Licuado del Petróleo (GLP)-Especificaciones.
 34. NMX-X-021-SCFI-2014, 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.
 35. NMX-X-031-SCFI-2010, Industria del gas-válvulas de paso-especificaciones y métodos de prueba.
 36. NMX-X-013-SCFI-2011, Gas L.P – válvulas de exceso de flujo y de no retroceso, que se utilizan en tuberías y recipientes – especificaciones y métodos de prueba.
 37. NMX-Z-012-1/2-1987, Muestreo para la Inspección por Atributos. Partes 1 y 2.
 38. ISO 3183:2012, Industria del Petróleo y Gas Natural – Tubería de Acero para los Sistemas de Transporte por Ducto.
 39. ISO 13623:2009, Industria del Petróleo y Gas Natural – Sistemas de Transporte por Ducto.
 40. API Spec 5L: 2007, Especificaciones para tubería.
 41. ASME/ANSI B31.3, Tuberías de proceso.
 42. ASME B31.4, Sistema de Transporte por Ductos de Hidrocarburos Líquidos y otros Líquidos.
 43. ASME/ANSI B31.8, Sistemas de transmisión y distribución de gas.
 44. BS EN 14161:2003, Industria del Petróleo y gas natural – Sistemas de Transporte por Ducto.
 45. NFPA 20 Código para la instalación de bombas estacionarias para contraincendios.
 46. NFPA 30 Código de líquidos inflamables y combustibles.
 47. NFPA 70 Código nacional eléctrico.
 48. NFPA 72 Código nacional de alarmas y señales contra incendio. DOT 49 CFR, Código de Regulación Federal – Título 49 Transporte, Departamento de Transporte de Estados Unidos.
-