



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

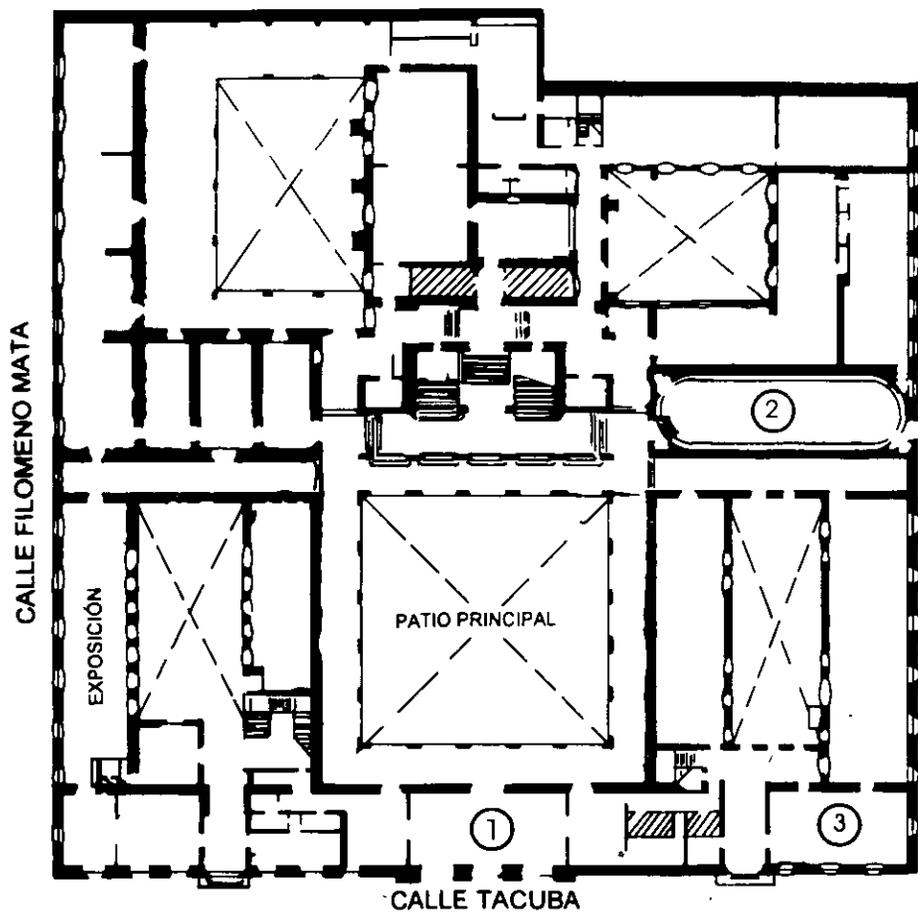
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

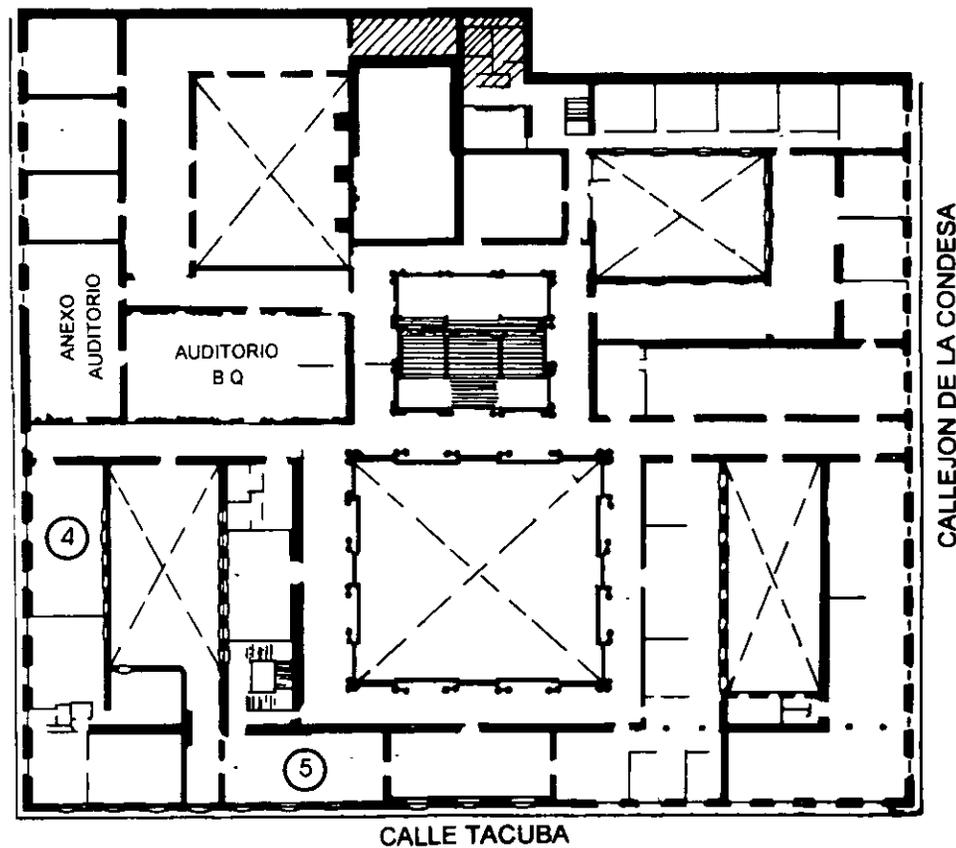
Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

**Atentamente
División de Educación Continua.**

PALACIO DE MINERIA

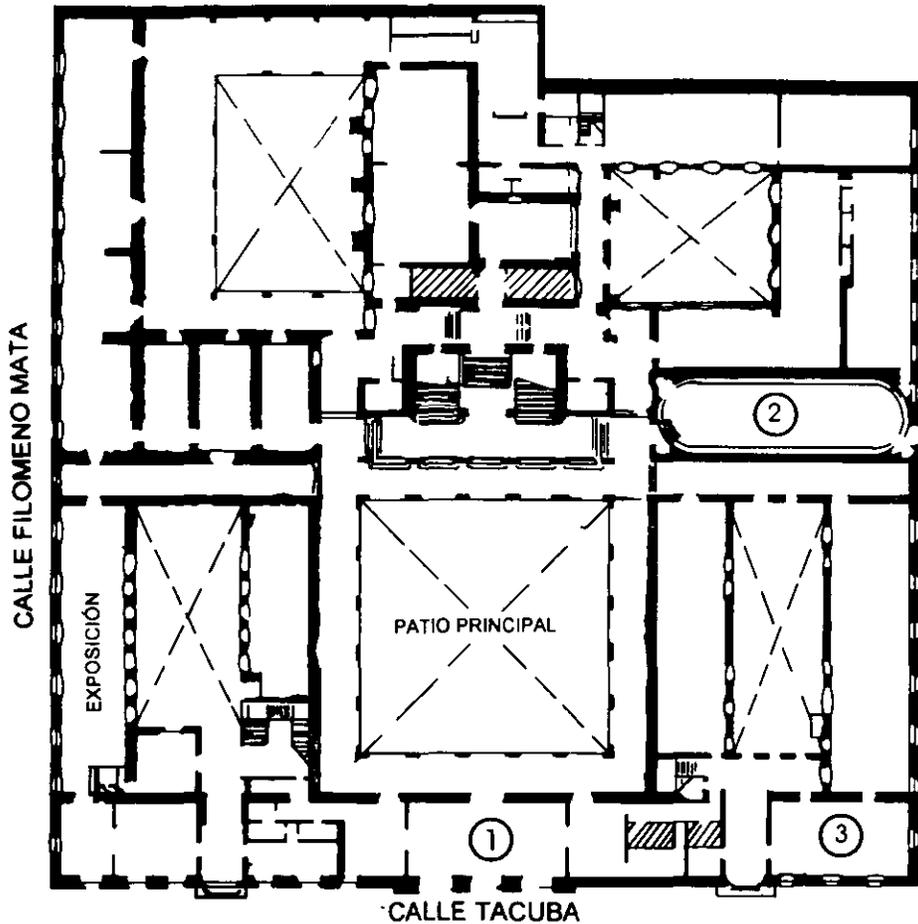


PLANTA BAJA

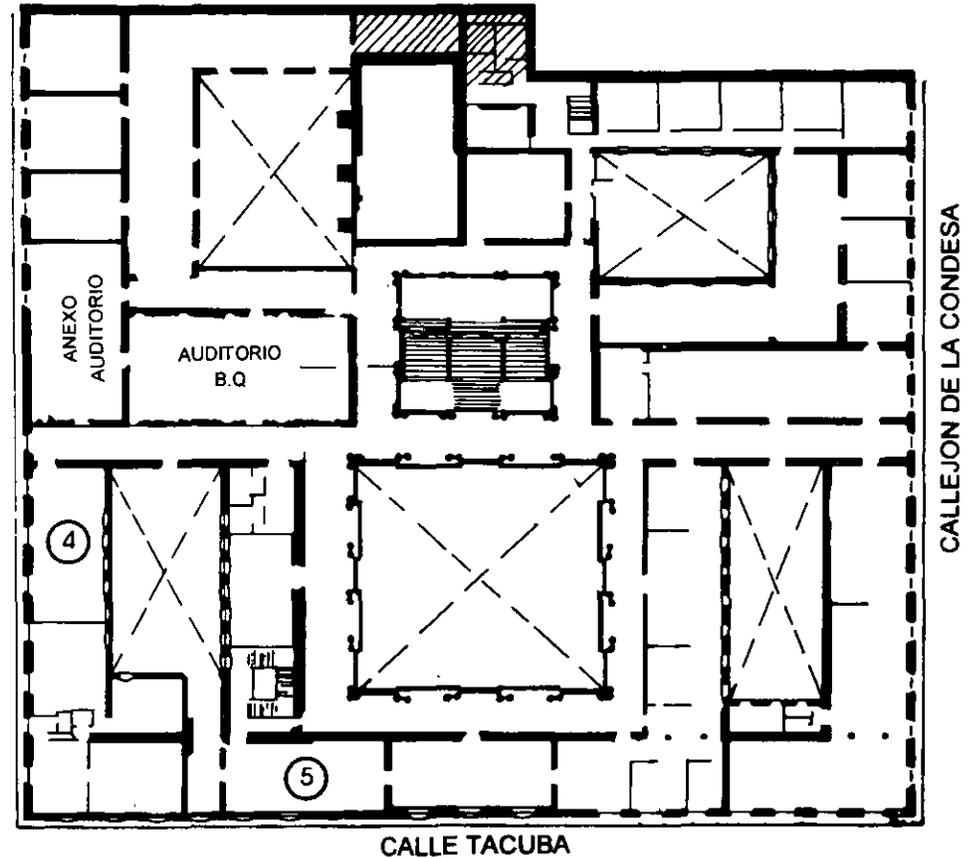


MEZZANINNE

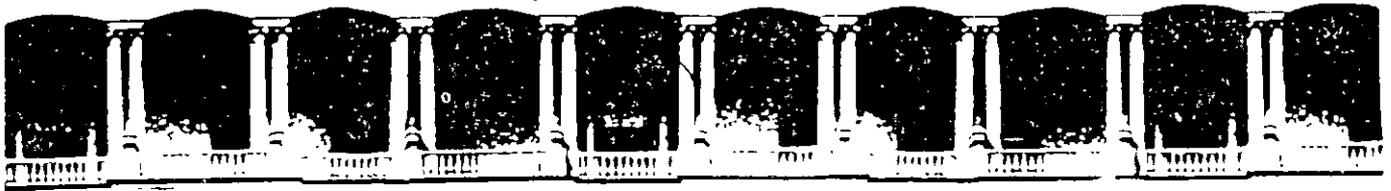
PALACIO DE MINERIA



PLANTA BAJA



MEZZANINNE



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

INSTALACIONES PARA GAS

TEMA:

REGLAMENTACIÓN Y NORMALIZACIÓN

**ING. JORGE REBOLLEDO ZENTENO
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

REGLAMENTO DE GAS NATURAL

Contenido

CAPITULO I.- DISPOSICIONES GENERALES	1
<i>Artículo 1.- Objeto y ámbito de aplicación</i>	<i>1</i>
<i>Artículo 2.- Definiciones</i>	<i>1</i>
<i>Artículo 3.- Comercio exterior</i>	<i>3</i>
<i>Artículo 4.- Acuerdos de coordinación</i>	<i>3</i>
<i>Artículo 5.- Consumidores</i>	<i>3</i>
<i>Artículo 6.- Prácticas indebidamente discriminatorias</i>	<i>3</i>
<i>Artículo 7.- Aplicación e interpretación</i>	<i>4</i>
CAPITULO II.- VENTAS DE PRIMERA MANO	4
<i>Artículo 8.- Regulación de precios</i>	<i>4</i>
<i>Artículo 9.- Términos y condiciones</i>	<i>4</i>
<i>Artículo 10.- Contratos</i>	<i>4</i>
<i>Artículo 11.- Descuentos</i>	<i>5</i>
<i>Artículo 12.- Competencia efectiva</i>	<i>5</i>
<i>Artículo 13.- Suspensión del suministro</i>	<i>5</i>
CAPITULO III.- PERMISOS	5
SECCIÓN PRIMERA.- DISPOSICIONES COMUNES.....	5
<i>Artículo 14.- Régimen de permisos</i>	<i>5</i>
<i>Artículo 15.- Restricciones societarias</i>	<i>6</i>
<i>Artículo 16.- Titularidad de distintos permisos</i>	<i>6</i>
<i>Artículo 17.- Integración vertical</i>	<i>6</i>
<i>Artículo 18.- Trámite para efectos de competencia económica</i>	<i>6</i>
<i>Artículo 19.- Duración del permiso</i>	<i>7</i>
<i>Artículo 20.- Título del permiso</i>	<i>7</i>
<i>Artículo 21.- Aceptación de las obligaciones establecidas en el permiso</i>	<i>8</i>
<i>Artículo 22.- Otros permisos y autorizaciones</i>	<i>8</i>
SECCIÓN SEGUNDA.- DISPOSICIONES ESPECÍFICAS PARA TRANSPORTE.....	8
<i>Artículo 23.- Trayecto</i>	<i>8</i>
<i>Artículo 24.- Proyectos promovidos por el Gobierno Federal o los gobiernos estatales</i>	<i>9</i>
SECCIÓN TERCERA.- DISPOSICIONES ESPECÍFICAS PARA ALMACENAMIENTO.....	9
<i>Artículo 25.- Localización y otorgamiento</i>	<i>9</i>
SECCIÓN CUARTA.- DISPOSICIONES ESPECÍFICAS PARA DISTRIBUCIÓN.....	9
<i>Artículo 26.- Zona geográfica</i>	<i>9</i>
<i>Artículo 27.- Modificación de la zona geográfica</i>	<i>9</i>
<i>Artículo 28.- Exclusividad en la zona geográfica</i>	<i>9</i>
<i>Artículo 29.- Permisos posteriores al periodo de exclusividad</i>	<i>10</i>
<i>Artículo 30.- Comercialización en la zona geográfica</i>	<i>10</i>
<i>Artículo 31.- Transporte dentro de zonas geográficas</i>	<i>10</i>

SECCIÓN QUINTA.- PROCEDIMIENTO PARA EL OTORGAMIENTO DE PERMISOS A SOLICITUD DE PARTE	10
<i>Artículo 32.- Solicitud</i>	10
<i>Artículo 33.- Previsiones</i>	12
<i>Artículo 34.- Aviso al público</i>	12
<i>Artículo 35.- Evaluación</i>	13
<i>Artículo 36.- Modificación del proyecto</i>	13
<i>Artículo 37.- Otorgamiento de permisos</i>	13
SECCIÓN SEXTA.- PROCEDIMIENTO PARA EL OTORGAMIENTO DE PERMISOS MEDIANTE LICITACIÓN	14
<i>Artículo 38.- Inicio del procedimiento</i>	14
<i>Artículo 39.- Manifestación de interés</i>	14
<i>Artículo 40.- Convocatoria</i>	15
<i>Artículo 41.- Bases</i>	15
<i>Artículo 42.- Elaboración de propuestas</i>	16
<i>Artículo 43.- Presentación y evaluación de las propuestas</i>	16
<i>Artículo 44.- Fallo</i>	17
<i>Artículo 45.- Licitación desierta</i>	17
<i>Artículo 46.- Otorgamiento del permiso y publicación</i>	17
CAPITULO IV.- TRANSFERENCIA, MODIFICACION, EXTINCION Y REVOCACION DE LOS PERMISOS	18
<i>Artículo 47.- Transferencia de los permisos</i>	18
<i>Artículo 48.- Enajenación de sistemas</i>	18
<i>Artículo 49.- Competencia económica en transferencia</i>	18
<i>Artículo 50.- Procedimiento de transferencia</i>	18
<i>Artículo 51.- Gravámenes</i>	18
<i>Artículo 52.- Modificación de los permisos</i>	19
<i>Artículo 53.- Renovación de los permisos</i>	19
<i>Artículo 54.- Extinción del permiso</i>	19
<i>Artículo 55.- Terminación anticipada y extinción parcial</i>	20
<i>Artículo 56.- Abandono del servicio</i>	20
<i>Artículo 57.- Revocación de permisos</i>	20
<i>Artículo 58.- Continuidad del servicio</i>	20
CAPITULO V.- PRESTACION DE LOS SERVICIOS.....	20
SECCIÓN PRIMERA.- DISPOSICIONES GENERALES	20
<i>Artículo 59.- Naturaleza del servicio de transporte</i>	20
<i>Artículo 60.- Naturaleza del servicio de almacenamiento</i>	21
<i>Artículo 61.- Naturaleza del servicio de distribución</i>	21
<i>Artículo 62.- Condiciones generales para la prestación del servicio</i>	21
SECCIÓN SEGUNDA.- ACCESO A LOS SERVICIOS	21
<i>Artículo 63.- Obligación de acceso abierto</i>	21
<i>Artículo 64.- Interconexión entre permisionarios</i>	22
<i>Artículo 65.- Extensiones y ampliaciones</i>	22
<i>Artículo 66.- Desagregación de servicios</i>	23

<i>Artículo 67.- Prohibición de subsidios cruzados.....</i>	23
<i>Artículo 68.- Separación de sistemas contables.....</i>	23
<i>Artículo 69.- Mercado secundario de capacidad.....</i>	23
SECCIÓN TERCERA.- OBLIGACIONES	23
<i>Artículo 70.- Obligaciones de los permisionarios en materia de seguridad</i>	24
<i>Artículo 71.- Obligaciones específicas para la prestación de los servicios</i>	24
<i>Artículo 72.- Demanda económicamente viable.....</i>	25
<i>Artículo 73.- Supresión de fugas.....</i>	25
<i>Artículo 74.- Inicio de las obras y de la prestación del servicio.....</i>	25
<i>Artículo 75.- Presentación de contratos.....</i>	25
SECCIÓN CUARTA.- SUSPENSIÓN DEL SERVICIO	26
<i>Artículo 76.- Suspensión sin responsabilidad</i>	26
<i>Artículo 77.- Suspensión, restricción o modificación del servicio.....</i>	26
<i>Artículo 78.- Aviso de suspensión.....</i>	26
<i>Artículo 79.- Bonificación por fallas o deficiencias</i>	27
<i>Artículo 80.- Quejas y reclamaciones</i>	27
CAPITULO VI.- TARIFAS.....	27
<i>Artículo 81.- Metodología para el cálculo de las tarifas</i>	27
<i>Artículo 82.- Tarifas máximas</i>	28
<i>Artículo 83.- Tarifas indebidamente discriminatorias</i>	28
<i>Artículo 84.- Componentes de las tarifas.....</i>	28
<i>Artículo 85.- Tipos de tarifas</i>	28
<i>Artículo 86.- Ajuste.....</i>	29
<i>Artículo 87.- Revisión global</i>	29
<i>Artículo 88.- Tarifas convencionales.....</i>	29
<i>Artículo 89.- Subsidios gubernamentales</i>	29
CAPITULO VII.- PRECIO DE VENTA AL USUARIO FINAL.....	30
<i>Artículo 90.- Precios.....</i>	30
<i>Artículo 91.- Variaciones de precios y tarifas.....</i>	30
<i>Artículo 92.- Verificación del traslado de precios de adquisición del gas.....</i>	30
<i>Artículo 93.- Información de precios</i>	31
CAPITULO VIII.- TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO PARA USOS PROPIOS	31
SECCIÓN PRIMERA.- DISPOSICIONES GENERALES	31
<i>Artículo 94.- Régimen especial</i>	31
SECCIÓN SEGUNDA.- TRANSPORTE PARA USOS PROPIOS	31
<i>Artículo 95.- Permisos de transporte para usos propios</i>	31
<i>Artículo 96.- Sociedades de autoabastecimiento.....</i>	31
<i>Artículo 97.- Transporte para usos propios en zonas geográficas.....</i>	32
<i>Artículo 98.- Aviso previo al distribuidor.....</i>	32
SECCIÓN TERCERA.- ALMACENAMIENTO PARA USOS PROPIOS	32
<i>Artículo 99.- Permisos de almacenamiento para usos propios</i>	32
<i>Artículo 100.- Restricciones a transportistas y distribuidores.....</i>	32

SECCIÓN CUARTA.- PROCEDIMIENTO PARA EL OTORGAMIENTO Y LA MODIFICACIÓN DE PERMISOS PARA USOS PROPIOS	33
<i>Artículo 101.- Solicitud de permiso</i>	33
<i>Artículo 102.- Tramitación y otorgamiento</i>	33
<i>Artículo 103.- Procedimiento para la modificación de los permisos.....</i>	33
<i>Artículo 104.- Otras disposiciones aplicables</i>	33
CAPITULO IX.- SANCIONES.....	34
<i>Artículo 105.- Conductas sancionables.....</i>	34
<i>Artículo 106.- Responsabilidad civil o penal</i>	34
CAPITULO X.- DISPOSICIONES FINALES	34
<i>Artículo 107.- Utilidad pública</i>	34
<i>Artículo 108.- Requerimientos de información</i>	35
<i>Artículo 109.- Información y prospectiva.....</i>	35
<i>Artículo 110.- Procedimiento para la expedición de directivas.....</i>	36
TRANSITORIOS.....	37

REGLAMENTO de Gas Natural.¹

ERNESTO ZEDILLO PONCE DE LEON, Presidente de los Estados Unidos Mexicanos, en ejercicio de la facultad que me confiere la fracción I del artículo 89 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y con fundamento en los artículos 4o., 9o., 10, 13, 14, 15 y 16 de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, tercero transitorio del Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la misma Ley, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** del 11 de mayo de 1995, y 2, 3, 8, 9, 10 y 11 de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía, he tenido a bien expedir el siguiente

REGLAMENTO DE GAS NATURAL

CAPITULO I.- DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Objeto y ámbito de aplicación

Este ordenamiento reglamenta la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, con el objeto de regular las ventas de primera mano, así como las actividades y los servicios que no forman parte de la industria petrolera en materia de gas natural, a efecto de asegurar su suministro eficiente.

Artículo 2.- Definiciones

Para los efectos de este Reglamento, se entenderá por:

- I. **Adquirente:** La persona que celebra o solicita celebrar un contrato que tenga por objeto una venta de primera mano;
- II. **Almacenamiento:** La actividad de recibir, mantener en depósito y entregar gas, cuando el gas sea mantenido en depósito en instalaciones fijas distintas a los ductos;
- III. **Comisión:** La Comisión Reguladora de Energía;
- IV. **Condiciones generales para la prestación del servicio:** El documento que establece las tarifas y los derechos y obligaciones de un permisionario frente a los usuarios;
- V. **Directivas:** Disposiciones de carácter general expedidas por la Comisión, tales como criterios, lineamientos y metodologías, a que deben sujetarse

¹ Diario Oficial de la Federación de 8 de noviembre de 1995.

las ventas de primera mano y las actividades de transporte, almacenamiento y distribución de gas;

- VI. Distribución: La actividad de recibir, conducir, entregar y, en su caso, comercializar gas por medio de ductos dentro de una zona geográfica;
- VII. Distribuidor: El titular de un permiso de distribución;
- VIII. Ductos: Las tuberías e instalaciones para la conducción de gas;
- IX. Gas o gas natural: La mezcla de hidrocarburos compuesta primordialmente por metano;
- X. Ley: La Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo;
- XI. Permisionario: El titular de un permiso de transporte, almacenamiento o distribución;
- XII. Petróleos Mexicanos: Petróleos Mexicanos y cualquiera de sus organismos subsidiarios en los términos de su Ley Orgánica;
- XIII. Secretaría: La Secretaría de Energía;
- XIV. Sistema: El conjunto de ductos, compresores, reguladores, medidores y otros equipos para la conducción o almacenamiento de gas;
- XV. Tarifas: La lista de precios para cada clase y modalidad de servicio que preste un permisionario;
- XVI. Transporte: La actividad de recibir, conducir y entregar gas por medio de ductos a personas que no sean usuarios finales localizados dentro de una zona geográfica;
- XVII. Transportista: El titular de un permiso de transporte;
- XVIII. Trayecto: El trazado de un sistema de transporte de uno o más puntos de origen a uno o más puntos de destino;
- XIX. Usuario: La persona que utiliza o solicita los servicios de un permisionario;
- XX. Usuario final: La persona que adquiere gas para su consumo;

XXI. Venta de primera mano: La primera enajenación de gas de origen nacional que realice Petróleos Mexicanos a un tercero para su entrega en territorio nacional, y

XXII. Zona geográfica: El área delimitada por la Comisión para efectos de distribución.

Artículo 3.- Comercio exterior

La importación y la exportación de gas podrán ser efectuadas libremente, en los términos de la Ley de Comercio Exterior.

Los importadores y exportadores deberán presentar a la Comisión la información relativa a sus actividades de comercio exterior, de acuerdo con las directivas que para tal efecto expida.

Artículo 4.- Acuerdos de coordinación

La Secretaría promoverá la celebración de bases o acuerdos de coordinación con las autoridades federales y locales, a fin de impulsar el desarrollo de proyectos, en el ámbito de sus respectivas atribuciones, en lo relacionado con la construcción, operación y mantenimiento de sistemas y la aplicación de medidas de seguridad.

Artículo 5.- Consumidores

Sin perjuicio de las acciones que procedan, las controversias que surjan entre los permisionarios y los usuarios que tengan el carácter de consumidores en los términos de la Ley Federal de Protección al Consumidor serán resueltas por la Procuraduría Federal del Consumidor conforme a dicha ley.

Artículo 6.- Prácticas indebidamente discriminatorias

Para efectos de este Reglamento, se considerará indebidamente discriminatorio negar un trato semejante a usuarios o adquirentes similares en condiciones similares.

No se considerarán indebidamente discriminatorias las diferencias en el trato que puedan existir como resultado de:

- I. Las distintas clases y modalidades de servicio;
- II. La localización de los usuarios o adquirentes, o
- III. Las distinciones por categorías de usuarios o adquirentes.

Artículo 7.- Aplicación e interpretación

Corresponde a la Comisión aplicar e interpretar este Reglamento para efectos administrativos.

CAPITULO II.- VENTAS DE PRIMERA MANO

Artículo 8.- Regulación de precios

Para los efectos de este Reglamento, el precio máximo del gas objeto de las ventas de primera mano será fijado conforme a lo establecido en las directivas expedidas por la Comisión. La metodología para su cálculo deberá reflejar los costos de oportunidad y condiciones de competitividad del gas respecto al mercado internacional y al lugar donde se realice la venta.

El precio máximo del gas no afectará la facultad del adquirente para negociar condiciones más favorables en su precio de adquisición.

Lo dispuesto en este artículo no se aplicará al precio del gas importado.

Artículo 9.- Términos y condiciones

Petróleos Mexicanos presentará a la Comisión, para su aprobación, los términos y condiciones generales que regirán las ventas de primera mano, los cuales deberán ser acordes con los usos comerciales, nacionales e internacionales, observados por las empresas dedicadas a la compraventa de gas.

En ningún caso Petróleos Mexicanos discriminará indebidamente entre los adquirentes.

Petróleos Mexicanos informará a la Comisión, en la forma que ésta determine mediante directivas, los términos de las ventas de primera mano realizadas, con la finalidad de que ésta verifique el cumplimiento de las disposiciones de este capítulo y prevea su publicación.

Con excepción de lo dispuesto en el párrafo anterior, la información contenida en los contratos que Petróleos Mexicanos le presente a la Comisión tendrá carácter confidencial.

Artículo 10.- Contratos

En las ventas de primera mano, Petróleos Mexicanos deberá ofrecer al adquirente, para el volumen que éste desee contratar, cuando menos dos tipos de cotizaciones que constituirán ofertas de venta e incluirán los términos y condiciones para la venta del gas:

- I. A la salida de las plantas de proceso, y
- II. En el punto o puntos de entrega que determine el adquirente, distinguiendo de manera desagregada la tarifa de transporte y el precio del gas a la salida de las plantas de proceso, así como otros servicios que ofrezca Petróleos Mexicanos.

Artículo 11.- Descuentos

De conformidad con los términos y condiciones generales aprobados por la Comisión, Petróleos Mexicanos podrá otorgar descuentos por volumen o condiciones contractuales diferentes, siempre que no incurra en prácticas indebidamente discriminatorias.

Artículo 12.- Competencia efectiva

Cuando a juicio de la Comisión Federal de Competencia existan condiciones de competencia efectiva, los términos y condiciones para las ventas de primera mano y el precio del gas podrán ser pactados libremente.

Si existiendo condiciones de competencia efectiva, la Comisión Federal de Competencia determina que al realizar las ventas de primera mano se acude a prácticas indebidamente discriminatorias, la Comisión restablecerá la regulación de precios y de los términos y condiciones a que dichas ventas deban sujetarse.

Artículo 13.- Suspensión del suministro

Petróleos Mexicanos podrá suspender el suministro de gas de primera mano a quienes no cumplan con sus obligaciones contractuales.

CAPITULO III.- PERMISOS

Sección Primera.- Disposiciones Comunes

Artículo 14.- Régimen de permisos

La realización de las actividades de transporte, almacenamiento y distribución requerirá de permiso previo otorgado por la Comisión en los términos de este Reglamento.

Sin perjuicio de los permisos que se otorguen a Petróleos Mexicanos y demás organismos descentralizados del sector energético, los permisos para la prestación de los servicios sólo serán otorgados a empresas del sector social y sociedades mercantiles.

Petróleos Mexicanos y los demás organismos descentralizados del sector energético estarán sujetos a las disposiciones de este Reglamento.

Artículo 15.- Restricciones societarias

Sin perjuicio de lo dispuesto por la legislación aplicable, las sociedades mercantiles titulares de permisos de transporte y distribución:

- I. Tendrán como objeto social principal la prestación de los servicios de transporte en el caso de los transportistas, y de distribución en el caso de los distribuidores, y las demás actividades relacionadas para la consecución de dicho objeto, y
- II. Incluirán en sus estatutos sociales la obligación de tener un capital social mínimo fijo, sin derecho a retiro, equivalente a diez por ciento de la inversión propuesta en el proyecto de que se trate.

Artículo 16.- Titularidad de distintos permisos

Una misma persona podrá ser titular de permisos de transporte, almacenamiento y distribución en los términos de este Reglamento.

Artículo 17.- Integración vertical

Para servir a una zona geográfica, los permisos de transporte y distribución respectivos no podrán ser otorgados o transferidos a una misma persona ni a personas que directa o indirectamente resulten titulares de ambos permisos o que tengan participación en las sociedades que resultarían permisionarias, salvo en el supuesto previsto en el artículo 31.

La Comisión podrá autorizar excepciones a la prohibición que establece el párrafo anterior cuando, a su juicio:

- I. Resulte en ganancias de eficiencia y rentabilidad en la prestación del servicio, sin que en ningún caso implique una participación controlante entre el transportista y el distribuidor, o
- II. Sea estrictamente necesario por no existir la infraestructura de transporte requerida para desarrollar una zona geográfica determinada y no existan otros interesados en llevar a cabo el proyecto de transporte o distribución; esta excepción será autorizada sólo para el periodo de exclusividad. El procedimiento a que se sujetará el permisionario para transferir el permiso de transporte o distribución, una vez terminado dicho periodo, será el previsto en la directiva que para tal efecto expida la Comisión.

Artículo 18.- Trámite para efectos de competencia económica

Los interesados en obtener un permiso deberán manifestar su intención a la Comisión Federal de Competencia y presentarle, según sea el caso, copia de la solicitud de permiso o de la propuesta de licitación a que se refieren las secciones quinta y sexta de este capítulo, para los efectos de la Ley Federal de Competencia Económica.

Artículo 19.- Duración del permiso

Los permisos tendrán una vigencia de treinta años, contados a partir de la fecha de su otorgamiento, y serán renovables, en su caso, en los términos del artículo 53.

Artículo 20.- Título del permiso

Los títulos de los permisos deberán contener:

- I. En todos los casos:
 - a) La razón social o denominación y domicilio del permisionario en el territorio nacional;
 - b) El objeto del permiso;
 - c) La descripción y las características del proyecto;
 - d) Los programas y compromisos mínimos de inversión, así como las etapas y los plazos para llevarlos a cabo;
 - e) La fecha límite para iniciar la prestación del servicio en cada etapa de desarrollo del proyecto;
 - f) Las condiciones generales para la prestación del servicio;
 - g) La descripción genérica de los métodos y procedimientos de seguridad para la operación y el mantenimiento de los sistemas, que será sustituida por el plan detallado con especificaciones en el plazo que para tal efecto señale la Comisión;
 - h) Los seguros que deberá contratar el permisionario, y
 - i) Cualquier otra información que la Comisión considere conveniente;
- II. En el caso del servicio de transporte, el título deberá contener, además de lo indicado en la fracción anterior:

- a) El trayecto, y
 - b) La capacidad de conducción del proyecto;
- III. En el caso del servicio de almacenamiento, el título deberá contener, además de lo indicado en la fracción I:
- a) La localización de las instalaciones;
 - b) Los puntos de recepción y entrega del gas, y
 - c) La capacidad de almacenamiento del proyecto, y
- IV. En el caso del servicio de distribución, el título deberá contener, además de lo indicado en la fracción I:
- a) La delimitación de la zona geográfica;
 - b) Los puntos de recepción del gas;
 - c) En su caso, el periodo de exclusividad, y
 - d) En su caso, el programa mínimo de cobertura y desarrollo en la zona geográfica.

Artículo 21.- Aceptación de las obligaciones establecidas en el permiso

El otorgamiento de un permiso implica la aceptación incondicional del permisionario de las obligaciones contenidas en el título del mismo.

Artículo 22.- Otros permisos y autorizaciones

El otorgamiento de un permiso implica la autorización de la Comisión para realizar las obras correspondientes, sin perjuicio de las autorizaciones que el permisionario deba obtener de otras autoridades federales y locales.

Sección Segunda.- Disposiciones Específicas para Transporte

Artículo 23.- Trayecto

Cada permiso de transporte será otorgado para una capacidad y un trayecto determinados, mediante el procedimiento establecido en la sección quinta de este capítulo, salvo lo dispuesto en el artículo siguiente.

El trayecto autorizado quedará registrado en la Comisión. En cualquier punto del trayecto se podrá entregar y recibir gas. El permisionario deberá dar aviso a la Comisión sobre la localización de dichos puntos.

Los permisos de transporte no conferirán exclusividad.

Artículo 24.- Proyectos promovidos por el Gobierno Federal o los gobiernos estatales

La Comisión podrá convocar, a instancia del Gobierno Federal o los gobiernos estatales, a licitación pública en los términos de la sección sexta de este capítulo, para el otorgamiento de un permiso de transporte.

Sección Tercera.- Disposiciones Específicas para Almacenamiento

Artículo 25.- Localización y otorgamiento

Cada permiso de almacenamiento será otorgado para una localización específica y una capacidad determinada, mediante el procedimiento establecido en la sección quinta de este capítulo.

Sección Cuarta.- Disposiciones Específicas para Distribución

Artículo 26.- Zona geográfica

Cada permiso de distribución será otorgado para una zona geográfica, que será determinada considerando los elementos que permitan el desarrollo rentable y eficiente del sistema de distribución, así como los planes de desarrollo urbano aprobados por las autoridades competentes.

La Comisión determinará las zonas geográficas oyendo a las autoridades federales y locales involucradas.

Una zona geográfica corresponderá generalmente a un centro de población.

Artículo 27.- Modificación de la zona geográfica

La modificación de la zona geográfica se realizará mediante el procedimiento previsto en la directiva que al efecto expida la Comisión; durante el periodo de exclusividad se requerirá el consentimiento del permisionario. La modificación de la zona geográfica no ampliará el periodo de exclusividad establecido en el permiso original.

Artículo 28.- Exclusividad en la zona geográfica

El primer permiso de distribución para una zona geográfica será otorgado mediante licitación pública en los términos de la sección sexta de este capítulo y conferirá una exclusividad de doce años sobre la construcción del sistema de distribución y la recepción, conducción y entrega de gas dentro de la zona geográfica.

El periodo de exclusividad a que se refiere el párrafo anterior surtirá efectos a partir del momento en que la Comisión otorgue el permiso correspondiente.

Los permisos de distribución no conferirán exclusividad en la comercialización de gas en la zona geográfica de que se trate.

Artículo 29.- Permisos posteriores al periodo de exclusividad

Los permisos que entren en vigor después del periodo de exclusividad serán otorgados en los términos de la sección quinta de este capítulo y no conferirán exclusividad.

Artículo 30.- Comercialización en la zona geográfica

Los usuarios ubicados en una zona geográfica podrán contratar el suministro de gas con personas distintas al distribuidor, en cuyo caso el distribuidor deberá permitir el acceso abierto y no indebidamente discriminatorio a su sistema en los términos del artículo 63, mediante el pago de la tarifa correspondiente.

Artículo 31.- Transporte dentro de zonas geográficas

Cuando un punto de destino del trayecto de un sistema de transporte quede comprendido dentro de una zona geográfica determinada con posterioridad, el transportista podrá obtener el permiso de distribución con exclusividad a través del procedimiento de licitación a que se refiere la sección sexta de este capítulo.

En caso de obtener el permiso de distribución, el transportista podrá ser titular de ambos permisos durante el periodo de exclusividad. En caso de no obtener el permiso de distribución, el transportista sólo podrá continuar suministrando gas dentro de la zona geográfica, sin extender o ampliar su sistema, durante la vigencia de los contratos celebrados con los usuarios finales con anterioridad a la determinación de la zona geográfica.

Sección Quinta.- Procedimiento para el Otorgamiento de Permisos a Solicitud de Parte

Artículo 32.- Solicitud

El interesado en obtener un permiso de distribución después del periodo de exclusividad, de transporte o de almacenamiento, deberá presentar a la Comisión una solicitud que contendrá:

- I. En todos los casos:
 - a) La razón social o denominación y domicilio del solicitante;
 - b) La copia certificada de la escritura constitutiva con sus reformas o la documentación que acredite su existencia legal;
 - c) Los documentos que acrediten la personalidad y las facultades del representante legal;
 - d) El objeto, la descripción y las especificaciones técnicas del proyecto;
 - e) La descripción genérica de los métodos y procedimientos de seguridad para la operación y el mantenimiento del sistema;
 - f) La documentación que acredite la viabilidad técnica del proyecto;
 - g) Los documentos que acrediten la capacidad técnica, administrativa y financiera del solicitante;
 - h) Los programas y compromisos mínimos de inversión, así como las etapas y los plazos para llevarse a cabo;
 - i) La propuesta de condiciones generales y tarifas para la prestación del servicio;
 - j) La copia del aviso a que se refiere el artículo 18;
 - k) La descripción de las condiciones de operación, los sistemas de informática y los mecanismos y equipos que se utilizarán para el acceso abierto a terceros, y
 - l) La fecha para iniciar la prestación del servicio, especificando, en su caso, cada etapa de desarrollo del proyecto;
- II. En el caso del servicio de transporte, la solicitud deberá contener, además de lo indicado en la fracción anterior:
 - a) El trayecto propuesto;
 - b) La capacidad de transporte del proyecto;

- c) La descripción de las modalidades de servicio y su mercado;
 - d) La justificación de la demanda potencial;
 - e) Las fuentes de suministro del gas;
 - f) En su caso, los convenios de transporte establecidos con usuarios específicos;
 - g) El diagrama de los flujos del gas, y
 - h) En su caso, los efectos del proyecto propuesto sobre el sistema de transporte correspondiente;
- III. En el caso del servicio de almacenamiento, la solicitud deberá contener, además de lo indicado en la fracción I:
- a) La localización y características del proyecto, y
 - b) La capacidad de almacenamiento del proyecto, y
- IV. En el caso del servicio de distribución sin exclusividad, la solicitud deberá contener además de lo indicado en la fracción I:
- a) La zona geográfica donde se pretenda desarrollar el proyecto;
 - b) Las políticas para extender a nuevos usuarios finales los servicios de distribución dentro de la zona geográfica correspondiente, incluyendo los casos en que dichos usuarios finales deberán cubrir los cargos por conexión, y
 - c) Las fuentes de suministro.

Artículo 33.- Previsiones

La Comisión examinará las solicitudes en el término de un mes. Cuando las solicitudes no cumplan con los requisitos establecidos en el artículo anterior, la Comisión lo comunicará al solicitante, quien contará con un plazo de un mes para cumplir los requisitos o presentar la información adicional; de no hacerlo, la solicitud será desechada de plano.

Artículo 34.- Aviso al público

Cuando la solicitud cumpla con los requisitos, la Comisión procederá a evaluarla en los términos del artículo siguiente, publicará en el Diario Oficial de la

Federación, en el término de diez días, un extracto del proyecto propuesto y establecerá un plazo de dos meses para recibir otras solicitudes, objeciones o comentarios con relación a dicho proyecto.

La publicación a que se refiere el párrafo anterior no interrumpirá el trámite de la solicitud inicial.

Artículo 35.- Evaluación

La Comisión realizará la evaluación del proyecto en el término de tres meses, considerando:

- I. La capacidad técnica, administrativa y financiera del interesado;
- II. La confiabilidad de la fuente de suministro;
- III. En su caso, los efectos de la interconexión con otros sistemas;
- IV. Los métodos y procedimientos de seguridad para la operación y mantenimiento del sistema;
- V. La propuesta de condiciones generales para la prestación del servicio;
- VI. Las especificaciones técnicas del proyecto, y
- VII. En el caso de transporte, la justificación de la demanda potencial.

En la evaluación del proyecto, la Comisión podrá realizar investigaciones, recabar la información que considere necesaria, efectuar consultas con las autoridades federales, estatales y municipales, celebrar audiencias y, en general, realizar cualquier acción que considere necesaria para resolver sobre el otorgamiento del permiso.

Artículo 36.- Modificación del proyecto

Como resultado de la evaluación a que se refiere el artículo anterior, la Comisión podrá requerir a los solicitantes la modificación del proyecto, para lo cual señalará un plazo no mayor a tres meses.

Artículo 37.- Otorgamiento de permisos

En su caso, el permiso será otorgado en el término de un mes a partir de la fecha en que haya concluido la evaluación o se hayan satisfecho las modificaciones requeridas.

En el término establecido en el párrafo anterior, la Comisión publicará en el Diario Oficial de la Federación una descripción del objeto del permiso y el nombre y domicilio del acreedor del mismo.

Si como resultado de la publicación a que se refiere el artículo 34 se presentan otras solicitudes, la Comisión otorgará permisos a todos aquéllos que satisfagan lo establecido en esta sección.

Sección Sexta.- Procedimiento para el Otorgamiento de Permisos mediante Licitación

Artículo 38.- Inicio del procedimiento

El procedimiento de licitación será iniciado por la Comisión cuando a su juicio existan elementos suficientes que justifiquen la realización de un proyecto de distribución y, en su caso, la determinación de una zona geográfica.

Cuando se trate de proyectos de transporte promovidos por el Gobierno Federal o los gobiernos de los estados, se observará lo dispuesto en esta sección, sin que sea necesario tramitar la manifestación de interés a que se refiere el artículo siguiente.

Artículo 39.- Manifestación de interés

Para los efectos del primer párrafo del artículo anterior, cualquier persona podrá presentar a la Comisión una manifestación de interés que contenga como mínimo:

- I. Los datos de identificación y domicilio del interesado;
- II. La documentación que acredite la capacidad técnica, financiera y administrativa del interesado;
- III. La información respecto a los posibles asociados o accionistas interesados en el proyecto;
- IV. La descripción genérica del proyecto;
- V. La zona geográfica donde se pretenda desarrollar el proyecto o, en su defecto, la propuesta para la determinación de la misma;
- VI. Las posibles fuentes de suministro, y
- VII. La proyección de la demanda esperada.

La Comisión evaluará y dará respuesta a toda manifestación de interés en el término de dos meses.

Artículo 40.- Convocatoria

Para iniciar el procedimiento de licitación, la Comisión publicará la convocatoria en el Diario Oficial de la Federación, la que contendrá como mínimo:

- I. El objeto de la licitación y el trayecto o zona geográfica de que se trate;
- II. El plazo, lugar y horario en que estarán a la disposición de los interesados las bases para la licitación; el plazo no podrá ser menor de quince días ni mayor a dos meses, y
- III. El costo y forma de pago de las bases.

El costo de las bases será fijado en razón de la recuperación de las erogaciones por su elaboración, la publicación de la convocatoria y los documentos que se entreguen, y demás gastos inherentes al procedimiento de licitación.

Artículo 41.- Bases

La Comisión elaborará las bases de licitación, que señalarán como mínimo:

- I. El objeto, la descripción y las especificaciones técnicas del proyecto, que serán tales que permitan a los interesados expresar con la mayor flexibilidad el contenido de sus propuestas, en lo relativo a tecnología, diseño, ingeniería, construcción y ubicación con relación al trayecto o la zona geográfica de que se trate;
- II. La documentación necesaria y el plazo para su entrega;
- III. Los requisitos relativos a la presentación de:
 - a) La descripción genérica de los métodos y procedimientos de seguridad para la operación y mantenimiento de los sistemas;
 - b) La relación de permisos, autorizaciones y demás actos administrativos necesarios para llevar a cabo las obras relativas al proyecto, así como el programa previsto para obtenerlos;
 - c) El aviso a que se refiere el artículo 18;
 - d) Los programas y compromisos mínimos de inversión para la prestación del servicio;

- e) El tipo y la cobertura de los seguros requeridos, y
 - f) La propuesta de las condiciones generales para la prestación del servicio;
- IV. La forma de acreditar la capacidad financiera, técnica y administrativa mínima que deba satisfacer el solicitante para la prestación del servicio;
 - V. La forma y el monto de las garantías de seriedad de las propuestas;
 - VI. La metodología para proponer las tarifas;
 - VII. El procedimiento para la presentación de las propuestas;
 - VIII. La información que deberá incluirse en las propuestas técnica y económica;
 - IX. El criterio para la adjudicación del permiso;
 - X. La información relativa al lugar, fecha y hora de las juntas de aclaración de las bases, optativas para los participantes;
 - XI. Lugar, fecha y hora para el acto de presentación y apertura de propuestas;
 - XII. La mención de que cualquier modificación a las bases deberá publicarse por el mismo medio que la convocatoria, cuando menos con veinte días de anticipación a la fecha señalada originalmente para la presentación y apertura de propuestas;
 - XIII. Las causas para declarar desierta la licitación, y
 - XIV. Lugar, fecha y hora del fallo, así como la forma en que éste se comunicará a los participantes.

Las bases que expida la Comisión podrán ser impugnadas mediante el recurso de reconsideración previsto en la Ley de la Comisión Reguladora de Energía.

Artículo 42.- Elaboración de propuestas

Entre la fecha de publicación de la convocatoria y el acto de recepción de propuestas y apertura de ofertas técnicas, deberá mediar un plazo suficiente, que en ningún caso podrá ser menor a tres meses, para que los interesados realicen los estudios técnicos, financieros y económicos necesarios para integrar sus propuestas.

Artículo 43.- Presentación y evaluación de las propuestas

La licitación se llevará a cabo en dos etapas, una técnica y otra económica.

El acto de recepción y apertura de propuestas técnicas se realizará conforme a lo establecido en las bases de licitación, ante notario o corredor público.

La Comisión evaluará las propuestas técnicas y desechará las que no cumplan con los requisitos técnicos establecidos en las bases de licitación y las propuestas de los licitantes cuya participación haya sido objetada por la Comisión Federal de Competencia.

En una segunda etapa se considerarán sólo las propuestas económicas de los licitantes que hayan superado la etapa técnica.

Artículo 44.- Fallo

La Comisión emitirá su fallo en el término de tres meses a partir de la recepción de las propuestas o, en su caso, declarará desierta la licitación en los supuestos del artículo siguiente.

Artículo 45.- Licitación desierta

La Comisión declarará desierta la licitación en cualquiera de los supuestos siguientes:

- I. No se haya presentado propuesta alguna;
- II. A su juicio, ninguna propuesta satisfaga las condiciones establecidas en las bases de licitación, o
- III. A su juicio, las propuestas presentadas hayan sido resultado de connivencia.

Artículo 46.- Otorgamiento del permiso y publicación

La Comisión otorgará el permiso a quien, habiendo superado la etapa técnica, ofrezca la propuesta económica más ventajosa conforme al criterio establecido en las bases de licitación.

El permiso será otorgado en el término de un mes a partir de la fecha de emisión del fallo.

En el mismo término, la Comisión publicará en el Diario Oficial de la Federación una descripción del objeto del permiso, el nombre y domicilio del licitante acreedor del permiso y la fecha de emisión del fallo.

CAPITULO IV.- TRANSFERENCIA, MODIFICACION, EXTINCION Y REVOCACION DE LOS PERMISOS

Artículo 47.- Transferencia de los permisos

La transferencia del permiso sólo podrá efectuarse previa autorización de la Comisión, a solicitud de los interesados, cuando el posible permisionario:

- I. Reúna los requisitos para ser titular del permiso, y
- II. Se comprometa a cumplir, en sus términos, las obligaciones consignadas en el permiso y, en su caso, en las condiciones generales para la prestación del servicio.

Artículo 48.- Enajenación de sistemas

El sistema no podrá ser enajenado independientemente del permiso ni viceversa, salvo que el permiso correspondiente hubiere sido revocado.

Artículo 49.- Competencia económica en transferencia

La solicitud de autorización de transferencia de un permiso deberá ir acompañada de copia del aviso a la Comisión Federal de Competencia sobre el cambio en la titularidad del mismo.

Artículo 50.- Procedimiento de transferencia

Cuando los solicitantes no acrediten lo dispuesto en el artículo 47, o la información presentada resulte insuficiente, la Comisión se los notificará, a fin de que subsanen las deficiencias en el plazo de un mes; de no hacerlo la solicitud será desechada de plano.

Una vez satisfechos los requisitos, la Comisión otorgará la autorización de transferencia del permiso en el término de un mes.

Artículo 51.- Gravámenes

El titular de un permiso de transporte, almacenamiento o distribución podrá gravar el permiso y los derechos derivados del mismo para garantizar obligaciones o financiamientos directamente relacionados con la prestación y extensión del servicio, así como deudas de su operación, previo aviso a la Comisión con diez días de anticipación al otorgamiento de la garantía. Cuando el permiso o los derechos derivados del mismo sean gravados para otros fines, se requerirá de la autorización previa de la Comisión.

Los sistemas no podrán ser gravados independientemente del permiso, ni viceversa.

Cuando sea previsible un procedimiento de ejecución del gravamen, el permisionario deberá avisar inmediatamente a la Comisión.

El permisionario deberá dar aviso a la Comisión de cualquier hecho o acto que ponga en riesgo su posesión o propiedad sobre los sistemas, en un plazo de tres días a partir de que tenga conocimiento de ello.

Durante el procedimiento de ejecución de la garantía, el adjudicatario deberá designar un operador que, a juicio de la Comisión, tenga la capacidad técnica necesaria para la prestación del servicio en nombre y por cuenta de aquél.

Artículo 52.- Modificación de los permisos

La modificación de los permisos podrá iniciarse a instancia del permisionario y se sujetará al procedimiento previsto en la directiva que al efecto expida la Comisión.

La capacidad establecida en el título del permiso de transporte podrá ampliarse mediante el incremento de la compresión sin necesidad de modificar el permiso. En tal caso, el permisionario deberá dar aviso a la Comisión dentro del mes siguiente a que tenga lugar dicha ampliación. Cuando la extensión o ampliación de la capacidad implique la construcción de nuevos ductos se requerirá la modificación del permiso.

Artículo 53.- Renovación de los permisos

Los permisos podrán renovarse una o más veces conforme a lo siguiente:

- I. El permisionario presentará a la Comisión la solicitud de renovación por lo menos dos años antes del vencimiento del permiso o de cada una de las renovaciones que, en su caso, se le hubieren autorizado;
- II. El procedimiento a que se sujetará la renovación de los permisos será el previsto en la directiva que al efecto expida la Comisión, y
- III. Cada renovación se otorgará por un periodo de quince años.

Artículo 54.- Extinción del permiso

Los permisos se extinguirán por:

- I. El vencimiento del plazo establecido en el permiso o de la renovación que, en su caso, se hubiere autorizado;

- II. La terminación anticipada solicitada por el permisionario y autorizada por la Comisión conforme a este Reglamento;
- III. La revocación en los términos de la Ley, o
- IV. El acaecimiento de una condición resolutoria.

Artículo 55.- Terminación anticipada y extinción parcial

El permisionario solicitará a la Comisión, con doce meses de anticipación, la autorización para la terminación anticipada o la extinción parcial del permiso.

El procedimiento a que se sujetará la terminación anticipada o la extinción parcial de los permisos será el establecido en la directiva que al efecto expida la Comisión.

Artículo 56.- Abandono del servicio

Existe abandono del servicio cuando un permisionario deje de prestar el servicio objeto de su permiso en forma total o parcial, sin haber obtenido la autorización para la terminación anticipada o la extinción parcial del permiso.

Artículo 57.- Revocación de permisos

La Comisión podrá revocar el permiso por cualquiera de las causas establecidas en el artículo 13 de la Ley.

Artículo 58.- Continuidad del servicio

En los supuestos de las fracciones I, II y IV del artículo 54 y en caso de transferencia, los permisionarios deberán garantizar la continuidad del servicio, no pudiendo suspender operaciones hasta que las asuma un nuevo permisionario, quien deberá adquirir el sistema correspondiente.

En caso de revocación del permiso o abandono del servicio, la Comisión solicitará a la Secretaría la aplicación de las medidas necesarias para asegurar la continuidad del servicio, en los términos de las disposiciones aplicables.

CAPITULO V.- PRESTACION DE LOS SERVICIOS

Sección Primera.- Disposiciones Generales

Artículo 59.- Naturaleza del servicio de transporte

El servicio de transporte comprende la recepción de gas en un punto del sistema de transporte y la entrega de una cantidad similar en un punto distinto del mismo sistema.

Artículo 60.- Naturaleza del servicio de almacenamiento

El servicio de almacenamiento comprende la recepción de gas en un punto del sistema de almacenamiento y la entrega, en uno o varios actos, de una cantidad similar en el mismo punto o en otro contiguo del mismo sistema.

Artículo 61.- Naturaleza del servicio de distribución

El servicio de distribución comprende:

- I. La comercialización y entrega del gas por el distribuidor a un usuario final dentro de su zona geográfica, o
- II. La recepción de gas en el punto o los puntos de recepción del sistema de distribución y la entrega de una cantidad similar en un punto distinto del mismo sistema.

Artículo 62.- Condiciones generales para la prestación del servicio

La prestación de los servicios se sujetará a lo previsto en las directivas que expida la Comisión y en las condiciones generales para la prestación del servicio.

Las condiciones generales para la prestación del servicio serán aprobadas por la Comisión, formarán parte del título del permiso y contendrán:

- I. Las tarifas para la prestación de los servicios;
- II. Los términos y condiciones para el acceso y la prestación de las diversas modalidades del servicio;
- III. Los derechos y obligaciones del prestador del servicio, y
- IV. El procedimiento arbitral que proponga el permisionario para la solución de controversias derivadas de la prestación de los servicios, en los términos de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía.

Sección Segunda.- Acceso a los Servicios

Artículo 63.- Obligación de acceso abierto

Los permisionarios deberán permitir a los usuarios el acceso abierto y no indebidamente discriminatorio a los servicios en sus respectivos sistemas, de conformidad con lo siguiente:

- I. El acceso abierto y no indebidamente discriminatorio estará limitado a la capacidad disponible de los permisionarios;
- II. La capacidad disponible a que se refiere la fracción anterior se entenderá como aquélla que no sea efectivamente utilizada, y
- III. El acceso abierto a los servicios sólo podrá ser ejercido por el usuario mediante la celebración del contrato para la prestación del servicio de que se trate, salvo lo previsto en el artículo 69.

Cuando el permisionario niegue el acceso al servicio a un usuario teniendo capacidad disponible u ofrezca el servicio en condiciones indebidamente discriminatorias, la parte afectada podrá solicitar la intervención de la Comisión. En el primer supuesto, el permisionario deberá acreditar la falta de capacidad disponible al momento de negar el acceso.

Artículo 64.- Interconexión entre permisionarios

Los permisionarios estarán obligados a permitir la interconexión de otros permisionarios a sus sistemas, cuando:

- I. Exista capacidad disponible para prestar el servicio solicitado, y
- II. La interconexión sea técnicamente viable.

La forma de cubrir el cargo por conexión a que se refiere el artículo 84 será convenido por las partes. Lo dispuesto en este artículo no será aplicable a los distribuidores durante el periodo de exclusividad a que se refiere el artículo 28.

Artículo 65.- Extensiones y ampliaciones

Los distribuidores estarán obligados a extender o ampliar sus sistemas dentro de su zona geográfica, a solicitud de cualquier interesado que no sea permisionario, siempre que el servicio sea económicamente viable.

Los transportistas estarán obligados a extender o ampliar sus sistemas, a solicitud de cualquier interesado, siempre que:

- I. El servicio sea económicamente viable, o
- II. Las partes celebren un convenio para cubrir el costo de los ductos y demás instalaciones que constituyan la extensión o ampliación.

El plazo para realizar la extensión o ampliación por parte del permisionario será convenido por las partes.

Artículo 66.- Desagregación de servicios

Los permisionarios que se encuentren en posibilidad de ofrecer más de una clase de servicios en los términos de este Reglamento, deberán distinguir cada servicio en forma separada y sin condicionar la prestación de uno respecto a otro o a la adquisición del gas, desagregando en la factura correspondiente el precio de adquisición del gas y las tarifas por cada uno de los servicios, de conformidad con las directivas que expida la Comisión.

Artículo 67.- Prohibición de subsidios cruzados

Los permisionarios no podrán subsidiar, por sí o por interpósita persona, la prestación de un servicio mediante las tarifas de otro o a través de la comercialización de gas, ni subsidiar ésta mediante tarifas.

Los permisionarios deberán informar a la Comisión sobre los términos y condiciones de sus operaciones de comercialización, conforme al artículo 108.

Artículo 68.- Separación de sistemas contables

Para efectos del artículo anterior, los permisionarios deberán separar, en su caso, la información financiera relativa a la prestación de los servicios de transporte, almacenamiento y distribución, así como a la comercialización de gas, de tal forma que se puedan identificar para cada uno de ellos los ingresos, los costos y los gastos de operación.

Petróleos Mexicanos deberá identificar, además, la información financiera relativa a las ventas de primera mano, desagregando en cada caso el precio del gas en las plantas de proceso, la tarifa de transporte respectiva y otros servicios que proporcione, de conformidad con lo establecido en el artículo 10.

A efecto de facilitar el control y la transparencia en la regulación de los servicios permisionados y la ventas de primera mano, la Comisión expedirá directivas con relación al sistema contable a que deberán sujetarse los permisionarios.

Artículo 69.- Mercado secundario de capacidad

Los usuarios podrán ceder directamente o autorizando al transportista para tal efecto, los derechos sobre la capacidad reservada que no pretendan utilizar. La capacidad que se pretenda liberar se publicará en el sistema de información que para tal fin establezca la Comisión.

Sección Tercera.- Obligaciones

Artículo 70.- Obligaciones de los permisionarios en materia de seguridad

En materia de seguridad, los permisionarios tendrán las obligaciones siguientes:

- I. Dar aviso inmediato a la Comisión y a las autoridades competentes de cualquier hecho que como resultado de sus actividades permisionadas ponga en peligro la salud y seguridad públicas; dicho aviso deberá incluir las posibles causas del hecho, así como las medidas que se hayan tomado y planeado tomar para hacerle frente;
- II. Presentar a la Comisión, en un plazo de diez días contado a partir de aquél en que el siniestro se encuentre controlado, un informe detallado sobre las causas que lo originaron y las medidas tomadas para su control;
- III. Presentar anualmente, en los términos de las normas oficiales mexicanas aplicables, el programa de mantenimiento del sistema y comprobar su cumplimiento con el dictamen de una unidad de verificación debidamente acreditada;
- IV. Llevar un libro de bitácora para la supervisión, operación y mantenimiento de obras e instalaciones, que estará a disposición de la Comisión;
- V. Capacitar a su personal para la prevención y atención de siniestros;
- VI. Proporcionar el auxilio que les sea requerido por las autoridades competentes en caso de emergencia o siniestro, y
- VII. Las demás que establezcan las normas oficiales mexicanas.

Artículo 71.- Obligaciones específicas para la prestación de los servicios

En la prestación de servicios, los permisionarios tendrán las obligaciones siguientes:

- I. Prestar el servicio de forma eficiente conforme a principios de uniformidad, homogeneidad, regularidad, seguridad y continuidad;
- II. Publicar oportunamente, en los términos que establezca la Comisión mediante directivas, la información referente a su capacidad disponible y aquélla no contratada;
- III. Dar aviso inmediato a la Comisión de cualquier circunstancia que implique la modificación de las condiciones en la prestación del servicio;
- IV. Contratar y mantener vigentes los seguros establecidos en el título del permiso para hacer frente a las responsabilidades en que pudieran incurrir;

- V. Contar con un servicio permanente de recepción de quejas y reportes de emergencia;
- VI. Atender de inmediato los llamados de emergencia de los usuarios finales;
- VII. Informar oportunamente a la Comisión sobre cualquier circunstancia que afecte o pudiera afectar negativamente la prestación del servicio;
- VIII. Abstenerse de realizar prácticas indebidamente discriminatorias, y
- IX. Responder a toda solicitud de servicio en el plazo de un mes a partir de su recepción, tratándose de los servicios de transporte o almacenamiento, y de diez días, tratándose de distribuidores.

Artículo 72.- Demanda económicamente viable

Los distribuidores deberán satisfacer toda demanda de prestación del servicio económicamente viable, en los términos de sus condiciones generales para la prestación del servicio y de lo establecido por este Reglamento.

Artículo 73.- Supresión de fugas

Los distribuidores están obligados a proporcionar directa o indirectamente el servicio de supresión de fugas a los usuarios finales, quienes cubrirán los gastos ocasionados por aquéllas que se produzcan en sus instalaciones.

Artículo 74.- Inicio de las obras y de la prestación del servicio

Los permisionarios deberán iniciar las obras correspondientes dentro de los seis meses siguientes a la fecha de expedición del permiso y dar aviso a la Comisión del inicio de dichas obras con quince días de anticipación.

Los permisionarios podrán solicitar a la Comisión, por causa justificada, una prórroga para iniciar las obras respectivas. La Comisión resolverá en el término de un mes, sin que en ningún caso la prórroga exceda de seis meses.

Antes de iniciar sus operaciones, los permisionarios deberán contar con el dictamen de una unidad de verificación debidamente acreditada en los términos de la legislación aplicable y dar aviso a la Comisión sobre la fecha de inicio de la prestación del servicio con quince días de anticipación.

Artículo 75.- Presentación de contratos

La Comisión podrá requerir a los permisionarios la presentación de los contratos que celebren con los usuarios, cuyo contenido no podrá ser divulgado.

Sección Cuarta.- Suspensión del Servicio

Artículo 76.- Suspensión sin responsabilidad

El permisionario no incurrirá en responsabilidad por suspensión del servicio, cuando ésta se origine por:

- I. Caso fortuito o fuerza mayor;
- II. Fallas en las instalaciones del usuario o mala operación de su instalación;
- III. Trabajos necesarios para el mantenimiento, ampliación o modificación de sus obras e instalaciones, previo aviso a los usuarios, o
- IV. Por incumplimiento del usuario a sus obligaciones contractuales.

Artículo 77.- Suspensión, restricción o modificación del servicio

Cuando por caso fortuito o fuerza mayor el permisionario se vea en la necesidad de suspender, restringir o modificar las características del servicio, lo hará del conocimiento de los usuarios por los medios de comunicación con mayor difusión en las localidades de que se trate, indicando la duración de la suspensión, restricción o modificación, los días y horas en que ocurrirá y las zonas afectadas.

Cuando la suspensión, restricción o modificación de las características del servicio haya de prolongarse por más de cinco días, el permisionario deberá presentar para su aprobación ante la Comisión el programa que se aplicará para enfrentar la situación.

Dicho programa procurará que la suspensión, restricción o modificación del servicio provoque los menores inconvenientes para los usuarios y establecerá los criterios aplicables para la asignación del gas disponible entre los diferentes destinos y tipos de usuarios.

Artículo 78.- Aviso de suspensión

Cuando la suspensión se origine por las causas previstas en la fracción III del artículo 76, el permisionario deberá informar a los usuarios, a través de medios masivos de comunicación en la localidad respectiva, y de notificación individual tratándose de industrias y hospitales. En cualquier caso, dicho aviso se dará con no menos de cuarenta y ocho horas de anticipación al inicio de los trabajos respectivos, indicándose el día, hora y duración de la suspensión del servicio y la hora en que se reanudará, debiéndose indicar con claridad los límites del área afectada. La falta de aviso dará lugar a que el permisionario incurra en responsabilidad.

El permisionario procurará que los trabajos a que se refiere el párrafo anterior se hagan en las horas y días en que disminuya el consumo de gas, para afectar lo menos posible a los usuarios.

Artículo 79.- Bonificación por fallas o deficiencias

En caso de suspensión del servicio ocasionada por causas distintas a las señaladas en el artículo 76, el permisionario deberá bonificar al usuario, al expedir la factura respectiva, una cantidad igual a cinco veces el importe del servicio que hubiere estado disponible de no ocurrir la suspensión y que el usuario hubiere tenido que pagar. Para calcular dicho importe se tomará como base el consumo y el precio medios de la factura anterior. Dicho mecanismo deberá establecerse en las condiciones generales para la prestación del servicio.

Artículo 80.- Quejas y reclamaciones

El permisionario deberá atender las quejas y reclamaciones de los usuarios en el término de diez días. Cuando la queja o reclamación no sea atendida dentro de dicho término, los usuarios que no sean consumidores en los términos del artículo 5 podrán presentar su reclamación ante la Comisión.

La Comisión adoptará las medidas necesarias para establecer un control de la recepción y seguimiento de las quejas y reclamaciones que presenten los usuarios a que se refiere el párrafo anterior y publicará un informe anual sobre la atención de las mismas.

CAPITULO VI.- TARIFAS

Artículo 81.- Metodología para el cálculo de las tarifas

La Comisión expedirá, mediante directivas, la metodología para el cálculo de las tarifas iniciales y para su ajuste.

La metodología deberá permitir a los permisionarios que utilicen racionalmente los recursos, en el caso de las tarifas iniciales, y a los permisionarios eficientes, en el caso de su ajuste, obtener ingresos suficientes para cubrir los costos adecuados de operación y mantenimiento aplicables al servicio, los impuestos, la depreciación y una rentabilidad razonable.

La aplicación de esta metodología no garantizará los ingresos, costos o rentabilidad esperada del permisionario.

Dicha metodología no será obligatoria cuando existan condiciones de competencia efectiva, a juicio de la Comisión Federal de Competencia. Los permisionarios podrán solicitar a ésta que declare la existencia de condiciones de competencia efectiva.

Artículo 82.- Tarifas máximas

Las tarifas para la prestación de los servicios serán tarifas máximas y deberán ser propuestas por los interesados en obtener un permiso.

Las partes podrán pactar libremente un precio distinto a la tarifa máxima para un servicio determinado, siempre y cuando la tarifa convencional no sea inferior al costo variable de proveer el servicio establecido, determinado conforme a la metodología a que se refiere el artículo anterior. Los permisionarios no podrán condicionar la prestación del servicio al establecimiento de tarifas convencionales.

La Comisión deberá asegurar que las tarifas permitan que los usuarios tengan acceso a los servicios en condiciones de confiabilidad, seguridad y calidad.

Artículo 83.- Tarifas indebidamente discriminatorias

Las tarifas que aplique el permisionario no podrán ser indebidamente discriminatorias o estar condicionadas a la prestación de otros servicios.

Artículo 84.- Componentes de las tarifas

Las tarifas para cada servicio permisionado incluirán todos los conceptos y cargos aplicables al servicio, tales como:

- I. Cargo por conexión: porción de la tarifa basada en un monto fijo por el costo de interconexión al sistema y que podrá ser cubierto en una o más exhibiciones;
- II. Cargo por capacidad: porción de la tarifa basada en la capacidad reservada por el usuario para satisfacer su demanda máxima en un periodo determinado, y
- III. Cargo por uso: porción de la tarifa basada en la prestación del servicio.

Artículo 85.- Tipos de tarifas

Las tarifas propuestas por los permisionarios podrán establecer diferencias por:

- I. Modalidad de la prestación de cada servicio;
- II. Categoría y localización del usuario;
- III. Condiciones del servicio, y
- IV. Otros usos comerciales generalmente aceptados en la industria.

Artículo 86.- Ajuste

Los permisionarios ajustarán periódicamente las tarifas de acuerdo con la metodología a que se refiere el artículo 81, que considerará los elementos siguientes:

- I. Los indicadores que reflejen los cambios de precios de los bienes e insumos utilizados por los permisionarios;
- II. Los cambios en el régimen fiscal aplicable a los servicios permisionados, y
- III. Un factor de ajuste que refleje el aumento en la eficiencia en la prestación de los servicios a favor de los usuarios. Este factor de ajuste no se aplicará a los permisionarios durante los primeros cinco años de vigencia del permiso.

Las tarifas que resulten del ajuste a que hace referencia este artículo deberán ser sometidas a la aprobación de la Comisión.

Artículo 87.- Revisión global

Cada cinco años, el permisionario y la Comisión efectuarán una revisión global de las tarifas de conformidad con la metodología a que se refiere el artículo 81.

Como resultado de la revisión, la Comisión determinará las nuevas tarifas al permisionario, las cuales no tendrán efectos retroactivos ni ajustes compensatorios.

Artículo 88.- Tarifas convencionales

Cuando los permisionarios hayan pactado con los usuarios tarifas diferentes a las aprobadas, deberán informar a la Comisión trimestralmente sobre las tarifas aplicadas durante el periodo inmediato anterior.

La Comisión podrá publicar información sobre las tarifas convencionales.

Artículo 89.- Subsidios gubernamentales

El otorgamiento de subsidios gubernamentales a través de las tarifas sólo podrá derivarse de disposiciones de las autoridades competentes y deberá cubrirse con recursos que dichas autoridades asignen para tal propósito.

El otorgamiento de estos subsidios no deberá afectar los ingresos de los permisionarios ni representar un costo para los mismos. Su aplicación deberá ser transparente y quedar explícita en las tarifas cobradas a los usuarios.

CAPITULO VII.- PRECIO DE VENTA AL USUARIO FINAL

Artículo 90.- Precios

El precio que los distribuidores cobren a los usuarios finales estará integrado por:

- I. El precio de adquisición del gas;
- II. La tarifa de transporte;
- III. La tarifa de almacenamiento, y
- IV. La tarifa de distribución.

De conformidad con las directivas que, en su caso, expida la Comisión, las partes podrán pactar libremente un precio distinto a la suma de los componentes anteriores, siempre y cuando no se incurra en prácticas indebidamente discriminatorias. Dicho precio no podrá ser inferior al costo variable de proveer el servicio, determinado conforme a las directivas citadas.

En el cobro al usuario final, los distribuidores deberán desglosar el valor del gas en el punto o puntos de recepción del distribuidor y la tarifa de distribución.

Artículo 91.- Variaciones de precios y tarifas

Los distribuidores podrán trasladar a sus usuarios finales las variaciones que sufran el precio de adquisición de gas y las tarifas de transporte y almacenamiento, de acuerdo a lo establecido en las condiciones generales para la prestación del servicio.

La Comisión expedirá, a través de directivas, la metodología que deberán utilizar los distribuidores para el cálculo de sus precios de adquisición de gas y la forma de trasladarlos a sus usuarios finales.

Artículo 92.- Verificación del traslado de precios de adquisición del gas

La Comisión, de oficio o a petición de parte, podrá verificar los precios de adquisición del gas trasladados a los usuarios finales durante los seis meses anteriores al inicio de la verificación.

Esta verificación deberá incluir, como mínimo, el precio de adquisición del gas asentado por el distribuidor, el costo y condiciones de las alternativas viables de suministro del distribuidor y los precios de adquisición del gas trasladados a otros usuarios finales por otros distribuidores.

Cuando, como resultado de la verificación, la Comisión determine que los precios trasladados son excesivos, el distribuidor acreditará a los usuarios finales una cantidad equivalente a la porción del precio cobrada en exceso.

Artículo 93.- Información de precios

Los distribuidores deberán informar periódicamente a la Comisión sus precios y condiciones de adquisición de gas y los precios trasladados a los usuarios finales.

La Comisión podrá publicar los precios trasladados a los usuarios finales.

CAPITULO VIII.- TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO PARA USOS PROPIOS

Sección Primera.- Disposiciones Generales

Artículo 94.- Régimen especial

Cuando la actividad de recibir, conducir y entregar gas por medio de ductos tenga por objeto satisfacer exclusivamente las necesidades del solicitante, la Comisión podrá otorgar a éste un permiso de transporte para usos propios.

Cuando la actividad de almacenamiento tenga por objeto satisfacer exclusivamente las necesidades del solicitante, la Comisión podrá otorgar a éste un permiso de almacenamiento para usos propios.

Los permisos de transporte y almacenamiento para usos propios se sujetarán a las disposiciones de este capítulo y no conferirán derecho a prestar servicios a terceros, salvo lo dispuesto en el artículo 96.

Los titulares de permisos para usos propios tendrán las obligaciones a que se refiere el artículo 70.

Sección Segunda.- Transporte para Usos Propios

Artículo 95.- Permisos de transporte para usos propios

Los permisos de transporte para usos propios serán otorgados para una capacidad y un trayecto determinados y sus titulares sólo podrán ser usuarios finales o sociedades de autoabastecimiento.

Artículo 96.- Sociedades de autoabastecimiento

Sólo los usuarios finales que consuman gas para usos industriales, comerciales y de servicios podrán constituir o formar parte de sociedades de autoabastecimiento.

Las sociedades de autoabastecimiento sólo podrán entregar gas a los socios que las integren.

Artículo 97.- Transporte para usos propios en zonas geográficas

Cuando la solicitud de permiso de transporte para usos propios se presente dentro de los primeros dos años del periodo de exclusividad del distribuidor de la zona geográfica donde se ubique el solicitante o cualquiera de los socios que formen parte de la sociedad de autoabastecimiento, deberá acreditarse un consumo promedio anual mayor a sesenta mil metros cúbicos diarios de gas o su equivalente por parte del solicitante o de la totalidad de los socios que formen parte de la sociedad de autoabastecimiento.

Cuando la solicitud a que se refiere el párrafo anterior se presente dentro del tercero o cuarto año del periodo de exclusividad, se reducirá a treinta mil metros cúbicos diarios de gas o su equivalente el consumo promedio anual requerido.

El otorgamiento de permisos de transporte para usos propios dentro de una zona geográfica no estará condicionado a volúmenes mínimos de consumo a partir del quinto año del periodo de exclusividad del distribuidor correspondiente.

Artículo 98.- Aviso previo al distribuidor

El interesado en obtener un permiso de transporte para usos propios que sea usuario del servicio de distribución, deberá dar aviso al distribuidor con tres meses de anticipación a la presentación de la solicitud correspondiente.

El titular de un permiso de transporte para usos propios o el usuario final que forme parte de una sociedad de autoabastecimiento podrá recontractar el servicio de distribución, en cuyo caso el distribuidor podrá cobrarle un cargo por reconexión en los términos de sus condiciones generales para la prestación del servicio.

Sección Tercera.- Almacenamiento para Usos Propios

Artículo 99.- Permisos de almacenamiento para usos propios

Los permisos de almacenamiento para usos propios serán otorgados para una localización específica y una capacidad determinada.

Artículo 100.- Restricciones a transportistas y distribuidores

Los transportistas o distribuidores no podrán ser titulares, por sí o por interpósita persona, de un permiso de almacenamiento para usos propios.

Sección Cuarta.- Procedimiento para el Otorgamiento y la Modificación de Permisos para Usos Propios

Artículo 101.- Solicitud de permiso

El interesado en obtener un permiso de transporte o almacenamiento para usos propios deberá presentar una solicitud a la Comisión, que contendrá:

- I. El nombre, razón social o denominación y domicilio del solicitante;
- II. En su caso, la copia certificada de la escritura constitutiva con sus reformas o la documentación que acredite su existencia legal;
- III. Los documentos que acrediten la personalidad y las facultades del representante legal;
- IV. El objeto, la descripción, el trayecto o localización y las especificaciones técnicas del proyecto;
- V. En su caso, el promedio anual de consumo diario;
- VI. La descripción genérica de los sistemas y mecanismos de seguridad para la operación y el mantenimiento del sistema;
- VII. La capacidad de conducción o almacenamiento del proyecto, y
- VIII. En su caso, la copia del aviso a que se refiere el artículo 98.

Artículo 102.- Tramitación y otorgamiento

La Comisión examinará la solicitud en el término de un mes. Cuando la solicitud no cumpla con los requisitos establecidos o la información presentada resulte insuficiente, la Comisión lo notificará al solicitante, quien deberá subsanar las deficiencias en el plazo de un mes. De no hacerlo la solicitud será desechada de plano.

Una vez satisfechos los requisitos, la Comisión otorgará el permiso correspondiente en el término de un mes.

Artículo 103.- Procedimiento para la modificación de los permisos

La modificación de los permisos para usos propios se sujetará, en lo conducente, a lo dispuesto en los dos artículos anteriores.

Artículo 104.- Otras disposiciones aplicables

Son aplicables a los permisos para usos propios las disposiciones contenidas en los artículos 19, 47, 50, 52, 53 y, en lo conducente, los artículos 54 y 57.

CAPITULO IX.- SANCIONES

Artículo 105.- Conductas sancionables

La violación a las disposiciones de este Reglamento será sancionada administrativamente por la Comisión tomando en cuenta la importancia de la falta, de acuerdo con lo siguiente:

- I. La falta de presentación de información requerida por la Comisión en los términos del artículo 108 y la infracción a lo dispuesto en los artículos 52, 70, fracciones I a V, 71, fracción I, 88 y 93, se sancionará con multa de mil a veinticinco mil veces el importe del salario mínimo;
- II. La infracción a lo dispuesto en los artículos 51, 66, 70, fracción VI, 71, fracciones II, III, VI, VII, VIII y IX, 77, 78 y 79, se sancionará con multa de mil a cincuenta mil veces el importe del salario mínimo;
- III. La infracción a lo dispuesto en los artículos 58, 63, 64, 65, 67, 68, 71, fracción IV, 73, 74 y 83, se sancionará con multa de mil a cien mil veces el importe del salario mínimo, y
- IV. La realización de actividades de transporte, almacenamiento y distribución de gas sin el permiso correspondiente otorgado previamente por la Comisión, así como la suspensión de los servicios de transporte, almacenamiento y distribución por causas distintas a las que se refiere el artículo 76, se sancionará con multa de veinticinco mil a cien mil veces el importe del salario mínimo.

Para los efectos del presente capítulo se entiende por salario mínimo, el salario mínimo general diario vigente en el Distrito Federal en la fecha en que se incurra en la falta.

Artículo 106.- Responsabilidad civil o penal

Las sanciones señaladas en este capítulo se aplicarán sin perjuicio de la responsabilidad civil o penal que resulte y, en su caso, de la revocación del permiso.

CAPITULO X.- DISPOSICIONES FINALES

Artículo 107.- Utilidad pública

El otorgamiento de los permisos para la prestación de los servicios de transporte y distribución de gas implicará la declaratoria de utilidad pública para el tendido de los ductos en predios de propiedad pública, social y privada, de conformidad con la Ley de la Comisión Reguladora de Energía, sus disposiciones reglamentarias y demás disposiciones aplicables.

Artículo 108.- Requerimientos de información

La Comisión podrá requerir a Petróleos Mexicanos, a los importadores y exportadores de gas y a los permisionarios, la información suficiente y adecuada que determine mediante directivas en lo relativo a:

- I. Ventas de primera mano;
- II. Precios y tarifas;
- III. Volumen de ventas distintas de las de primera mano;
- IV. Volumen de gas conducido y almacenado;
- V. Información corporativa, contable y financiera;
- VI. Información sobre los contratos que celebren los permisionarios con relación a la prestación de los servicios;
- VII. Circunstancias que afecten o pudieran afectar negativamente la prestación del servicio;
- VIII. Capacidad de los sistemas y asignación de la misma;
- IX. Programas de mantenimiento y seguridad;
- X. Otras obligaciones establecidas en este Reglamento, en las normas oficiales mexicanas y en las directivas, y
- XI. Las demás que la Comisión considere necesaria.

Artículo 109.- Información y prospectiva

La Secretaría publicará anualmente un documento de prospectiva sobre el comportamiento del mercado nacional de gas. Este documento deberá elaborarse con rigor metodológico y a partir de la información más actualizada y confiable.

La prospectiva deberá describir y analizar, para un periodo de diez años, las necesidades previsibles del país en materia de gas y comprenderá:

- I. La evolución futura de la demanda nacional y regional;
- II. La capacidad de producción existente y esperada, y
- III. La capacidad de transporte y distribución existente, así como las necesidades de expansión, rehabilitación, modernización, sustitución o interconexión de capacidad.

Artículo 110.- Procedimiento para la expedición de directivas

Cuando la expedición de directivas se lleve a cabo mediante el procedimiento de consulta pública, se observará lo siguiente:

- I. La Comisión publicará en el Diario Oficial de la Federación la materia que se pretenda regular con la directiva, los temas que habrá de tratar, la descripción de la información que requiera para su elaboración o, en su caso, el proyecto de directiva que al efecto hubiere formulado. En este último caso no se aplicarán al procedimiento las fracciones II y III de este artículo;
- II. Los interesados podrán presentar a la Comisión sus comentarios, la información que consideren relevante o el contenido del anteproyecto que hubieren formulado, en un plazo de dos meses contados a partir de la publicación a que se refiere la fracción anterior;
- III. La Comisión estudiará los comentarios, la información y los anteproyectos recibidos y formulará un proyecto de directiva que será publicado en el Diario Oficial de la Federación en el término de un mes a partir de la expiración del plazo para recibir comentarios;
- IV. Cualquier interesado podrá presentar a la Comisión los comentarios que tuviere con relación al proyecto de directiva en el plazo que se señale, que en ningún caso podrá ser inferior a un mes a partir de la publicación del proyecto;
- V. Dentro del mes siguiente a la fecha en que termine el plazo a que se refiere la fracción anterior, la Comisión estudiará los comentarios recibidos y, en su caso, expedirá la directiva, la cual será publicada en el Diario Oficial de la Federación por lo menos con un mes de anticipación a su entrada en vigor.

En cualquier etapa del procedimiento la Comisión podrá convocar a audiencias para conocer las necesidades y puntos de vista de los interesados sobre el objeto y contenido de la directiva.

TRANSITORIOS

Primero.- Este Reglamento entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Segundo.- Dentro de los cuatro meses siguientes a la entrada en vigor de este Reglamento, la Secretaría expedirá una norma oficial mexicana sobre las características y especificaciones del gas natural que se inyecte a los sistemas de transporte, almacenamiento y distribución.

Tercero.- La Comisión deberá expedir, en un plazo de cuatro meses a partir de la entrada en vigor de este Reglamento, las directivas relativas a los precios de ventas de primera mano y a las tarifas para la prestación de servicios de transporte, almacenamiento y distribución.

Cuarto.- Para los efectos del artículo 69, el sistema de información deberá entrar en operación el primero de enero de 1998. Mientras tanto, el permisionario publicará, en un sistema de información propio, la capacidad que pretendan liberar los usuarios.

Quinto.- Petróleos Mexicanos deberá presentar a la Comisión tan pronto como sea posible, pero en un plazo no mayor a doce meses a partir de la entrada en vigor de este Reglamento, información sobre sus actividades de transporte y comercialización de gas natural, la cual deberá contener:

- VI. Estadísticas anuales sobre volúmenes manejados, precios, ventas, importaciones y exportaciones;
- VII. Localización geográfica y características de sus sistemas;
- VIII. Términos y condiciones de los contratos vigentes de compraventa y suministro celebrados con sus proveedores y usuarios con anterioridad a la entrada en vigor de este Reglamento, y
- IX. Cualquier información adicional relacionada con el gas natural que solicite la Comisión.

Sexto.- Petróleos Mexicanos deberá prestar, en la medida de sus posibilidades técnicas, el servicio de transporte conforme a las disposiciones de este Reglamento. Los interesados en obtener dicho servicio deberán solicitarlo por escrito a Petróleos Mexicanos y remitir copia de la solicitud a la Comisión

Reguladora de Energía. Petróleos Mexicanos deberá dar respuesta a dicha solicitud en el término de un mes.

Petróleos Mexicanos podrá negar el servicio sólo cuando no cuente con capacidad disponible o existan impedimentos técnicos, en cuyo caso deberá manifestar por escrito las razones que justifiquen la negativa y enviará copia de la misma a la Comisión Reguladora de Energía, que podrá intervenir en los términos de las disposiciones jurídicas aplicables.

Petróleos Mexicanos contará con un plazo de veinticuatro meses a partir de la entrada en vigor de este Reglamento, para establecer y poner en operación los sistemas de información y los mecanismos y equipos que garanticen el acceso abierto a terceros en sus sistemas de transporte. Para tal efecto, Petróleos Mexicanos deberá someter a la aprobación de la Comisión, dentro de los seis meses siguientes a la entrada en vigor de este Reglamento, un programa detallado sobre la forma en que otorgará gradualmente el acceso abierto a terceros a sus sistemas de transporte durante el periodo a que se refiere el párrafo anterior. Dicho programa deberá dar prioridad a aquellos mercados con mayor potencial competitivo.

Séptimo.- Petróleos Mexicanos continuará realizando sus actividades de transporte de gas natural, en los términos de la Ley y este Reglamento, para lo cual se le considerará otorgado un permiso provisional; las disposiciones relativas al transporte le serán aplicables en lo conducente.

Petróleos Mexicanos deberá presentar a la Comisión una solicitud en los términos del artículo 32, fracciones I y II, dentro de los ocho meses siguientes a la entrada en vigor de este Reglamento. Una vez presentada la solicitud debidamente requisitada, la Comisión expedirá los permisos de transporte correspondientes en un plazo no mayor a cuatro meses.

Octavo.- Las personas que estén realizando actividades de distribución de gas natural a la entrada en vigor de este Reglamento, podrán continuar realizando dichas actividades. La Comisión les otorgará, en el término de un mes a partir de la entrada en vigor de este Reglamento, un permiso provisional por doce meses.

Las personas a que se refiere este artículo, deberán solicitar a la Comisión, dentro de los seis meses siguientes a la entrada en vigor de este Reglamento, el inicio del proceso de licitación previsto en la sección sexta del capítulo III, o bien presentar una solicitud para obtener un permiso de distribución sin licitación.

Las solicitudes de permiso de distribución sin licitación a que se refiere el párrafo anterior deberán satisfacer los requisitos señalados en el artículo 32 fracciones I y IV, y deberán contener información detallada sobre:

X. Zona geográfica propuesta;

- XI. Localización y características de sus sistemas;
- XII. Términos y condiciones de los contratos vigentes de compraventa y suministro celebrados con usuarios y proveedores;
- XIII. Contabilidad y finanzas;
- XIV. Obligaciones vencidas a la entrada en vigor de este Reglamento o los contratos de garantía del pago de dichas obligaciones;
- XV. Control directo o indirecto de la sociedad, y
- XVI. Cualquier información adicional relacionada con el gas natural que, con la debida oportunidad, solicite la Comisión.

El procedimiento para el otorgamiento de los permisos a que se refiere el párrafo anterior se sujetará a lo dispuesto en los artículos 33, 34, 35, 36 y 37. Estos permisos conferirán exclusividad sobre la construcción del sistema y la prestación del servicio de recepción y entrega de gas natural dentro de la zona geográfica de que se trate por un plazo no mayor de cinco años a partir de su otorgamiento.

Noveno.- Las personas que realicen actividades de conducción de gas natural distintas a las previstas en los artículos anteriores, podrán continuar llevando a cabo dichas actividades. La Comisión les otorgará, en el término de un mes a partir de la entrada en vigor de este Reglamento, un permiso provisional por doce meses.

Las personas a que se refiere este artículo, deberán solicitar a la Comisión, dentro de los seis meses siguientes a la entrada en vigor de este Reglamento, el permiso correspondiente.

Décimo.- En tanto no se expidan las disposiciones reglamentarias correspondientes, este Reglamento y sus artículos transitorios serán aplicables, en lo conducente, al transporte y la distribución de gas licuado de petróleo en estado gaseoso por medio de ductos.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

INSTALACIONES PARA GAS

TEMA:

**REGLAMENTACIÓN Y NORMALIZACIÓN
"TRANSPORTE DE GAS NATURAL"**

**ING. JORGE REBOLLEDO ZENTENO
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

SEGUNDA SECCION

SECRETARIA DE ENERGIA

NORMA Oficial Mexicana NOM-007-SECRE-1999. Transporte de gas natural.

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

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-007-SECRE-1999, TRANSPORTE DE GAS NATURAL.

La Secretaría de Energía con la participación que le corresponde a la Comisión Reguladora de Energía; con fundamento en los artículos 38 fracción II, 39, 40 fracción XVII, 41 y 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 33 fracción IX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1o. y 3o. fracción XV de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía; 4o., 9o., 14 fracción IV, y 16 de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo; 28, 34 y segundo transitorio del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 7o. y 70 fracción VII del Reglamento de Gas Natural; y 2o. y 31 del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, aprobada por consenso del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Medio de Ductos, en su sexta sesión ordinaria del 17 de noviembre de 1999, y

CONSIDERANDO

Primero. Que con fecha 25 de noviembre de 1998, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Medio de Ductos publicó en el **Diario Oficial de la Federación**, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-007-SECRE-1998, Transporte de gas natural, a efecto de recibir comentarios de los interesados;

Segundo. Que transcurrido el término de 60 días a que se refiere el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para recibir los comentarios que se mencionan en el considerando anterior, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Medio de Ductos estudió los comentarios recibidos y, en su caso, modificó el Proyecto de Norma en cita;

Tercero. Que con fecha 22 de diciembre de 1999, en el **Diario Oficial de la Federación** se publicaron las respuestas a los comentarios recibidos al Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-007-SECRE-1998, Transporte de gas natural;

Cuarto. Que de lo expuesto en los considerandos anteriores se concluye que se ha dado cumplimiento con el procedimiento que señalan los artículos 38, 44, 45, 47 y demás relativos a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, por lo que se expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-007-SECRE-1999, TRANSPORTE DE GAS NATURAL

INDICE

0. Introducción
1. Objeto
2. Campo de aplicación
3. Referencias
4. Definiciones
5. Disposiciones generales
6. Materiales
7. Diseño
8. Soldadura
9. Construcción de los ductos de transporte
10. Pruebas de presión
11. Operación, mantenimiento y reclasificación
 - I. Operación
 - II. Mantenimiento
 - A. Patrullaje
 - B. Señalamientos
 - C. Reparaciones
 - D. Control de corrosión
 - E. Estaciones de compresión
 - F. Estaciones de medición y regulación

III. Reclasificación

12. Plan Integral de Seguridad y Protección Civil
13. Vigilancia
14. Concordancia con normas internacionales
15. Bibliografía
16. Vigencia

Apéndice A Calificación de tubos

Apéndice B Pruebas a soldadores

Apéndice C Procedimientos de emergencia

0. Introducción

La Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo establece en el segundo párrafo de su artículo 4o. que los sectores social y privado podrán llevar a cabo, previo permiso de la Secretaría de Energía dado por conducto de su órgano desconcentrado Comisión Reguladora de Energía, el transporte, almacenamiento y distribución de gas, para lo cual podrán construir, operar y ser propietarios de ductos, instalaciones y equipo en los términos de las disposiciones reglamentarias, técnicas y de regulación que se expidan.

Para contribuir a salvaguardar la prestación de los servicios de transporte de gas natural, fomentar una sana competencia entre los permisionarios del ramo, proteger los intereses de los usuarios correspondientes, propiciar una adecuada cobertura nacional y atender a la confiabilidad, estabilidad y seguridad en el suministro de gas natural y prestación del mencionado servicio, es necesario contar con una norma técnica de observancia obligatoria que establezca las especificaciones y los requisitos mínimos de seguridad que deben satisfacer los materiales, equipos e instalaciones destinados al transporte de dicho gas; razones por las cuales se emite la presente Norma Oficial Mexicana, que en lo sucesivo se denominará la "Norma", misma que se publica de conformidad con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y con el objeto de cumplir con la finalidad prevista en la fracción XVII del artículo 40 del mismo ordenamiento.

1. Objeto

Esta Norma tiene por objeto establecer las especificaciones técnicas que deben cumplir los materiales, tuberías, equipos, instalaciones principales y accesorias y dispositivos que son necesarios para el diseño, construcción, operación, mantenimiento e inspección de los sistemas de transporte de gas natural, así como los requisitos mínimos que deben satisfacer las medidas de seguridad y los planes de atención a emergencias.

2. Campo de aplicación

2.1 Esta Norma es aplicable a los ductos de transporte de gas natural por medio de ductos que se construyen en el territorio nacional y aquellos sistemas de transporte que ya estando construidos se modifiquen en su diseño original por reparaciones mayores, cambios de trazo o de especificaciones y/o códigos técnicos originales o por cualquier otra causa análoga a las anteriores.

2.2 Cuando se esté en presencia de cualquiera de los supuestos de modificación previstos en el párrafo anterior, se deberá detallar en la forma y términos que se establecen en la presente Norma y según sea el caso, las modificaciones al diseño, construcción, operación, mantenimiento e inspección del sistema de transporte de gas natural por medio de ductos de que se trate, y las modificaciones a las medidas de seguridad y a los planes de atención a emergencias correspondientes.

2.3 La aplicación de la Norma a los sistemas de transporte de gas natural por medio de ductos que se construyan en territorio nacional, comprende desde el punto de origen del ducto hasta las estaciones de medición y regulación del distribuidor o instalaciones del usuario final en su caso (ver diagrama 1).

2.4 Esta Norma no es aplicable a los sistemas de transporte de gas natural por medio de ductos indispensables y necesarios para interconectar la explotación y producción del gas natural.

2.5 Para los efectos de la presente Norma, el término transporte comprenderá también al transporte para usos propios que se establece en los artículos 94, 95 y siguientes del Reglamento de Gas Natural.

2.6 Esta Norma es aplicable a los materiales, tuberías, equipos, instalaciones principales y accesorias y dispositivos que son necesarios para el diseño, construcción, operación, mantenimiento e inspección de los sistemas de transporte de gas natural, así como los requisitos mínimos que deben satisfacer las medidas de seguridad y los planes de atención a emergencias. Esta Norma no pretende ser un manual técnico y se debe aplicar con un criterio apoyado en prácticas reconocidas de ingeniería y de la industria del gas natural.

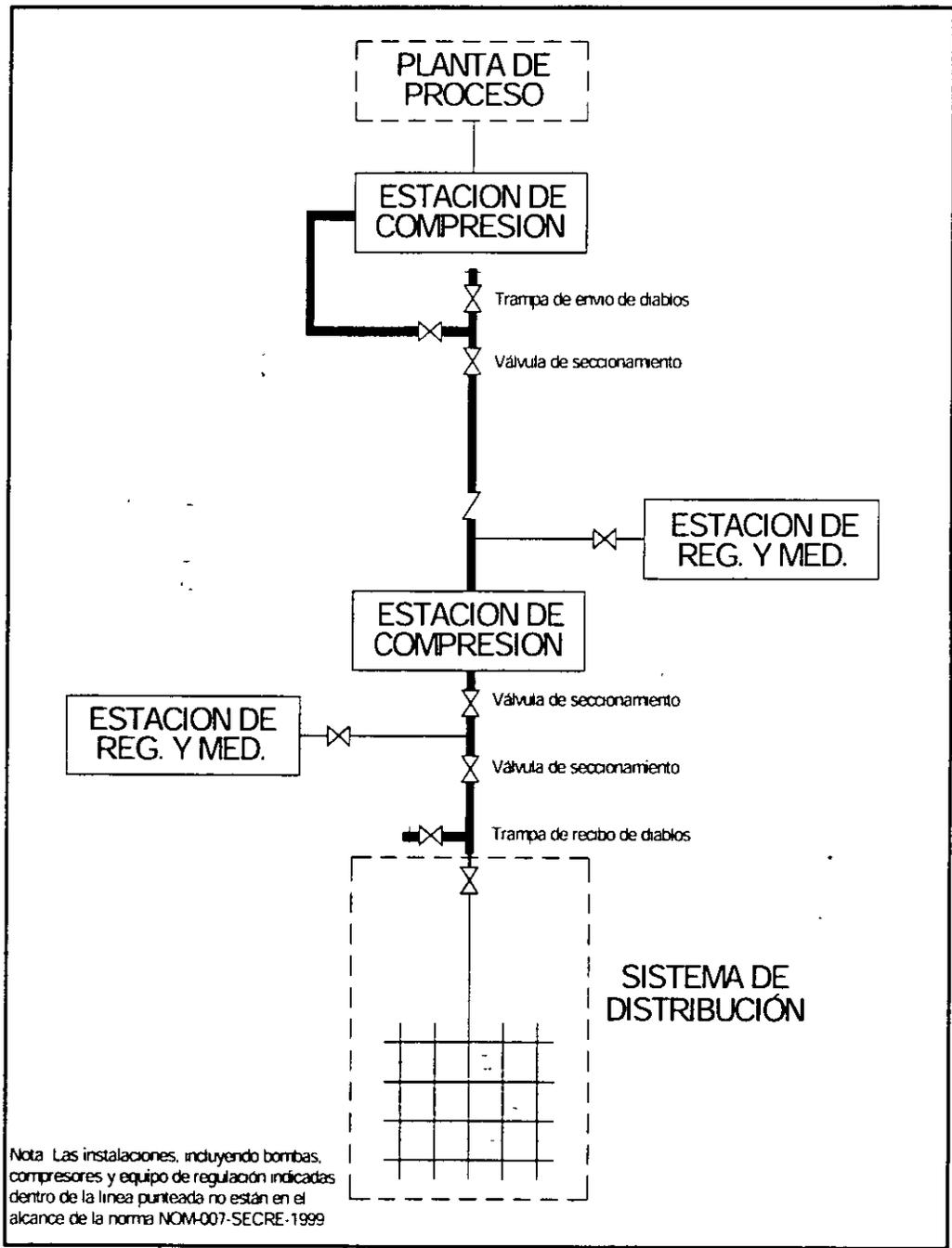
2.7 El alcance de esta Norma abarca todas las tuberías destinadas a operar a esfuerzos mayores o iguales al 30% (treinta por ciento) de la RMC.

2.8 Esta Norma es aplicable a tuberías dentro de las estaciones de regulación y medición, así como a tuberías que operan a menos de 685 kPa.

2.9 Cuando exista alguna variación entre los requerimientos de esta Norma con respecto de otras publicaciones, los requerimientos de esta Norma prevalecerán y se considerarán obligatorios.

2.10 Los preceptos de esta Norma no deben limitar el desarrollo de tecnología, equipos y prácticas de ingeniería.

Diagrama 1: Instalaciones y tuberías del sistema de transporte de gas natural que están dentro del alcance de esta Norma



3. Referencias

NOM-Z-13-1977	Guía para la redacción, estructuración y presentación de las normas oficiales mexicanas.
NOM-001-SECRE-1997	Calidad del gas natural
NOM-027-STPS-1994	Señales y avisos de seguridad e higiene
NOM-B-177-1990	Tubos de acero con o sin costura, negros y galvanizados por inmersión en caliente.

4. Definiciones

Para los efectos de esta Norma se entiende por:

4.1 Análisis de riesgo: Actividades realizadas para conocer, a partir del análisis de las acciones proyectadas de una obra o actividad, los riesgos que dichas obras o actividades representan para el equilibrio ecológico o el ambiente, así como las medidas tendientes a mitigar o minimizar los efectos en caso de un posible accidente

4.2 Area unitaria: Porción de terreno que, teniendo como eje longitudinal la tubería que transporta gas natural, mide 1600 metros de largo por 200 metros a ambos lados del centro de la línea de transporte.

4.3 Clase de localización: Area unitaria clasificada de acuerdo con la densidad de población para el diseño y la presión de prueba de los ductos localizados en esa área.

4.4 Comisión: Comisión Reguladora de Energía.

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

4.6 Derecho de vía: Franja de terreno donde se alojan las tuberías, requerido para la construcción, operación, mantenimiento e inspección de los ductos para el transporte de gas natural.

4.7 Ductos: Tuberías, conexiones y accesorios para la conducción del gas natural.

4.8 Esfuerzo tangencial: Esfuerzo producido por la presión de un fluido en la pared de un tubo que actúa circunferencialmente en un plano perpendicular al eje longitudinal de la tubería.

4.9 Estación de medición y regulación: La instalación destinada a medir, reducir y regular la presión del gas natural que se suministra a un distribuidor o a un permisionario de transporte para usos propios.

4.10 Estación de regulación: La instalación destinada a reducir y regular la presión del gas natural que se suministra a un distribuidor o a un permisionario de transporte para usos propios.

4.11 Evaluación de ingeniería: Documento derivado de una evaluación de variables usando principios de ingeniería.

4.12 Explosión: Reacción fisicoquímica de una mezcla combustible de gas iniciada por un proceso de combustión, seguida de la generación violenta y propagación rápida de la flama y de una onda de presión confinada, misma que al ser liberada produce daños al recipiente, estructura o elemento en el que se encontraba contenida dicha mezcla.

4.13 Gas inerte: Gas no combustible.

4.14 Gas natural: Mezcla de hidrocarburos compuesta primordialmente por metano.

4.15 Impacto ambiental: Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza

4.16 Línea de transporte: Tubería instalada con el propósito de conducir y entregar gas natural.

4.17 Mantenimiento mayor: Actividades de sustitución o modificación de partes de los sistemas de tuberías para el transporte de gas natural.

4.18 Máxima presión de operación permisible o MPOP: Presión máxima a la cual un ducto puede ser operado de acuerdo con lo establecido por esta Norma.

4.19 Medidor: Instrumento utilizado para cuantificar el volumen de gas natural que fluye a través de un ducto.

4.20 Permisionario: Titular de un permiso de transporte en los términos del Reglamento de Gas Natural.

4.21 Plan de emergencia: Procedimientos detallados de acción tendientes a minimizar los efectos de un acontecimiento anormal y dar una respuesta oportuna, adecuada y coordinada ante una situación fuera de control mediante la adopción de medidas inmediatas que superan los procedimientos normales destinados a proteger la vida de las personas y sus bienes, retomar el control del sistema de transporte de gas natural y minimizar los efectos al medio ambiente.

4.22 Presión: Fuerza de un fluido ejercida perpendicularmente sobre una superficie, expresada en Pascales (Pa).

4.23 Presión de diseño: Presión permitida por esta Norma, de acuerdo con los procedimientos aplicables a materiales y clase de localización

4.24 Programa de prevención de accidentes: Procedimientos, recursos humanos y materiales y acciones para proteger a la población y sus bienes, así como al medio ambiente y sus ecosistemas, de los accidentes que pudieran ser ocasionados por la realización de actividades peligrosas.

4.25 Recubrimiento: Material que se aplica y adhiere a las superficies externas de una tubería metálica para protegerla contra los efectos corrosivos producidos por el medio donde se encuentra instalada

4.26 Registro: Espacio subterráneo en forma de caja, destinado a alojar válvulas, accesorios o instrumentos para su protección

4.27 Reparación definitiva: Sustitución o reemplazo del tramo de tubo que contiene una imperfección, por otro de especificación similar o superior al del ducto original y de una longitud no menor de un diámetro del tubo.

4.28 Reparación permanente: Refuerzo de una sección de ducto que tiene un defecto o daño, consistente en la colocación de una envolvente metálica soldada longitudinalmente o corte y reemplazo por un carrete de tubería

4.29 Reparación provisional: Colocación de dispositivos como grampas atornilladas en la sección del ducto que tiene un daño o defecto o por la presencia de fuga de gas natural y que debe ser reparada en forma definitiva o permanente lo más pronto posible.

4.30 Resistencia mínima a la cedencia o RMC: Resistencia mínima a la cedencia prescrita por la especificación con la cual una tubería se compra al fabricante.

4.31 Sistema de transporte: Todos los componentes o dispositivos físicos a través de los cuales el gas natural fluye y que incluyen, además de la tubería, válvulas, accesorios unidos al tubo, estaciones de compresión, medición, regulación y ensambles fabricados.

4.32 Transporte: Actividad que consiste en recibir, conducir y entregar gas natural por medio de ductos a personas que sean usuarios finales localizados dentro o fuera de una zona geográfica en los términos del Reglamento de Gas Natural y la Directiva de Zonas Geográficas. Para efecto de esta Norma, el término transporte se utiliza indistintamente para transporte y transporte para usos propios

4.33 Válvula: Dispositivo colocado en la tubería para controlar o bloquear el flujo de gas natural.

4.34 Válvula de seccionamiento: Dispositivo instalado en la tubería para bloquear el flujo de gas natural hacia cualquier sección del sistema de transporte.

5. Disposiciones generales

5.1 Forma parte de esta Norma cualquier documento o parte del mismo que se incorpore como referencia, lo aplicable de las publicaciones que se señalan en la bibliografía y lo indicado en los Apéndice A, B y C.

5.2 Se debe cumplir con lo establecido en esta Norma para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de un ducto nuevo o uno que se reemplace y/o realice

6. Materiales

Este capítulo establece los requisitos mínimos para la selección y calificación de los ductos y sus componentes que se utilizan en los sistemas de transporte.

6.1 Requisitos generales: Los materiales de los ductos y sus componentes deben:

- a) Mantener su integridad estructural de acuerdo con las condiciones previstas de presión, temperatura y medio ambiente,
- b) Ser químicamente compatibles con el gas natural que se transporte;
- c) Ser compatibles con cualquier otro material que esté en contacto con la tubería, y
- d) Obtener la calificación correspondiente de acuerdo con los requerimientos de este capítulo.

6.2 Tubos de acero: Para que la tubería nueva de acero califique para uso bajo esta Norma debe:

- a) Estar fabricada de acuerdo con las especificaciones para tubería señalada en la bibliografía de esta Norma;
- b) Cumplir con las disposiciones de la sección A.1 del Apéndice A de esta Norma o que haya sido fabricada de acuerdo con lo dispuesto en la sección A.2 del mismo apéndice;
- c) Cumplir con la especificación API 5L "Especificación de tubería", cuando la tubería nueva sea expandida en frío, o
- d) Va a ser usada de acuerdo con el párrafo 6.2.1 (c).

La tubería de acero que no ha sido usada previamente, se podrá utilizar como tubería de reemplazo en un tramo si fue fabricada con la misma especificación que la tubería utilizada en la construcción de dicho tramo.

6.2.1 Para que la tubería de acero usada califique bajo esta Norma deberá:

- a) Estar fabricada de acuerdo con alguna de las especificaciones para tubería señaladas en la bibliografía o cumplir con los requerimientos del Apéndice A de esta Norma;

- b) Cumplir con los requerimientos de la sección A.1(c) del Apéndice A de esta Norma y haber sido utilizada a una presión igual o mayor a la requerida, o
- c) Ser utilizada de acuerdo con lo siguiente:
 - A presiones que resulten en esfuerzos tangenciales menores a 41,376 kPa;
 - Donde no se realicen cambios de dirección o dobles;
 - Cuando la inspección visual indique que la tubería está libre de defectos que ocasionen fugas, y
 - Cuando pase las pruebas de soldabilidad establecidas en la sección A.1 (c) del Apéndice A de esta Norma, en aquellas ocasiones donde se desconozca la especificación de la tubería que va a ser soldada.

6.3 Transporte de tubería. La transportación de tubería por ferrocarril, ríos o vías marinas que tenga una relación de diámetro externo-espesor de pared de 70 a 1 o mayor y que van a operar a esfuerzos del 20% (veinte por ciento) o mayores de la RMC, deberá realizarse de acuerdo con lo establecido en los códigos API RP 5L o API RP 5LW

Cuando no sea posible establecer si una tubería fue transportada de acuerdo con los códigos mencionados en el párrafo anterior, dicha tubería deberá ser probada hidrostáticamente por un periodo de cuando menos 8 horas, conforme con lo siguiente:

- A 1.25 veces la MPOP para clase de localización 1, y
- A 1.5 veces la MPOP para clases de localización 2, 3 y 4

6.4 Imperfecciones superficiales en tuberías de acero Las imperfecciones superficiales como ralladuras, muescas, hendiduras, entre otras, se deberán tomar en cuenta cuando la tubería opere a esfuerzos de 50 MPa o mayores o en tuberías mayores a 114.3 mm de diámetro exterior con un espesor de pared nominal de 6.0 mm. Estas tuberías se deben probar a una presión igual a su presión de diseño antes de ser usadas para el transporte de gas natural.

6.5 Registro de materiales. Se debe registrar y conservar los registros relativos a la especificación de la tubería, componentes y materiales usados en la construcción de sistemas de transporte durante la vida del sistema. Asimismo, los materiales deben ser identificados y verificados antes de su uso.

7. Diseño

7.1 Requisitos generales. El diseño de un sistema de transporte debe incluir: el diagrama de flujo, los planos del proyecto, las especificaciones, la memoria de cálculo y la información básica de los diferentes aspectos considerados en el diseño del ducto.

7.1.1 Los ductos se deben diseñar con un espesor de pared suficiente para soportar la presión interna y las cargas externas a las cuales se prevé que estarán expuestos durante y después de su instalación

7.1.2 En el diseño de las tuberías se deben considerar aspectos como:

- a) Características físicas y químicas del gas natural;
- b) Máxima presión de operación en condiciones normales de flujo, y
- c) Máxima temperatura de operación.

7.2 Cargas adicionales En el diseño de los ductos se deben considerar las cargas externas que puedan presentarse sobre el ducto, de acuerdo con las características del medio ambiente y condiciones de trabajo, tales como:

- a) Cargas vivas, como son el peso del gas natural (considerar el peso del agua para efecto del cálculo), nieve, hielo y viento, entre otros,
- b) Cargas por tráfico cíclico de vehículos;
- c) Cargas muertas tales como: el peso propio de la tubería, recubrimientos, rellenos, válvulas y otros accesorios no soportados,
- d) Esfuerzos provocados por sismos;
- e) Vibración y/o resonancia;
- f) Esfuerzos provocados por asentamientos o derrumbes en regiones de suelos inestables,
- g) Efectos de contracción y expansión térmica,
- h) Movimiento de los equipos conectados al ducto;
- i) Esfuerzos provocados por corrientes fluviales o pluviales,
- j) Esfuerzos provocados en los cruces con vías de comunicación;
- k) Factor de seguridad por densidad de población (F), ver fórmula del inciso 7.7;
- l) Factor por eficiencia de junta (E), ver fórmula del inciso 7.7;
- m) Espesor adicional por desgaste natural o margen de corrosión.

7.3 Clase de localización. Determinación inicial y confirmación de la clase de localización y establecimiento de la MPOP. Para cada tramo de ducto con una MPOP que produzca un esfuerzo tangencial mayor del 30% (treinta por ciento) de la RMC, se debe realizar un estudio de campo y gabinete para verificar:

- a) La clase de localización real de todo el sistema de transporte, y

- b) Que el esfuerzo tangencial de la MPOP en cada tramo de tubería corresponda a la clase de localización determinada conforme con esta Norma

7.3.1 Se debe verificar, de acuerdo con el inciso 11.13, que cada tramo de tubería que tenga una MPOP que produzca un esfuerzo tangencial que no corresponda a la clase de localización, se encuentre en condiciones satisfactorias de operación.

7.4 Se debe preparar un plan integral que incluya el programa para realizar las revisiones del ducto a que hace referencia el inciso anterior. El plan integral debe considerar, adicionalmente, las revisiones que se determinen como necesarias de acuerdo con el inciso 11.14.

Para determinar la clase de localización por donde pasará un ducto, se debe considerar lo siguiente:

- a) Localización clase 1. Area unitaria que cuenta con diez o menos construcciones o aquella en la que la tubería se localiza en la periferia de las ciudades, poblados agrícolas o industriales.
- b) Localización clase 2. Area unitaria que cuenta con más de diez y menos de cuarenta y seis construcciones
- c) Localización clase 3. Area unitaria en la que exista alguna de las características siguientes
- Más de cuarenta y seis construcciones destinadas a actividad humana o uso habitacional;
 - Una o más construcciones ocupadas normalmente por veinte o más personas a una distancia menor de cien metros del eje del ducto;
 - Un área al aire libre bien definida que se encuentra a una distancia menor de cien metros del eje de la tubería y que dicha área sea ocupada por veinte o más personas durante su uso para la cual fue destinada, por ejemplo, un campo deportivo, un parque de juegos, un teatro al aire libre u otro lugar público de reunión;
 - Areas destinadas a fraccionamientos residenciales, conjuntos, unidades y condominios habitacionales o comerciales que se encuentran a una distancia menor de cien metros del eje longitudinal del ducto, aun cuando al momento de construirse únicamente existan edificaciones en la décima parte de los lotes adyacentes al trazo del ducto, y
 - Un área que registre tránsito intenso o donde se encuentren instalaciones subterráneas como ductos de agua, líneas telefónicas, líneas de comunicación como fibra óptica u otras, líneas eléctricas, líneas de distribución, etc., a una distancia menor de 100 (cien) metros del eje longitudinal donde se pretenda instalar el ducto. Se considera tránsito intenso un camino o carretera pavimentada con un flujo de 200 (doscientos) o más vehículos en una hora pico de aforo.
- d) Localización clase 4. Area unitaria en la que se localizan edificios de cuatro o más niveles incluyendo la planta baja donde el tránsito sea intenso, o donde existen otras instalaciones subterráneas.

7.4.1 Se debe tomar una longitud de 1600 (un mil seiscientos) metros y de 200 (doscientos) metros de ancho en ambos lados de la tubería al determinarse los límites de un área clasificada, excepto cuando existan barreras físicas o factores de otra índole que limiten la expansión futura de las áreas pobladas, en cuyo caso, los márgenes del área clasificada que se deben ampliar quedarán delimitados por dichas barreras, sin exceder la distancia marcada

7.4.2 Cuando el trazo del ducto se encuentre en las clases de localización 1, 2 y 3 en que se encuentre una construcción donde haya concentración de personas, como escuelas, hospitales, iglesias, salas de espectáculos, cuarteles, entre otros, se debe considerar como criterio de diseño la clase de localización siguiente a la cual corresponda originalmente, en orden ascendente.

7.5 Espaciamiento entre estructuras subterráneas. Las tuberías de transporte subterráneas se deben instalar con una separación mínima de 30 cm de cualquier otra estructura enterrada ajena a la tubería de transporte. Cuando no sea posible tener la separación indicada, la línea se debe proteger contra daños que puedan resultar de la proximidad con la estructura vecina.

7.5.1 Las tuberías se deben instalar de tal manera que la separación con cualquier otra estructura enterrada, permita su mantenimiento y las proteja contra daños que puedan resultar por la proximidad con otras estructuras.

7.6 Profundidad de la zanja. Para tuberías de transporte enterradas, la profundidad de cubierta mínima medida a lomo de tubo hasta la superficie debe cumplir con lo que indica el cuadro 1 siguiente:

CUADRO 1.- Profundidad de zanja o cubierta mínima

Localización	Suelo normal	Roca consolidada
	Centímetros (a lomo de tubo)	

Clase de localizaciones 1, 2, 3 y 4	60	60
Cruzamiento con carreteras y vías férreas	75	75
Zanjas de drenaje en caminos públicos y cruces de ferrocarril	120	120

7.6.1 Cuando se encuentre una estructura subterránea que impida la instalación del ducto a la mínima profundidad especificada, éste se podrá instalar a una menor profundidad siempre y cuando se proporcione la protección adicional para resistir las cargas externas previstas.

7.6.2 Las tuberías que se instalen en un río navegable, cuerpo de agua o en puerto marítimo deben tener una cubierta mínima de 120 cm en suelo normal o 60 cm en roca consolidada. Sin embargo, en estos casos se permite una profundidad de zanja menor al mínimo establecido de acuerdo con el inciso anterior.

A. Fórmula de diseño para tubería de acero

7.7 Para efectos de esta Norma, el espesor de la tubería de acero que transporta gas se determina de conformidad con la fórmula siguiente:

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

Donde:

t = espesor de pared mínimo requerido, en cm. En caso que se desconozca este valor, se determinará conforme con lo establecido en el inciso 7.10. El espesor de pared adicional requerido para cargas externas será determinado tomando en consideración lo establecido en el inciso 7.2.

P = presión de diseño, en kilopascales (kPa).

S = resistencia mínima a la cedencia en kilopascales (kPa), determinada conforme con lo establecido en el inciso 7.9.

D = diámetro exterior especificado para la tubería, en cm.

F = factor de diseño determinado conforme con lo establecido en el inciso 7.11.

E = factor de eficiencia de junta longitudinal determinado conforme con lo establecido en el inciso 7.12.

T = factor de corrección por temperatura determinado conforme con lo establecido en el inciso 7.13.

7.8 Limitación de valores en el diseño de tuberías. La presión de diseño de una tubería de acero se limita al 75% (setenta y cinco por ciento) del valor determinado conforme con lo establecido en el inciso 7.7, si ha estado sujeta a expansión en frío para alcanzar la RMC y ha sido calentada posteriormente a una temperatura que exceda, en algún momento, 755 K o si la tubería ha sido mantenida por más de una hora a una temperatura superior a 589 K, salvo que este calentamiento sea por soldadura o relevado de esfuerzos.

7.9 Resistencia mínima de cedencia o RMC para tuberías de acero. En caso de desconocerse el valor de S en la fórmula anterior, para tubos de acero fabricados de acuerdo con las especificaciones señaladas en la bibliografía de esta Norma, la resistencia de cedencia a usarse en la fórmula del inciso 7.7, será la RMC establecida en la especificación de la tubería.

7.9.1 Para tuberías fabricadas con una especificación diferente a la establecida en la bibliografía de esta Norma o cuya especificación o propiedades de tensión sean desconocidas, el valor de la resistencia mínima de cedencia que se debe utilizar en la fórmula del párrafo 7.7, debe ser uno de los siguientes:

- a) Si el tubo es probado a la tensión de acuerdo con la sección A.1-(e) del Apéndice A de esta Norma, se toma el valor más bajo de las opciones siguientes:
 - 80% del promedio de resistencia a la cedencia determinada por las pruebas de tensión, o
 - El valor más bajo de la resistencia a la cedencia determinada por las pruebas de tensión, pero no mayor a 358,592 kPa.
- b) Si el tubo no se prueba a la tensión de acuerdo con la sección A.1-(e) del Apéndice A, el valor máximo será de 165,500 kPa.

7.10 Espesor de pared de la tubería. En caso de desconocerse el espesor nominal de la pared de una tubería de acero, este se determinará midiendo el espesor de un extremo de la tubería en cuatro puntos (cuadrantes) como lo marca el párrafo 11.66.

7.10.1 Cuando se tenga un lote de tubería de grado, diámetro y espesor uniformes y existan más de 10 tramos de tubería en el mismo, se debe medir el 10% (diez por ciento) de los tramos individuales o más de 10 piezas, lo que sea mayor.

7.10.2 El espesor de pared que se debe usar en la fórmula de diseño, es el espesor nominal de la especificación comercial, inmediata superior al promedio de las mediciones tomadas en la muestra. Sin embargo, para tubos de diámetro exterior menor a 500 mm, el espesor nominal de pared no debe ser 1.14 veces mayor de la medición más pequeña.

7.10.3 El espesor especificado no se debe reducir en ninguna parte del tubo más allá de las tolerancias del espesor contenido en las tablas de fabricación ANSI/ASME B36.10 M y del API Especificación 5L.

7.11 Factor de diseño (F) para tubos de acero. El factor a utilizar en la fórmula de diseño en el inciso 7.7 se determina de acuerdo con lo indicado en el cuadro 2, a excepción de lo previsto en los incisos (a), (b) y (c) siguientes:

CUADRO 2.- Factor de diseño por densidad de población

Clase de localización	Factor de diseño (F)
1	0.72
2	0.60
3	0.50
4	0.40

- a) En la fórmula de diseño del inciso 7.7 en clase de localización 1, se debe usar un factor de diseño de 0.60 o menor para ductos de acero que:
- Crucen sin encamisado un camino público o carretera sin pavimentar;
 - Crucen sin encamisado o invadan en forma paralela el derecho de vía de carreteras, autopistas, calles o vías de ferrocarril;
 - Se encuentren sobre puentes vehiculares, peatonales, ferroviarios o de tuberías, o
 - Use ensamblajes fabricados, incluyendo accesorios para separadores, ensamblajes de válvulas en cabezales, conexiones en cruz, cabezales en cruces de ríos, entre otros, o sea utilizado a una distancia menor a cinco diámetros de tubería de cualquier accesorio del ensamblaje fabricado, con excepción de alguna pieza transitoria o de un codo usado en un doblez del ducto que no esté asociada al ensamblaje
- b) En localizaciones clase 2, se debe utilizar un factor de diseño (F) igual o menor a 0.50 en la fórmula del inciso 7.7, para la tubería de acero sin encamisado que cruce el derecho de vía de un camino pavimentado, carretera, calle pública o vía de ferrocarril;
- c) En localizaciones clases 1 y 2, se debe utilizar un factor de diseño de (F) igual o menor a 0.50 en la fórmula de diseño del inciso 7.7 para:
- Tubería de acero en una estación de compresión, regulación o medición, y
 - Tubería de acero, que incluye un tubo ascendente colocado en aguas navegables.
 - Tubería de acero cercana (100 metros) a lugares como iglesias, escuelas, hospitales, casas y centros recreativos donde concurren o habitan como mínimo 20 personas (ver párrafo 7.4 c).

7.12 Factor de eficiencia de junta longitudinal (E) para tubos de acero. El factor de junta longitudinal que se utiliza en la fórmula del inciso 7.7, se determina de acuerdo con el cuadro 3 siguiente:

CUADRO 3.- Factor de eficiencia de junta longitudinal soldada (E)

Especificación	Clase de tubo	Factor de junta longitudinal (E)
ASTM A 53	Sin costura	1.00
	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
	Soldado a tope en horno	0.60
ASTM A 106	Sin costura	1.00
ASTM A 333/A333M	Sin costura / Soldado por resistencia eléctrica	1.00
ASTM A 381	Soldado con doble arco sumergido	1.00
ASTM A 671	Soldado por fusión eléctrica	1.00
ASTM A 672	Soldado por fusión eléctrica	1.00
ASTM A 691	Soldado por fusión eléctrica	1.00
API 5 L	Sin costura	1.00
	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
	Soldado por "flasheo" eléctrico	1.00
	Soldado por arco sumergido	1.00
	Soldado a tope en horno	0.60
A	Tubos mayores a 101 mm de diámetro	0.80

B	Tubos de 101 mm de diámetro o menores	0.60
---	---------------------------------------	------

7.12.1 Los valores sobre el factor de eficiencia de junta mencionados en el cuadro 3 anterior se podrán utilizar para tubería fabricada con otro estándar diferente a ASTM o API siempre y cuando se compruebe su equivalencia a estos estándares.

7.12.2 En caso de que el tipo de junta longitudinal no pueda ser determinado, se debe usar el factor de la categoría de A o B del cuadro 3 y en ningún caso debe exceder el valor designado

7.13 Factor de corrección por temperatura (T) para tubos de acero.- El factor de corrección por temperatura que se debe usar en la fórmula de diseño del inciso 7.7, se determina de acuerdo con el cuadro 4 siguiente:

CUADRO 4.- Factor de corrección por temperatura (T)

Temperatura del gas (K)	T
400 o menor	1.000
* 420	0.967
* 450	0.933
* 480	0.900
* 500	0.867

(*) Para temperaturas intermedias del gas, el factor de corrección por temperatura se determina por interpolación directa.

B. Componentes de la tubería

7.14 Esta sección establece las especificaciones técnicas, así como los requerimientos de seguridad mínimos que deben satisfacer los componentes de tuberías e instalaciones para el transporte de gas natural. Adicionalmente, establece los requerimientos para la protección contra sobrepresiones accidentales y proporciona:

- Especificaciones y selección de las partes y accesorios de ductos de transporte.
- Métodos adecuados para hacer las conexiones de los ramales;
- Considerar relativas a los efectos por cambios de temperatura, y
- Métodos apropiados para soportar y dar anclaje a los ductos, ya sean expuestos o enterrados

7.15 Requisitos generales. Cada componente de un ducto debe ser capaz de resistir las presiones de operación y otras cargas previsible, sin que se afecte su capacidad de servicio. Sin embargo, si el diseño basado en unidades de esfuerzo es impráctico para un componente en particular, el diseño se podrá basar en el rango de presión establecido por el fabricante con la presión de prueba de ese componente o de un prototipo del componente

7.15.1 Los criterios de diseño, los requerimientos establecidos en esta Norma y las prácticas de ingeniería reconocidas internacionalmente que incluyendo las presiones de operación y otras cargas impuestas, deberán aplicarse a válvulas, bridas, accesorios, cabezales y ensambles especiales, entre otros

7.16 Calificación de los componentes metálicos. Los componentes metálicos que se hayan fabricado de acuerdo con una edición diferente a la especificación correspondiente contenida en la bibliografía de esta Norma, calificarán para utilizarse en los casos siguientes:

- Cuando de la inspección visual del componente pueda determinarse que no contiene defectos que puedan afectar o dañar la resistencia, hermeticidad o propiedades del mismo, y
- Cuando la norma, código o estándar bajo el cual el componente fue fabricado cumple o supera los requerimientos indicados en las especificaciones que se incluyen en la bibliografía para:
 - Pruebas de presión;
 - Materiales, y
 - Rangos de presión y temperatura.
- Cuando se utilice tubería nueva, bridas y conexiones soldables de especificación conocida, destinadas a un sistema de transporte de gas natural, deben satisfacer las especificaciones y requisitos metalúrgicos, de fabricación y calidad de los materiales de los códigos y estándares mencionados en la bibliografía de esta Norma.
- Cuando se utilice tubería nueva o usada de especificación desconocida o ASTM A 120, se deben considerar los conceptos y pruebas aplicables de acuerdo con el Apéndice A de esta Norma.

7.17 Válvulas. Todas las válvulas deben satisfacer los requerimientos mínimos o equivalentes de la especificación API 6D o ASME B31.8 párrafo 831.11. Una válvula no se debe utilizar bajo condiciones de operación que superen los rangos aplicables de presión-temperatura contenidos en las especificaciones correspondientes de fabricación.

7.18 Bidas y sus accesorios. Las bidas y sus accesorios (diferentes al hierro forjado) deben cumplir los requerimientos mínimos de ASME/ANSI B16.5, MSS SP-44, o su equivalente.

7.18.1 Los ensambles bridados deben resistir la máxima presión a la cual operará la tubería y mantener sus propiedades físicas y químicas a cualquier temperatura a la que se prevé puedan llegar a estar sujetos en servicio.

7.18.2 Las bidas o uniones bridadas en tubos de hierro forjado deben cumplir con las dimensiones, perforaciones, diseño de cara y empaquetadura que señala ASME/ANSI B16.1 y deben coincidir íntegramente con el tubo, válvula, unión o accesorio.

7.19 Accesorios estándar. El espesor mínimo de pared de los accesorios roscados, debe ser mayor al especificado para las presiones y temperaturas de los estándares o sus equivalentes aplicables en esta Norma.

7.19.1 Cada accesorio de acero soldado a tope debe tener rangos de presión y temperatura de operación de acuerdo con los esfuerzos de la tubería donde será instalado. La resistencia a la falla o ruptura real del accesorio debe ser, como mínimo, igual a la resistencia a la ruptura de la tubería, tal y como se determina en un prototipo. En éste, la resistencia a la ruptura se prueba, cuando menos, a la presión requerida por la tubería a la cual se integra.

7.20 Corrida de dispositivos de inspección interna. Los ductos nuevos y cada tramo de tubería en operación, en donde se reemplacen tuberías, válvulas, accesorios u otro componente, se deben diseñar y construir para permitir el paso o corrida de dispositivos instrumentados de inspección interna. Esta disposición no es aplicable a:

- a) Cabezales;
- b) Tuberías en estaciones de compresión, medición o regulación;
- c) Tubería asociada con las instalaciones de almacenamiento y otras líneas de transporte continuo entre estaciones de compresión e instalaciones de almacenamiento;
- d) Cruzamientos especiales;
- e) Diámetros de tubería para los cuales no existe un dispositivo instrumentado de inspección interna;
- f) Tuberías operadas en conjunto con un sistema de distribución que estén instaladas en localizaciones Clase 4, y
- g) Tuberías en las que el diseñador determine que resulta impráctico construir instalaciones para el paso de instrumentos de inspección interna

7.21 Perforaciones al ducto. Cada accesorio mecánico utilizado para realizar una perforación a un ducto de acero en servicio, se debe diseñar, como mínimo, para la presión de operación de la tubería o de acuerdo con el código API 2201.

7.22 Componentes fabricados por soldadura. La presión de diseño de todo componente fabricado por medio de soldadura, cuya resistencia no se pueda determinar, debe cumplir con lo establecido por el Código ASME para calderas y recipientes a presión. Quedan exceptuadas las conexiones de ramales, ensambles de tuberías estándar y accesorios unidos por soldadura circunferencial.

7.22.1 Los componentes prefabricados por medio de soldadura que utilicen placa y costuras longitudinales se deben diseñar, construir y probar de conformidad con el Código ASME sección VIII, División 1 y 2 para calderas y recipientes a presión; se exceptúan los componentes siguientes:

- a) Accesorios normalmente fabricados para soldarse a tope;
- b) Tubos que han sido fabricados y probados conforme con la especificación del Apéndice A de esta Norma;
- c) Ensamblés parciales tales como anillos divididos o collarines, y
- d) Unidades prefabricadas que el fabricante certifique que han sido probadas cuando menos al doble de la presión máxima a la que serán sometidas bajo las condiciones de operación previstas

7.22.2 En tuberías que van a operar a un esfuerzo tangencial mayor al 30% del RMC no se deben utilizar tapones fuera de norma conocidos comúnmente como "punta de lápiz", "cáscara de naranja" y otros.

7.22.3 Con excepción de los cierres planos diseñados de conformidad con la sección VIII del Código ASME de calderas y recipientes a presión, los "cierres planos" y "colas de pescado" no se deben utilizar en tubos que operen a 685 kPa o más, o que sean mayores de 76 mm de diámetro nominal.

7.23 Conexiones soldadas para ramales. La conexión soldada al ducto para un ramal, ya sea en forma de una conexión sencilla, o de un cabezal aislado o múltiple como una serie de conexiones, se debe diseñar de tal forma que la resistencia del ducto no se vea disminuida. Se deben considerar los esfuerzos remanentes en la pared del ducto debidos a las aberturas en él o en el cabezal, los esfuerzos de corte producidos por la presión que actúa sobre el área del ramal abierto y cualquier carga externa debida a efectos térmicos, peso y vibración.

7.24 Salidas extruidas. Las salidas extruidas se deben diseñar para las condiciones de servicio previstas y tener, cuando menos, una resistencia igual a la de fabricación del tubo y de otros accesorios en la tubería a la cual están integradas.

7.25 Flexibilidad. El ducto se debe diseñar con flexibilidad para evitar que la expansión o contracción térmica cause esfuerzos excesivos en la tubería o sus componentes, como deformaciones, dobleces muy pronunciados, cargas anormales en las uniones, fuerzas indeseables, o momentos de palanca en puntos de conexión al equipo, o en los puntos de anclaje o guía.

7.26 Soportes y anclajes. La tubería y su equipo asociado debe tener anclajes y soportes para:

- a) Evitar esfuerzos excesivos al conectarla con equipos en operación;
- b) Resistir las fuerzas longitudinales causadas por una flexión o desviación en la tubería, y
- c) Evitar o amortiguar la vibración excesiva.

7.26.1 La tubería expuesta debe tener soportes o anclajes para proteger las uniones de los tubos sometidos a fuerzas causadas por presión interna o por cualquier otra fuerza adicional debida a la expansión, contracción térmica o por el peso del tubo, los componentes y sus contenidos

7.26.2 Los soportes o anclajes en una tubería expuesta se deben construir con material durable, no combustible y ser diseñados e instalados considerando lo siguiente:

- a) Una libre expansión y contracción de la tubería entre soportes o anclajes;
- b) Las condiciones de servicio involucradas, y
- c) Que el movimiento de la tubería pueda provocar desacoplamiento del equipo y del soporte.

7.26.3 Los soportes en una tubería expuesta operada a un nivel de esfuerzo de 30% o más de la RMC deben cumplir con lo siguiente.

- a) Evitar ser soldados directamente a la tubería;
- b) Estar contruidos por un elemento que circunde completamente a la tubería, y
- c) Cuando un miembro circundante se suelde a la tubería, la soldadura deberá ser continua y cubrir la totalidad de la circunferencia.

7.26.4 La tubería subterránea que esté conectada a otra tubería de mayor rigidez u otro objeto fijo debe tener flexibilidad para amortiguar posibles movimientos, o tener el anclaje suficiente que limite el movimiento de la tubería. Asimismo, las tuberías subterráneas donde se conecten ramales nuevos deben tener cimientos firmes para el cabezal a fin de evitar movimientos laterales y verticales excesivos

C. Estaciones de compresión

7.27 Localización del área de compresión. Las estaciones de compresión se deben localizar en terrenos que estén bajo el control del operador. La estación debe estar en un área libre, con el objeto de prevenir, en la eventualidad de un incendio, que éste traspase los límites de propiedad o se extienda hacia otras propiedades colindantes. El espacio libre alrededor del área principal de compresión debe permitir la libertad de movimiento del equipo contra incendio.

7.28 Construcción de la estación de compresión. El edificio de la estación de compresión se debe construir con materiales no combustibles

7.29 Salidas. El piso de operación de una instalación de compresión debe tener, al menos, dos salidas separadas y no obstaculizadas, ubicadas de tal manera que proporcionen posibilidad de escape y paso sin obstrucción a un lugar seguro. El cerrojo de las puertas de salida de emergencia debe accionar rápidamente desde el interior sin necesidad de una llave. Las puertas oscilatorias localizadas en una pared exterior deben abrir hacia afuera del recinto correspondiente

7.30 Áreas cercadas. La cerca perimetral de la estación de compresión debe tener, al menos, dos puertas localizadas de manera que faciliten la salida a un lugar seguro o contar con otras vías de escape que permitan evacuar rápidamente el área. Las puertas se deben localizar en un radio de 30 m de cualquier edificio de la estación de compresión y deben abrir hacia afuera libremente y desde el interior sin llave.

7.31 Instalaciones eléctricas. El equipo eléctrico y la instalación del alumbrado en las estaciones de compresión deben cumplir con la NOM-001-SEMP-1994 o la que en su momento sea aplicable.

7.32 Remoción de líquidos. Se debe instalar un separador para evitar la entrada de líquidos al compresor cuando los vapores contenidos en el gas se puedan licuar bajo condiciones previstas de presión y temperatura.

7.32.1 Los separadores usados para remover líquidos atrapados en una estación de compresión deben:

- a) Contar con medios de operación manual para remover los líquidos.
- b) Disponer de instalaciones automáticas de remoción de líquidos, dispositivos de paro automático del compresor, o una alarma de alto nivel de líquido, cuando exista la posibilidad de que el líquido pueda introducirse al compresor.

- c) Fabricarse en conformidad con la sección VIII del Código ASME de calentadores y recipientes a presión, excepto para aquellos separadores de líquido construidos de tubo y accesorios sin costura interna, a los cuales se les aplicará un factor de diseño máximo de 0.4.

7.33 Paro de emergencia. A excepción de las estaciones de compresión de 746 kW (1,000 caballos de fuerza) o menores instaladas en campo y operadas automáticamente, las demás deben tener un sistema de paro de emergencia que:

- a) Bloquee el gas natural que entra o sale de la estación dependiendo de la filosofía de operación;
- b) Descargue el gas natural por la tubería de desfogue a un cabezal de venteo o a quemador;
- c) Proporcione los medios para el paro del equipo de compresión, es decir que no se bloqueen los circuitos eléctricos que abastecen el alumbrado de emergencia necesario para apoyar al personal de la estación en la evacuación del área de compresión ni tampoco los circuitos eléctricos necesarios para proteger al equipo en caso de permanecer energizado.
- d) Opere por lo menos en dos localizaciones, cada una de las cuales esté:
 - Fuera del edificio de compresión;
 - Cerca de las puertas de salida, si la estación de compresión está cercada, o cercano de las salidas de emergencia si la estación no está cercada, y
 - A no más de 152 m de los límites de la cerca de la estación de compresión.
- e) En aguas navegables esté diseñado de tal forma que pueda accionarse automáticamente en los casos siguientes.
 - Cuando en una estación de compresión que es operada automáticamente la presión de gas natural exceda un 15% la máxima presión de operación permisible.
 - En el caso de que se involucre el edificio de una estación de compresión:
 - i) Cuando ocurra un incendio no controlado en el edificio, o
 - ii) Cuando la concentración de gas natural en aire alcance el 10% o más del límite inferior de explosividad dentro del edificio y que tenga una fuente de ignición.

7.33.1 Para propósitos del párrafo anterior una instalación eléctrica que cumpla con la Clase 1, Grupo D de la NOM-001-SEMP-1994 no constituye una fuente de ignición.

7.34 Dispositivos de limitación de presión. Las estaciones de compresión deben contar con dispositivos de relevo de presión u otros dispositivos de protección de capacidad y sensibilidad para asegurar que la MPOP de la tubería y equipo de la estación de compresión no se exceda en más de 10%.

7.34.1 Las líneas de venteo que liberen el gas natural de las válvulas de relevo de presión de una estación de compresión se deben prolongar hasta un lugar donde el gas natural pueda ser descargado sin peligro.

7.35 Equipo de seguridad adicional. El equipo de seguridad de una estación de compresión debe tener lo siguiente:

- a) Instalaciones de protección contra incendio. Si las bombas contra incendio son parte de estas instalaciones, su operación no se debe interrumpir con el sistema de paro de emergencia;
- b) Además del paro de emergencia, los compresores deben incluir sistemas de paro por sobrevelocidad (excepto en motores de inducción eléctrica o sincrónicos), baja o alta presión del combustible, falla de lubricación, adicionalmente a las que el fabricante especifique.
- c) Un dispositivo de paro o alarma que opere en caso de enfriamiento deficiente de la unidad;
- d) Los motores que operen con inyección de gas natural, deben contar con un dispositivo que cierre automáticamente la alimentación del gas natural y ventile el múltiple de distribución al paro del motor, y
- e) Los silenciadores de los motores de gas deben tener ranuras u orificios de ventilación en los difusores de cada compartimento para evitar que el gas natural quede atrapado en el silenciador.

7.36 Ventilación. Los edificios de las estaciones de compresión deben estar perfectamente bien ventilados para asegurar que el personal no esté en peligro por la acumulación de gas natural en los cuartos, sumideros, áticos, fosas u otros lugares cerrados.

D. Válvulas en tuberías de transporte

7.37 Válvulas de seccionamiento en sistemas de transporte. El ducto debe contar con válvulas de seccionamiento a lo largo de su trayectoria, instalándose como a continuación se menciona pero sin exceder la distancia marcada de acuerdo con su clase de localización:

- a) En ductos ubicados en localizaciones clase 1, cada 32 (treinta y dos) kilómetros;
- b) En las tuberías ubicadas en localizaciones clase 2, cada 24 (veinticuatro) kilómetros;
- c) En las tuberías ubicadas en localizaciones clase 3, cada 16 (dieciséis) kilómetros, y
- d) En las tuberías ubicadas en localizaciones clase 4, cada 8 (ocho) kilómetros.

7.37.1 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.

7.38 Las válvulas de seccionamiento y sus dispositivos operativos en el ducto deben cumplir con lo siguiente:

- a) Localizarse en lugares accesibles, pero protegidas de manipulaciones y daños provocados por terceros;
- b) Estar soportadas adecuadamente para evitar asentamiento o movimiento del tubo al cual están unidas;
- c) Los tramos de tubería que se encuentren entre válvulas deben tener una válvula con una capacidad de desfogue que permita que la tubería sea desfogada de acuerdo con las necesidades del sistema de transporte;
- d) El desfogue de la válvula se debe dirigir de tal manera que el gas natural pueda ser liberado a la atmósfera sin peligro, y
- e) Si el ducto se encuentra adyacente a una línea de transmisión eléctrica, el desfogue se debe situar de manera que el gas natural liberado sea dirigido lejos de los conductores eléctricos.

E. Registros

7.39 Requisitos de diseño. Los registros subterráneos para válvulas, estaciones de relevo de presión o de regulación de presión, deben:

- a) Resistir las cargas externas a las que se pueden ver sometidos y proteger el equipo instalado;
- b) Contar con un espacio de trabajo que permita que el equipo requerido en el registro se pueda instalar, operar y mantener;
- c) Construirse de manera que los tubos que crucen las paredes o que se encuentren dentro de un registro sean de acero, exceptuando la tubería de control y calibración que puede ser de cobre. Cuando un tubo cruce la estructura del registro, se debe evitar el paso de gases o líquidos a través de la abertura y evitar deformaciones en el tubo, y
- d) Estar diseñados con equipo eléctrico que satisfaga los requerimientos aplicables de la NOM-001-SEMP-1994.

7.40 Accesibilidad. Los registros deben 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 estuviera en el cauce de aguas superficiales, y de
- c) Instalaciones de agua, eléctricas, telefónicas, tuberías de vapor, entre otras.

7.41 Sellado, venteo y ventilación. Los registros subterráneos o fosa de techo cerrado deben estar sellados, venteados o ventilados como se indica a continuación:

- a) Cuando el volumen interno exceda 6 m^3 :
 1. Contar con dos ductos de ventilación que tengan al menos el efecto de ventilación de una tubería de 10 cm de diámetro;
 2. Disponer de ventilación suficiente para minimizar la formación de una atmósfera explosiva en el interior, y
 3. Los ductos deben contar con una altura que permita la descarga y dispersión del gas natural y evitar la formación de una mezcla explosiva.
- b) Cuando el volumen interno sea mayor de 2 m^3 pero menor de 6 m^3 :
 1. 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;
 2. 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
 3. Si el registro o fosa está ventilado deberán aplicarse los incisos a) o c) de este inciso.
- c) Si un registro o fosa considerado en el inciso 7.41 (b) está ventilado por las aberturas en las cubiertas o por rejillas y la relación entre el volumen interno (en m^3) y el área efectiva de ventilación de la cubierta o rejilla (en m^2), está en el rango de 6 a 1, no se requiere de una ventilación adicional.

7.42 Drenaje. Los registros deben diseñarse para reducir al mínimo la entrada de agua a los mismos.

7.42.1 Un registro que contenga una tubería de gas natural no debe estar conectado al drenaje municipal o a ninguna otra estructura subterránea.

F. Protección contra sobrepresión accidental

7.43 Requerimientos generales. La tubería que pueda exceder la MPOP como resultado de una falla de control de presión o de algún otro tipo de falla, debe tener dispositivos de relevo o de limitación de presión

que cumplan con los requerimientos de los incisos 7.44 y 7.45 y adicionalmente, ser un sistema redundante. Se debe instalar un sistema para prevenir una sobrepresión accidental tal como: válvula de relevo, un regulador en monitor instalado en serie con el regulador primario o una serie de reguladores instalados corriente arriba del regulador primario.

7.44 Requerimientos para el diseño. A excepción de los discos de ruptura, cada dispositivo de relevo y de limitación de presión debe cumplir con lo siguiente:

- a) Estar construido con materiales que no se dañen por la corrosión durante la operación del dispositivo;
- b) El dimensionamiento y la selección debe estar de acuerdo con los estándares API RP 520, API RP 521 y API RP 526. Las válvulas y los asientos de válvulas deben estar diseñados de tal forma que eviten trabarse en una posición que haga inoperante al dispositivo;
- c) Estar instalados de tal manera que sea posible determinar:
 - Que la válvula está libre;
 - La presión a la cual están operando, y
 - La inexistencia de fugas cuando están en posición cerrada
- d) Estar sostenido con soportes de material que no sea combustible;
- e) Tener tiros, ventilas o puertos de salida diseñados para prevenir la acumulación de agua, hielo o nieve, localizados donde el gas pueda descargarse a la atmósfera sin riesgos innecesarios;
- f) Estar diseñado e instalado de tal manera que el tamaño de las aberturas, el tubo, los accesorios localizados entre el sistema a ser protegido y el dispositivo de relevo de presión y el tamaño de la línea de venteo, sean adecuados para evitar la vibración de la válvula y prevenir la disminución de su capacidad de desfogue;
- g) Cuando se instale un dispositivo para proteger de sobrepresión al sistema de transporte, dicho dispositivo se debe diseñar e instalar previendo cualquier incidente aislado, tal como una explosión por acumulación de gas o ser dañado por un vehículo, que afecte su operación;
- h) A excepción de la válvula que aísla el sistema de su fuente de presión, el dispositivo se debe diseñar para impedir la operación no autorizada, que provoque la inoperancia del dispositivo regulador de presión o la de la válvula de desfogue, y
- i) Tener la capacidad para liberar el gas a un sistema de desfogue a quemador.

7.45 Capacidad requerida. Los dispositivos de desfogue, de limitación de presión o grupo de dispositivos instalados para proteger una tubería deben contar con la capacidad que requiera el sistema e instalarse para operar dentro de los límites de seguridad.

G. Estaciones de medición y regulación

7.46 Ubicación. La localización de las estaciones de medición y regulación, debe cumplir con los lineamientos siguientes:

- a) Tener las distancias mínimas de protección de acuerdo con el cuadro 5 siguiente

CUADRO 5.- Distancias mínimas de protección

Concepto	Estación para uso industrial hasta 2059 kPa (21 kg/cm ²) (en metros)
Concentración de personas	5
Fuentes de ignición	5
Motores eléctricos	5
Subestaciones eléctricas	5
Torres de alta tensión	5
Vías de ferrocarril	5
Caminos o calles con paso de vehículos	5
Almacenamiento de materiales peligrosos	15

- a) Estar fuera de las zonas fácilmente inundables o aquellas en las que pudiera haber acumulación de gases en caso de fuga.
- b) Estar en lugares de fácil acceso.

7.47 Obra civil. La estación de medición y regulación debe cumplir con los requisitos siguientes:

- a) Diseñarse con materiales no combustibles (ver Boletín 294 de la American Insurance Association);
- b) Construirse en función de las dimensiones de la tubería y considerar el espacio necesario para la protección de los equipos e instrumentos que permita las actividades de operación y mantenimiento;

- c) 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;
- d) Estar cercada y tener puertas que permitan el acceso al personal y al equipo para que se realicen los trabajos de operación, mantenimiento e inspección. El acceso debe ser restringido y las puertas contar con candado, y
- e) Contar con accesos para atención a emergencias.

7.48 Obra eléctrica. La instalación eléctrica de la estación debe ser a prueba de explosión y cumplir con los lineamientos de la NOM-001-SEMP-1994.

7.49 Obra mecánica. La estación de medición y regulación debe cumplir con los requisitos siguientes:

- a) Contar con una válvula de seccionamiento en la tubería de alimentación a la estación de regulación y medición que cumpla con las características siguientes:
 - Estar ubicada en un lugar accesible y protegida contra daños que pudieran ocasionar terceras personas y a una distancia segura de la estación;
 - Contar con mecanismos para accionarla de acuerdo con sus especificaciones,
 - Estar bien soportada mecánicamente para prevenir esfuerzos en la tubería, y
 - Estar diseñada para que la presión de diseño sea igual o mayor a la presión de operación del ducto
- b) Tener instalado un separador de líquidos antes del cabezal de medición y regulación en caso de considerarse necesario;
- c) Contar con líneas de desvío (by-pass) para mantenimiento, sin necesidad de interrumpir el suministro de gas;
- d) Contar con dispositivos de seguridad para protegerla de cualquier sobrepresión;
- e) La válvula de seguridad debe desfogar a la atmósfera y el venteo prolongarse hasta una altura que permita dispersar el gas natural sin que presente riesgos al personal o a las instalaciones;
- f) Los procedimientos de soldadura empleada para instalación de la estación se deben calificar de acuerdo con el Estándar API 1104 y ASME V y IX;
- g) En tubería superficial, la parte inferior de ésta, debe tener una altura mínima de 0.65 metros sobre el nivel del piso y de acuerdo con esta altura, construir los soportes;
- h) Se deben considerar los esfuerzos previsibles en los soportes de la tubería y accesorios;
- i) La tubería y los accesorios que van enterrados se deben proteger contra la corrosión de acuerdo con lo que establece la norma vigente correspondiente;
- j) La tubería de acero se debe proteger contra la corrosión exterior de acuerdo con la norma vigente correspondiente;
- k) Se deben instalar válvulas de bloqueo en las conexiones para la instalación de instrumentos, y
- l) Contar con el diagrama de arreglo típico de la niplería

7.50 Reguladores. Los reguladores deben cumplir con los requisitos siguientes:

- a) La capacidad nominal debe ser superior al consumo estimado para la hora pico de la demanda;
- b) La presión de diseño debe ser superior a la máxima presión de operación esperada en la estación de regulación y medición;
- c) El diámetro de la tubería a la que se conecta el regulador no debe ser menor al diámetro de las conexiones de éste;
- d) En la instalación del regulador se debe tomar en cuenta las recomendaciones del fabricante;
- e) Cuando el diseñador lo considere conveniente, puede diseñar la estación de regulación y medición con uno o más pasos de regulación;
- f) Prevenir un fallo en el regulador para lo cual se deberá contar con un dispositivo de seguridad que proteja de sobrepresión a la estación de regulación y medición y a las instalaciones aguas arriba que se les suministra gas natural;
- g) En caso de que la reducción de presión ocasione congelamiento en los reguladores, éstos deben contar con los elementos necesarios para evitarlo, y
- h) En caso de considerarse necesario, además de los separadores de líquidos, se pueden instalar filtros para retener partículas sólidas que pueda tener el gas.

7.51 Medidores. En la estación de medición y regulación se pueden instalar medidores de diferentes tipos, de acuerdo con sus rangos de capacidad. La instalación de medidores deberá considerar lo siguiente:

- a) Se debe realizar de acuerdo con las especificaciones del fabricante y a las prácticas recomendadas por los reportes números 7 y 12 de AGA.

- b) En todos los casos se deben respetar las recomendaciones de los fabricantes de los medidores, respecto a diámetros de las tuberías, conexiones y distancia a otros aparatos o accesorios en la instalación
- c) Los medidores instalados en las estaciones de medición y regulación deben ser del tipo generalmente utilizado en la industria del gas natural.
- d) La instalación de los medidores de orificio se debe hacer de conformidad con el reporte número 3 de AGA de agosto de 1993.
- e) El diámetro de la tubería donde esté instalado el medidor no debe ser de menor diámetro que las conexiones de éste
- f) Cuando la presión máxima de operación de la estación de medición y regulación sea mayor a la presión de trabajo del medidor, se debe instalar antes de éste, un regulador para reducir la presión a la de operación del medidor. En este caso también se debe instalar un dispositivo de seguridad o un regulador en monitor.
- g) Cuando la presión del gas natural no sea constante, se debe instalar al medidor un corrector de la lectura por presión y si es el caso por temperatura.
- h) La verificación de la calibración de los medidores se debe hacer siguiendo las recomendaciones del fabricante. El periodo de tiempo entre las verificaciones de los medidores se debe establecer en los procedimientos de operación y mantenimiento

8. Soldadura

8.1 Soldadura en tuberías de acero. Esta sección establece los requisitos mínimos para soldar tuberías de acero en un sistema de transporte. No es aplicable a la soldadura que se realiza en la fabricación de los tubos y componentes de tubería de acero.

8.2 Requisitos generales La soldadura la debe realizar un soldador calificado tomando de acuerdo con los requerimientos de esta sección. Las pruebas de soldadura utilizadas para calificar se determinan con base en pruebas destructivas.

8.2.1 Los procedimientos de soldadura aplicados a un sistema de transporte se deben explicar a detalle, e incluir los resultados de las pruebas de calificación de soldadura. Estos procedimientos escritos se deben conservar y aplicar siempre que se lleve a cabo el proceso de soldadura.

8.3 Calificación del procedimiento de soldadura. Antes de que se realicen las soldaduras en una tubería de acero se debe contar con un procedimiento de soldadura aprobado por la empresa que solicite dicho servicio. Los detalles que surjan durante el proceso de calificación de soldadura deben ser registrados en una bitácora así como la calificación del procedimiento de soldadura. Las copias de este documento deben estar disponibles para referencia o consulta cuando una unidad de verificación realice una verificación al sistema.

8.4 Procedimiento de soldadura. El procedimiento debe contar con alcances y limitaciones definidas para su aplicación y debe ser aplicado en soldadura a tope, soldadura de tubería a tubería, conexiones de ramales, conexiones de tuberías soldadas en curvas y en reparaciones de soldadura.

8.5 Calificación de soldadores. Los procedimientos de soldadura así como la calificación de soldadores que lleven a cabo estos trabajos en campo serán calificados de acuerdo con lo establecido en el estándar API 1104 o en la sección IX del Código ASME, calderas y recipientes a presión en su última edición. Para calificar a un soldador deberá considerarse lo siguiente:

- a) Un soldador que haya sido calificado bajo una edición anterior a la señalada en la bibliografía, puede soldar pero no se debe recalificar bajo dicha edición.
- b) Un soldador puede considerarse calificado para realizar soldaduras en tuberías que van a operar a una presión que provoque un esfuerzo tangencial menor al 20% (veinte por ciento) de la RMC, cuando realice una prueba de soldadura aceptable, de acuerdo con la prueba establecida en la sección B 1 del Apéndice B de esta Norma
- c) Un soldador que realice soldaduras en conexiones de tuberías de servicio a tuberías principales debe realizar, como parte de su prueba de calificación, una prueba de soldadura aceptable de acuerdo con la sección B 2 del Apéndice B de esta Norma. Después de la calificación inicial, un soldador no podrá realizar soldaduras a menos que:
 - i) Dentro de los 15 (quince) meses calendario siguientes, el soldador haya recalificado. Esta recalificación debe ser por lo menos una vez cada año calendario, o
 - ii) Dentro de los 7½ (siete y medio) meses calendario siguientes pero, como mínimo, dos veces al año el soldador haya desarrollado trabajos de soldadura, probados y encontrados aceptables de acuerdo con las pruebas de calificación.

8.6 Limitaciones de los soldadores. Las personas que realicen trabajos de soldadura deberán observar lo siguiente.

- a) Ningún soldador cuya calificación esté basada en pruebas no destructivas puede soldar tubos y sus componentes en estaciones de compresión;

- b) Ningún soldador puede soldar con un proceso de soldadura específico a menos que dentro de los 6 meses calendario anteriores haya realizado trabajos de soldadura empleando este proceso, y
- c) Un soldador que haya sido calificado conforme con el inciso 8.5 a), no puede soldar a menos que dentro de los 6 meses calendario anteriores, por lo menos una de sus soldaduras se haya probado y se haya determinado aceptable de acuerdo con la sección 3 o 6 del estándar API 1104; a menos que el soldador haya sido calificado bajo una edición anterior, situación que le permitirá soldar pero no recalificarse bajo esa edición.

8.7 Protección de las soldaduras. Las soldaduras en tuberías se deben proteger de condiciones ambientales adversas que pudieran perjudicar la calidad de la soldadura terminada.

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

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

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

8.9.1 Los aceros que tengan un contenido de carbón o carbón equivalente mayor de 0.32% (cero punto treinta y dos por ciento) y 0.65% (cero punto sesenta y cinco por ciento), respectivamente, se deben precalentar para soldar.

8.10 Inspección y prueba de soldaduras. Se debe realizar una inspección visual de la soldadura para asegurar que se aplique de acuerdo con el procedimiento mencionado en el inciso 8.4 y que sea aceptable de acuerdo con el inciso 8.10.1. Asimismo, las soldaduras en una tubería que va a operar a una presión que ocasione esfuerzos tangenciales iguales o mayores al 30% (treinta por ciento) de la RMC, se deben probar no destructivamente de acuerdo con el inciso 8.11. Aquellas soldaduras que son visualmente inspeccionadas y aprobadas por un inspector de soldadura calificado, no necesitarán ser probadas destructivamente en las situaciones siguientes:

- a) Cuando la tubería tiene un diámetro nominal menor de 152 mm, o
- b) Cuando la tubería va ser operada a una presión que provoca un esfuerzo tangencial menor de 30% (treinta por ciento) de la RMC y el número de soldaduras es tan reducido que las pruebas no destructivas son imprácticas.

8.10.1 La aceptación de una soldadura visualmente inspeccionada o probada no destructivamente, se determina de acuerdo con lo establecido en la sección 6 del estándar API 1104.

8.11 Pruebas no destructivas. Las pruebas no destructivas de soldaduras se deben llevar a cabo con procedimientos que indiquen claramente los defectos que pueden afectar la integridad de la soldadura.

8.11.1 Los procedimientos para pruebas no destructivas se deben establecer con el objeto de obtener una interpretación adecuada de cada prueba, para asegurar la aceptabilidad de la misma de acuerdo con lo establecido en la sección 6 del estándar API 1104.

Las pruebas no destructivas en soldaduras se deben realizar:

- a) De acuerdo con los procedimientos escritos, y
- b) Por personas que hayan sido capacitadas y calificadas en la aplicación de los procedimientos, así como en el manejo del equipo utilizado en las pruebas.
- c) Seleccionando al azar las soldaduras que serán objeto de pruebas no destructivas.
- d) En aquellas soldaduras donde no se haya llevado a cabo una prueba hidrostática.
- e) Considerando las imperfecciones que resulten del proceso de soldadura, por ejemplo, socavados, fracturas, quemaduras, porosidad, etc., y reparar estas en caso de que se encuentren fuera de norma. No debe repararse más de dos veces la misma soldadura. Si esto llegara a suceder se deberá eliminar la soldadura y colocar un carrete de tubería de acero nuevo.

8.12 Cuando se requiera realizar pruebas no destructivas, se debe seleccionar el porcentaje de las soldaduras realizadas diariamente que van a probarse sobre toda la circunferencia de la tubería. El porcentaje de soldaduras a probarse debe ser como mínimo:

- a) El 15% (quince por ciento) en localizaciones clase 1 y 2;
- b) El 100% (cien por ciento) en localizaciones clase 3 y 4, en cruzamientos de ríos principales o navegables y dentro de los derechos de vías de ferrocarril o de carreteras públicas, incluyendo túneles, puentes y cruces aéreos de carreteras. Cuando esto no sea posible se debe realizar el 90%, y
- c) El 100% (cien por ciento) en las interconexiones de tubería.

8.12.1 Se debe probar no destructivamente una muestra diaria de cada trabajo del soldador, de acuerdo con lo especificado por el inciso 8.10.

8.13 Archivo de las pruebas. Se debe conservar en archivo durante el periodo de vida operativa del ducto, un registro histórico por kilómetro y por estación operativa correspondiente, la cantidad de soldaduras circunferenciales, pruebas no destructivas, número de rechazos realizados.

8.14 Reparación o remoción de defectos. La soldadura que sea inaceptable de acuerdo con el punto 8.10 1, se debe reparar o remover. La soldadura se debe retirar cuando tenga una grieta que represente más de 8% (ocho por ciento) de la longitud total de dicha soldadura.

8.14.1 En soldadura reparada se debe remover el defecto de raíz. Después de repararse la soldadura, el tramo de tubería se debe inspeccionar para asegurar su aceptabilidad.

8.14.2 La reparación de una grieta o de cualquier defecto, se debe realizar de acuerdo con los procedimientos de reparación de soldadura descritos en el punto 9 de la bibliografía de esta Norma.

8.15 Juntas. El diseñador del sistema de juntas deberá tomar en cuenta la fricción de la junta, además de especificar la tensión axial, la compresión axial y el esfuerzo tangencial. Estas características deben ser validadas por medio de pruebas. Asimismo, deberá desarrollarse un procedimiento a detalle que incluya la preparación final y los requerimientos de operación de las juntas.

9. Construcción de los ductos de transporte

Requisitos generales

9.1 Cumplimiento de especificaciones o estándares. Cada ducto de transporte de gas natural se debe construir de acuerdo con las especificaciones o estándares que sean congruentes con esta Norma.

9.2 Inspección de materiales. Cada tramo de tubo y sus componentes se deben inspeccionar visualmente en el sitio de la instalación (derecho de vía) por personal calificado para asegurar que cualquier daño identificado sea corregido y no afecte la operación y seguridad del sistema.

9.3 Actividades sobre el derecho de vía del ducto. Se deberá tener cuidado en la selección del equipo y los métodos usados en el manejo, transportación, almacenamiento y colocación de la tubería en el derecho de vía para prevenir daños al recubrimiento.

9.3.1 El ancho mínimo del derecho de vía para tuberías de transporte se indica en el cuadro 6 siguiente y considera la franja para mantenimiento, la zanja donde se aloje la tubería y la franja de terreno donde se deposite el material producto de la excavación.

CUADRO 6.- Ancho mínimo del derecho de vía

Diámetro nominal del ducto, en pulgadas	Ancho, en metros
Hasta 8	10.0
De 10 a 18	13.0
De 20 a 36	15.0
Mayores de 36	25.0

9.4 Curvas y codos. Una curvatura no debe afectar la capacidad de servicio del tubo. Las curvas realizadas en campo deben cumplir con lo siguiente:

- a) Para tubos mayores de 100 mm de diámetro nominal, la diferencia entre el diámetro máximo y mínimo de la sección en curva debe ser menor de 2.5% (dos punto cinco por ciento) del diámetro nominal;
- b) En tubos de soldadura longitudinal, debe cuidarse que la soldadura longitudinal esté tan cerca como sea posible del eje neutral de la curvatura, a menos que.
 - La curvatura se realice con un mandril curvador interno, o
 - El tubo sea de un diámetro externo de 305 mm o menor, o
 - Tenga una relación diámetro a espesor de la pared menor a 70.

- c) Las curvaturas deberán estar libres de abolladuras, fracturas, ovalamiento y otros daños mecánicos evidentes. Las curvas se deberán controlar de tal forma que no se perjudique la integridad estructural y operacional de la tubería.
- d) Todas las soldaduras que estén sujetas a esfuerzos después del doblado deberán ser calificadas por pruebas no destructivas.
- e) La soldadura circunferencial en tubos de acero que se localice en un área que se vaya a someter a un proceso de curvado, se debe probar por métodos no destructivos antes y después de dicho proceso, ya que la tensión que se produce durante el mismo puede causar una deformación permanente en el tubo.
- f) Los codos de acero forjado para soldar y los segmentos transversales de los mismos, no se deben usar para cambios de dirección en tubos de acero de 50 mm de diámetro o mayor, a menos que la longitud del arco, medido sobre la curva interna, sea de 25.4 mm, como mínimo.

9.5 Protección contra factores externos. Los ductos deben estar protegidos contra deslaves, inundaciones, suelos inestables, deslizamientos de tierra u otros riesgos que puedan provocar que la tubería se mueva o que esté sometida a cargas anormales. Para obtener una adecuada protección de la tubería, se deberá considerar lo siguiente:

- a) Los ductos alojados en la superficie deben estar protegidos 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.
- b) Cuando los ductos crucen áreas que normalmente se hallan bajo agua o instaladas en áreas que tienen la probabilidad de inundarse como lagos, bahías, pantanos y cruces de ríos, se debe aplicar a la tubería un peso o anclaje (lastre) suficiente para impedir que flote. El cruce de tubería en un cuerpo de agua se ubicará en el margen y lecho más estable. La profundidad, la localización de las curvas instaladas en las márgenes y el espesor de pared de la tubería se deben seleccionar con base en las características del cruce, siguiendo las prácticas de la industria y técnicas de ingeniería correspondientes.
- c) Cuando los ductos de transporte crucen áreas expuestas a movimientos sísmicos o actividad volcánica, el proyecto se debe someter a consideración del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), con el objeto de tomar las medidas pertinentes para protegerlos.
- d) Se deben tomar las medidas necesarias para proteger a un ducto de transporte de peligros naturales y considerar lo siguiente: aumentos de espesor de pared, construcción de muros de contención de tierras, medidas preventivas contra la erosión, instalación de anclajes e incorporación de medidas que aumenten la flexibilidad, recubrimientos especiales, etc.

9.6 Instalación de tubos en zanja Las líneas de transporte que van a operar a presiones que provocan esfuerzos tangenciales iguales o mayores al 30% (treinta por ciento) de la RMC, se deben instalar en una zanja de tal manera que el tubo se adapte y ajuste al fondo de ésta con objeto de minimizar los esfuerzos y proteger el recubrimiento del tubo contra daños.

9.6.1 Cuando se cubre 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.

9.7 Encamisado. El encamisado que se instale a una línea de transporte que cruce una vía de ferrocarril o carretera debe cumplir con lo siguiente:

- a) Estar diseñado para resistir las cargas impuestas;
- b) Se deben sellar los extremos del encamisado si existe la posibilidad de que pudiera penetrar agua en el anillo que forman la tubería con el encamisado;
- c) Estar diseñado para soportar la MPOP a un nivel de esfuerzo menor al 72% (setenta y dos por ciento) de la RMC. Cuando se sellan los extremos de un encamisado sin venteo, el sello debe ser lo suficientemente resistente para soportar la MPOP del tubo.
- d) En cruzamientos, se permite instalar una tubería sin encamisar siempre y cuando se incremente el espesor de pared de ésta, y el diseño haya tomado en cuenta las cargas externas
- e) Si se instalan venteos se deben proteger contra agentes atmosféricos para evitar que entre agua al encamisado.

9.8 Reparaciones de socavaduras y estrías en campo. Los defectos en forma de socavaduras, hendidas, estrías deben ser:

- a) Removidos por esmerilado siempre que el espesor de pared remanente esté de acuerdo con los requerimientos establecidos en el párrafo 11.29.

- b) Eliminar la parte dañada de la tubería cortando un carrete donde se encuentra el defecto y sustituirse por otro de las mismas especificaciones, cuando las condiciones del inciso anterior no puedan cumplirse

9.9 Abolladuras, mellas y hendiduras La profundidad de una hendidura se deberá medir entre el punto más bajo de la hendidura y el contorno original de la tubería. Donde exista una hendidura que tiene una profundidad mayor de 6% (seis por ciento) del diámetro exterior de la tubería, se debe eliminar la porción afectada en forma de carrete. Lo anterior se aplicará para tuberías con diámetro exterior mayores a 101.6 mm, o repararse de acuerdo con los párrafos 11.29 y 11.30 de esta Norma.

9.10 Reparaciones por parche. No se permite reparar los defectos de la tubería por medio de parches.

9.11 Precauciones para evitar explosiones y fuegos no controlados durante la instalación. Las actividades de construcción, tales como soldadura con gas, soldadura eléctrica y corte con soplete se deben realizar en forma segura. Siempre que la tubería contenga gas, se debe evitar las mezclas gas-aire midiendo los límites de explosividad

10. Pruebas de presión

Requisitos de prueba para detección de fugas

10.1 Requisitos generales. Esta sección establece los requisitos mínimos para realizar pruebas de hermeticidad y para determinar la resistencia en tuberías. No está permitido el uso de gas natural como medio de prueba.

10.2 Antes de operar un ducto nuevo de transporte o poner en servicio un tramo de tubería que haya sido reubicado o sustituido, se debe realizar lo siguiente:

- a) Probar el tramo de tubería en conformidad con esta sección y con el inciso 11.14, para comprobar la MPOP. El medio de prueba puede ser líquido, aire o gas inerte y debe:
 - Ser compatible con el material de que está construida la tubería, y
 - Estar libre de materiales sedimentados
- b) Localizar y eliminar todas las fugas.

10.2.1 Con excepción de lo previsto en el inciso 10.3, si se utiliza aire o gas inerte como medio de prueba, se deben aplicar las limitaciones máximas de esfuerzo tangencial siguientes:

CUADRO 7.- Esfuerzo tangencial máximo permitido

Clase de localización	Esfuerzo tangencial máximo permitido como % de la RMC
	Aire o gas inerte
1	80
2	75
3	50
4	40

10.3 Requisitos de prueba de resistencia en tuberías de acero que van a operar a esfuerzos tangenciales de 30% (treinta por ciento) o más de la RMC.

- a) Se debe probar la resistencia de cada tramo de tubería de acero que va a operar a un esfuerzo tangencial de 30% (treinta por ciento) o más de la RMC;
- b) Todas las tuberías y cabezales localizadas en la clase de localización 1 y 2 se deben probar neumática o hidrostáticamente a 1.25 veces la MPOP;
- c) Todas las tuberías y cabezales en clases de localización 3 y 4 se deben probar hidrostáticamente a 1.5 veces la MPOP, y
- d) En localizaciones clases 1 o 2, cada estación de compresión, regulación o de medición, se deben probar en conformidad con los requerimientos de prueba de localización clase 3, como mínimo.

10.4 Duración de la prueba. La presión en la tubería se debe mantener por un periodo continuo mínimo de 8 horas. Las pruebas para detectar fugas se deben mantener por un periodo continuo mínimo de 8 horas cuando se use líquido como medio de prueba. Cuando se use un medio gaseoso para las pruebas de esfuerzo y detección de fugas, la presión en el ducto se debe mantener por un periodo de 24 horas

10.5 Rupturas y fugas.

- a) Fugas. En caso de ocurrir fugas durante la prueba de resistencia y en consecuencia no se mantenga la presión de prueba, la tubería deberá repararse y repetir la prueba.
- b) Rupturas. Cuando ocurran fugas por rupturas en la tubería durante la prueba de resistencia y no se mantenga la presión, la tubería se debe reparar y posteriormente repetir la prueba hasta su aceptación.

10.5.1 Con excepción de lo previsto en el último párrafo de esta sección, las pruebas de resistencia se deben realizar manteniendo la presión de prueba, por un mínimo de 8 horas.

10.6 Si un componente distinto de la tubería es la única pieza que va a ser reemplazada o agregada a una tubería, no requerirá de prueba de resistencia después de su instalación, si el fabricante del componente certifica que:

- a) El componente se probó, como mínimo, a la presión requerida del sistema al cual se adiciona, o
- b) El componente 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.

10.6.1 Para unidades fabricadas y tramos cortos de tubo en donde no es práctico realizar pruebas después de la instalación, se deben realizar pruebas de resistencia antes de su instalación manteniendo la presión de prueba por un mínimo de 4 horas

10.7 Requisitos de prueba para tuberías que operan a un esfuerzo tangencial menor de 30% de la RMC y a valores de presión superiores, igual o menor de 685 kPa.

10.7.1 Los tramos de tubería que van a operar a un esfuerzo tangencial menor al 30% (treinta por ciento) de la RMC o 685 kPa, o mayor, se deben probar de acuerdo con lo siguiente:

- a) Se debe utilizar un procedimiento de prueba que asegure la detección de todas las fugas en el tramo que se está probando.
- b) Si durante la prueba el tramo se somete a esfuerzos iguales o mayores al 30% (treinta por ciento) de la RMC y se utiliza gas natural, gas inerte o aire como medio de prueba, la prueba de verificación de fugas se debe realizar como sigue:
 - A una presión entre 685 kPa y la presión requerida para producir un esfuerzo tangencial de 30% (treinta por ciento) de la RMC;
 - La línea se debe inspeccionar para verificar fugas, mientras el esfuerzo tangencial se sostiene al 30% (treinta por ciento) de la RMC, aproximadamente, y
 - La presión se debe mantener igual o mayor a la presión de prueba por un mínimo de 1 hora.

10.7.2 El procedimiento de prueba utilizado para tuberías que operen a menos de 685 kPa, debe asegurar la detección de todas las fugas potencialmente peligrosas en el tramo que esté siendo probado. La presión mínima de prueba para estas tuberías debe ser de 685 kPa.

10.8 Requisitos de seguridad y protección. Al realizar las pruebas conforme con esta sección, se deben tomar las precauciones necesarias para proteger a los operadores y técnicos del sistema de transporte y al público en general durante la realización de las mismas.

10.8.1 Cuando se use aire o gas inerte, las personas que no forman parte de la prueba deberán permanecer fuera del área durante el periodo en el cual la presión se eleve al 50% (cincuenta por ciento) de la presión de prueba, hasta que la presión sea reducida a la presión de operación del ducto. Asimismo, se debe asegurar que el medio de prueba no ocasione daño al medio ambiente.

10.9 Documentación. Se deben realizar y mantener, durante la vida útil del ducto, un registro de las pruebas realizadas de los incisos 10.3 y 10.7, el cual debe contener, como mínimo, la información siguiente:

- a) Nombre de la empresa que efectúa la prueba;
- b) Medio de prueba empleado;
- c) Presión de prueba;
- d) Duración de la prueba;
- e) Gráficas de registro de pruebas u otros reportes de lecturas de presión;
- f) Variaciones de los incrementos de presión, siempre que sean significativas para la prueba en particular, y
- g) Fugas y fallas observadas y, en su caso, las medidas tomadas para corregirlas, así como los registros de pruebas e información que se generó durante las mismas.

10.10 Eliminación de los medios de prueba de presión. Los fluidos utilizados durante la prueba de presión se deben desechar de tal manera que se minimice el impacto al medio ambiente.

11. Operación, mantenimiento y reclasificación

I. Operación.

11.1 Requisitos generales La operación de un ducto de transporte se debe realizar de acuerdo con lo establecido en este capítulo, y

11.2 Disponer de la documentación necesaria para supervisar los procedimientos establecidos en conformidad con el inciso 11.3.

11.3 Manual de procedimientos para la operación, mantenimiento y emergencias. Las personas que realicen actividades de transporte deberán elaborar y cumplir con lo establecido en el manual de

procedimientos para realizar las actividades de operación, mantenimiento y emergencias relacionadas con el sistema de transporte.

11.3.1 El manual debe incluir los planos actualizados de cada sección del sistema de transporte y los procedimientos para el manejo de las operaciones anormales. Se debe revisar y actualizar el manual, como mínimo, una vez cada año calendario y tenerlo preparado antes de iniciar las operaciones del sistema de transporte. Los manuales deben estar disponibles en los lugares donde se realicen las actividades de operación y mantenimiento.

11.4 Características del manual de operación y mantenimiento

11.4.1 Mantenimiento y operaciones normales. El manual debe incluir los procedimientos que garanticen que las actividades de mantenimiento y operación se realicen de manera segura y debe considerar, como mínimo, lo siguiente:

- a) La operación, mantenimiento y reparación de tuberías, válvulas y accesorios,
- b) El control de la corrosión de tuberías de acero para el transporte de gas natural;
- c) Las especificaciones de construcción, planos y datos históricos de las operaciones debe ponerse a disposición del personal operativo;
- d) La documentación que comprenda la recolección de datos para el reporte de incidentes debe realizarse conforme con los procedimientos de evaluación de incidentes/accidentes establecidos en el *Apéndice C*;
- e) El arranque y paro de cualquier parte del sistema de transporte;
- f) El mantenimiento de las estaciones de compresión, regulación y medición;
- g) El arranque, operación y paro de las unidades de compresión, regulación y medición de gas natural;
- h) La revisión periódica del trabajo realizado por el personal para determinar la efectividad y aplicabilidad de los procedimientos utilizados en la operación y mantenimiento normales. Cuando se encuentren deficiencias en su aplicación, deben modificarse los procedimientos;
- i) Las precauciones que deben tomarse en las zanjas excavadas para proteger al personal del riesgo en caso de presencia de gas o de acumulación de vapores y poner a su disposición el equipo de rescate de emergencia, y
- j) Inspección y pruebas periódicas del equipo de limitación de presión para determinar que se encuentre en condiciones seguras de operación y con la capacidad adecuada.

11.4.2 Operación anormal. Para los ductos de transporte, el manual debe incluir los procedimientos que proporcionen las condiciones de seguridad necesaria cuando se hayan excedido los límites de diseño de operación y deben considerarse:

- a) La respuesta, investigación y corrección relativa al:
 - Cierre de válvulas y paros no intencionales;
 - Incremento o disminución en la presión o en el rango de flujo fuera de los límites de operación normal;
 - Pérdida de comunicaciones;
 - Operación de cualquier dispositivo de seguridad, y
 - Cualquier otra disfunción 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.
- b) Revisión de las variaciones de la operación normal después de que han terminado las operaciones anormales. Esto debe realizarse las veces que sea necesario, principalmente en las localizaciones críticas del sistema para determinar su integridad y operación segura;
- c) Notificación al personal operativo responsable cuando se reciba un aviso sobre una operación anormal, y
- d) Revisión periódica de la respuesta del personal operativo para determinar la efectividad de los procedimientos para controlar operaciones anormales y, en su caso, tomar las acciones correctivas donde se encuentren deficiencias.

11.5 Los procedimientos establecidos en los incisos 11.16, 11.17 y 11.18 de esta Norma, se deben incluir en el manual de operación y mantenimiento.

11.6 Investigación de fallas. Estas se deben investigar para determinar las causas que las originaron e implementar medidas preventivas para evitarlas. Se deberá contar con medidas de mitigación o sustitución de tubería donde los reportes de fuga indiquen una incidencia que rebase los límites establecidos por la práctica general de la industria del gas natural.

11.7 Fugas y rupturas. Cualquier fuga o ruptura en el ducto se debe documentar y registrar, así como sus reparaciones. El registro de un incidente se deberá realizar conjuntamente con la inspección de la fuga. Los registros de patrullajes, inspecciones y otros se deben conservar por el tiempo que permanezca operando el sistema de transporte.

11.8 Programas de entrenamiento. Las personas que realicen actividades de transporte deberán contar con programas de entrenamiento enfocados a la seguridad del sistema en cuanto a operación, mantenimiento y seguridad. Estos programas deberán ser impartidos a los empleados y técnicos involucrados con actividades de transporte.

11.9 Combate al fuego. Se debe contar con equipo contraincendio, el cual debe estar disponible, accesible, claramente identificado y en condiciones de operación.

11.10 Tuberías en servicio. Cuando se lleven a cabo trabajos de mantenimiento en tuberías en operación se deben reducir las presiones a niveles de óptimos de seguridad. Las condiciones para realizar trabajos de mantenimiento en condiciones óptimas de seguridad se deberán dar con base en una evaluación de ingeniería, donde se incluya el material, espesor de pared y niveles de esfuerzo de la tubería, entre otros.

11.11 Flamas abiertas y humeantes. Está prohibido tener flamas abiertas y humeantes en áreas donde existan vapores o gases inflamables.

11.12 Cambio en la clase de localización. Estudio requerido. Cuando se registre un incremento en la densidad de población éste ocasionará un posible cambio en la clase de localización en un tramo de tubería de acero existente. Se debe realizar un estudio para determinar:

- a) La clase de localización del tramo de tubería involucrado,
- b) El diseño y procedimientos de prueba utilizados en la construcción original. Se deben comparar estos procedimientos con los requeridos para la clase de localización nueva, de acuerdo con lo señalado en esta Norma;
- c) Las condiciones físicas del tramo a partir de los reportes disponibles;
- d) El historial de operación y mantenimiento del tramo, y
- e) La presión de operación máxima permisible y el esfuerzo tangencial de operación correspondientes.

11.13 Confirmación y revisión de la MPOP. Cuando el esfuerzo tangencial correspondiente a la MPOP establecida en un tramo de tubería no corresponde con la clase de localización y el tramo se encuentra en condiciones físicas satisfactorias, la MPOP de ese tramo de tubería se debe revisar y confirmar su valor de acuerdo con los criterios siguientes:

- a) La MPOP del tramo se debe reducir de manera que el esfuerzo tangencial correspondiente sea menor que el permitido por esta Norma para tuberías en esa misma clase de localización.
- b) Si el tramo ha sido probado previamente durante un periodo de prueba mayor de 8 horas de acuerdo con lo establecido en el capítulo 10 sobre requerimientos de prueba de esta Norma, la MPOP debe ser la que indica el cuadro 8 siguiente:

CUADRO 8. Esfuerzo tangencial máximo

Clase de localización	MPOP	Esfuerzo tangencial máximo
1 y 2	0.800 veces la presión de prueba	72% de la RMC
3	0.667 veces la presión de prueba	60% de la RMC
4	0.555 veces la presión de prueba	50% de la RMC

- c) Si el tramo no ha sido probado, se debe probar de acuerdo con lo establecido en el capítulo de Requerimientos de Prueba de esta Norma y su MPOP se debe establecer de acuerdo con los criterios siguientes.
 - La MPOP confirmada no debe exceder a aquella existente antes de la prueba;
 - La MPOP después de la prueba de revaloración debe ser la indicada en el cuadro 6, y
 - El esfuerzo tangencial máximo debe ser el indicado en el cuadro 6.
- d) La confirmación y revisión de la MPOP de un tramo de tubería de acuerdo con este inciso, no excluye la aplicación de los incisos 11.60 y 11.64 de esta Norma.
- e) La confirmación y revisión de la MPOP que se requiera como resultado de un estudio de acuerdo con el inciso 11.12 de esta Norma, así como la reducción de presión, se deben realizar dentro de los 18 meses siguientes al cambio de clase de localización. Durante este periodo, se debe establecer la MPOP real que tendrá el tramo del ducto.
- f) Se permite operar el ducto con la misma clase de localización siempre y cuando se reduzca la presión de operación y se mejore o se reemplace la tubería de acuerdo con lo establecido por esta Norma.

11.14 Máxima presión de operación permisible. Con excepción con lo previsto en el último párrafo del inciso 11.13 c) no se debe operar una tubería de acero a una presión que exceda los valores siguientes:

- a) La presión de diseño del elemento más débil en el tramo que se determine de acuerdo con el capítulo 7 sobre diseño de tuberías de esta Norma.

- b) La presión que resulte de dividir la presión a la cual se probó el tramo de tubería después de ser construido, entre el factor que se establece a continuación:
- Para tubos de acero operados a 6900 kPa o mayor, la presión de prueba se divide entre el factor determinado en el cuadro siguiente:

CUADRO 9

Clase de localización	Factor
1	1.25
2	1.25
3	1.50
4	1.50

- c) La presión de operación más elevada a la cual el tramo estuvo sujeto durante los últimos 5 años, a no ser que el tramo haya sido probado de acuerdo con el inciso b) de este párrafo, o que se haya revaluado de acuerdo con el capítulo 11 subcapítulo III sobre reclasificación de tuberías de esta Norma;
- d) Para tubos de acero soldados a tope, una presión igual al 60% (sesenta por ciento) de la presión de prueba de fabricación a la cual se sometió el tubo;
- e) Para tubos de acero diferente a los tubos soldados a tope, una presión igual al 85% (ochenta y cinco por ciento) de la presión de prueba más alta a la cual el ducto ha estado sometido, ya sea por prueba de fabricación o por la prueba posterior a la instalación, y
- f) La presión determinada como la máxima segura será establecida después de considerar la historia del tramo, particularmente el nivel de corrosión conocido y la presión de operación real de la tubería.

11.14.1 No se debe operar un tramo al cual es aplicable el inciso 11.14 anterior, salvo que se instalen dispositivos protectores de sobrepresión de manera que se evite exceder la MPOP de acuerdo con el capítulo 7 de esta Norma .

11.15 Dispositivos de control de presión, limitadores de presión y relevo de presión.

Se deberán observar las consideraciones siguientes en estos dispositivos:

- a) Cuando se considere que la tubería debe operar por debajo de la máxima presión de operación permisible, ésta se reducirá a la presión de operación adecuada y se deberán ajustar los controles de presión de acuerdo con los dispositivos de relevo y limitadores de presión.
- b) Los dispositivos de relevo, limitadores de presión y control de presión deberán ser inspeccionados cuando menos una vez cada año calendario, con un intervalo máximo de 15 meses entre inspección e inspección. Lo anterior con la finalidad de determinar que se encuentren bien instalados y operando adecuadamente y valorar que tienen la capacidad y confiabilidad para el servicio para el cual fueron diseñados.

11.16 Perforación de tuberías bajo presión. Cada perforación en una tubería bajo presión, debe ser realizada por personal especializado y competente, con el equipo especial y utilizando un procedimiento previamente aprobado que considere cuando menos lo siguiente.

- a) Calificación de personal. El personal que realice las perforaciones bajo presión debe:
- Estar familiarizado con las limitaciones de presión del equipo a utilizar, y
 - Estar capacitado en los procedimientos mecánicos y en las medidas de seguridad relacionadas con el uso del equipo en cuestión
- b) Identificación de tuberías. Cuando se lleven a cabo actividades de operación y mantenimiento se debe actuar con precaución cuando se conozca o sospeche la existencia de otras instalaciones subterráneas en la zona o cuando no se esté familiarizado con las instalaciones. El personal debe conocer los materiales utilizados por otros servicios públicos en esa zona y la localización de las mismas. Asimismo.
- Se deben revisar los planos y ponerse en contacto con los propietarios de otras instalaciones subterráneas, para determinar su ubicación, y
 - Para asegurar que la tubería expuesta sea la que se necesita perforar, se debe considerar la extensión de la excavación, el diámetro de la tubería, tipo de revestimiento y material base de tubo, las conexiones involucradas y las características necesarias del tubo en cuestión, para proceder a realizar los trabajos requeridos

11.17 Purgado de las tuberías. Cuando se va a purgar una tubería usando gas, éste se debe liberar en un extremo de la tubería con un flujo moderadamente rápido y continuo. Si el gas no se puede abastecer en cantidades suficientes para evitar la formación de una mezcla explosiva, se debe introducir gas inerte dentro de la línea antes del flujo de gas natural.

Cuando en una tubería se purga el gas natural utilizando aire, éste se debe liberar en un extremo de la tubería con un flujo moderadamente rápido y continuo. Si no se puede suministrar aire en cantidad suficiente para evitar la formación de una mezcla explosiva de gas natural y aire, se debe introducir gas inerte antes del aire.

II. Mantenimiento

11.18 Disposiciones generales Para operar cualquier tramo de tubería se debe llevar a cabo el mantenimiento del mismo de acuerdo con este capítulo. Cualquier tramo de tubería que represente riesgo se debe reparar, reemplazar o remover de servicio. Las fugas se deben reparar en el plazo que se establece en la normatividad vigente.

11.19 Vigilancia continua. Las personas que realicen actividades de transporte deben tener un procedimiento para la vigilancia continua de sus instalaciones, para determinar y tomar la acción apropiada en casos de cambios en la clase de localización, fallas, historial de fugas, corrosión, cambios sustanciales en los requerimientos de protección catódica, y otras condiciones no usuales de operación y mantenimiento

11.19.1 En caso de determinar que un tramo de tubería se encuentra en condiciones no satisfactorias, pero no existe un riesgo inmediato, se debe iniciar un programa para reacondicionar o eliminar el tramo involucrado y en caso de que dicho tramo no se pueda reacondicionar o eliminar, en ese momento, se debe reducir la MPOP de acuerdo con inciso 11.14

11.19.2 Se debe realizar vigilancia continua del sistema de transporte para poder determinar las condiciones operativas o de mantenimiento anormales o inusuales. La vigilancia se debe realizar mediante:

- a) Inspección visual de las instalaciones, con relación a:
 - Modificación en la densidad de población y cambio de clase de localización;
 - Efecto de la exposición a la intemperie o movimiento de las tuberías;
 - Cambios en la topografía que pudieran afectar a las instalaciones;
 - Posible manipulación peligrosa, vandalismo o daños o evidencia de tales situaciones;
 - Acciones de terceros sobre las tuberías, y
 - Posible filtración de gas natural a edificios desde los registros y fosas a través de entradas de aire
- b) Revisión y análisis periódicos de documentación que incluyan:
 - Inspección de fugas;
 - Inspección de válvulas;
 - Inspección de equipos de regulación, alivio y limitación de presión;
 - Inspección de control de corrosión, e
 - Investigación de fallas de las instalaciones en general

A. Patrullaje

11.20 Se debe establecer un programa de patrullaje para observar las condiciones superficiales adyacentes a las tuberías de transporte en el derecho de vía en busca de indicios de fugas, condiciones inseguras del ducto, actividades de construcción, excavaciones, sustracción de dispositivos de protección catódica, tomas clandestinas de producto, perforaciones en los ductos y cualquier otro factor que pueda afectar la seguridad y operación del sistema

Los patrullajes deben ser como sigue

- a) En vehículo terrestre, o
- b) A pie.
- c) El método aéreo se considera como una alternativa opcional, que se debe evaluar de acuerdo con las necesidades específicas del caso

11.20.1 La frecuencia de los patrullajes se determina en función de la longitud, topografía, acceso y problemáticas particulares de cada línea involucrada, presiones de operación, clase de localización, tipo de terreno, clima y otros factores relevantes. Los intervalos entre celajes no deben ser mayores de los establecidos en el cuadro siguiente:

CUADRO 10

Clase de localización	Intervalos mínimos de celajes
1 y 2	1 vez al mes
3	1 vez al mes
4	1 vez al mes

11.20.2 Se debe poner particular atención a las áreas pobladas y/o protegidas de biosferas, carreteras, cruces de ríos y ferrocarril, y áreas públicas de recreo como parques y campos de juego. El personal de

vigilancia debe estar alerta a cualquier cambio de coloración en el suelo o en la detección de vegetación muerta que pudiera indicar posibles fugas.

11.21 Inspección de fugas. Las inspecciones se deben realizar a intervalos que no excedan 15 meses, pero como mínimo 1 vez cada año calendario. Se debe utilizar equipo especializado en la inspección para la detección de fugas considerando lo siguiente:

- a) En clase localizaciones 3 se realizarán inspecciones a intervalos que no excedan de 7½ (siete y medio) meses, pero al menos 2 veces cada año calendario, y
- b) En clase localizaciones 4 se realizarán inspecciones a intervalos que no excedan de 4½ (cuatro y medio) meses, pero al menos 4 veces cada año calendario.

B. Señalamientos

11.22 En tuberías enterradas Los señalamientos de la tubería de transporte se deben colocar en ambos lados del derecho de vía, en cada cruce de una carretera, camino público y de ferrocarril.

11.22.1 Se deben instalar las señales necesarias para localizar e identificar la tubería de transporte, así como delimitar la franja de terreno donde se aloja y reducir consecuentemente la posibilidad de daño o interferencia.

11.23 Excepciones en tuberías enterradas.

- a) En cruces fluviales y otros cuerpos de agua se deben instalar señalamientos tan cerca de ambas márgenes como sea posible, y
- b) En clase localizaciones 3 o 4 se exime de este requerimiento en donde exista la aplicación de un Programa de Prevención de Daños y en las que, debido a impedimentos del lugar o físicos, no sea posible instalarlos

11.24 Tuberías superficiales. Se deben colocar señalamientos a lo largo y en ambos lados del derecho de vía de cada tramo superficial de una línea de transporte y, principalmente, en las áreas de fácil acceso al público.

11.25 Señalamientos de advertencia. Para los señalamientos se debe utilizar letra clara en un fondo de color distintivo y contrastante, en los cuales debe escribirse en ambos lados de cada señalamiento, según corresponda, datos de: tubería, de alta o baja presión bajo tierra, gas natural, no cavar, ancho del derecho de vía, teléfonos, lada del área y a dónde dirigirse en caso de emergencia, símbolo con pico y pala y el nombre y símbolo de la compañía responsable del transporte del gas natural, principalmente. Las letras deberán tener un alto de 25 4 por 6 mm de ancho.

11.26 Documentación histórica de cada ducto Se debe mantener un historial de los reportes de cada inspección de fugas, vigilancia de la línea, fuga descubierta, reparación realizada y consecuencias de la ruptura, por el tiempo que el tramo de la tubería de transporte involucrada permanezca en servicio, así como la documentación relativa al diseño, construcción, operación y mantenimiento.

11.27 Disposiciones Generales Para que un ducto de acero que haya estado en servicio antes de la entrada en vigor de esta Norma califique para ser utilizado, se debe realizar lo siguiente:

- a) Revisar el historial de diseño, construcción, operación y mantenimiento de la tubería. Cuando no se cuente con dicha información, se debe valorar de conformidad con el inciso 6.2.1 de esta Norma para determinar si el ducto se encuentra en condiciones satisfactorias de operación de acuerdo con esta Norma;
- b) Inspeccionar el ducto para identificar las condiciones de operación que pudieran afectar el derecho de vía de los tramos superficiales y de los subterráneos;
- c) Corregir los defectos y condiciones inseguras detectadas de acuerdo con esta Norma;
- d) Probar las tuberías de acuerdo con el capítulo Requisitos de Prueba para garantizar que se proporcione la MPOP definida en el capítulo de Operación, y
- e) Mantener, durante el período de operación de cada tubería, un registro de las operaciones realizadas, pruebas, reparaciones, reemplazos y modificaciones o alteraciones hechas bajo los requisitos de este inciso.

C. Reparaciones

11.28 Requisitos generales de los procedimientos de reparación. Se deben tomar medidas inmediatas para proteger al público siempre que:

- a) Se detecte una fuga, imperfección o daño que afecte el servicio de un tramo de línea de transporte y
- b) No sea posible realizar una reparación definitiva en el momento de su detección, la cual se programará a la brevedad posible

11.28.1 No se deben utilizar parches soldados como medio de reparación definitiva.

11.28.2 Las reparaciones se deben realizar mediante un procedimiento aprobado, el cual debe ser supervisado por personal calificado, entrenado y que tenga conocimientos de los riesgos a que puede estar expuesto.

11.28.3 Cuando en una tubería de transporte se realice una reparación con carácter provisional, tal como el uso de abrazaderas, se debe programar la reparación definitiva dentro de los 30 (treinta) días siguientes a

la fecha de la reparación provisional, a excepción de las reparaciones en instalaciones situadas en clases de localización 3 y 4, las cuales se deben realizar de inmediato.

11.29 Reparación de tubos de acero. Cada imperfección o daño que afecte las propiedades físicas de un tramo de tubo de acero se debe reparar o retirar. Si la reparación provoca una disminución de la pared del tubo, el espesor de pared remanente deberá presentar las características siguientes:

- 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 requerido por la presión de diseño de la tubería.

11.29.1 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% (treinta por ciento), o más de la RMC, en los casos siguientes:

- a) En situaciones tales como una rasgadura, muesca, ranura, o quemadura de arco de soldadura que puedan causar concentraciones de esfuerzos, y
- b) Cuando afecten la soldadura longitudinal o circunferencial

11.29.2 En tubos que van a operar a presiones que provocan esfuerzos tangenciales del 30% (treinta por ciento) o más de la RMC, en donde las hendiduras tengan profundidades de:

- a) Más de 6 mm en tubos de 300 mm o menor en diámetro exterior, y
- b) Más del 2% (dos por ciento) del diámetro nominal en tubos mayores de 300 mm de diámetro exterior.

11.29.3 Para el propósito de esta fracción, una abolladura es una depresión que provoca una deformación o perturbación en la curvatura de la pared del tubo sin reducir el espesor de pared del mismo. 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, como se especifica en el inciso 11.29 de esta Norma

11.29.4 Cada quemadura con soldadura de arco en tubos de acero que van a operar a presiones que provocan esfuerzos tangenciales de 30% (treinta por ciento) o mayores de RMC, se debe reparar o remover. Si se realiza una reparación por esmerilado, la quemadura de la soldadura de arco debe ser completamente removida y el espesor de pared remanente debe ser, como mínimo, igual a:

- a) El espesor de pared mínimo requerido por las tolerancias de la especificación a la cual se fabricó el tubo;
- b) El espesor de pared nominal requerido para la presión de diseño de la tubería

11.29.5 Una depresión, muesca, quemadura por soldadura de arco o hendidura no se debe reparar con parches de inserción, golpeteo y/o martillado, y

11.29.6 Cada depresión, muesca, quemadura por soldadura de arco o hendidura que vaya a ser removida de un tramo de tubo, debe ser retirada cortando la parte dañada como un carrete.

11.30 Reparación permanente de imperfecciones y daños en campo. La imperfección o daño que afecte la capacidad de servicio de un tramo de una tubería de acero de transporte que esté operando al 30% (treinta por ciento) de la RMC o más, se debe reparar como se establece a continuación:

- a) Las hendiduras con una profundidad mayor de 10% (diez por ciento) de espesor nominal de pared se deben retirar o reparar,
- b) Salvo lo establecido en el inciso d) siguiente, las abolladuras se deben retirar cuando reúnan cualquiera de las condiciones siguientes:
 - Las que afectan la curvatura de un tubo en la soldadura longitudinal o en cualquier soldadura circunferencial a tope,
 - Las que contengan una raspadura o ranura;
 - Las que excedan una profundidad de 6 mm para tubos iguales o menores de 300 mm de diámetro nominal, y
 - Las que excedan el 2% (dos por ciento) del diámetro nominal de tubos mayores de 300 mm
- c) Si es posible sacar de servicio el tramo se cortará el carrete dañado y se reemplazará por otro de resistencia igual o mayor;
- d) En caso de no ser posible sacar de servicio el tramo, se debe reducir la presión de operación hasta un nivel que garantice la seguridad durante las operaciones de reparación y colocarse envoltentes bipartidas soldadas sobre el área total dañada del tubo;
- e) Las tuberías sumergidas en aguas navegables continentales se pueden reparar por medios mecánicos, instalando abrazaderas atornilladas de diseño apropiado sobre el daño o imperfección;
- f) Antes de reparar permanentemente por medios mecánicos o por soldadura una tubería de acero que opera por encima del 30% (treinta por ciento) de la RMC, se debe determinar el espesor y la integridad de la pared del tubo por medio de ultrasonido u otro medio. Donde se encuentre deterioro o laminación, se deben tomar las medidas para realizar una reparación segura.

11.31 Reparación permanente de soldaduras en campo. Cada soldadura que no sea aceptable de acuerdo con el 8.10.1 se debe reparar como se describe a continuación:

- a) Si es posible, se sacará de servicio el tramo de tubería de transporte para reparar la soldadura de acuerdo con los requerimientos aplicables que señala el inciso 8.14
- b) Una soldadura se puede reparar de acuerdo con el inciso 8.14, mientras el tramo de la tubería de transporte está en servicio si:
 - No existe fuga en la soldadura;
 - La presión en el tramo se reduce de manera que no produzca un esfuerzo tangencial que sea mayor del 20% (veinte por ciento) de la RMC del tubo, y
 - El esmerilado del área dañada o defectuosa no penetre más de 3 mm del espesor de la soldadura del tubo.
- c) Cuando los tubos presenten grietas o fisuras se deben retirar y sustituir por tubería nueva de especificación similar;
- d) Las soldaduras de campo que tengan imperfecciones o se encuentren en los límites de aceptación de acuerdo con las especificaciones para el grado y tipo de tubo se deben retirar de servicio. Se debe aplicar el mismo criterio para las quemaduras por soldadura de arco, y
- e) Una soldadura defectuosa que no se pueda reparar de acuerdo con los subincisos (a) o (b) anteriores, se debe corregir mediante la instalación de envolventes bipartidas soldadas de diseño apropiado.

11.32 Reparación permanente de fugas en campo. A excepción de lo señalado en el párrafo siguiente de esta sección, la reparación definitiva en campo de una fuga en un ducto de transporte se debe realizar como se menciona a continuación:

- a) Cuando sea posible, el tramo de ducto se debe sacar de servicio y reparar cortando el carrete de tubería y reemplazándolo con un tramo de tubo que posea una resistencia de diseño igual o mayor.
- b) En caso de no ser posible sacar de servicio el tramo de la línea de transporte, la reparación se realizará mediante la instalación de envolventes bipartidas soldadas o atornilladas de diseño apropiado, a menos que la línea de transporte:
 - Esté unida por acoplamientos mecánicos, y
 - Opere a menos del 30% (treinta por ciento) de la RMC
- c) En caso que la fuga se deba a corrosión con picadura, la reparación se debe realizar instalando una abrazadera atornillada de diseño apropiado. Si el tubo no tiene más de 276,000 kPa de RMC, la reparación se puede realizar en el área con picaduras mediante la aplicación de soldadura en el área corroída o por la metodología de resistencia remanente en tuberías, utilizando el procedimiento descrito en ASME/ANSI B31G, o por el indicado por la American Gas Association (AGA). Ambos métodos se pueden aplicar con las limitaciones que se señalan en los mismos.

11.32.1 Las tuberías sumergidas en aguas navegables continentales se pueden reparar mecánicamente mediante la instalación de envolventes bipartidas de diseño apropiado. No se deben utilizar parches en estas instalaciones.

11.33 Prueba en tubería de reemplazo. Si un tramo de línea de transporte se repara cortando el carrete dañado, el tubo de reemplazo se debe probar a la presión requerida para una línea nueva que se instale en la misma localización. Esta prueba se debe realizar en el tubo antes de su instalación.

11.34 Prueba de las reparaciones realizadas por soldadura. Las reparaciones que se realicen por soldadura de acuerdo con los incisos 11.28 a), 11.30 y 11.32 anteriores deben examinarse bajo el criterio establecido en el inciso 8.10 de esta Norma.

11.35 Envolventes. Las envolventes de refuerzo que ayudarán a contener la presión interna de la tubería se deben considerar como reparaciones permanentes, siempre y cuando sea soldada y se extienda longitudinalmente por lo menos 50 mm más allá del extremo del defecto o imperfección.

Las envolventes deberán presentar las características siguientes.

- La concentración de esfuerzos a la flexión de la tubería deben localizarse dentro de la envolvente;
- El material de la envolvente debe ser compatible con el material de la tubería;
- Tener un espaciado adecuado con otros dispositivos de la tubería;
- Tener un soporte adecuado durante la instalación y operación, y
- Ser probada a la presión de prueba que marca esta Norma.

11.36 Envolventes de refuerzo. Las envolventes deben tener una capacidad de carga nominal cuando menos igual al de la tubería instalada. Se deben usar pruebas destructivas y no destructivas para demostrar su resistencia a la fractura de la soldadura y comparar con las pruebas de soldadura del material original. La envolvente que esté soldada a la tubería debe estar sellada en sus extremos para evitar que el agua migre

hacia el espacio entre la tubería y ésta; se debe asegurar la continuidad eléctrica entre la tubería y la envolvente de refuerzo

11.37 Envolventes contenedoras de presión. Se permite el uso de envolventes atornillables para contener la presión interna de la tubería como reparación permanente si están diseñadas y construidas de material que sea adecuado para soldadura y que pueda contener la presión de la tubería de acuerdo con los requerimientos de diseño. La tubería debe ser sellada a presión entre el ánulo de la tubería y la envolvente para relevar los esfuerzos asociados a la imperfección o defecto. Se debe llevar a cabo una evaluación de ingeniería que indique que el defecto no se extenderá más allá de la envolvente.

11.38 Remoción de defectos por perforación (Hot tapping) Se permite remover defectos por perforación de la tubería, siempre y cuando la localización, ancho y largo del defecto se determine por una inspección visual y prueba no destructiva.

11.39 Retiro de servicio de instalaciones. Se debe elaborar un procedimiento para retirar las tuberías de servicio que incluya como mínimo lo siguiente.

- a) La tubería que se deje abandonada en el lugar se debe desconectar de todas las fuentes de abastecimiento de gas y purgarse;
- b) La tubería inactiva a la cual no se le proporcione mantenimiento conforme con esta sección, se debe desconectar de todas las fuentes de abastecimiento de gas;
- c) Si se utiliza aire para purgado se debe asegurar que no esté presente una mezcla explosiva después del purgado, y
- d) Los registros abandonados deben llenarse con material compacto adecuado.

11.40 Mantenimiento de las válvulas Las válvulas de una tubería de transporte que se puedan requerir durante una emergencia, se deben inspeccionar y checar su viabilidad operativa a intervalos que no excedan 15 meses pero, como mínimo, una vez cada año calendario.

11.41 Mantenimiento de registros Los registros o fosas que alojen válvulas, equipo de regulación y limitación de presión, y que tengan una capacidad interna volumétrica igual o mayor de 6 m³, se deben inspeccionar a intervalos que no excedan de 15 meses, pero al menos una vez cada año calendario, para determinar que se encuentren en condiciones operativas y con ventilación. Asimismo:

- a) En caso de que se detecte gas en el registro, el equipo en su interior se debe inspeccionar en busca de fugas, las que se deben reparar de inmediato;
- b) Se debe inspeccionar la ventilación, para determinar que funcione adecuadamente, y
- c) Se deben inspeccionar las cubiertas de las bóvedas para asegurarse que no presenten riesgo para la seguridad pública.

D. Control de la corrosión

11.42 Esta sección establece los requerimientos mínimos para la protección de los sistemas de tuberías y sus componentes metálicos contra la corrosión interna y atmosférica. Las tuberías existentes y nuevas que califiquen para uso bajo esta Norma deben satisfacer los requerimientos de esta sección. Estos requerimientos se deben considerar en conjunto con la publicación de NACE referida en la bibliografía.

11.43 Adicionalmente a la protección catódica, las tuberías subterráneas se deben proteger contra la corrosión con un recubrimiento que debe cumplir con lo siguiente:

- a) Ser aplicado a la superficie de la tubería previamente preparada y limpia;
- b) Tener la suficiente adhesión a la superficie metálica del tubo para evitar la introducción de la humedad entre el recubrimiento y el tubo;
- c) Ser suficientemente dúctil para evitar agrietamientos;
- d) Ser suficientemente resistente contra daños por el manejo de la tubería y por esfuerzos ocasionados por el suelo,
- e) Ser de alta resistividad eléctrica y baja capacidad de absorción de humedad;

11.43.1 Asimismo deben tomarse las medidas siguientes:

- a) El recubrimiento debe ser revisado y reparado de cualquier daño que tenga inmediatamente antes de bajar y tapar la tubería en la zanja;
- b) El recubrimiento debe protegerse de cualquier daño causado por los soportes de la tubería o por las irregularidades que se encuentren en la zanja;
- c) Si la tubería recubierta va a ser introducida por perforación horizontal en cualquiera de sus modalidades (direccional, rompimiento, incado o por topo) o por algún método similar, se debe poner especial atención para minimizar daños al recubrimiento;
- d) Todos los ductos enterrados o sumergidos deberán contar con recubrimiento anticorrosivo y se deberán tomar las medidas adecuadas para su selección, instalación, inspección y evaluación, y
- e) Por sus efectos nocivos a la salud y al medio ambiente no se debe utilizar recubrimiento a base de alquitrán de hulla.

11.44 Control de corrosión interna: Cuando se retire un tramo de tubería, se debe inspeccionar su superficie interna en busca de evidencias de corrosión, en cuyo caso se debe:

- a) Investigar los tramos adyacentes (posterior y anterior) de la tubería para determinar si existe extensión de la corrosión interna
- b) Realizar el reemplazo de la extensión requerida de acuerdo con los criterios establecidos por los incisos 11.47 y 11.48 de esta Norma.
- c) Tomar las medidas necesarias para minimizar la corrosión interna.

11.45 Monitoreo de la corrosión interna. En la eventualidad de presencia de gas corrosivo en el sistema de transporte, 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 7½ (siete y medio) meses.

11.45.1 Los dispositivos que se pueden emplear para medir la corrosión interna o la eficiencia de los inhibidores incluyen sondas de hidrógeno, sondas de corrosión, probetas con pérdida de peso, embobinadoras de ensayo y equipo para ensayos no destructivos capaces de indicar pérdida del espesor de pared.

11.46 Control de la corrosión atmosférica.

- a) **Tuberías existentes.** La tubería superficial o parte de la misma que esté expuesta a la atmósfera se debe limpiar y proteger con recubrimientos o forrarse con un material adecuado para prevenir la corrosión atmosférica. Se debe contar con un programa para monitorear la corrosión en ductos superficiales y partes expuestas, y llevar a cabo reparaciones donde sea necesario
- b) **Tuberías nuevas.** En las tuberías superficiales o parte de las mismas expuestas a la atmósfera se requiere:
 - Tomar las medidas de acuerdo con los incisos 11.47 y 11.48 de esta Norma si se determina que existe corrosión atmosférica, y
 - Limpiar y aplicar recubrimientos o forrar las áreas afectadas por corrosión atmosférica en la tubería con un material adecuado para su prevención.

11.46.1 Después de cumplir con los requerimientos del inciso 11.47, se debe evaluar cada tubería que esté expuesta a la atmósfera y tomar las medidas correspondientes para proteger la tubería de la corrosión atmosférica a intervalos que no excedan de tres años

11.47 Medidas correctivas. Se debe observar lo siguiente:

- a) Se debe proveer de un recubrimiento externo protector a cada tramo de tubería metálica que reemplace a tubos enterrados o sumergidos dañados por corrosión externa;
- b) Cada tramo metálico de tubería que reemplace a tramos removidos de una tubería enterrada o sumergida debido a corrosión externa, debe ser catódicamente protegido de acuerdo con este capítulo y a la norma oficial mexicana aplicable en la materia;
- c) Debe ser protegido catódicamente cada tramo de tubo enterrado o sumergido que se requiera reparar debido a corrosión externa;
- d) Cada tramo de una línea de transporte con corrosión generalizada y con un espesor de pared remanente menor que el requerido para la MPOP de la tubería, se debe reemplazar o reducir la presión de operación, de acuerdo con la resistencia calculada del tubo, basándose en el espesor de pared real remanente. Sin embargo, si el área con corrosión generalizada es reducida, el tubo corroído se puede reparar. La corrosión por picadura cercanamente agrupada puede afectar la resistencia total del tubo, lo cual se considera como corrosión generalizada para el propósito de este punto;
- e) Cada tramo de tubería en líneas de transporte con corrosión por picadura que pueda provocar fugas se debe reemplazar, reparar o reducir la presión de operación de acuerdo con la resistencia del tubo basada en el espesor real de pared remanente en las picaduras;
- f) A fin de determinar las posibilidades de continuar en servicio, la evaluación de la resistencia remanente en tuberías de una zona que sufrió corrosión se puede realizar por un método analítico, por pruebas de presión o por un método alternativo, y
- g) Se deben reparar las secciones de tuberías y juntas basados en una evaluación de ingeniería por medio de la cual se determinará el método a emplear.

11.48 Reportes escritos de control de la corrosión. Se deben conservar los reportes escritos o mapas que muestren la localización de la tubería e instalaciones catódicamente protegidas, así como otras instalaciones y estructuras vecinas protegidas catódicamente.

11.48.1 Los mapas, reportes de cada prueba, investigación o inspección requeridos en el párrafo anterior que contengan información relativa a un adecuado control de la corrosión deberán conservarse por el tiempo que la tubería permanezca en servicio.

11.49 Recubrimiento externo. Los procedimientos o especificaciones deberán incluir la metodología para la aplicación, manejo e inspección del recubrimiento. Este debe ser inspeccionado antes, durante y después de la instalación de la tubería para detectar imperfecciones o fallas.

E. Estaciones de compresión

11.50 Inspección y prueba de dispositivos de relevo. Los dispositivos de relevo de presión en una estación de compresión, a excepción de los discos de ruptura, se deben inspeccionar y probar de acuerdo con lo establecido en los incisos 11.55 y 11.56 de esta Norma. Asimismo, se deben operar periódicamente para determinar que abren a la presión establecida

11.50.1 Cualquier defecto o inadecuación del equipo de la estación de compresión se debe reparar o reemplazar de inmediato

11.50.2 Los dispositivos de paro a control remoto se deben inspeccionar y probar a intervalos que no excedan de quince meses pero, como mínimo, una vez cada año calendario para determinar que funcionen conforme con lo programado.

11.51 Aislamiento de equipos para mantenimiento o modificaciones. Se deben establecer procedimientos para el mantenimiento de estaciones de compresión, incluyendo las disposiciones para aislar los equipos o tramos de tubería, antes de su retorno a servicio. También deben establecerse los procedimientos para el purgado del equipo.

11.52 Almacenamiento de materiales combustibles. Los materiales combustibles que estén presentes en cantidades mayores a las requeridas para el uso diario, o que sean distintos a los requeridos en las instalaciones de compresión, se deben almacenar a una distancia segura de la instalación de compresión

11.52.1 Los tanques superficiales de almacenamiento de petróleo o gasolina se deben proteger de acuerdo con el código NFPA, número 30.

11.53 Detección de gas. Las áreas que forman parte de una estación de compresión deben contar con sistemas fijos de detección de gas natural y alarma, salvo que:

- a) El edificio esté construido de tal manera que el 50% (cincuenta por ciento) de su área lateral vertical, como mínimo, esté permanentemente abierta, o
- b) La estación de compresión sea de hasta de 1,000 caballos de fuerza y no esté tripulada

11.53.1 Salvo cuando se requiera parar el sistema para mantenimiento de acuerdo con el párrafo siguiente, los sistemas de detección de gas natural y alarma requeridos por esta sección deben monitorear continuamente la estación de compresión para detectar concentraciones de gas natural en aire menores del 25% (veinticinco por ciento) del límite inferior de explosividad. En caso de que dichas concentraciones se detecten, se debe advertir del peligro que representa a las personas que se encuentran en el interior de la estación de compresión y a las que se encuentren fuera de ella.

11.53.2 Los sistemas de detección de gas natural y alarma aquí requeridos, se deben mantener en condiciones óptimas de funcionamiento. El mantenimiento debe incluir pruebas operativas.

11.54 Compresor.

- a) El compresor de gas debe arrancar, operar y parar de acuerdo con los procedimientos establecidos en el manual de operación. Los dispositivos de paro deben ser inspeccionados y probados periódicamente para determinar su funcionamiento óptimo
- b) Para las estaciones donde existan condiciones de corrosión elevadas se deben contar con procedimientos que establezcan la inspección periódica en intervalos frecuentes que permitan descubrir los deterioros causados a la tubería y a los equipos
- c) El equipo y la tubería deben ser aislados y purgados para su mantenimiento.

F. Estaciones de medición y regulación

11.55 Inspección y pruebas. Las estaciones de medición, dispositivos de relevo de presión (excepto discos de ruptura) y estaciones de regulación de presión 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 para determinar que:

- a) Se encuentran en una condición mecánica adecuada desde el punto de vista de capacidad y confiabilidad operativa;
- b) Trabaja a la presión correcta, y
- c) Están protegidas del polvo, líquidos u otras condiciones que pudieran afectar su funcionamiento.

11.56 Prueba de dispositivos de relevo de presión. Los dispositivos de relevo de presión (excepto discos de ruptura), cuando sea posible, se deben probar en el sitio a intervalos que no excedan de quince meses

pero, como mínimo, una vez cada año calendario para determinar que cuentan con suficiente capacidad para limitar la presión en las instalaciones a las que están conectados, hasta obtener la presión máxima deseada.

11.56.1 En caso de no poder realizar una prueba, se debe revisar y calcular la capacidad requerida del dispositivo de relevo a intervalos que no excedan de quince meses pero, como mínimo, una vez cada año calendario, y comparar estas capacidades requeridas con la capacidad de relevo del dispositivo o experimentalmente determinada para las condiciones de operación bajo las cuales trabaja.

11.56.2 Después de los cálculos iniciales, no se requieren cálculos subsecuentes si la revisión de documentos indica que los parámetros no han cambiado de una manera que ocasione que la capacidad sea menor a la requerida

11.56.3 Si el dispositivo de relevo es de capacidad insuficiente, se debe instalar un dispositivo nuevo o adicional para proporcionar la capacidad requerida.

11.56.4 Se permite llevar a cabo pruebas a los dispositivos en un sitio fuera de su localización.

11.57 Prevención de incendios accidentales. Derivado de una previa valoración del riesgo, se deben instrumentar las medidas de seguridad aplicables para minimizar el peligro de un incendio accidental en áreas donde la presencia de gas constituya un riesgo de fuego o explosión

11.58 En áreas donde la presencia de gas constituya un riesgo se deberán tomar en cuenta, entre otras, lo siguiente:

- a) Cuando un volumen de gas es liberado al aire, se debe tener cuidado de retirar del área cualquier fuente potencial de incendio y contar con el equipo adecuado en caso de emergencia.
- b) La soldadura o corte eléctrico o con gas no se debe realizar en el tubo o en componentes de tubo que contengan una mezcla explosiva de gas - aire en el área de trabajo; e

III. Reclasificación

11.59 Reclasificación de tuberías por incremento de presión. Esta sección establece los requerimientos mínimos que se deben cumplir en tuberías de gas natural en operación que se van a someter a incrementos de presión. Para lo anterior, es necesario determinar la MPOP de las tuberías bajo las nuevas condiciones de operación.

11.60 Requisitos generales, incrementos de presión. En caso de que se requieran modificar las condiciones de operación de una tubería para aumentar la presión, el incremento se debe realizar gradualmente a valores que puedan ser controlados y de acuerdo con lo siguiente.

- a) Al final de cada incremento gradual, la presión se debe mantener constante, en tanto se verifica la existencia de fugas en el tramo de tubería afectado, y
- b) Las fugas detectadas se deben reparar antes de realizar un nuevo incremento de presión.

11.61 Documentación. Cuando se someta un tramo de tubería a condiciones de operación más exigentes, se deben contar con un registro de las acciones realizadas en los ductos, investigaciones, trabajos y pruebas de presión desarrolladas.

11.62 Plan escrito. Cuando se modifiquen las condiciones de operación de un tramo de tubería, se deben seguir los procedimientos escritos que aseguren el cumplimiento de los requisitos aplicables de esta sección.

11.63 Limitaciones para incrementar la MPOP. Al establecer una nueva MPOP conforme con esta sección, no se podrá exceder el valor máximo permitido para un tramo nuevo de tubería construido de los mismos materiales en la misma localización a excepción de lo previsto en el inciso 11.64 de esta Norma

11.64 Reclasificación de tuberías de acero que operarán a una presión que producirá un esfuerzo tangencial de 30% o mayor de la RMC. En caso de que sea necesario someter un tramo de tubería de acero a una presión de operación que produzca un esfuerzo tangencial de 30% (treinta por ciento) o más de la RMC y que dicha presión sea mayor que la MPOP establecida, se deben cumplir los requerimientos establecidos en esta sección.

11.64.1 Antes de incrementar la presión de operación por encima de la MPOP establecida, se debe:

- a) Revisar el diseño, operación e historial de mantenimiento del ducto;
- b) Realizar las pruebas previas del tramo de tubería y determinar si el incremento propuesto es seguro y congruente con los requerimientos de esta Norma, y
- c) Realizar cualquier reparación, reemplazo y/o alteración en el tramo de la tubería que sean necesarios para disponer de una operación segura a la presión incrementada.

11.64.2 Una vez satisfechos los subincisos 11.64 (a), (b) y (c) anteriores, se podrá aumentar la MPOP de un tramo de tubería a la máxima presión permitida conforme con el inciso 11.14 de esta Norma, utilizando como presión de prueba la presión más alta a la cual dicho tramo de tubería estuvo sujeto (ya sea en una prueba de resistencia o en operación).

11.64.3 En caso de que el ducto o tramo de tubería no califique según se indica en el párrafo anterior, se podrá aumentar la MPOP establecida si la tubería cumple, como mínimo, con uno de los requerimientos siguientes:

- a) Que el tramo de tubería sea exitosamente probado de acuerdo con los requerimientos de esta Norma para una línea nueva del mismo material y especificación en la misma localización;
- b) Si un tramo de tubería de clase localización 1 no ha sido probado previamente podrá establecerse un incremento en la MPOP cuando:
 - La nueva MPOP no exceda 80% (ochenta por ciento) de lo permitido para una línea nueva del mismo diseño y en la misma localización, y
 - Se determine que la nueva MPOP es congruente con la condición del tramo de tubería y los requerimientos de diseño de esta Norma.

11.64.3.1 Cuando se va a reclasificar un tramo de tubería para someterla a nuevas condiciones de operación de acuerdo con esta sección, el aumento de presión se debe realizar mediante incrementos iguales al 10% (diez por ciento) de la presión de operación original o al 25% (veinticinco por ciento) de la presión total a la que se va a operar el ducto, el que implique el menor número de incrementos.

11.64.4 Reclasificación de tuberías de acero que operarán a una presión que producirá un esfuerzo tangencial menor de 30% de la RMC. Para someter un tramo de tubería de acero con una presión de operación que producirá un esfuerzo tangencial menor de 30% de la RMC, y que se encuentre por arriba de la MPOP, previamente establecida, deben cumplirse los requerimientos de este inciso.

Antes de incrementar la presión de operación sobre la MPOP, previamente establecida, se debe:

- a) Revisar el diseño, operación e historial de mantenimiento del tramo de tubería en cuestión;
- b) Realizar una investigación retrospectiva de fugas (en caso de que no se haya realizado en más de 1 año);
- c) Reparar las fugas que se encuentren;
- d) Realizar las reparaciones, reemplazos o cambios que sean necesarios en los tramos de tubería para que operen con seguridad cuando se incremente la presión;
- e) Reforzar las derivaciones, codos y terminaciones de las uniones de tubos que hayan sido acoplados por compresión en las uniones macho o campana, con el objeto de evitar fallas en los ramales, curvaturas o terminaciones de las tuberías, en caso de encontrarse expuestos;
- f) Aislar el tramo de tubería en el que se incrementará la presión de cualquier tramo adyacente que continuará operando a una presión menor, y
- g) Instalar reguladores de presión en la instalación de los usuarios finales, en caso de ser necesario, para asegurar que la tubería funcione correctamente al incrementarse la presión en el ducto.

11.64.4.1 Después de cumplir con lo señalado en este inciso, el incremento de la MPOP se hará gradualmente con incrementos iguales a 70 kPa, o 25% (veinticinco por ciento) del total de la presión que se incrementará, lo que implique el menor número de incrementos. Siempre que apliquen los requerimientos del inciso 11.64.4 f) de esta Norma, será necesario realizar, al menos, dos incrementos de presión de la misma proporción

11.65 Máxima profundidad de la zanja Cuando se reclasifica un ducto y se requiere determinar la profundidad de la zanja, se debe medir la profundidad cuando menos en tres lugares del trayecto y tomar el valor mayor encontrado.

11.66 Espesor nominal de la pared del ducto.

- a) Si se desconoce el espesor nominal de pared de un ducto, éste se puede determinar cortando y midiendo especímenes en al menos tres tramos diferentes. El promedio de todas las medidas tomadas será el espesor con que se calcule el incremento de presión.
- b) El espesor de pared también se puede determinar usando aparatos de ultrasonido.

11.67 Calibración de espesores. Con la finalidad de controlar el desgaste de la tubería por corrosión o erosión se debe realizar la medición de espesores de pared de la tubería en instalaciones superficiales, como son entradas y salidas de estaciones de compresión, estaciones de regulación y medición de válvulas, pasos aéreos y trampas de diablos. Estas mediciones se deben efectuar anualmente y una vez que se cuenten con suficientes datos para estimar la velocidad de desgaste, se debe establecer un programa de calibración

11.68 Documentación Los reportes de las revisiones, estudios, trabajos y resultados de las pruebas para reclasificar una tubería se deben conservar durante la vida operativa de la instalación.

11.69 Evaluación de ingeniería. Para conocer la integridad del sistema se debe llevar a cabo una evaluación de ingeniería la cual debe considerar el historial de diseño, construcción, operación, mantenimiento y seguridad. Cuando la información anterior no se encuentre disponible o en malas condiciones para su interpretación, se deben realizar las pruebas e inspecciones necesarias. Entre éstas se encuentran la medición de espesores, pruebas de presión, inspección de protección catódica, excavaciones para verificar el estado del recubrimiento, entre otras

11.70 Desactivación de tuberías. En los procesos de desactivación de tuberías, se deberán tomar las medidas siguientes:

- a) Cuando se desactive una tubería, ésta debe ser retirada y taponada usando bridas ciegas, cabezas soldadas, comales o el que se considere apropiado, y donde se requiera se debe instalar un sistema de relevo. Cuando la tubería se llene con algún medio se deberá poner especial cuidado en su desactivación y los efectos que se le puedan causar a la misma y las consecuencias que se puedan tener en la eventualidad de una fuga.
- c) En tuberías desactivadas se deberá mantener el control de la corrosión interna y externa y el mantenimiento de la tubería deberá realizarse de acuerdo con lo establecido por esta Norma (secciones 11 A y D)
- d) Para tuberías que no han sido utilizadas por un tiempo mayor a 15 meses se debe comprobar anualmente la efectividad del método de desactivación usado, el control de la corrosión y otras actividades de mantenimiento.

11.71 Reactivación.

- a) Antes de la reactivación de una tubería se debe llevar a cabo una evaluación de ingeniería para determinar si dicha tubería es operativamente viable para entrar en servicio.
- b) Cuando la evaluación indique que no es viable de entrar en servicio se deben implementar las medidas correctivas que sean necesarias para su reactivación.

11.72 Tubería abandonada. La tubería que es abandonada en un lugar se debe purgar o limpiar, debe estar físicamente separada de cualquier servicio y se debe taponar haciendo un sello efectivo

12. Plan integral de seguridad y protección civil

12.1 Se debe tener previsto un plan integral de seguridad y protección civil en el cual se establezcan las acciones preventivas y de auxilio destinadas a salvaguardar la integridad física de la población y sus bienes, y proteger el sistema de transporte ante la ocurrencia de un siniestro. El plan integral de seguridad y protección civil debe constar como mínimo de:

- a) Programa de prevención de accidentes;
- b) Programa de auxilio, y
- c) Programa de recuperación.

12.2 Programa de prevención de accidentes. Este programa tiene por objeto establecer las medidas para evitar y/o mitigar el impacto destructivo de un siniestro sobre la población, sus bienes y el medio ambiente, por lo que éste debe estar basado en un estudio de análisis de riesgos e impacto ambiental. Por lo anterior, es necesario la creación de una unidad interna de protección civil y designar a un titular responsable del programa de prevención de accidentes.

12.3 Programa de prevención de daños. Se debe instrumentar un procedimiento escrito para prevenir daños a las tuberías enterradas ocasionados por actividades de excavación

12.3.1 Las actividades de excavación incluyen: la excavación misma, explosión, perforación, limpieza y descubrimiento de la tubería, excavación de túneles, relleno, remoción de estructuras superficiales, ya sea con explosivos o por medios mecánicos, y por cualquier otra operación de movimiento de tierra. Se deben realizar las acciones requeridas en el párrafo siguiente a través de la participación en programas de servicio público, en los que intervengan las autoridades de gobierno y personas físicas o morales afectadas. Esta participación no exime a la persona que realice actividades de transporte del cumplimiento de las obligaciones aquí señaladas

El programa de prevención de daños debe, como mínimo:

- a) Incluir la identidad de las personas que normalmente están involucradas en actividades de excavación en el área en donde se localiza la tubería;
- b) Distribuir folletos informativos sobre el programa de prevención de daños a las dependencias, organismos o empresas identificados en el párrafo a), tan frecuentemente como sea posible para concientizarlas sobre el programa.
- c) Proporcionar los medios para recibir y registrar las notificaciones de las actividades planeadas de excavación;
- d) Proporcionar a la autoridad local información actualizada de las tuberías e instalaciones existentes en su territorio, marcando el área para una fácil identificación;
- e) Contar con un sistema de una llamada (one call-system);
- f) Identificar con señalamientos temporales las tuberías enterradas en el área de excavación antes de que la actividad se inicie, y
- g) Solicitar las inspecciones que deban realizarse a tuberías cuando puedan ser dañadas por las actividades de excavación:

- La inspección debe realizarse tan frecuentemente como sea necesario durante y después de las actividades para verificar la integridad de la tubería, y
- En el caso de una explosión las inspecciones deben incluir supervisión de fugas.

12.4 Programa de auxilio. Este programa tiene como objeto establecer las actividades destinadas a rescatar y salvaguardar a la población que se encuentre en peligro en caso de un siniestro y mantener en funcionamiento los servicios y equipo estratégico. El instrumento operativo de este programa es el plan de emergencia y comprende el desarrollo de lo siguiente:

- a) Alerta. Se debe establecer un Sistema de Alerta interno utilizando sirenas, luces, altavoces o cualquier otro medio que determine que existe una emergencia, cuyo significado debe ser oportunamente identificable;
 - b) Plan de emergencia. Se debe elaborar un plan de actividades y procedimientos específicos de actuación para hacer frente a fallas en el sistema de transporte y siniestros. El objetivo fundamental de este plan es la puesta en marcha y la coordinación del operativo de emergencia en función del siniestro, los recursos disponibles y los riesgos previsibles. El plan debe considerar los procedimientos por escrito en caso de emergencia y minimizar los riesgos que resulten de las emergencias en tuberías de gas natural
- 1 El plan de emergencia debe incluir, como mínimo con:
 - Un responsable de la operación y su suplente;
 - Un centro de comando identificado e intercomunicado para emergencias;
 - Un sistema de comunicación y alerta entre las personas que realicen actividades de transporte y los cuerpos de emergencia de la zona geográfica;
 - Un protocolo de alerta a los cuerpos de seguridad pública.
 - Una relación de funciones y responsabilidades de los organismos involucrados;
 - Reglas de actuación en las emergencias;
 - Los procedimientos para la supresión de fugas, uso y manejo de planos de localización de líneas, válvulas y accesorios, y
 - Las reglas generales para el combate de incendios.
 - 2 Procedimientos en caso de emergencia Las personas que lleven a cabo actividades de transporte deben establecer procedimientos escritos para minimizar los riesgos que resulten de emergencias en tuberías de gas. Estos procedimientos deben incluir, como mínimo, con lo siguiente:
 - Recepción, identificación y clasificación de información de los eventos que requieran de una respuesta inmediata por parte de las personas que realicen actividades de transporte,
 - Establecer y mantener los medios de comunicación con funcionarios de la Dirección de Protección Civil correspondiente, policía, bomberos y otros organismos públicos involucrados relacionados con lo siguiente:
 - Detección de fugas de gas dentro de un edificio o en las inmediaciones;
 - Atención de un incendio dentro o en las proximidades de las instalaciones de tuberías,
 - Atención de una explosión cerca o en una instalación de tubería, y
 - Desastre provocado por fenómeno natural o daños por terceros.
 - 3 Disponer del personal, equipo, herramientas y materiales, de acuerdo a necesidades en la escena de una emergencia.
 - 4 Definir y tomar acciones dirigidas hacia la protección de las personas y de la propiedad, bienes materiales y su entorno;
 - 5 Realizar, cuando se requiera, paros de emergencias y reducción de la presión en cualquier parte del sistema de tubería del permisionario que sean necesarios para minimizar los riesgos a la vida o a la propiedad;
 - 6 Tomar todas las medidas de seguridad ante cualquier riesgo real o potencial que pudiera afectar a las personas, propiedad y su entorno, y asegurarse de su efectividad;
 - 7 Notificar a la Dirección de Protección Civil correspondiente, policía, bomberos y demás sectores públicos involucrados en las emergencias de tuberías de gas sobre cualquier situación de emergencia, y coordinar con ellos las respuestas planeadas y las respuestas reales durante el evento;
 - 8 Restaurar, con base en las medidas de seguridad definidas, cualquier interrupción de los servicios.
 - 9 De acuerdo con el 12.7 iniciar las acciones de investigación de fallas al finalizar la emergencia.
 - 10 Las personas que lleven a cabo actividades de transporte deben:
 - a) Proporcionar a sus supervisores responsables de las acciones de emergencia una copia de la edición más reciente de los procedimientos de emergencia establecidos en esta sección;

- b) Entrenar al personal de operación apropiado para asegurar que conozcan los procedimientos de emergencia y verificar que el entrenamiento sea efectivo, y
 - c) Revisar las actividades de todos los empleados para determinar si los procedimientos fueron seguidos efectivamente en cada emergencia.
- 11 Las personas que lleven a cabo actividades de transporte deben establecer, mantener y promover el enlace apropiado con los Comités de Protección Civil, policía, bomberos y con los demás organismos públicos de la localidad para:
- d) Conocer la responsabilidad y recursos de cada organización gubernamental para hacer frente a una emergencia en sistemas de gas,
 - e) Hacer del conocimiento de los funcionarios públicos las habilidades y capacidad de respuesta ante una situación de emergencia en sistemas de gas;
 - f) Identificar y clasificar los tipos de emergencias en sistemas de gas para que notifiquen a los funcionarios responsables, y
 - g) Planear la forma en que las personas que lleven a cabo actividades de transporte y los funcionarios públicos puedan comprometerse para asistirse mutuamente con el objeto de minimizar los riesgos a la vida o a la propiedad.

12.5 Programa de Recuperación. Este programa tiene como objeto restablecer, en el menor tiempo posible, las actividades del sistema de transporte posteriores a la ocurrencia de un siniestro. El instrumento operativo de este programa debe incluir, como mínimo, lo indicado en los párrafos siguientes:

- a) Evaluación de daños. Se deben tener previstos los mecanismos y parámetros para determinar la dimensión de un siniestro, la estimación de daños humanos y materiales que dicho siniestro pueda causar y la posibilidad de que ocurran eventos secundarios o encadenados, con el objeto de solicitar oportunamente la colaboración de los cuerpos de emergencia adicionales y de apoyo técnico especializado;
- b) Programa de reparación de las áreas afectadas. Se deben tener previstos los procedimientos para la restitución, modificación o reemplazo de las zonas afectadas, y
- c) Restitución del servicio. Una vez reparadas las áreas afectadas, se debe restituir el servicio a los usuarios.

12.6 Educación al público. La persona que realice actividades de transporte debe establecer un programa de educación continua dirigido a los clientes, al público, a organizaciones gubernamentales y a las personas físicas o morales con quien tengan relación con objeto de que se conozcan cuáles son las actividades relativas a la prestación del servicio de transporte y las emergencias que se pueden presentar en el sistema. El propósito es que se reporte cualquier situación extraordinaria y las personas se familiaricen con los procedimientos en situaciones de emergencia. El programa y los medios utilizados para su difusión deben ser tan extensos y detallados como sea necesario, para llegar a todas las áreas en las que se preste el servicio de transporte de gas natural.

12.7 Investigación de fallas. Se deben establecer los procedimientos para el análisis de accidentes y fallas, incluyendo la selección de muestras de la instalación o equipo que falló para el análisis de laboratorio, cuando sea necesario, con el propósito de determinar sus causas y minimizar la posibilidad de recurrencia.

13. Vigilancia

13.1 La Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Reguladora de Energía, es la autoridad competente para vigilar, verificar y hacer cumplir las disposiciones contenidas en la presente Norma.

13.2 En conformidad con lo previsto en el artículo 73 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Reguladora de Energía, establecerá los procedimientos para la evaluación de la conformidad de los sistemas de transporte de gas natural.

14. Concordancia con normas internacionales

No es posible concordar con el concepto internacional por razones particulares de este país.

15. Bibliografía

15.1 La bibliografía que se considera es la publicada de acuerdo con la última edición del documento correspondiente.

15.2 Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

15.3 Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

15.4 Ley de la Comisión Reguladora de Energía.

15.5 Reglamento de Gas Natural.

15.6 Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.

15.7 Norma CID-NOR-N-SI-0001 de Petróleos Mexicanos, requisitos mínimos de seguridad para el diseño, construcción, operación, mantenimiento e inspección de ductos de transporte, edición 1998.

15.8 Norma NO.03.02 de Petróleos Mexicanos, Derechos de vía de las tuberías de transporte de fluidos (1990).

American Petroleum Institute:

15.9 Especificación API 5L "Especificación de Tubería" (1990).

15.10 Práctica Recomendada API 5L1 "Práctica Recomendada para el Transporte por Ferrocarril de Tubería de Línea" (1990).

15.11 Especificación API 6D "Especificación para Válvulas de Tubería (Válvulas de compuerta, de Flotador, de Paso y de Retención)" (1994).

15.12 Estándar API 1104 "Soldadura de Tuberías e Instalaciones Relacionadas" (1994).

The American Society for Testing and Materials (ASTM):

15.13 ASTM: A 53 "Especificación Estándar para Tubería, Acero, Negra y Galvanizada, Soldada con y sin Costura" (1955).

15.14 ASTM: A 106 "Especificación Estándar para Tubería de Acero al Carbono sin Costura para Servicio de Alta Temperatura" (1994).

15.15 ASTM: A 120 "Tubos de acero negro y galvanizado con o sin costura para uso ordinario" (1984).

15.16 8.20.3 Bis.- ASTM: A 333/A 333M "Especificación Estándar para Tubería de Acero Sin Costura y Soldada para Servicio de Baja Temperatura" (1994)

15.17 ASTM: A 372/A 372M "Especificación Estándar para piezas forjadas de Carbono y Aleación de Acero para Recipientes a Presión de Pared Delgada" (1955).

15.18 ASTM: A 381 "Especificación Estándar para Tubería de Acero Soldada al Arco Metálico para Uso en Sistemas de Transporte de Alta Presión" (1993).

15.19 ASTM: A 671 "Especificación Estándar para Tubería de Acero Soldada por Fusión Eléctrica para Temperaturas Atmosférica y Menores" (1994)

15.20 ASTM: A 672 "Especificación Estándar para Tubería de Acero Soldada por Fusión Eléctrica para Servicio a Alta Presión a Temperaturas Moderadas" (1994).

15.21 ASTM: A 691 "Especificación Estándar para Tubos al Carbón y Aleación de Acero Soldado por Fusión Eléctrica para Servicio a Alta Presión y Temperatura (1993)

La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (The American Society of Mechanical Engineers-ASME):

15.22 ASME/ANSI B16.1 "Bridas para Tuberías de Hierro Forjado y Accesorios Bridados" (1989)

15.23 ASME/ANSI B16.5 "Bridas para Tuberías y Accesorios Bridados" (1988).

15.24 ASME/ANSI B 31G o B31G modificado (1991)

15.25 ASME/ANSI B 31.8 "Gas Transmission and Distribution Piping Systems" (1995).

15.26 ASME Código para Recipientes y Calderas a Presión Sección I "Calderas a Presión" (1995).

15.27 ASME Código para Recipientes y Calderas a Presión Sección VIII, División 1 "Recipientes de Presión" (1995).

15.28 ASME Código para Recipientes y Calderas a Presión, Sección VIII, División 2 "Recipientes de Presión: Reglas Alternativas" (1995).

15.29 ASME Código para Recipientes y Calderas a Presión, Sección IX, "Requisitos para Soldadura y Soldadura de Latón" (1995).

Sociedad de Estandarización de Fabricantes de la Industria de Válvulas y Accesorios (Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fitting Industry, Inc.) (MSS):

15.30 MSS SP-44 "Bridas para Tuberías de Línea de Acero" (1991).

15.31 MSS-SP-58 "Soportes para Tubería, Diseño y Materiales" (1983)

15.32 MSS-SP-75 "Estándares de Conexiones para Tuberías" (1988).

Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (National Fire Protection Association-NFPA):

15.33 ANSI/NFPA 30 "Código para Líquidos Inflamables y Combustibles" (1993).

15.34 ANSI/NFPA 70 "Código Eléctrico Nacional" (1993).

U.S. Department of Transportation (DOT)

15.35 "Pipeline Safety Regulations" 49 Code, parts 191 y 192 (1995).

16. Vigencia

Esta Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los 60 días naturales después de la fecha de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

APENDICE A

Calificación de tubos

La tubería debe cumplir con los requisitos señalados en esta Norma de acuerdo con la última edición publicada de los estándares correspondientes

A.1. Tubería de acero de especificación desconocida**Propiedades de doblado**

- a) Para tubería de 50 mm de diámetro o menor, un tramo del tubo se debe doblar en frío 90° (noventa grados), como máximo, alrededor de un mandril cilíndrico que tenga doce veces el diámetro de la tubería, el tubo no debe desarrollar grietas en ningún tramo o presentar fracturas en la soldadura longitudinal, y
- b) Para tubería de más de 50 mm de diámetro, el tubo debe cumplir con los requerimientos de las pruebas de aplastamiento establecidas en ASTM A53. El número de pruebas para determinar la resistencia mínima a la cedencia, debe ser igual o mayor al mínimo requerido en el párrafo e) de este Apéndice

Soldabilidad

- c) La soldadura circunferencial se debe realizar en tubería por un soldador calificado conforme con el capítulo de soldadura en tuberías de acero de esta Norma. La soldadura se debe realizar bajo las condiciones más severas permitidas en campo y con el mismo procedimiento utilizado en campo. En tubería de más de 100 mm de diámetro, se debe realizar por lo menos una soldadura de prueba por cada 100 tramos de tubo. La soldadura se debe probar de acuerdo con la Especificación API Estándar 1104.

Inspección

- d) La tubería debe estar limpia para permitir su inspección. Se deben realizar inspecciones visuales para asegurar que la tubería sea redonda, recta y que no tenga defectos que pudieran afectar la resistencia o hermeticidad de la misma

Propiedades de tensión

- e) Si las propiedades de tensión de la tubería no se conocen, la RMC se puede tomar como 165,500 kPa o se puede determinar estableciendo y efectuando pruebas de tensión como se establece en la especificación API 5L. Todos los especímenes de prueba se deben seleccionar al azar y realizar el número de pruebas siguiente:

Número de pruebas de tensión en especímenes de todas las medidas	
10 tramos o menos	1 serie de pruebas para cada tramo
11 a 100 tramos	1 serie de pruebas para cada 5 tramos, pero no menos de 10 pruebas
Más de 100 tramos	1 serie de pruebas para cada 10 tramos, pero no menos de 20 pruebas

Si la relación resistencia-tensión, basada en las propiedades determinadas por las pruebas anteriores, excede 0.85, la tubería se puede utilizar solamente como se menciona en el capítulo de materiales de esta Norma

A.2 Tubería de acero fabricada bajo especificaciones anteriores a las actualmente usadas

Es apta para su uso conforme con esta Norma, si cumple los requisitos siguientes:

- a) **Inspección.** La tubería debe estar limpia para permitir su inspección. Se deben realizar inspecciones visuales para asegurar que la tubería está redonda, recta y que no tiene defectos que pudieran afectar la resistencia o hermeticidad del tubo.
- b) **Semejanza con los requerimientos de la especificación.** Cuando una tubería es fabricada de acuerdo con una edición anterior de las especificaciones aquí señaladas, dicha tubería debe cumplir con lo que señala la última edición de las especificaciones y como mínimo, con:
 - Las propiedades físicas de la tubería, incluyendo la resistencia mínima a la cedencia, la de tensión, alargamiento y la relación resistencia-tensión, así como con los requisitos de prueba para verificar esas propiedades.
 - Las propiedades químicas de la tubería y en los requisitos de prueba para verificar esas propiedades.
- c) **Inspección o prueba de tubería soldada.** En la tubería con costura se deben cumplir los requisitos siguientes:

- La edición de las especificaciones con base en las cuales la tubería fue fabricada debe tener los mismos requisitos que la última versión de la misma, con relación a la inspección no destructiva de la costura soldada, de los estándares para la aceptación, rechazo y reparación
- La tubería se debe probar de acuerdo con el capítulo de requisitos de prueba de esta Norma por lo menos a 1.25 veces la presión máxima de operación permisible si ésta se va a instalar en una ubicación de clase 1 y, por lo menos, a 1.5 veces la presión de operación máxima permisible si dicha tubería se va a instalar en una ubicación de clase 2, 3 o 4.

APENDICE B

Pruebas

B.1 Prueba básica. Requisitos que deben cumplir los soldadores para realizar trabajos en tubería de bajos niveles de tensión.

- a) La prueba se debe realizar en una tubería con un diámetro máximo de 300 mm;
- b) La soldadura de prueba se debe realizar con la tubería en una posición horizontal fija, de manera que la soldadura de prueba incluya, por lo menos, una sección de la soldadura de posición superior.
- c) El biselado, la abertura de raíz y otros detalles deben cumplir con la especificación del procedimiento bajo el cual el soldador está siendo calificado, y
- d) A la terminación, la soldadura de prueba se debe cortar en cuatro partes y ser sometida a una prueba de flexión de la raíz. Si como resultado de esta prueba dos o más de los cuatro cupones presentan señales de grietas en el material de aporte, o entre el material de aporte y el metal de la base, que sean de más de 3 mm de largo, en cualquier dirección, la soldadura es inaceptable. Las grietas que ocurran en la esquina del espécimen durante la prueba no se toman en cuenta.

B.2 Pruebas adicionales para soldadores de conexiones de la línea de servicio a tubería principal.

- a) Como prueba, un empalme de conexión de la línea de servicio se suelda a una sección de la tubería con el mismo diámetro como en una línea principal típica;
- b) La soldadura se debe realizar en la misma posición como se realiza en el campo;
- c) La soldadura es inaceptable si muestra un socavamiento serio o si tiene cantos laminados;
- d) La soldadura se prueba intentando romper el empalme fuera del tubo principal, y
- e) La soldadura es inaceptable si se rompe y muestra fusión incompleta, superposición o penetración pobre en la unión del empalme y el tubo principal.

B.3 Pruebas periódicas para soldadores de líneas de servicio pequeñas.

- a) Dos muestras del trabajo del soldador, cada una de aproximadamente 200 mm de longitud con la soldadura localizada al centro, se cortan de la línea de servicio y se prueban como sigue:
 - Una muestra se centra en una máquina de prueba de flexión guiada y se dobla al contorno de la matriz a una distancia de 25 mm de la soldadura. Si la muestra revela cualquier rotura o grieta después de removerla de la máquina de flexión, ésta es inaceptable, y
 - Los extremos de la segunda muestra se aplastan y la unión completa se somete a una prueba de resistencia a la tracción. Si ocurre la falla en el metal adyacente de la soldadura o en ésta, la prueba es inaceptable. Si una máquina de prueba de resistencia a la tracción no está disponible, esta muestra debe pasar también la prueba de flexión descrita en el párrafo anterior.

APENDICE C

Procedimientos de emergencia

Los procedimientos de emergencia deben incluir lo siguiente:

- a) El establecimiento del alcance de aplicación de los procedimientos de emergencia;
- b) La descripción detallada de las instalaciones a las cuales aplica el procedimiento, que incluya:
 - La localización y los medios de acceso a las instalaciones, y
 - La cantidad, longitud y diámetro de las tuberías involucradas.
- c) La descripción de la presión, rango de flujo y otras condiciones de operación de la tubería;
- d) Los procedimientos y documentación necesaria para las emergencias;
- e) Instructivos descriptivos que se facilitan a las personas que reportan las emergencias;
- f) La acción inicial a tomar ante la aparición de una emergencia;
- g) Los nombres y teléfonos del personal de los departamentos con los cuales se debe contactar en caso de una emergencia y las responsabilidades que les competen;
- h) Los nombres y teléfonos de los servicios públicos y de otros sectores involucrados en la Dirección de Protección Civil, o de ayuda mutua a los que se podría contactar en caso de una emergencia;
- i) La descripción de los equipos de emergencia disponibles y su localización;

- j) Los procedimientos que se utilizarán en el sitio de la emergencia;
- k) Las medidas de seguridad que se toman durante la emergencia, que incluyen:
 - Acciones tomadas sobre el producto que fuga y que se transporta por tuberías;
 - Aislamiento y procedimientos de paro de las estaciones de compresión, y
 - Los métodos para monitorear el nivel de riesgo en el sitio
- l) La lista de las áreas ambientalmente sensibles que requieran atención especial durante la emergencia;
- m) Los planes de contingencias para la protección inmediata del ambiente, y
- n) Los procedimientos de evacuación.

Se deben actualizar los manuales de operación y mantenimiento anualmente en lo referente a los planes y procedimientos descritos, considerando su vinculación con las autoridades competentes.

Notificación de la construcción de cruzamientos

Cuando se construya una tubería que cruce una vía de comunicación pública o privada se debe:

- a) Informar y proporcionar a detalle el impacto técnico, ambiental y de riesgo, entre otros, a las autoridades gubernamentales, federales, estatales y municipales competentes, para obtener la autorización correspondiente;
- b) Indicar la descripción de la obra, la localización y las afectaciones o cruces que implica, e
- c) Indicar el nombre del propietario y de la entidad o autoridad que está a cargo de la vía que se afecte.

Atentamente

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 6 de enero de 2000 - El Presidente de la Comisión Reguladora de Energía y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por medio de Ductos, **Héctor Olea**. Rúbrica



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

INSTALACIONES PARA GAS

TEMA:

**PROPIEDADES DEL GAS NATURAL Y GAS LICUADO DEL
PETRÓLEO**

**ING. LUZ MARÍA DAMIÁN
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

**PROPIEDADES DEL GAS NATURAL
Y GAS LICUADO DE PETROLEO**

ABRIL, 2000

PROPIEDADES DEL GAS NATURAL Y GAS LICUADO DE PETROLEO

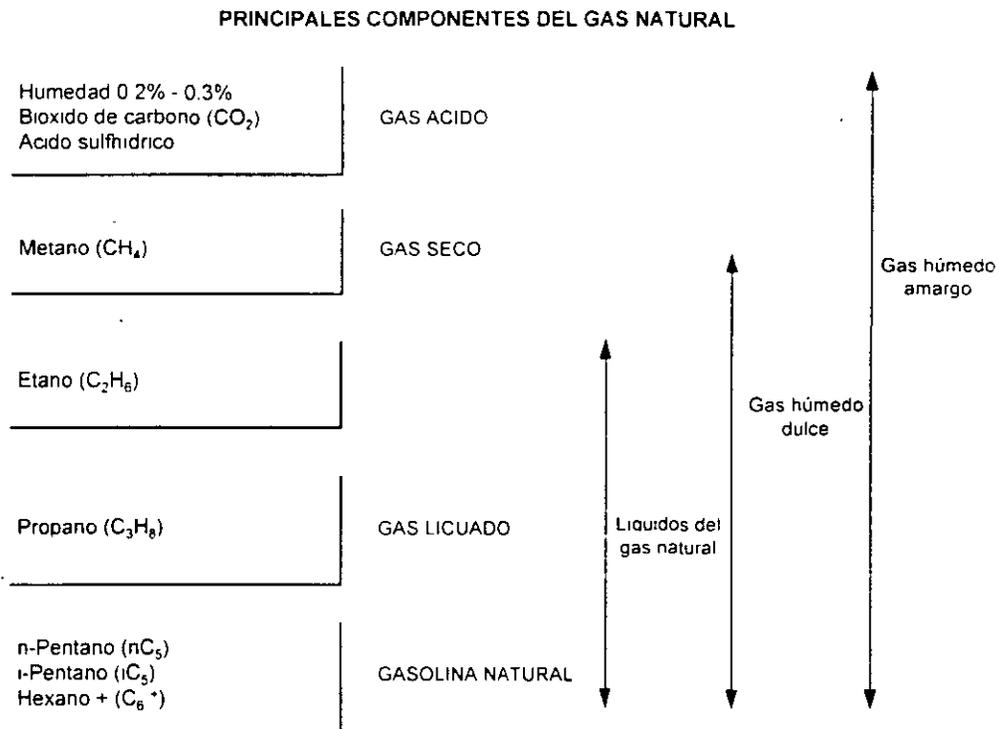
Aspectos generales en la elaboración del gas natural y gas licuado de petróleo.

El gas natural y el gas licuado de petróleo son productos obtenidos del petróleo, el cual está formado por mezclas complejas de hidrocarburos, cuya composición varía según el lugar del yacimiento.

El gas natural está constituido principalmente por hidrocarburos saturados (del metano a los octanos), pero puede contener además otros gases, como dióxido de carbono, nitrógeno, sulfuro de hidrógeno y helio.

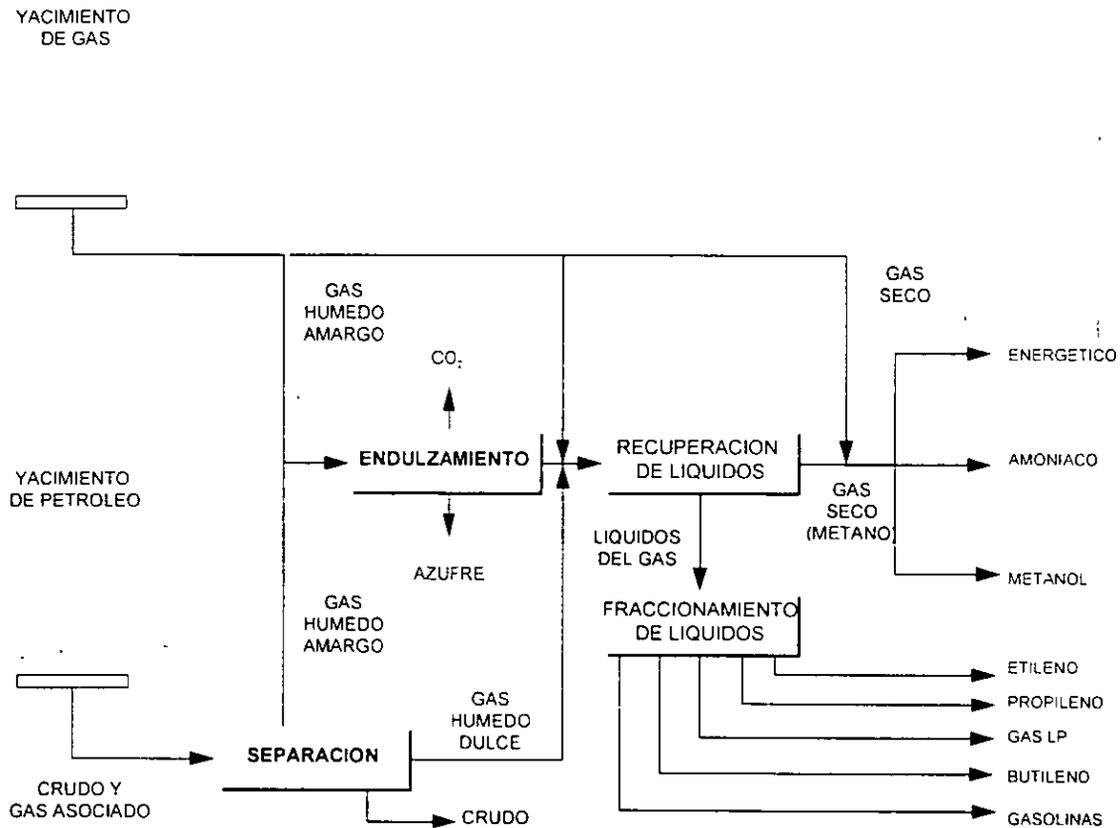
En México, existen dos clases de campos petrolíferos, los que producen gas natural (gas no asociado) y los que producen petróleo asociado con gas natural.

Dentro de los principales componentes del gas natural tenemos:



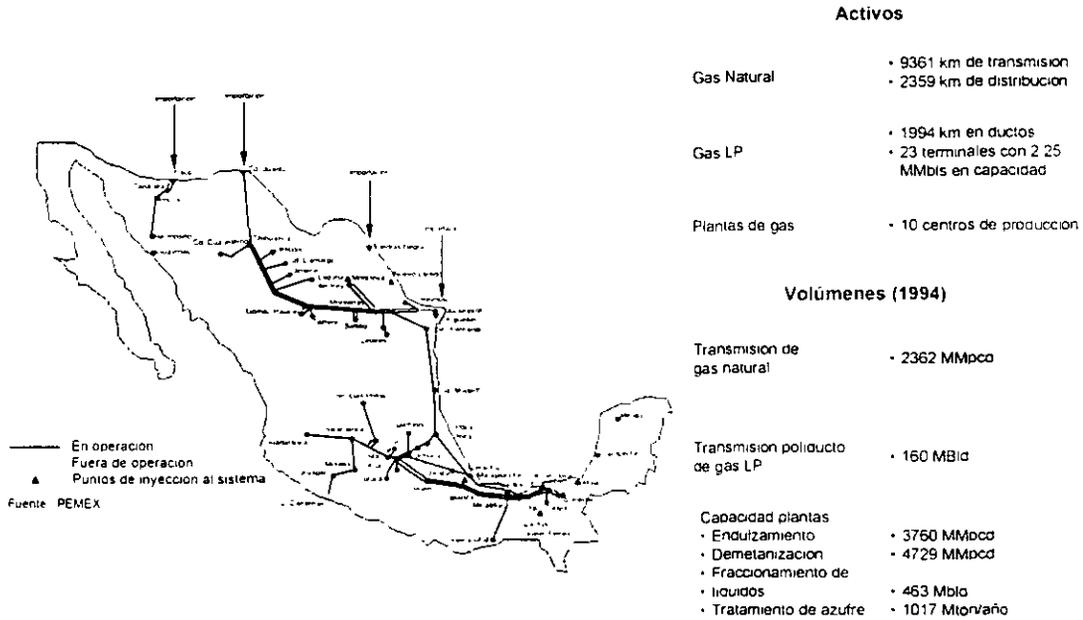
En el procesamiento del gas natural y del petróleo, obtenemos los siguientes productos:

ESQUEMA BASICO DEL PROCESAMIENTO DEL GAS NATURAL



En México, existen 10 centros productores de gas natural, los cuales se encuentran localizados principalmente en el sureste, y la infraestructura con la que cuenta PGPB, es la siguiente:

INFRAESTRUCTURA DE PGPB



Gas licuado de petróleo:

El gas licuado de petróleo, comúnmente conocido como gas LP, es un término genérico que se usa para describir una variedad de combustibles de hidrocarburos que se producen principalmente como subproducto en el procesamiento del gas natural y el petróleo.

En general, el gas LP es una mezcla de hidrocarburos compleja que principalmente está formada por propano y butano; la definición oficial del gas LP, contemplan la inclusión de otros hidrocarburos parafínicos como es el propileno y butileno.

Mientras que las mezclas propano/n-butano, pueden considerarse mezclas ideales, el gas LP no es una "mezcla ideal", puesto que los componentes adicionales que intervienen en su composición, lo alejan de ésta condición, por lo que sólo bajo ciertas condiciones un gas LP puede considerarse como una mezcla propano/n-butano.

El conocer el valor que toman las propiedades físicas y termodinámicas de los gases LP bajo las condiciones de presión y temperatura a las cuales se encuentren, es indispensable para poder evaluar su comportamiento y estado.

En la determinación de las propiedades del gas licuado de petróleo existen diferentes métodos de caracterización, tal es el caso, que para la gravedad específica existe un equipo conocido como hidrómetro.

Gas natural:

Se conoce como gas natural a la mezcla de hidrocarburos, que está compuesta principalmente por metano (CH_4) y en menor proporción etano, propano, y otras impurezas como ácido sulfhídrico, bióxido de carbono, nitrógeno, etc.

Es importante evaluar las propiedades físicas y termodinámicas de éste para efectos de medición y control. El gas natural, a diferencia del gas LP, cuenta con la ventaja de que su comportamiento es más parecido al de un gas ideal, por lo que la caracterización o determinación de las propiedades termodinámicas es más sencillo.

En el caso del gas natural, la determinación de sus propiedades se realiza mediante el análisis cromatográfico de sus componentes, del que se calcula principalmente gravedad específica, composición, poder calorífico, etc.

En la planeación y en la ejecución de decisiones de nuestra tecnología moderna, es necesario conocer las propiedades de los fluidos con los que se trabajar. Cuando se requiere diseñar un equipo, calcular el volumen de un reactor, etc., es necesario conocer el volumen específico o la densidad del gas o del líquido que contendrá el reactor, en función de la temperatura y presión. Cualquiera que sea o pueda ser el trabajo de un ingeniero químico, es necesario que posea información sobre el tipo y fuentes de datos relativos a las propiedades de los fluidos.

Para realizar nuestro estudio, nos basaremos en el siguiente diagrama:

Leyes del gas ideal:

En 1787, Jacques Charles, demostró que el volumen de un gas seco varía directamente con la temperatura cuando la presión permanece constante. Charles, Boyle, Gay-Lussac, Dalton y Amagat, los investigadores que desarrollaron originalmente las expresiones de los gases que relacionan la temperatura, la presión y el volumen, trabajaron a distancias tales que la distancia promedio entre las moléculas era suficientemente grande para despreciar el efecto de las fuerzas intermoleculares, así como el volumen de las propias moléculas. Bajo estas condiciones, el gas comenzó a llamarse gas ideal. No existe un gas real que obedezca estas leyes con exactitud en todos los intervalos de presiones y temperaturas, aunque los gases "mas ligeros" (hidrógeno, oxígeno, aire, etc.), en circunstancias presentan desviaciones muy pequeñas con respecto al comportamiento ideal. Para la mayoría de los objetivos de la ingeniería, las leyes del gas ideal, cuando se aplican correctamente, proporcionan respuestas con un grado de inexactitud del 2 ó 3%. Con el propósito de comparar las propiedades volumétricas de los diversos gases se han seleccionado, diversos estándares de temperatura y presión, especificados como condiciones estándar, las cuales vamos a considerar como:

Científicas Universales: 32°F y 760 mmHg

Industria del Gas Natural: 60°F y 14.7 lb/plg² abs

En nuestro caso, tomaremos para la industria del gas natural 20°C y 1 kg/cm² abs.

En estas condiciones, los datos de volumen que se indican en seguida, son válidos para cualquier gas ideal:

1 mol g = 22.4 lt en condiciones estándar

1 mol lb = 359 pies³ en condiciones estándar

1 mol kg = 22.4 m³ en condiciones estándar

LEY DEL GAS IDEAL

BOYLE

El volumen de un gas es inversamente proporcional a la presión absoluta considerada a temperatura constante

CHARLES

A presión constante, el volumen de una determinada masa de gas varía directamente con la temperatura absoluta

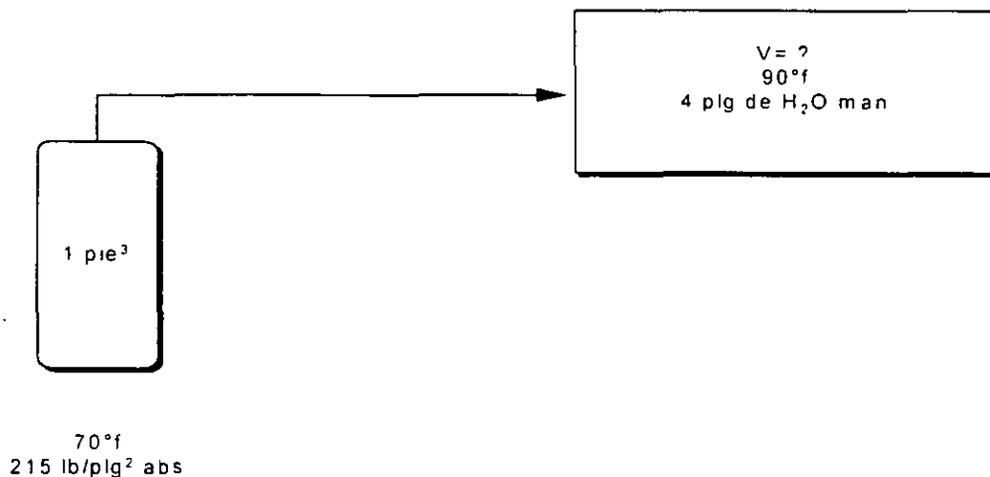
LEY DEL GAS IDEAL

$$PV = nRT$$

Desarrollando:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Ejemplo: Un cilindro de oxígeno contiene 1 000 pie³ de O₂ a 70°F y 200 lb/plg² man. ¿Cuál será el volumen del oxígeno en un gasómetro seco a 90°F y a una presión de 4.0 plg de H₂O mayor que la atmosférica?. La presión barométrica es de 14.7 lb/plg² abs.



Solución:

$$T_1 = 460 + 70 = 530^\circ\text{R}$$

$$T_2 = 460 + 90 = 550^\circ\text{R}$$

$$\text{Presión atmosférica} = 14.7 \text{ lb/plg}^2$$

$$P_1 = 200 + 14.7 = 214.7 \text{ lb/plg}^2 \text{ abs} = 437 \text{ plg de Hg}$$

$$P_2 = 4 \text{ plg H}_2\text{O} = 0.33 \text{ pie H}_2\text{O} = 0.29 \text{ plg Hg} = 0.145 \text{ lb/plg}^2$$

$$P_2 = 0.145 + 14.7 = 14.84 \text{ lb/plg}^2$$

$$\text{Volumen final} = 1 \text{ pie}^3 * (550/530) * (214.7/14.84) = 15.0 \text{ pie}^3$$

Densidad y peso específico de los gases. La densidad de un gas se define como la masa por unidad de volumen y puede expresarse en libras por pie cúbico, gramos por litro u otras unidades. Siempre se deberá especificar las condiciones de presión y temperatura. La densidad puede calcularse seleccionando como base la unidad de volumen para después determinar la masa del gas contenido.

El peso específico de un gas, generalmente se define como la relación entre la densidad del gas a la presión y temperatura requeridas, y la densidad del aire a las mismas condiciones de P y T

El peso específico es igual a la relación de pesos moleculares de los gases cuando las densidades de ambos gases (del gas problema y el de referencia), se encuentran a las mismas condiciones de presión y temperatura, esto es debido a que la Ley de Avogadro, establece que "a la misma presión y temperatura, una mol de gas ideal ocupa siempre el mismo volumen.

El peso específico de un hidrocarburo líquido expresa el peso relativo de este compuesto líquido con relación al peso del mismo volumen de agua a 15.5°C En el caso de los componentes más comunes del gas LP, tenemos:

Propano (liq) = 0.508

Butano (liq) = 0.584

Isobutano (liq) = 0.563

El gas LP estará dentro de los límites de acuerdo con la cantidad de estos componentes que contenga.

En el caso del metano y del etano que forman el gas natural los valores dados a 15.5°C, son obtenidos por cálculos termodinámicos y diagramas de Mollier, por los que los valores dados en tablas son densidades aparentes en esos componentes líquidos, ya que a la temperatura de 15.5°C es superior a la temperatura crítica de ambos compuestos, por lo que no podrán licuarse por mucha presión que se les aplique.

Gravedad específica:

Indica el peso relativo en comparación con el aire

Metano = 0.554

Etano = 0.9684

Propano = 1.522

Butano = 2.006

Isobutano = 2.006

Se observa que los componentes del gas natural 96% de metano y 4% de etano son más ligeros que el aire, por lo que tenderán a subir a la atmósfera, mientras que los componentes del gas LP son más pesados que el aire, por lo que escapan a la atmósfera y tenderán a ir a las partes bajas, esta propiedad es muy importante desde el punto de vista seguridad.

Mezclas gaseosas

Existen tres leyes de los gases ideales que pueden aplicarse satisfactoriamente a las mezclas gaseosas:

1. Ley de Dalton de las presiones parciales
2. Ley de Amagat de los volúmenes parciales
3. Ley de Dalton de la suma de las presiones parciales

1. Dalton postuló que la presión total de un gas es igual a la suma de las presiones ejercidas por las moléculas individuales de dicho gas. Postuló también que se puede considerar hipotéticamente que cada gas individual de una mezcla gaseosa ejerce una presión parcial. Una presión parcial es la presión que se obtendría si la misma masa del gas individual se encontrará sola en el mismo volumen total a la misma temperatura. La suma de estas presiones parciales de cada componente es igual a la presión total, es decir:

$$p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n = p_t$$

Se puede suponer que, a volumen y temperatura constantes, la presión solamente es función del número de moléculas gaseosas presentes. Dividiendo el componente 1, con la ecuación de los gases ideales, $P_1 V_1 = n_1 R T_1$, entre el correspondiente al componente 2 $P_2 V_2 = n_2 R T_2$ a temperatura y volumen constantes, se obtiene que:

$$\frac{p_1}{p_t} = \frac{n_1}{n_t} = \text{fracción mol} = y_1$$

La ecuación anterior indica que la relación entre la presión parcial de un componente y la presión total es numéricamente igual a la relación entre las moles del componente individual y el total de moles. Teniendo en cuenta este principio, si se conoce la fracción mol de un componente gaseoso particular en una mezcla gaseosa, así como la presión total de la misma, se puede calcular la presión parcial del componente gaseoso.

Ley de Amagat. La ley de Amagat de los volúmenes aditivos es similar a la ley de Dalton de las presiones aditivas. Amagat estableció que el volumen total de una mezcla gaseosa es igual a la suma de los volúmenes de los componentes gaseosos individuales a la misma presión y temperatura. Los volúmenes individuales de cada componente, a la misma P y T se le denominan volúmenes parciales de los componentes individuales.

La relación entre los volúmenes parciales es numéricamente igual a la relación entre moles de los componentes 1 y 2, de aquí se estableció que:

$$\text{fracción en volumen} = \text{fracción mol} = y_i$$

Gases reales:

Para algunos gases en condiciones normales, y para la mayoría de ellos en condiciones de alta presión, los valores de las propiedades de los gases se pueden obtener utilizando la ley del gas ideal, pero difieren de los datos experimentales: esto comprueba la necesidad que tenemos de contar con algún método para calcular las propiedades P-V-T de un gas no ideal.

Escencialmente, existen cuatro métodos para los cálculos con gases reales:

1. Ecuaciones de estado
2. Gráficas del factor de compresibilidad
3. Propiedades estimadas
4. Datos experimentales reales

Ecuaciones de estado

Las ecuaciones de estado relacionan las propiedades P-V-T de una sustancia pura (o mezclas) mediante correlaciones semiteóricas o empíricas. Al decir propiedad, significa cualquier característica de la sustancia que pueda medirse, tal como la presión, volumen o temperatura, o una característica que sea posible calcular o deducir, tal como la energía interna.

La ecuación de Van der Waals, es un ejemplo de una ecuación de estado

Factor de compresibilidad

En uno de los diversos intentos que se realizaron para obtener alguna ley real para el gas universal sujeto a presiones altas, se desarrolló la idea de los estados correspondientes. En los primeros experimentos se encontró que en el punto crítico todas las sustancias están aproximadamente en el mismo estado de dispersión molecular.

El estado crítico es el conjunto de condiciones físicas a las cuales la densidad y otras propiedades del líquido y del vapor se vuelven idénticas.

Una forma más conveniente, que ha sido desarrollada para relacionar los conceptos de la ley de los estados correspondientes y la ley del gas ideal, consiste en una modificación de la ley del gas ideal es decir, una ecuación de estado generalizada que puede expresarse como:

$$PV = znRT$$

en la cual, la cantidad adimensional z se denomina factor de compresibilidad, que es un función de la presión y la temperatura:

$$z = f(P, T)$$

Presión de vapor:

Los términos vapor y gas se utilizan demasiado indefinidamente. A un gas que se encuentre a una temperatura menor que la crítica generalmente se le llama vapor debido a que puede llegar a condensarse. Cuando un gas puro se comprime continuamente a temperatura constante, siempre y cuando esta temperatura sea inferior a la crítica, se llega a una presión a la cual el gas empieza a condensarse formando un líquido. Una compresión adicional no provoca un aumento de la presión sino que únicamente incrementa la fracción de gas que se condensa. La inversión de este procedimiento causará que el líquido quede sujeto a un proceso de transformación al estado gaseoso nuevamente. Al decir "vapor" se describirá un gas que se encuentra abajo de su punto crítico en un proceso en el que el cambio de fase es de gran interés, mientras que el término "gas" o "gas incondensable" se utilizará para describir un gas que se encuentra arriba de su punto crítico o un gas en proceso tal que no puede condensarse.

La vaporización y la condensación a temperatura y presión constantes son procesos en equilibrio, y la presión de equilibrio se denomina "presión de vapor". A una determinada temperatura solamente existe una presión a la cual la fase líquida y vapor de una sustancia pura pueden existir en equilibrio.

La "presión de vapor" es una de las propiedades termodinámicas más importantes de los gases licuados del petróleo y es una de las que con más frecuencia requerimos conocer.

La "presión de vapor" es la presión que ejerce un vapor que está en equilibrio termodinámico con su líquido, en otras palabras, es la presión a la cual un líquido pasa a la fase vapor en la misma proporción que ese vapor está regresando a la fase líquida.

Es importante señalar que para que se hable de una "presión de vapor", deben existir dos condiciones:

- a) El vapor debe estar en contacto con su líquido.

b) Debe existir equilibrio termodinámico entre ambas fases.

Al igual que en los gases, las moléculas de los líquidos están en constante movimiento. Al calentarlos se incrementa la energía de las moléculas y salen del seno del líquido de acuerdo con el calor que se le esté proporcionando, ejerciendo una presión contra la superficie del líquido y contra la atmósfera, esta presión es función de la temperatura. A mayor temperatura mayor presión

Se llegará a una temperatura en la cual la presión de vapor iguala a presión atmosférica, la salida del vapor se hace en forma tumultuosa por haber alcanzado su temperatura de ebullición. Propano (-42°C). Butano (-0.5°C).

La temperatura de ebullición se reporta a la presión de una atmósfera y en estas condiciones es constante y característica para cada líquido.

Calor latente de vaporización:

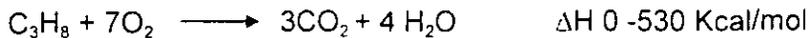
También llamada Entalpía de vaporización, es la cantidad de calor que absorben en la vaporización de un líquido en su temperatura normal de ebullición. Es una cantidad característica de cada líquido. Se puede expresar en distintas cantidades como cal/gr, Kcal/Kg, etc

El calor latente de vaporización para un líquido, varía con la temperatura. a mayor temperatura disminuye el valor del calor latente

Calor bruto de combustión:

También llamada entalpía de combustión (cuando se refiere a un gramo mol) es la cantidad de calor que desprende una determinada cantidad de gas cuando éste es

quemado totalmente a presión atmosférica ya la temperatura ambiente y sus gases de combustión son enfriados a la temperatura ambiente.



Calor neto de combustión:



En calderas, el poder calorífico de un combustible, es la cantidad de calor, expresada en BTU o Kcal, generados por la combustión completa u oxidación de una unidad en peso de combustible.

La cantidad de calor generado por una combustión completa es un valor constante dado por la combinación de los elementos del combustible y este valor no se ve afectado por la forma en el cual la combustión se lleva a cabo hasta su totalidad

El poder calorífico de combustión es usualmente determinado por lectura directa en un calorímetro de el calor generado por la combustión. Los productos de la combustión son enfriados dentro del calorímetro y el calor absorbido por el medio enfriante es medido y determinado como el poder calorífico grueso de combustión.

Aire para la combustión:

De acuerdo con las ecuaciones químicas, para la combustión se requiere una cantidad de oxígeno de acuerdo con las ecuaciones balanceadas. En la práctica se requerirá un exceso de aire sobre el teórico, dependiendo del tipo y diseño del quemador.

Límites de inflamabilidad:

La diferencia entre una mezcla inflamable y una explosiva depende de la cantidad y localización de la mezcla en el momento de la ignición. Por ejemplo: si una mezcla correcta de gas y aire pasa por el venturi a las espaldas de salida del quemador, ésta mezcla arderá en el momento en que se prenda; continuando igual, mientras el quemador siga proporcionando gas correctamente.

Si la mezcla se confina dentro de un área sin ventilación, se tomará explosiva y si se enciende explotará. Sin embargo, si la mezcla de gas /aire se vuelve demasiado pobre o demasiado rica en contenido de gas no podrá explotar. Estados dos diferentes condiciones son lo que se llaman límites de inflamabilidad y se dividen en "Límite inferior y límite superior que se miden por porcentaje de contenido.

Temperatura de flama:

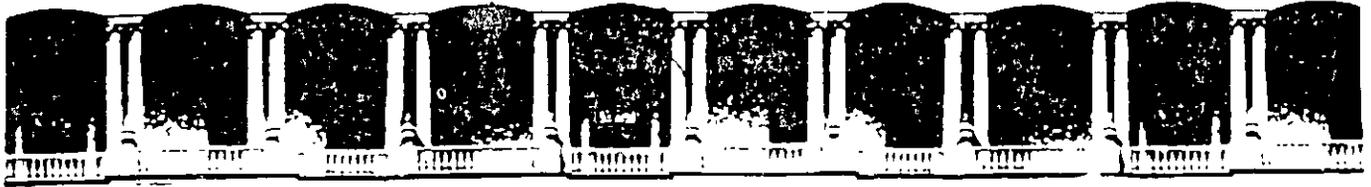
Es la máxima temperatura que alcanzaría una reacción de combustión considerada como un sistema adiabático, por lo que los productos de combustión elevarán su temperatura al máximo

Ejemplo práctico:

Considerar un combustible gaseoso con la siguiente composición en porcentaje volumen:

Componente	% Volumen
Metano	50.0
Etano	30.0
Propano	7.5
Nitrógeno	6.0
Hidrógeno	4.0
Monóxido de carbono	1.0
Dióxido de carbono	1.5

Calcular el poder calorífico y el peso molecular promedio.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

INSTALACIONES PARA GAS

TEMA:

CALIDAD DEL GAS NATURAL

**ING. JORGE REBOLLEDO ZENTENO
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

SECRETARIA DE ENERGIA

NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-1997, Calidad del gas natural.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaria de Energia.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SECRE-1997, CALIDAD DEL GAS NATURAL

La Secretaría de Energia, con la participación que le corresponde a la Comisión Reguladora de Energia, con fundamento en los artículos 38 fracción II, 40, 41 y 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 33 fracción IX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, 1 y 3 fracción XV de la Ley de la Comisión Reguladora de Energia; 9o. y 14 fracción IV de la Ley Reglamentaria del artículo 27 constitucional en el Ramo del Petróleo, 70 fracción VII del Reglamento de Gas Natural; 2 y 31 del Reglamento Interior de la Secretaría de Energia, y quinto transitorio del Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** de fecha 20 de mayo de 1997, y

CONSIDERANDO

Primero. Que con fecha 11 de febrero de 1997, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo, por medio de Ductos, publicó en el **Diario Oficial de la Federación**, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-1997, Características y Especificaciones del Gas Natural que se Inyecte a los Sistemas de Transporte, Almacenamiento y Distribución, a efecto de recibir comentarios de los interesados;

Segundo. Que una vez transcurrido el término de 90 días a que se refiere el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para recibir los comentarios que se mencionan en el Considerando inmediato anterior, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por medio de Ductos, estudió los comentarios recibidos y, en su caso, modificó el proyecto de norma en cita;

Tercero. Que con fecha 7 de octubre de 1997, la Secretaria de Energia publicó en el **Diario Oficial de la Federación** las respuestas a los comentarios recibidos de los interesados;

Cuarto. Que para los efectos de la aprobación a que se refiere el artículo 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por medio de Ductos, consideró conveniente modificar el nombre del proyecto de norma, haciéndolo más preciso y sencillo, toda vez que no repercute en el contenido de dicho proyecto, y

Quinto. Que de lo expuesto en los considerandos anteriores se concluye que se ha dado cumplimiento con el procedimiento que señalan los artículos 38, 44, 45, 46, 47 y demás relativos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SECRE-1997, CALIDAD DEL GAS NATURAL

INDICE

0. Introducción
1. Objetivo
2. Campo de aplicacion
3. Referencias
4. Definiciones
5. Especificaciones
6. Muestreo
7. Métodos de prueba
8. Concordancia con normas internacionales
9. Vigilancia
10. Vigencia
11. Bibliografía

0. Introducción

Esta Norma Oficial Mexicana se publica de conformidad con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y con apego a los objetivos establecidos en el artículo 40 del mismo ordenamiento.

1. Objetivo

Esta Norma establece las propiedades físicas y químicas del gas natural que se inyecte a los sistemas de transporte, almacenamiento y distribución. El gas natural debe cumplir con dichas propiedades para disponer de un combustible limpio que evite daños a los equipos y a los sistemas de combustión en general.

2. Campo de aplicación

Esta Norma es aplicable al gas natural que se inyecte a los sistemas de transporte, almacenamiento y distribución, y complementa a las normas NOM-085-ECOL-1994 y NOM-086-ECOL-1994, citadas en el capítulo "Referencias". La norma excluye únicamente al gas natural que se conduce directamente desde los pozos productores a las plantas de procesamiento de Petróleos Mexicanos, o sus organismos subsidiarios, o bien al que se transporta directamente desde dichos pozos sin pasar por las plantas de procesamiento, a titulares de permisionarios de usos propios, al amparo de contratos específicos

3. Referencias

- NOM-086-ECOL-1994 Contaminación atmosférica. Especificaciones sobre la protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en fuentes fijas y móviles
- NOM-085-ECOL-1994 Contaminación atmosférica; fuentes fijas Para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión.
- NOM-008-SCFI-1993 Sistema general de unidades de medida.

4. Definiciones

4.1 Condiciones base: Condiciones bajo las que se mide el gas natural correspondientes a la presión absoluta de 98.067 kPa y a la temperatura de 293 K

4.2 Gas o gas natural: La mezcla de hidrocarburos compuesta primordialmente por metano

4.3 Gravedad específica: Relación de la densidad de un gas con respecto de la densidad del aire seco a las mismas condiciones de presión y temperatura.

4.4 Poder calorífico bruto en base seca: Energía producida por la combustión completa a presión constante de una unidad de volumen de gas natural seco con aire, a condiciones base de presión y temperatura. En la determinación del poder calorífico los productos de la combustión se mantienen a una temperatura de 293 K y la entalpía del agua formada durante el proceso de combustión se determina en la fase líquida.

4.5 Temperatura de rocío: Temperatura correspondiente a la presión de operación del sistema, a la cual el vapor del agua contenida se condensa.

Terminología

4.6 Análisis cromatográfico: Método para la determinación de la composición química del gas natural. Los componentes de una muestra representativa se separan físicamente por medio del método de cromatografía de gas y se comparan con los de una mezcla de referencia de composición conocida. La composición del gas natural incluye metano, etano, propano, butanos, hidrocarburos más pesados, nitrógeno, bióxido de carbono y oxígeno. El análisis cromatográfico proporciona datos para el cálculo de las propiedades fisicoquímicas, tales como el poder calorífico y la densidad relativa.

4.7 Acido sulfhídrico (H₂S): Gas contaminante presente en el gas natural, el cual representa una impureza que debe eliminarse antes de que sea inyectado en el sistema de tuberías, ya sean de transporte o distribución. Reacciona en presencia de humedad formando el ácido sulfúrico (H₂SO₄), el cual incrementa la acción corrosiva en las tuberías de acero.

4.8 Azufre: Elemento químico contaminante presente en el gas natural, que forma compuestos de sulfuros orgánicos e inorgánicos, cuya concentración debe reducirse por sus propiedades altamente corrosivas.

4.9 Bióxido de carbono (CO₂): Gas contaminante presente en el gas natural. En ausencia de agua no es corrosivo, sin embargo, en presencia de agua forma el ácido carbónico que produce corrosión en los sistemas de tuberías metálicas. El bióxido de carbono reacciona con el oxígeno y el ácido sulfhídrico incrementando la acción corrosiva y reduce el poder calorífico del gas natural por dilución volumétrica

4.10 Humedad: Contenido de vapor de agua presente en el gas natural; se determina midiendo la temperatura de rocío de éste. El gas transportado por una red de tuberías debe deshidratarse para evitar la condensación, corrosión y/o formación de hidratos

4.11 Nitrógeno (N₂): Elemento presente en el gas natural que ocasiona una reducción en su contenido calorífico; en grandes concentraciones genera la formación de óxidos de nitrógeno al momento de la combustión, mismos que conducen a la producción de ozono en la atmósfera y resultan en compuestos contaminantes

4.12 Oxígeno (O₂): Elemento del gas natural que causa corrosión en tuberías de acero en presencia de humedad

5. Especificaciones

5.1 El gas natural que se inyecte a los sistemas de transporte, almacenamiento y distribución debe cumplir, como mínimo, con las especificaciones siguientes.

Especificaciones del gas natural

Poder calorífico bruto en base seca	ASTM D-1826	MJ/m ³	35 42	---
Acido sulfhídrico (H ₂ S)	ASTM D-4468	mg/m ³ ppm	---	6 1 4.4

Azufre total (S)	ASTM D-4468	mg/m3 ppm	---	258 200
Humedad (H2O)	ASTM D-1142 Higrómetro	mg/m3	---	112
Nitrógeno (N2) + Bióxido de carbono (CO2)	ASTM D-1945	% Vol	---	3
Contenido de licuables a partir del propano	ASTM D-1945	l/m3	---	0 059
Temperatura	---	K	---	323
Oxígeno	ASTM D-1945	% Vol	---	0 5
Material sólido	---	---	Libre de polvos, gomas y de cualquier sólido que pueda ocasionar problemas en la tubería	
Líquidos	---	---	Libre de agua y de hidrocarburos líquidos	
Microbiológicos	---	---	Libre	

Donde:

MJ/m3	megajoules por metro cúbico
mg/m3	miligramos por metro cúbico
ppm	partes por millón
% Vol	porcentaje en volumen
l/m3	litros por metro cúbico
K	grados Kelvin
kPa	kilopascal

5.2 Las propiedades fisicoquímicas del gas deben determinarse utilizando los métodos de pruebas establecidos por las normas o métodos descritos en el cuadro anterior. Dichos métodos establecen la tolerancia del método de prueba.

6. Muestreo

6.1 Para el muestreo del gas natural se toma como referencia el método internacional 2166-86 expedido por la Gas Processors Association (GPA). En caso de analizadores en línea debe omitirse la utilización de este método.

7. Métodos de prueba

7.1 Los procedimientos de análisis del gas natural son los establecidos por el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), la American Society for Testing and Materials (ASTM) y la Gas Processors Association. En la caracterización del gas es posible la utilización de equipos y métodos alternativos, siempre y cuando el analista cumpla con la precisión establecida en el método alternativo seleccionado.

7.2 ASTM D-1826 Método de prueba para determinar el poder calorífico del gas natural por el registro del calorímetro continuo.

7.3 ASTM D-1945 Análisis del gas natural por cromatografía

7.4 ASTM D-4468. Método de prueba para determinar el azufre total en gases combustibles por hidrogenación y colorímetro rateométrico.

7.5 ASTM D-1142 Método de prueba para determinar el contenido de vapor de agua por la medición del punto de rocío.

7.6 GPA 2166-86 Obtención de muestras de gas natural para su análisis por cromatografía.

8. Concordancia con normas internacionales

8.1 Esta Norma no tiene concordancia con ninguna norma internacional, toda vez que no se encontró referencia alguna al momento de elaborarla.

8.2 Esta Norma se complementa con las normas ASTM, GPA y las normas oficiales mexicanas en ella referidas.

9. Vigilancia

9.1 La Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Reguladora de Energía, es la autoridad competente para vigilar, verificar y hacer cumplir las disposiciones contenidas en esta Norma.

9.2 De conformidad con lo previsto en el artículo 73 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Reguladora de Energía, establecerá los procedimientos para la Evaluación de la Conformidad con esta Norma del gas que se inyecte a los sistemas de transporte, almacenamiento y distribución.

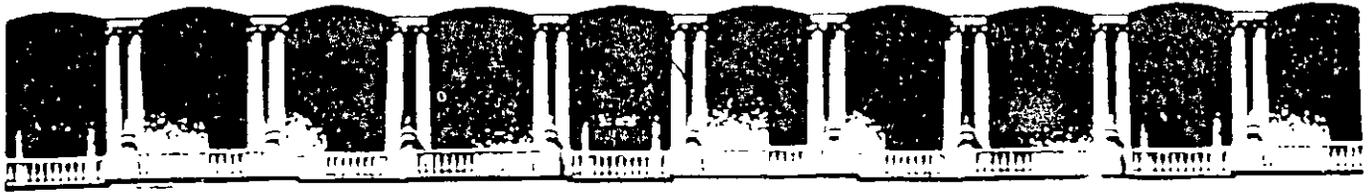
10. Vigencia

Esta Norma entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

11. Bibliografía

11.1 *Gaseous Fuel Coal and Coke*, Métodos ASTM, Vol. 5.05, American Society for Testing and Materials, 1992.

- 11.2 *Standard Method for Analysis of Natural Gas by Gas Chromatography*, ASTM D-1945, American Society for Testing and Materials, 1992.
- 11.3 Blumenkron, Fernando, *Manejo y Uso del Gas Licuado de Petróleo y Gas Natural*, Tomo I y II, 1995
- 11.4 *Gas Quality*, Proceedings of the Congress of Gas Quality Specification and Measurement of Physical and Chemical Properties of Natural Gas, Ed by G J van Rossum, Groningen, The Netherlands, April 22-25, 1986.
- 11.5 *Indice del Catálogo de Normas I.S.O.*, International Standardization Organization, 1993.
- 11.6 Hedden, K., and Heike, Th., *Quality Specifications of Pipeline Natural Gas, Review of the European Situation*, Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe 1, 1986.
- 11.7 *Obtaining Natural Gas Samples for Analysis by Gas Chromatography*, GPA Standard 2166-86, Gas Processors Association, 1986
- 11.8 *Gas Transmission and Distribution Piping Systems*, ASME Code for Pressure Piping, B31 8 an American National Standard, 1995
- 11.9 *Oil and Gas Pipeline Systems*, Z-662-94, Canadian Standards Association, Ontario, Canada, 1994.
- 11.10 DVGW Regelwerk, *Gasbeschaffenheit. Technische Regeln Arbeitsblatt*, G260/I, Bonn, April 1983.
- 11.11 *Disposiciones Básicas para un Desarrollo Coordinado en Matena de Combustibles Gaseosos*, Ley 10/1987, UNIGAS, Junio 15, 1987.
- Atentamente
Sufragio Efectivo No Reelección
México, D.F., a 16 de diciembre de 1997 - El Presidente de la Comisión Reguladora de Energia y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Medio de Ductos, **Héctor Olea**. - Rúbrica.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

INSTALACIONES PARA GAS

TEMA:

**GAS NATURAL LICUADO-INSTALACIONES
VEHICULARES**

**ING. JORGE REBOLLEDO ZENTENO
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

SECRETARIA DE ENERGIA

NORMA Oficial Mexicana NOM-004-SECRE-1997, Gas natural licuado-Instalaciones vehiculares.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Energía
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-004-SECRE-1997, GAS NATURAL LICUADO-INSTALACIONES VEHICULARES

La Secretaría de Energía, con la participación que le corresponde a la Comisión Reguladora de Energía, con fundamento en los artículos 38 fracción II; 40, 41 y 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 33 fracción IX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1 y 3 fracción XV de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía; 2 y 31 del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, y quinto transitorio del Decreto por el que se réforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** de fecha 20 de mayo de 1997, y

CONSIDERANDO

Primero. Que con fecha 19 de febrero de 1997, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por medio de Ductos publicó en el **Diario Oficial de la Federación** el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-004-SECRE-1997, Uso del Gas Natural Licuado como Combustible Vehicular Requisitos de Seguridad para Instalaciones Vehiculares, a efecto de recibir comentarios de los interesados.

Segundo. Que una vez transcurrido el término de 90 días a que se refiere el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización no se recibió comentario alguno en el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Medio de Ductos, respecto del proyecto de Norma en cita.

Tercero. Que para los efectos de la aprobación a que se refiere el artículo 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Medio de Ductos, consideró conveniente modificar el nombre del proyecto de norma, haciéndolo más preciso y sencillo, toda vez que no repercute en el contenido del mismo, y

Cuarto. Que de lo expuesto en los Considerandos anteriores se concluye que se ha dado cumplimiento con el procedimiento que señalan los artículos 38, 44, 45, 46, 47 y demás relativos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se expide la siguiente

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-004-SECRE-1997, GAS NATURAL LICUADO-INSTALACIONES VEHICULARES

INDICE

0. Introducción
1. Objetivo y campo de aplicación
2. Referencias
3. Definiciones
4. Especificaciones de las instalaciones vehiculares para uso de gas natural licuado
5. Pruebas finales
6. Etiquetado
7. Requerimientos mínimos de seguridad
8. Concordancia con normas internacionales
9. Vigilancia
10. Vigencia
11. Bibliografía
12. Apéndice
13. Anexo I

0. Introducción

Esta Norma Oficial Mexicana, en lo sucesivo "Norma", se publica de conformidad con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y con apego a los objetivos establecidos en el artículo 40 del mismo ordenamiento.

1. Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma establece los requisitos de seguridad que deben cumplir las instalaciones vehiculares para la utilización del gas natural licuado como combustible

2. Referencias

Esta Norma Oficial Mexicana se complementa con las normas siguientes:

NMX-Z-12	Muestreo para inspección por atributos.
NOM-008-SCFI-1993	Sistema general de unidades de medida
NMX-Z-13-1977	Guía para la redacción, estructuración y presentación de las Normas Oficiales Mexicanas.
NMX-S-14-SCFI	Aplicación de los colores de seguridad.

3. Definiciones

Para efectos de la aplicación de esta Norma se establecen las definiciones siguientes:

3.1 Accesorios del recipiente vehicular: Dispositivos conectados al recipiente para fines de seguridad, control y operación.

3.2 Condiciones criogénicas: Condición termodinámica a bajas temperaturas a las cuales, entre otras, se logra la licuefacción de los gases.

3.3 Gas o gas natural: La mezcla de hidrocarburos compuesta primordialmente por metano

3.4 Gas natural licuado o GNL: Gas natural que se mantiene en estado líquido a condiciones criogénicas.

3.5 Instalación vehicular: Equipo, accesorios y materiales que constituyen el sistema de almacenamiento y alimentación de gas natural licuado al motor de un vehículo (ver gráficas 1 y 2).

3.6 Presión de operación máxima permisible: Presión máxima a la cual deben operar el recipiente y el sistema de suministro al motor del vehículo.

3.7 Presión de servicio o de trabajo: Presión estable a la que deben operar el recipiente vehicular y el sistema de suministro al motor del vehículo.

3.8 Prueba neumática: Procedimiento al que se somete una instalación o componente de ésta a una presión predeterminada, utilizando aire o un gas inerte como elemento de la prueba de hermeticidad

3.9 Recipiente vehicular o recipiente: Depósito contenedor del gas natural licuado que está instalado en un vehículo.

3.10 Regulador de presión: Instrumento situado en una tubería de gas de alta presión que tiene por objeto disminuir, controlar y mantener la presión deseada a partir de este punto.

3.11 Unidad de verificación: Persona física o moral acreditada, por la autoridad competente, para realizar actos de verificación técnica.

3.12 Válvula de alivio: Dispositivo automático de alivio de presión que actúa por presión estática aplicada sobre la válvula, la cual abre en relación directa al incremento de presión sobre un límite preestablecido

3.13 Vehículo automotor o vehículo: Automóvil propulsado por un motor de combustión interna que utiliza como combustible el gas natural

4. Especificaciones de las instalaciones vehiculares para uso de gas natural licuado

4.1 Las instalaciones vehiculares deben evaluarse y dictaminarse por una Unidad de Verificación antes de iniciar la construcción, conforme a los aspectos de seguridad contenidos en esta Norma.

4.2 Aplicación

Este capítulo se aplica a la instalación y prueba de sistemas de aprovechamiento de GNL como combustible para vehículos automotores.

4.3 Componentes del sistema:

4.3.1 Los subsistemas siguientes y sus componentes deben estar garantizados por el fabricante

- a) Recipientes vehiculares;
- b) Sistema de medición de combustible;
- c) Dispositivos de alivio de presión;
- d) Manómetros;
- e) Válvulas;
- f) Reguladores de presión;
- g) Vaporizadores,
- h) Bombas,
- i) Equipo de suministro del combustible al inyector;
- j) Conexiones y accesorios, y
- k) Equipo eléctrico y electrónico relacionado con el sistema de GNL.

4.3.2 Los componentes del sistema en el compartimiento del motor que estén en contacto con GNL, deben estar diseñados para operar en un rango de temperatura de 110 K a 393 K. Los componentes que no estén en contacto con el GNL deben estar diseñados para operar en un rango de temperatura de 268 K a 393 K.

4.3.3 Los componentes del sistema fuera del compartimiento del motor que no estén en contacto con el GNL deben estar diseñados para operar en un rango de temperatura de 268 K a 393 K.

4.4 Recipiente vehicular:

4.4.1 Diseño.

Los recipientes utilizados en los vehículos deben estar diseñados, fabricados, probados y etiquetados (o estampados) de acuerdo con los estándares de seguridad mínimos previstos de acuerdo con la normatividad aplicable. Bibliografía 11.1

4.4.2 Reutilización:

Los recipientes que no sean nuevos pero que cumplan con lo establecido en el punto 4.3.1 pueden ser utilizados nuevamente, reinstalados o continuar en uso. La Unidad de Verificación debe dictaminar si es conveniente que continúen en servicio

4.4.3 Reparación

La reparación de los recipientes debe cumplir con lo dispuesto en el apartado 4.3.1 anterior

4.4.4 Volumen máximo de llenado

El recipiente debe equiparse con un dispositivo que evite que se rebase el volumen máximo de llenado recomendado por el fabricante

4.4.5 Prueba de integridad del recipiente.

La integridad del recipiente debe probarse durante un periodo de 72 horas continuas a una temperatura de 293 K y a la presión de operación máxima permisible. La prueba debe ser avalada y dictaminada por una Unidad de Verificación.

4.4.6 Identificación del recipiente:

El recipiente debe tener permanentemente las identificaciones siguientes (es aceptable el marcado del recipiente o el uso de calcomanías).

- a) La capacidad total volumétrica del recipiente en metros cúbicos;
- b) Las palabras "para uso exclusivo de GNL" en letras no menores de 2.50 cm de alto y visibles después de haber instalado el recipiente;
- c) Las entradas y salidas de gas, excepto las válvulas de alivio y dispositivos de medición, deben señalar si se comunican con el espacio de vapor o de líquido, y
- d) La indicación que señale la posición en que debe instalarse el recipiente con el objeto de asegurar el buen funcionamiento de las válvulas de alivio de presión.

4.5 Accesorios del recipiente vehicular.

4.5.1 Los dispositivos del recipiente deben fabricarse con materiales adecuados para el manejo de GNL. Las partes metálicas de los accesorios sujetas a presión, exceptuando los elementos fusibles, deben tener un punto de fusión mayor de 1088 K.

4.5.2 Los dispositivos de los recipientes deben diseñarse para soportar una presión de operación mayor o igual a la presión de operación máxima permisible del recipiente.

Dispositivos de alivio y válvulas de control de presión

4.5.3 Los dispositivos de alivio y/o válvulas de control de presión con que están equipados los recipientes, deben cumplir con la norma bajo la cual se diseñan y fabrican dichos recipientes.

4.5.4 Los dispositivos de alivio y válvulas de control de presión deben comunicarse directamente con el espacio de vapor del recipiente.

4.5.5 Los dispositivos de alivio y válvulas de control de presión deben diseñarse de tal forma que la posibilidad de desajuste no exista. Las válvulas que se ajustan externamente en forma manual, deben contar con un medio que permita el sellado del mecanismo de ajuste.

Válvulas de corte del recipiente

4.5.6 Deben instalarse válvulas de corte directamente en las salidas de vapor y de líquido del recipiente, las cuales deben marcarse con las indicaciones siguientes: "Válvula de corte de vapor" y "Válvula de corte de líquido", respectivamente. Es aceptable el uso de plantillas o de calcomanías. No deben instalarse accesorios entre el recipiente y las válvulas.

4.5.7 Tanto en la salida del vapor como en la del líquido del recipiente, pueden utilizarse válvulas de corte automáticas normalmente cerradas (NC) y mantenerse abiertas por corriente eléctrica o válvulas de cierre operadas manualmente. Estas últimas deben etiquetarse como se muestra en la gráfica 3.

4.6 Válvulas:

4.6.1 Las válvulas de corte seleccionadas para instalarse en el sistema deben estar diseñadas para soportar una presión de operación superior a la presión de operación máxima permisible del recipiente. No deben ocurrir fugas a presiones menores de 1.5 veces la presión de operación para la cual fue diseñada la válvula.

4.6.2 Todas las partes de la válvula, exceptuando los empaques, sellos y asientos que están en contacto con el combustible, deben ser de acero inoxidable o cobre.

4.6.3 Debe instalarse una válvula de corte en la línea de suministro de combustible a la entrada del regulador de presión. La válvula de corte debe cerrar automáticamente e impedir el flujo de combustible al motor del vehículo cuando

- a) El interruptor de encendido esté cerrado o en la posición de "accesorios", y
- b) El motor no esté operando con el interruptor de encendido abierto.

4.6.4 Cuando en un vehículo estén instalados más de un recipiente para GNL deben instalarse válvulas automáticas para cerrar el paso del GNL de los recipientes que no estén en uso.

4.6.5 El sistema de alimentación de combustible al recipiente debe equiparse con una válvula de no retroceso, la cual prevendrá el flujo de retorno del GNL del recipiente a la conexión de la línea de alimentación.

4.7 Equipo para alimentación de combustible al motor.

Vaporizadores

4.7.1 Los vaporizadores deben tener la capacidad para vaporizar el GNL que alimenta al motor cuando éste demanda el flujo máximo de combustible y calentar los vapores a la temperatura que requiere el sistema de carburación.

4.7.2 Los vaporizadores deben estar permanentemente identificados por el fabricante de los mismos en un punto visible y legible, con la presión de operación máxima permisible del combustible inscrita en ellos.

4.7.3 Los gases de salida del motor pueden utilizarse como una fuente directa de calor para vaporizar el combustible, siempre y cuando los materiales de construcción del vaporizador que están en contacto con los gases de escape sean resistentes a la corrosión propiciada por dichos gases.

Reguladores de presión del recipiente

4.7.4 Los reguladores de presión de entrada al recipiente y de cada una de sus cámaras deben estar diseñados para operar a una presión mayor o igual que la presión de operación máxima permisible del recipiente.

Dispositivos de medición de presión

4.7.5 Los medidores de presión seleccionados para instalarse en el sistema deben estar diseñados para operar a las condiciones de presión y temperatura a las cuales estén sometidos, con un factor de

seguridad de presión por explosión de cuando menos cuatro veces la presión de operación máxima permisible

4.7.6 Los medidores de presión seleccionados para instalarse en el sistema deben diseñarse para leer al menos 1.2 veces la presión a la que el dispositivo de alivio de presión haya sido calibrado.

4.7.7 El orificio del manómetro, en la conexión de entrada, no debe tener un diámetro mayor de 1.4 mm.

Tuberías y accesorios

4.7.8 Las tuberías y accesorios entre el recipiente y el regulador de presión seleccionados para instalarse en el sistema deben estar diseñados para soportar una presión de al menos dos veces la presión de operación máxima permisible del recipiente.

4.7.9 Todos los materiales de juntas y empaques deben ser adecuados para soportar las temperaturas y presiones que se generen en el sistema durante su operación

4.7.10 Únicamente las aleaciones que tienen una temperatura de fusión superior a 811 K deben emplearse para juntas o accesorios de tipo soldado

4.7.11 La tubería debe ser de acero inoxidable o cobre y cumplir con los estándares siguientes

- a) La tubería de acero inoxidable, tipo austenítico clase 312, y
- b) La tubería de cobre, de conformidad con la normatividad aplicable, Bibliografía 11.2.

4.7.12 El tubo flexible debe ser de acero inoxidable o cobre y debe cumplir con los estándares siguientes:

- a) Tubo de acero inoxidable austenítico sin costura y soldado para servicio general, de conformidad con la normatividad aplicable, Bibliografía 11.3, y
- b) Tubo de cobre sin costura para aire acondicionado y refrigeración, de conformidad con la normatividad aplicable, Bibliografía 11.4.

4.7.13 Los accesorios para la tubería y el tubo flexible deben ser de acero inoxidable o cobre y cumplir con lo siguiente

- a) Las uniones de la tubería deben ser roscadas o soldadas, y
- b) Las uniones del tubo flexible deben ser soldadas o hechas con los accesorios del tubo flexible

4.8 Instalación.

Recipientes vehiculares y accesorios del recipiente vehicular

4.8.1 Los recipientes vehiculares pueden localizarse dentro o debajo de los compartimientos del chofer o de los pasajeros, con la precaución de que todas las conexiones del recipiente sean externas o selladas y venteadas al exterior de dichos compartimientos

4.8.2 Los recipientes deben localizarse en un sitio donde se eviten las posibilidades de daño tanto a los recipientes como de sus accesorios. Los recipientes ubicados en la parte posterior de los vehículos deben protegerse por parachoques o por la defensa posterior. Si el recipiente es instalado a menos de 21 cm del motor o del sistema de escape, debe protegerse contra el calentamiento directo mediante la colocación de un material aislante.

4.8.3 Los estampados o etiquetados de los recipientes deben ser legibles después que el recipiente haya sido instalado de forma permanente en un vehículo. Una lámpara portátil y un espejo pueden utilizarse para leer las etiquetas, si el recipiente no quedó en un lugar accesible.

4.8.4 La instalación vehicular debe protegerse para prevenir daños debido a contacto incidental con objetos estacionarios o con objetos que sean arrojados desde el piso cuando el vehículo está en movimiento

4.8.5 Los recipientes no deben montarse en techos, frente al eje delantero o detrás de la defensa posterior del vehículo, es decir, ninguna parte del recipiente o de sus dispositivos deben sobresalir de los lados o del techo del vehículo.

4.8.6 Cuando el recipiente sea instalado debajo del chasis y entre los ejes del vehículo, el recipiente debe instalarse a una distancia mayor o igual a la que establecen las especificaciones del fabricante, tomando como referencia la distancia que resulte mayor, entre el piso y el recipiente, o sus dispositivos y bastidor. En todo caso, debe cumplirse con el apartado 5.2.1 de esta Norma. Dicha distancia debe medirse de la parte inferior del recipiente, dispositivo, soporte, accesorio del recipiente o su bastidor (si lo hay), el que se encuentre en el punto más bajo, como sigue: (ver gráfica 4).

- a) Los recipientes instalados entre ejes deben cumplir con lo establecido en el inciso c) siguiente, o estar arriba, o al mismo nivel, que el punto delantero más bajo del recipiente respecto a:
 - i. el componente estructural más bajo del cuerpo del vehículo;
 - ii. el componente estructural más bajo del chasis o subestructura, si la hay;
 - iii. el punto más bajo del motor, y
 - iv. el punto más bajo de la transmisión, incluyendo el bastidor del embrague o la caja de engranes, lo que sea aplicable (ver gráfica 4)
- b) Los recipientes instalados detrás del eje trasero y que se prolongan por debajo del chasis deben cumplir con lo establecido en el inciso c) siguiente, o estar al mismo nivel o arriba de los puntos siguientes
 - i. del punto más bajo de los componentes estructurales del cuerpo, motor o transmisión (incluyendo el bastidor del embrague o la caja de engranes) hacia adelante del recipiente y de la línea del centro del eje trasero, la defensa o el chasis, etc. (ver gráfica 4), y
 - ii. donde hay dos o más ejes traseros, las proyecciones deben hacerse al eje inmediato posterior, y

- c) Cuando un recipiente de GNL substituye al recipiente original instalado por el fabricante del vehículo (haya sido o no un recipiente de combustible para GNL), dicho recipiente debe adecuarse al espacio en el que se encontraba el recipiente original o bien cumplir con lo establecido en los incisos a) o b) anteriores.

4.8.7 El montaje del recipiente debe evitar vibración, deslizamiento o rotación, asegurándolo al cuerpo del vehículo, a la plataforma o al chasis con medios capaces de soportar, sin sufrir deformación, las cargas a que se verá sujeto durante su operación

4.8.8 El peso del recipiente no debe ser soportado por las válvulas de salida, cabezales, conexiones o líneas de combustible.

4.8.9 Cuando se realice la instalación de un recipiente de combustible de GNL a un vehículo no debe afectarse el funcionamiento de los demás sistemas del vehículo.

4.8.10 Se debe tener fácil acceso a las válvulas del recipiente de cierre manual para líquido o vapor, las cuales deben operarse sin el uso de herramientas

Recipientes montados en el interior de vehículos

4.8.11 Los recipientes montados en el interior de vehículos deben instalarse en un compartimiento hermético, separado de los espacios ocupados por el chofer o los pasajeros y de cualquier otro espacio utilizado por equipos que puedan producir chispa (por ejemplo, radiotransmisor) Tanto los recipientes como los compartimientos herméticos deben ventear los gases hacia el exterior de los vehículos.

4.8.12 Los recipientes deben instalarse y adaptarse de tal forma que durante las operaciones de abastecimiento de combustible no se presente ninguna fuga de gas al interior del vehículo. Las conexiones de llenado deben quedar hacia la parte exterior del vehículo

4.8.13 Los compartimientos, estructuras, sellos y conductos para venteo deben fabricarse para resistir daños, obstrucciones o el desalajo de su sitio debido al movimiento de artículos cargados en el vehículo o por la cercanía del compartimiento de equipaje o puertas del vehículo. El montaje de dichos compartimientos, estructuras, sellos y conductos deben ser aprobados por una Unidad de Verificación. Para ser desmontados del vehículo debe ser necesario el uso de herramienta

4.8.14 Debe instalarse un sistema de detección de fugas de gas natural dentro del compartimiento en el cual el recipiente está instalado. Dicho sistema debe activar una alarma cuando se presente una concentración de gas menor al 20% del límite inferior de inflamabilidad del gas natural

Dispositivos de alivio y válvulas de control de presión

4.8.15 Los dispositivos de alivio de presión que descarguen gas a la atmósfera deben hacerlo hacia el exterior del vehículo. Todas las líneas de descarga y salida deben instalarse como sigue:

- a) Las líneas de descarga de alivio deben ser metálicas y tener un punto de fusión mínimo de 1088 K,
- b) Las líneas de descarga y adaptadores deben dimensionarse, localizarse y asegurarse de tal forma que permitan el manejo de la capacidad de descarga de gas y eviten el daño a las personas o a sus bienes;
- c) Las líneas de descarga deben resistir la presión de descarga del vapor de alivio cuando el dispositivo de alivio esté abierto,
- d) Debe contarse con protecciones (tales como capuchones) para minimizar la posibilidad de entrada de agua, polvo o suciedad al dispositivo de alivio de presión o a la línea de descarga. Estas protecciones deben permanecer en su lugar, excepto cuando opere el dispositivo de alivio de presión;
- e) Las líneas de descarga y de alivio de presión deben localizarse lo más lejos posible del escape de gases del vehículo y de la parte posterior del mismo. El gas venteado debe dirigirse hacia arriba, a menos de 45° de la vertical. El gas, cuando está escapando, no debe incidir sobre el recipiente de combustible y no debe dirigirse hacia las ruedas, a otro vehículo en circulación o a la línea de entrada del aire al motor;
- f) La línea de descarga del dispositivo de alivio de presión, en los autobuses de pasajeros, debe localizarse en la parte posterior del vehículo dirigida hacia arriba y prolongada hacia la parte superior del mismo, y
- g) La salida de la línea de descarga debe adaptarse con un dispositivo que prevenga la formación y/o acumulación de hielo que impida que el dispositivo de alivio opere a la presión requerida.

Tubería, tubo flexible y accesorios

4.8.16 Los cabezales que conecten recipientes de combustible deben fabricarse e instalarse de tal forma que se minimice la vibración y localizarse en un lugar protegido para reducir el daño que puedan causarles objetos sueltos.

4.8.17 La tubería y el tubo flexible deben instalarse, soportarse y protegerse, de manera que se minimicen las posibilidades de daño, corrosión o fractura debido a la expansión, contracción, vibración, tensión o desgaste, e impedir que dicha tubería se suelte o afloje mientras el vehículo está en movimiento.

4.8.18 Las tuberías y el tubo flexible externos deben localizarse debajo del vehículo y de cualquier aislamiento o fondo falso.

4.8.19 Las tuberías y el tubo flexible que pasan a través de un panel o estructura deben protegerse por arillos de esfuerzo o accesorios similares, los cuales deben asegurarse al orificio de paso en el panel o estructura y a la tubería o tubo flexible

4.8.20 Las tuberías o tubo flexible que pasen por el piso del vehículo deben instalarse por debajo o adyacente al recipiente. Si se requiere una línea de derivación, la conexión "T" debe estar en la línea principal de combustible bajo el piso y fuera del vehículo.

4.8.21 No debe haber conexiones de combustible entre un vehículo y un remolque.

4.8.22 Debe instalarse una válvula de alivio en cada sección de la tubería o tubo flexible en los que el GNL pueda ser aislado, entre válvulas de corte, con el objeto de aliviar a una presión menor que la presión de operación máxima permisible de la línea protegida.

Válvulas

4.8.23 Las válvulas deben montarse firmemente e instalarse en un lugar protegido y cubrirse con el objeto de prevenir daños por vibración, colisión o por objetos sueltos o no asegurados.

4.8.24 Las válvulas deben instalarse de tal forma que su peso no esté soportado por las líneas de unión.

Reguladores de presión

4.8.25 El equipo de regulación de presión automática debe instalarse entre el recipiente y el motor del vehículo con el objeto de regular la presión del combustible hacia este último.

4.8.26 El equipo de regulación de presión debe instalarse de tal forma que su peso no esté soportado por las líneas de unión.

Manómetros

4.8.27 Debe instalarse un manómetro cerca de la boquilla de llenado del recipiente, con las características que se indican en los puntos 4.7.5, 4.7.6 y 4.7.7, conectado a la fase vapor del recipiente.

4.8.28 Los manómetros deben instalarse en un lugar protegido y seguro, con el objeto de prevenir daños por vibración, colisión o por objetos sueltos o no asegurados.

Cableado

4.8.29 El cableado debe instalarse, aislarse y soportarse para prevenir daños ocasionados por vibración, colisión, desgaste, tensión o corrosión a que se puede ver expuesto.

4.8.30 Todo el cableado debe dimensionarse y protegerse con fusibles adecuados al flujo de corriente.

5. Pruebas finales

5.1 Prueba de hermeticidad:

5.1.1 Deben realizarse pruebas neumáticas con el objeto de verificar la hermeticidad de los equipos y componentes de la instalación vehicular que trabajen bajo condiciones criogénicas. No deben realizarse pruebas hidrostáticas.

5.1.2 Cuando el recipiente de GNL de un vehículo resulte dañado por alguna circunstancia, dicho recipiente debe revisarse y probarse, bajo la supervisión de una Unidad de Verificación, antes de ponerse nuevamente en servicio.

5.1.3 Debe efectuarse una prueba de hermeticidad a las instalaciones vehiculares cada cinco años. El resultado de la prueba de hermeticidad debe reportarse a la autoridad competente. Para efectuar la prueba neumática debe realizarse lo siguiente:

- a) Conectar al recipiente del vehículo un cilindro que contenga gas inerte o aire comprimido (seco y libre de aceite) y abrir las válvulas de ambos.
- b) Presurizar el sistema hasta que alcance su presión de operación.
- c) Instalar manómetros con capacidad de 120% de la presión de alivio de las válvulas de seguridad del sistema;
- d) Aplicar el medio de detección de fugas (solución jabonosa libre de amoníaco o un instrumento detector de fugas), y
- e) La Unidad de Verificación debe testificar la prueba e informar el resultado de la misma a la autoridad competente.

5.2 Verificación de distancias mínimas de instalación:

5.2.1 Debe medirse la distancia de la parte más baja del recipiente y sistema de GNL al piso con el objeto de verificar la correcta instalación de los recipientes y sus componentes de montaje. Debe obtenerse un claro mayor o igual a 255 mm o un ángulo de rampa de 17° (ver gráfica 4).

5.2.2 Para efectuar la prueba debe realizarse lo siguiente.

- a) Colocar el vehículo en un lugar horizontal y plano.
- b) Consultar el manual del usuario donde se especifica el peso bruto y la distancia entre ejes del vehículo;
- c) Agregar la carga necesaria para alcanzar el peso bruto del vehículo (peso neto más tara);
- d) Medir la distancia entre la parte más baja del sistema de GNL y el piso con un flexómetro, y
- e) La Unidad de Verificación debe testificar la prueba e informar el resultado de la misma a la autoridad competente.

6. Etiquetado

6.1 El vehículo equipado con un sistema de combustible de GNL debe llevar permanentemente las etiquetas siguientes. Las etiquetas deben aplicarse a vehículos convertidos de gasolina, diesel u otro combustible a GNL:

- a) Una etiqueta localizada en la conexión receptora de combustible que incluya la información siguiente:
 - i. vehículo operado con GNL, y
 - ii. presión de operación máxima permisible del recipiente de combustible del vehículo;
- b) Una etiqueta localizada en el compartimiento del motor que incluya lo siguiente (ver gráfica 5).

- i. vehículo propulsado por GNL;
- ii. presión máxima de trabajo del recipiente del vehículo;
- iii. número de serie del vehículo;
- iv. número de certificación del sistema;
- v. fecha de instalación,
- vi. kilometraje del vehículo;
- vii. taller de instalación, y
- viii. Unidad de Verificación que verifica el equipo

6.1.1 Cada recipiente debe tener una etiqueta protegida y visible con la información siguiente

- a) Sólo para GNL,
- b) Designación de la norma de fabricación,
- c) Presión de servicio;
- d) Símbolo o distintivo del fabricante,
- e) Número de serie, y
- f) Mes y año de fabricación

6.2 En el cuerpo del recipiente deben identificarse las válvulas localizadas en el mismo, de acuerdo a su servicio

6.3 Las etiquetas que identifican a los vehículos equipados con sistemas de GNL deben tener forma de diamante de 8 cm por lado y contener en el anverso y en el reverso, como mínimo, la información siguiente. Esta etiqueta la debe emitir la autoridad competente local y colocarse en el parabrisas del vehículo:

- a) En el anverso:
 - i. sistema de gas natural licuado, y
 - ii. número de folio;
- a) En el reverso:
 - i. número de certificación;
 - ii. número de serie del convertidor catalítico;
 - iii. fecha de instalación, y
 - iv. fecha de vencimiento

6.4 Debe colocarse una etiqueta resistente a la intemperie con la leyenda GNL, en forma de diamante en el exterior del vehículo en un lugar visible sobre una superficie vertical o casi vertical, no debe colocarse en la defensa del vehículo. Dicha etiqueta debe tener un mínimo de 120 mm de largo por 83 mm de altura y consistir en un margen y la leyenda GNL con una altura mínima de 25 mm centrada en el diamante y hecha de un material luminoso reflejante, blanco o plateado sobre un fondo negro (ver gráfica 6)

7. Requerimientos mínimos de seguridad

7.1 El técnico responsable de la instalación de un sistema de GNL en un vehículo debe cubrir, como mínimo, los requerimientos de seguridad siguientes:

- a) En caso de que el GNL no sea odorizado, debe instalarse en el vehículo un detector de metano o un sistema de odorización para localizar fugas,
- b) Instalar en el vehículo un extintor, y
- c) Contar con un programa de mantenimiento preventivo para garantizar el adecuado funcionamiento de la unidad, de conformidad con los lineamientos establecidos por el fabricante.

7.2 En caso de que el sistema de GNL se instale en una flotilla, además de lo anterior, debe cubrirse lo siguiente:

- a) El técnico responsable de la instalación debe entrenar a los operadores de las unidades;
- b) El propietario de las unidades debe mantener capacitado al personal que vaya a realizar el mantenimiento de los vehículos, de conformidad con los lineamientos establecidos por el fabricante, y
- c) El propietario de las unidades debe capacitar a los operadores de éstas en primeros auxilios y contar con un botiquín de primeros auxilios en la unidad.

7.3 La capacitación a que se hace referencia en los incisos b) y c) anteriores puede ser realizada por instructores de la propia empresa o por instructores externos

8. Concordancia con normas internacionales

Esta Norma no concuerda con ninguna norma internacional, toda vez que no existe referencia en el momento de su elaboración.

9. Vigilancia

La Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Reguladora de Energía, es la autoridad competente para vigilar, verificar y hacer cumplir las disposiciones contenidas en esta Norma.

10. Vigencia

Esta Norma entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

11. Bibliografía

11.1 *Standard for Pressure Vessels Containing Hazardous Liquefied Petroleum Gases, DOT-4L-200*, Department of Transportation, Part 4, Subpart L, Section 200, 1992.

11.2 *Seamless Copper Pipe, Standard Sizes, ASTM-B-42*, American Society for Testing and Materials, 1992

11.3 *Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Tubing for General Service*, ASTM-A-269, American Society for Testing and Materials, 1989

11.4 *Specifications for Seamless Copper Tube for Air Conditioning and Refrigeration Field Service*, ASTM-B-280, American Society for Testing and Materials, 1989

11.5 *Standard Specification for Copper Brazed Steel Tubing*, ASTM-A-254, American Society for Testing and Materials, 1992.

11.6 *Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning and Stray Currents*, API-RP-2003, American Petroleum Institute, Fifth Edition, 1991..

11.7 *Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping*, ANSI-B-31.3, American National Standard Institute, 1989.

11.8 *Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG)*, ANSI-NFPA-59 A, National Fire Protection Association, 1990

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

11.10 *National Electrical Code*, NFPA-70, National Fire Protection Association, 1993

12. Apéndice

Descripción del contenido del manual de operación

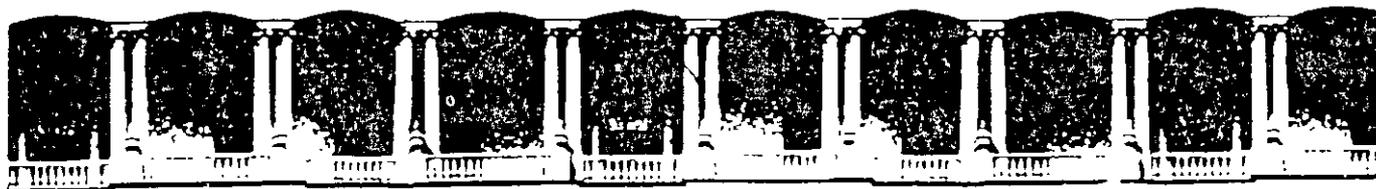
Las instalaciones vehiculares deben contar con un manual de operación y mantenimiento en el que se describan, detalladamente, los procedimientos que se llevan a cabo en la instalación. El manual de operación y mantenimiento debe ser aprobado por la autoridad competente y actualizarse de acuerdo con la normatividad aplicable para reflejar los avances tecnológicos en la industria. El manual debe contener, como mínimo, lo siguiente.

- a) Descripción de los procedimientos de operación y mantenimiento de la instalación vehicular, por ejemplo venteos, purgas, fugas, etc., durante la operación normal. Dichos procedimientos deben incluir los relativos a las reparaciones del equipo,
- b) Identificación de las instalaciones que presenten el mayor riesgo para la seguridad pública,
- c) Programa de inspecciones periódicas para asegurarse que la presión de operación de la instalación vehicular cumple con las condiciones de diseño,
- d) Programa de mantenimiento preventivo que incluya los procedimientos y los resultados de las pruebas e inspecciones realizadas a la instalación vehicular (bitácora de operación y mantenimiento), y
- e) Capacitación al personal que ejecuta las actividades de operación y mantenimiento para reconocer condiciones potencialmente peligrosas que están sujetas a la presentación de informes a la autoridad competente.

Atentamente

Sufragio Efectivo No Reelección

México, D.F., a 16 de diciembre de 1997.- El Presidente de la Comisión Reguladora de Energía y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Medio de Ductos, Héctor Olea - Rúbrica



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

INSTALACIONES PARA GAS

TEMA:

ODORIZACIÓN DEL GAS NATURAL

**ING. JORGE REBOLLEDO ZENTENO
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

PODER EJECUTIVO
SECRETARIA DE ENERGIA

NORMA Oficial Mexicana NOM-006-SECRE-1999, Odorización del gas natural.

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

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-006-SECRE-1999, ODORIZACION DEL GAS NATURAL

La Secretaría de Energía, con la participación que le corresponde a la Comisión Reguladora de Energía, con fundamento en los artículos 38 fracción II, 39, 40 fracción XIII, 41 y 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 33 fracción IX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1o y 3o fracción XV de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía; 4o, 9o, 14 fracción IV, y 16 de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, 28, 34 y segundo transitorio del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 7o. y 70 fracción VII del Reglamento de Gas Natural; y 2o. y 31 del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, aprobada por consenso del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Medio de Ductos, en su sexta sesión ordinaria del 17 de noviembre de 1999, y

CONSIDERANDO

Primero. Que con fecha 5 de noviembre de 1998, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Medio de Ductos publicó en el **Diario Oficial de la Federación**, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-006-SECRE-1998, Odorización del gas natural, a efecto de recibir comentarios de los interesados;

Segundo. Que transcurrió el término de 60 días a que se refiere el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización sin haberse recibido comentarios por parte de los interesados, sin embargo, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Medio de Ductos consideró necesario precisar algunos preceptos del Proyecto de la Norma Oficial Mexicana NOM-006-SECRE-1998, Odorización del gas natural, con objeto de dar mayor claridad a las disposiciones contenidas en dicha norma;

Tercero. Que con fecha 22 de diciembre de 1999, en el **Diario Oficial de la Federación**, se publicaron los preceptos que requirieron ser precisados para dar mayor claridad al Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-006-SECRE-1998, Odorización del gas natural;

Cuarto. Que de lo expuesto en los considerandos anteriores se concluye que se ha dado cumplimiento con el procedimiento que señalan los artículos 38, 44, 45, 47 y demás relativos a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, por lo que se expide la siguiente

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-006-SECRE-1999, ODORIZACION DEL GAS NATURAL

INDICE

0. Introducción
1. Objeto
2. Campo de aplicación
3. Referencias
4. Definiciones
5. Odorizantes
6. Tipo y cantidad de odorizante a utilizar
7. Sistemas de odorización
8. Control del proceso de odorización
9. Medidas generales de seguridad para el manejo de los odorizantes
10. Vigilancia
11. Concordancia con normas internacionales
12. Bibliografía
13. Vigencia

0. Introducción

Esta Norma Oficial Mexicana que, en lo sucesivo se denomina "Norma", establece los lineamientos técnicos mínimos que deben cumplir los sistemas de odorización de gas natural, las características del agente odorizante, y las medidas de seguridad en el manejo y aplicación del odorizante

1. Objeto

Esta Norma tiene por objeto establecer los lineamientos técnicos mínimos que deben cumplir los sistemas de odorización del gas natural, las características del agente odorizante y las medidas de seguridad en el manejo y aplicación del odorizante a los sistemas de distribución de gas natural, en concordancia con el artículo 40 fracciones I, XIII y XVII de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

2. Campo de aplicación

Esta Norma es aplicable a los sistemas de distribución de gas natural por ductos

El gas natural no posee un olor distintivo, por lo que en los sistemas de distribución se deberá dosificar un odorizante para detectar la presencia del gas natural. El gas natural que se utilice en procesos catalíticos u otros donde el producto final se vea afectado no deberá odorizarse.

2.1 Cuando exista alguna variación entre los requerimientos de esta Norma con respecto a otras publicaciones, los requerimientos de esta Norma prevalecerán y se considerarán obligatorios.

2.2 Los preceptos de esta Norma no deben limitar el desarrollo de tecnología, equipos y prácticas de ingeniería.

3. Referencias

NOM-001-SECRE-1997	Calidad del gas natural.
NOM-003-SECRE-1997	Distribución de gas natural
NOM-008-SCFI-1993	Sistema general de unidades de medida.
NOM-Z-13-1977	Guía para la redacción, estructuración y presentación de las normas oficiales mexicanas.

4. Definiciones

Para efectos de aplicación de esta Norma se establecen las definiciones siguientes.

4.1 Condiciones base: Condiciones bajo las que se mide el gas natural, correspondientes a una presión absoluta de 98 kPa (1kg/cm²), a una temperatura de 293 K (20°C).

4.2 Gas natural o gas: Mezcla de hidrocarburos compuesta primordialmente por metano.

4.3 Límite inferior de explosividad (LIE): Valor inferior de la concentración de gas disperso en el aire, debajo del cual no se presenta una mezcla explosiva. En el gas natural el límite inferior de explosividad es el 5% (cinco por ciento) en volumen de gas en aire

4.4 Límite superior de explosividad (LSE): Valor superior de la concentración de gas natural disperso en el aire, arriba del cual no se presenta una mezcla explosiva. Para el gas natural el límite superior de explosividad es del 15% (quince por ciento) en volumen de gas en aire.

4.5 Mercaptanos: Compuestos orgánicos sulfurados de olor característico desagradable, tóxico e irritante en altas concentraciones. También conocidos como Tioles.

4.6 Odorización: Proceso mediante el cual se le aplica un odorizante a una sustancia inodora.

4.7 Odorizante: Sustancia química compuesta por mercaptanos que se añade a gases esencialmente inodoros para advertir su presencia

4.8 Presión de vapor: Presión característica a una determinada temperatura del vapor de una sustancia en equilibrio con su fase líquida

5. Odorizantes

El odorizante debe cumplir, como mínimo, con los requisitos siguientes:

a) Contar con un grado de pureza que permita alcanzar el nivel de odorización mínimo establecido en el capítulo número 6 de esta Norma;

- b) Ser compatible con los materiales de fabricación del equipo utilizado para la odorización del gas natural;
- c) Ser estable física y químicamente para asegurar su presencia como vapor dentro de la corriente de gas natural;
- d) No ser tóxico ni nocivo para las personas y equipos en la concentración requerida en el capítulo número 6 de esta Norma,
- e) Ser de fácil combustión dentro del rango recomendado por el fabricante;
- f) Contar con un grado de penetrabilidad que permita detectar las fugas de gas natural de una tubería enterrada por medio de la mancha que deja en el suelo y así prevenir a la población en el área circundante del peligro;
- g) Tener una solubilidad en agua menor a 2.5% (dos punto cinco por ciento) en masa;
- h) Contar con un olor que proporcione al gas natural el aroma característico y persistente;
- i) Ser manejable para facilitar su adición al gas natural, y
- j) Los productos de la combustión del odorizante no deben ser corrosivos a los materiales expuestos ni ser nocivos para la salud de la población

6. Tipo y cantidad de odorizante a utilizar

El gas natural debe ser odorizado a una concentración tal que permita ser detectado por el olfato cuando las concentraciones alcancen una quinta parte del límite inferior de explosividad, o cuando la proporción de gas natural en aire sea de 1% (uno por ciento).

La concentración indicada está referida a las condiciones base del gas natural (98.067 kPa y 293 K)

7. Sistemas de odorización

7.1 El equipo de odorización seleccionado debe dosificar el odorizante dentro de los rangos de concentración recomendados por el fabricante

7.2 Los equipos de odorización deben cumplir con lo siguiente:

- a) La cantidad de odorizante dosificado debe ser proporcional al volumen de gas, independientemente de las condiciones de presión y temperatura, tanto del ambiente como del gas natural;
- b) Los materiales deben ser resistentes a la corrosión química y atmosférica, y
- c) El equipo debe tener la capacidad para manejar un amplio rango de flujos.

7.3 La selección del equipo debe hacerse de acuerdo con el volumen de gas natural a odorizar.

7.4 Se debe utilizar un contenedor de doble pared con la finalidad de prevenir derrames.

8. Control del proceso de odorización

8.1 El olor del gas natural debe monitorearse en puntos determinados de la red de distribución para verificar que la concentración del odorizante sea estable y se perciba cuando la proporción de gas natural en aire sea del 1% (uno por ciento) o una quinta parte del límite inferior de explosividad.

8.2 El control del proceso de odorización puede efectuarse en forma indirecta por el consumo de odorizante, o de forma directa mediante el análisis del contenido de odorizante en el gas natural. Si el gas natural a odorizar tiene contenidos variables de odorizante debe recurrirse al control directo

En ambos métodos de control se deben tomar muestras del gas natural, en puntos diferentes de la red de distribución.

9. Medidas generales de seguridad para el manejo de los odorizantes

9.1 Medidas de seguridad.

a) Para prevenir la combustión accidental de los vapores del odorizante se debe utilizar herramienta a prueba de chispa cuando se trabaje en equipos de odorización, y los trabajadores que laboren en el área no deben utilizar botas de seguridad con casquillo metálico expuesto, y

b) El equipo de odorización y sus tuberías deben ser fabricados con materiales resistentes a los componentes de los odorizantes para evitar la corrosión, ejemplo, tuberías de acero al carbón sin costura para las líneas de transporte del odorizante. Los accesorios soldados y las conexiones bridadas se recomiendan para tuberías de diámetros mayores a 25.4 mm

9.2 Derrames. Cuando se detecte un derrame de odorizante, éste debe neutralizarse mediante la aplicación de una sustancia química, por ejemplo, mediante la adición de una solución acuosa de hipoclorito de sodio. Asimismo, debe utilizarse un agente evanescente para enmascarar el olor y tierra, arena fina o aserrín para absorber dicho odorizante o el producto que recomiende el fabricante

La eliminación del odorizante puede efectuarse por oxidación o por absorción, mediante compuestos como lejía, agua oxigenada y permanganato de potasio.

No deben verterse los oxidantes en altas concentraciones sobre el odorizante derramado ya que la reacción sería violenta y podría causar accidentes

9.3 Almacenamiento Los tambores del odorizante deben estar almacenados en lugares cubiertos, secos y bien ventilados

No deben exponerse a los rayos solares.

Los tambores se deben enfriar antes de ser abiertos para no provocar una fuga de odorizante en fase vapor, ya que la presión de vapor aumenta rápidamente con el incremento de la temperatura (ver tabla siguiente).

Temperatura	Presión de vapor del odorizante
293 K	2.05 kPa
353 K	27.38 kPa

9.4 Seguridad del personal El personal que ejecute operaciones de odorización debe usar prendas apropiadas que resistan el posible contacto con el odorizante, las cuales deben lavarse después de su utilización

El equipo mínimo de seguridad adecuado para el personal que está en contacto con el odorizante debe ser el siguiente

- a) Guantes, botas y delantal confeccionados con cloruro de polivinilo;
- b) Gafas protectoras de hule especial (recomendadas por el fabricante del producto), y
- c) Mascarilla con filtro de absorción para componentes orgánicos

Ante cualquier contacto del odorizante con la piel debe lavarse de inmediato el área afectada con agua.

10. Vigilancia

10.1 La Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Reguladora de Energía, es la autoridad competente para vigilar, verificar y hacer cumplir las disposiciones contenidas en la presente Norma.

10.2 En conformidad con lo previsto en el artículo 73 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Reguladora de Energía, establecerá los procedimientos para la Evaluación de la Conformidad de los sistemas de odorización de gas natural.

11. Concordancia con normas internacionales

No es posible concordar con el concepto internacional por razones particulares de este país

12. Bibliografía

- 12.1 Ley Federal sobre Metrología y Normalización, julio de 1997
- 12.2 Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, julio de 1997.
- 12.3 Odorización de Gases Combustibles, Recomendación Sedigas RS-T-01, 1991.
- 12.4 Dictamen Normativo sobre Odorización del Gas Natural (DN 10 3.01), Petróleos Mexicanos

12.5 Department of Transportation United States of America, Part 192 "Transportation of Natural and Other Gas by Pipeline Minimum Federal Safety Standard". Subsection 192.625, 1995.

12.6 "Standard Terminology Relating to Sensory Evaluation of Materials and Products", ASTM Vol. 3.05, 1993.

12.7 "Standard Test for Determination of Mercaptans in Natural Gas Using Length-of-Strain Detector Tubes", ASTM Vol 3.05, 1991.

12.8 "Standard Test Method for Determination of Ethyl Mercaptan in LP-Gas Vapor", ASTM Vol. 3.05, 1992.

12.9 "Standard Practice for Determination Odor and Taste Thresholds By a Forced-Choice Ascending Concentration Series Method of Limits", ASTM Vol. 3.05, 1991.

12.10 United States Patent 3,669,637

12.11 Odorant Replacement in Gas Streams. D. L. Klass, Barrington, Carl Lendahl, assignors to the Institute of Gas Technology, Chicago, Ill.

12.12 Odotron: A Better Way to Measure Gas Odorants, Pipeline Industry, May 1973.

12.13 Pennwalt Odorization Control Methods, Pennwalt Company

12.14 Odorant Injection System, Flow Measurement Systems Company.

12.15 Olorización de Gas, Mitsur de México

12.16 Improving Gas Odorization, Pipeline and Gas Journal, July 1990.

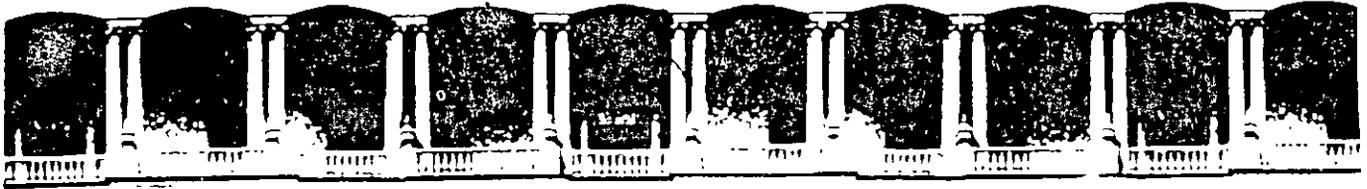
13. Vigencia

Esta Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los 60 días naturales después de la fecha de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**

Atentamente

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 6 de enero de 2000.- El Presidente de la Comisión Reguladora de Energía y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por medio de Ductos, **Héctor Olea**.- Rúbrica.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

INSTALACIONES PARA GAS

TEMA:

**GAS NATURAL LICUADO-ESTACIONES
DE SERVICIO**

**ING. JORGE REBOLLEDO ZENTENO
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

SECRETARIA DE ENERGIA

NORMA Oficial Mexicana NOM-005-SECRE-1997, Gas natural licuado-Estaciones de servicio.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaria de Energia.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-005-SECRE-1997, GAS NATURAL LICUADO-ESTACIONES DE SERVICIO

La Secretaria de Energia, con la participaci3n que le corresponde a la Comisi3n Reguladora de Energia, con fundamento en los articulos 38 fracci3n II, 40, 41 y 47 fracci3n IV de la Ley Federal sobre Metrologia y Normalizaci3n; 33 fracci3n IX de la Ley Org3nica de la Administraci3n P3blica Federal, 1 y 3 fracci3n XV de la Ley de la Comisi3n Reguladora de Energia; 2 y 31 del Reglamento Interior de la Secretaria de Energia, y quinto transitorio del Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Federal sobre Metrologia y Normalizaci3n, publicado en el **Diario Oficial de la Federaci3n** de fecha 20 de mayo de 1997, y

CONSIDERANDO

Primero. Que con fecha 12 de marzo de 1997, el Comit3 Consultivo Nacional de Normalizaci3n de Gas Natural y Gas Licuado de Petr3leo por medio de Ductos public3 en el **Diario Oficial de la Federaci3n**, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-005-SECRE-1997, Uso del Gas Natural Licuado como Combustible Automotriz-Requisitos de Seguridad para Estaciones de Servicio, a efecto de recibir comentarios de los interesados,

Segundo. Que una vez transcurrido el t3rmino de 90 d3as a que se refiere el articulo 47 fracci3n I de la Ley Federal sobre Metrologia y Normalizaci3n para recibir los comentarios que se mencionan en el considerando inmediato anterior, el Comit3 Consultivo Nacional de Normalizaci3n de Gas Natural y Gas Licuado de Petr3leo por medio de Ductos, estudi3 los comentarios recibidos y, en su caso, modific3 el proyecto de norma en cita;

Tercero. Que con fecha 7 de octubre de 1997, la Secretaria de Energia public3 en el **Diario Oficial de la Federaci3n**, las respuestas a los comentarios recibidos de los interesados;

Cuarto. Que para los efectos de la aprobaci3n a que se refiere el articulo 47 fracci3n IV de la Ley Federal sobre Metrologia y Normalizaci3n, el Comit3 Consultivo Nacional de Normalizaci3n de Gas Natural y Gas Licuado de Petr3leo por medio de Ductos, consider3 conveniente modificar el nombre del proyecto de norma, haci3ndolo m3s preciso y sencillo, toda vez que no repercute en el contenido del mismo, y

Quinto. Que de lo expuesto en los considerandos anteriores se concluye que se ha dado cumplimiento con el procedimiento que sealan los articulos 38, 44, 45, 46, 47 y dem3s relativos de la Ley Federal sobre Metrologia y Normalizaci3n, se expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-005-SECRE-1997, GAS NATURAL LICUADO-ESTACIONES DE SERVICIO

INDICE

0. Introducci3n
1. Objetivo y campo de aplicaci3n
2. Referencias
3. Definiciones
4. Clasificaci3n de las estaciones de servicio
- A. Especificaciones de dise1o de las estaciones de servicio para suministro de GNL
- B. Especificaciones de dise1o de las estaciones de servicio para suministro de GNL y GNC
5. Pruebas de hermeticidad
- A. Prueba hidrost3tica
- B. Prueba neum3tica
6. Requerimientos m3nimos de seguridad y protecci3n contra incendios
7. Concordancia con normas internacionales
8. Vigilancia
9. Vigencia
10. Bibliograf3a
11. Ap3ndices

0. Introducci3n

Esta Norma Oficial Mexicana, en lo sucesivo "Norma", se publica de conformidad con la Ley Federal sobre Metrologia y Normalizaci3n y con apego a los objetivos establecidos en el articulo 40 del mismo ordenamiento

1. Objetivo y campo de aplicaci3n

Esta Norma establece los requisitos de seguridad que deben cumplir las instalaciones en las estaciones de servicio para suministrar gas natural licuado a vehiculos automotores, asi como los requisitos m3nimos de seguridad para la operaci3n de dichas estaciones.

2. Referencias

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

NMX-Z-12	Muestreo para inspección por atributos
NMX-S-14	Aplicación de los colores de seguridad
NOM-001-SEMP-1994	Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica.
NOM-031-SCFI-1994	Gas natural comprimido para uso automotor-Requisitos de seguridad para estaciones de servicio e instalaciones vehiculares

3. Definiciones

3.1 Boquilla de llenado: Aditamento instalado en el recipiente del vehículo, cuyo uso específico es para cargar el gas natural licuado

3.2 Condiciones criogénicas: Condición termodinámica a bajas temperaturas a las cuales, entre otras, se logra la licuefacción de los gases

3.3 Conexión de suministro: Aditamento del despachador localizado en un extremo de la manguera, el cual se acopla a la boquilla receptora del vehículo para suministrarle gas natural licuado

3.4 Despachador: Dispositivo utilizado para medir y suministrar gas natural licuado a los vehículos en las estaciones de servicio en el cual se muestra la cantidad y el costo del combustible suministrado

3.5 Dique de contención: Estructura utilizada para delimitar el área que contendrá el gas natural licuado que se derrame en caso de fuga

3.6 Disco de ruptura: Diafragma diseñado para romperse a una presión predeterminada y aliviar la presión del recipiente o tanque de almacenamiento que está siendo protegido; debe sostenerse entre bridas especiales.

3.7 Estación de servicio: Instalación en la que se recibe, almacena y suministra gas natural licuado a vehículos automotores

3.8 Fuentes de ignición: Dispositivos, objetos o equipos capaces de proveer suficiente energía térmica para iniciar el proceso de combustión de mezclas inflamables de aire-gas natural

3.9 Gas o gas natural: La mezcla de hidrocarburos compuesta primordialmente por metano.

3.10 Gas natural licuado (GNL): Gas natural que se mantiene en estado líquido a condiciones criogénicas

3.11 Línea de venteo: Conducto o tubería que descarga hacia la atmósfera los desfuegos de los dispositivos de alivio de presión

3.12 Presión de operación máxima permisible: Presión máxima a la cual debe operar el tanque de almacenamiento

3.13 Punto de trasiego: Punto donde se efectúa la conexión de suministro de GNL al vehículo, o bien, el suministro de GNL al tanque de almacenamiento de la estación de servicio

3.14 Recipiente de unidad móvil: Tanque del vehículo que suministra el GNL a los tanques de almacenamiento en la estación de servicio

3.15 Tanque de almacenamiento: Depósito contenedor en las estaciones de servicio de GNL para el almacenamiento y suministro de combustible a los vehículos.

3.16 Sistemas de suministro de combustible: Bombas, medidores, tubos, mangueras y controles utilizados para el trasiego de GNL y recuperación de vapores del recipiente del vehículo

3.17 Sistema de paro de emergencia (SPE): Sistema que permite cerrar automáticamente las válvulas para aislar los tanques de almacenamiento y los sistemas de suministro de combustible en caso de emergencia, sin deshabilitar los sistemas de protección contra incendio

3.18 Unidad de Verificación (UV): Persona física o moral acreditada por la autoridad competente para realizar actos de verificación técnica

3.19 Válvula de alivio: Dispositivo de alivio automático de presión que actúa por presión estática aplicada sobre la válvula, la cual abre en relación directa al incremento de presión calibrada a un límite preestablecido

3.20 Vaporizador ambiental: Equipo que obtiene la energía térmica necesaria para vaporizar el GNL de una fuente natural

3.21 Vaporizador calentado: Equipo que obtiene la energía térmica necesaria para vaporizar el GNL de los gases de combustión o de la energía eléctrica

3.22 Vaporizador integral calentado: Equipo en el cual la fuente primaria de energía térmica está separada del vaporizador y un fluido intermedio es utilizado como medio de transferencia de calor, por ejemplo agua, vapor, isopentano, glicol, etc

4. Clasificación de las estaciones de servicio

Las estaciones de servicio se clasifican en los tipos siguientes:

- A. Tipo I Estación de servicio para abastecimiento de GNL, y
- B. Tipo II Estación de servicio para abastecimiento de GNL y Gas Natural Comprimido (GNC).

A. Especificaciones de diseño de las estaciones de servicio para suministro de GNL

4.1 Aplicación

Este capítulo se aplica al diseño, construcción, instalación y operación de estructuras y equipo utilizado en una estación de servicio, con una capacidad total de almacenamiento menor de 265,000 litros de GNL, que recibe, almacena y suministra GNL a vehículos automotores.

4.2 Diseño general de las instalaciones de una estación de servicio

4.2.1 Las instalaciones de GNL deben diseñarse aplicando las medidas de seguridad adecuadas para evitar modificaciones y alteraciones al equipo ocasionadas por personal externo.

4.2.2 Las estructuras, soportes, tubería, recipientes y controles del equipo de las estaciones de servicio de GNL deben construirse con materiales no combustibles.

4.2.3 Condiciones para el venteo de GNL:

- a) El GNL no debe ventearse a la atmósfera a menos que el venteo se dirija a un lugar seguro aprobado por una Unidad de Verificación. Dicho lugar debe señalarse en el manual de operación de la estación, ver apéndice A;
- b) La tubería de venteo debe tener un extremo abierto protegido para evitar la entrada de lluvia o algún material extraño;
- c) Los venteos deben contar con un dispositivo que desaloje los materiales que se lleguen a acumular en el interior de éstos;
- d) La tubería de venteo debe sobresalir, como mínimo, 50 cm de la altura de cualquier construcción permanente, equipo o estructura, y
- e) Las tuberías de venteo deben estar firmemente soportadas para permitir su funcionamiento. Se prohíben los soportes sobre elementos operativos de la instalación, tales como tuberías, válvulas, recipientes, tanques o cualquier otro elemento que ponga en riesgo la seguridad de la estación de servicio

4.2.4 Las instrucciones de operación que indican la localización y operación de los controles de emergencia de una estación de servicio deben estar visibles en el área de las instalaciones.

4.2.5 Las estaciones de servicio que trasiegan el GNL durante la noche deben contar con iluminación permanente y suficiente en los puntos de trasiego y operación.

Ubicación

4.2.6 Las estaciones de servicio de GNL localizadas al aire libre, sus despachadores, equipo y tanques de almacenamiento no deben ser cruzadas por líneas de alta tensión.

4.2.7 Los equipos de licuefacción de GNL, los tanques de almacenamiento y las áreas de retención de líquidos de las estaciones de servicio deben estar separados de la construcción más cercana, que no esté asociada con dichas instalaciones, o del límite de la propiedad, a la distancia indicada en el Cuadro 1. Más allá de dicho límite, puede construirse o encontrarse una fuente de ignición fija. Los vehículos que tengan equipo para mantener una flama (por ejemplo, vehículos recreativos o para venta de alimentos) deben considerarse como una fuente de ignición, por lo que dicha flama debe estar apagada antes de que la unidad entre en la estación de servicio. No deben considerarse fuentes de ignición los vehículos que entregan el GNL a las estaciones de servicio o aquéllos que están siendo abastecidos en dicha estación.

CUADRO 1

Distancias mínimas de la pared del tanque de almacenamiento, área de retención y licuefactor, con edificios, límites de propiedad o fuentes de ignición

Capacidad total del tanque de almacenamiento de GNL de una estación de servicio (litros)	Distancias mínimas (metros)
Hasta 475	0
476 hasta 1,890	3
1,891 hasta 7,570	8
7,571 hasta 113,500	15
113,501 hasta 264,950	23

4.2.8 Los puntos de trasiego de GNL deben localizarse a más de ocho metros de la construcción más cercana no asociada con la estación de GNL, del límite de la propiedad o de fuentes de ignición fijas.

4.2.9 Los tanques de almacenamiento de GNL de una estación de servicio con una capacidad mayor a 475 litros no deben localizarse en lugares cerrados.

Derrames de GNL

4.2.10 El área que rodea a los tanques de almacenamiento de GNL en las estaciones de servicio con una capacidad mayor a 7,570 litros debe nivelarse, contar con drenaje independiente del drenaje público y provista de un dique de contención para reducir la posibilidad de que un derrame o fuga accidental ponga en riesgo las propiedades colindantes, construcciones o equipo, o llegue a alcantarillas, drenajes, vías de agua o cualquier otro canal cerrado

4.2.11 Las estaciones de servicio deben construirse considerando que los derrames de GNL que pudieran ocurrir sean dirigidos a lugares seguros, evitando que entren al drenaje público, alcantarillado, vías de agua o cualquier canal cerrado.

4.2.12 El dique de contención de los tanques de almacenamiento en una estación de servicio de GNL debe contener, como mínimo, el volumen de los tanques a los cuales sirve.

Excepción Cuando un dique de contención sirve a varios tanques de almacenamiento de GNL, éste debe tener la capacidad del tanque más grande, siempre y cuando los soportes de las estructuras de todos los tanques a los que sirve, localizados por debajo del nivel del dique de contención, sean capaces de soportar temperaturas criogénicas en caso de derrame del GNL.

Espacio entre tanques de almacenamiento

4.2.13 Los tanques de almacenamiento de GNL deben estar separados entre sí, como mínimo, a la distancia que se indica en el Cuadro 2

CUADRO 2
Distancias mínimas entre tanques de almacenamiento de GNL

Capacidad del tanque más grande de GNL (litros)	~ Distancia mínima entre tanques de GNL (metros)
Hasta 946	0.5
947 hasta 7,570	1.0
7,571 hasta 113,550	1.5
113,551 hasta 264,950	¼ de la suma de los diámetros de los tanques adyacentes (1.50 metros como mínimo)

4.2.14 Un tanque de almacenamiento de GNL en una estación de servicio no debe colocarse sobre otro

4.2.15 Debe dejarse un espacio mínimo de un metro entre tanques de almacenamiento para tener acceso a las válvulas y accesorios

Obra civil en las estaciones de servicio

4.2.16 Las edificaciones localizadas dentro de una estación de servicio de GNL deben construirse con materiales no combustibles o tener algún tratamiento, recubrimiento o material retardante de la combustión. Las ventanas y puertas deben localizarse de tal forma que permitan una salida fácil y rápida en caso de emergencia

4.2.17 Deben proveerse venteos contraincendio en paredes exteriores o techos. Los venteos deben consistir de uno o más de los elementos siguientes.

- a) Paredes de material ligero;
- b) Cubiertas de escotillas ligeramente aseguradas;
- c) En muros que dan al exterior, las puertas deben abrir hacia afuera y estar ligeramente aseguradas, y
- d) Paredes o techo ligeramente asegurados

4.2.18 La estación de servicio debe contar con un sistema de detección de gas que active una alarma cuando dicho gas alcance una concentración máxima de 20% del límite inferior de inflamabilidad

4.3 Trasiego entre recipientes de unidades móviles y tanques de almacenamiento en las estaciones de servicio de GNL:

4.3.1 Cuando se hacen trasiegos entre tanques de almacenamiento de la estación de servicio de GNL, los trasiegos deben realizarse a una presión que no sobrepase la presión de operación máxima permisible del tanque receptor.

4.3.2 La tubería de trasiego debe tener válvulas de bloqueo en sus dos extremos. Los tanques de almacenamiento que tengan una capacidad superior a 7,570 litros deben equiparse con una válvula de operación remota, una válvula de cierre automático o una válvula de no retroceso para prevenir flujo inverso

4.3.3 El recipiente de unidad móvil del equipo de trasiego de GNL al tanque de almacenamiento debe contar con un indicador de nivel para evitar el sobrellenado de este último.

4.3.4 Cuando se esté efectuando una descarga de GNL al tanque de almacenamiento de la estación de servicio debe estar presente personal calificado de ésta durante la realización de dicho proceso.

4.3.5 Los tanques de almacenamiento deben contar con conexiones de purgas o venteos, de tal forma que las mangueras de carga puedan ser drenadas y despresurizadas antes de desconectarse. Estas purgas deben enviarse a un lugar seguro aprobado por una Unidad de Verificación. Dicho lugar debe señalarse en el manual de operación de la estación, ver apéndice A.

4.3.6 Durante la operación de descarga de un recipiente de unidad móvil de GNL al tanque de almacenamiento de la estación de servicio no deben circular otros vehículos a una distancia menor de ocho metros de este. La ruta de circulación debe indicarse con señalamientos de seguridad

4.3.7 Antes de iniciar la operación de trasiego del recipiente de la unidad móvil al tanque de almacenamiento de la estación de servicio, se debe apagar el motor del vehículo de transporte de GNL, asegurar con cuñas las llantas y conectarse a tierra durante la operación. El motor del vehículo debe encenderse una vez que las tuberías o mangueras hayan sido desconectadas. No debe encenderse el motor del vehículo a menos que esto sea indispensable para la operación de trasiego.

4.4 Suministro de GNL a vehículos automotores.

Sistemas de suministro de combustible

4.4.1 El módulo del sistema de suministro debe protegerse contra daños por colisión de vehículos.

4.4.2 El sistema de suministro de combustible a vehículos debe contar con un Sistema de Paro de Emergencia (SPE) que incluya una válvula de cierre de suministro de líquido y una de paro del equipo de trasiego. Asimismo, debe contar con dos actuadores que se localizarán uno cerca del despachador y el otro en un sitio remoto y seguro, mediante los cuales se inicie el SPE

4.4.3 La presión máxima de llenado no debe exceder la presión de operación máxima permisible del recipiente del vehículo

4.4.4 Las mangueras para el llenado deben contar con una válvula de cierre instantáneo en el extremo libre para evitar fugas o derrames cuando sean desconectadas de la boquilla de suministro del vehículo.

4.4.5 Debe instalarse una válvula de cierre de emergencia (válvula de sobreflujo) a una distancia máxima de 3.0 m del extremo más cercano a la manguera en la tubería del sistema de trasiego, cuando su diámetro nominal sea 7.5 cm o mayor y su función sea trasegar GNL, o cuando su diámetro nominal sea de 10 cm o mayor y se utilice para ventear vapores de GNL. Cuando la línea de líquido o de vapor tenga dos o más ramificaciones debe instalarse una válvula de cierre de emergencia en cada una de ellas

4.4.6 Debe contarse con conexiones para purga o venteo en el despachador, de tal forma que las mangueras de suministro puedan ser drenadas y despresurizadas antes de desconectarse. Esas conexiones de purga o venteo deben dirigirse a un lugar seguro aprobado por una Unidad de Verificación. Dicho lugar debe señalarse en el manual de operación de la estación, ver apéndice A.

4.4.7 La conexión de suministro y la boquilla receptora de GNL del vehículo deben ser compatibles para garantizar un trasiego libre de derrames de GNL.

4.4.8 La conexión de suministro debe contar con un dispositivo que evite que la manguera se desconecte mientras la línea de trasiego esté abierta.

4.5 Tanques de almacenamiento para GNL en estaciones de servicio.

4.5.1 Los tanques de almacenamiento para GNL de una estación de servicio pueden localizarse arriba o abajo del nivel de piso; su instalación no debe ser subterránea. El suelo susceptible de congelamiento por contacto con el tanque debe aislarse térmicamente por medio de un espacio de aire

4.5.2 Los tanques de almacenamiento que cuentan con cubiertas externas construidas de materiales propensos a la corrosión deben protegerse para inhibir dicha corrosión.

Diseño de los tanques de almacenamiento en una estación de servicio

4.5.3 Los tanques de almacenamiento de GNL, en una estación de servicio, deben construirse de acuerdo con alguna de las normas siguientes:

- a) Cuando el tanque de almacenamiento esté sujeto a presiones superiores a 0.103 MPa, de acuerdo con la normatividad aplicable, Bibliografía 10.1, y
- b) Cuando el tanque de almacenamiento esté sujeto a presiones inferiores a 0.103 MPa, de acuerdo con la normatividad aplicable, Bibliografía 10.2

4.5.4 Las partes de los tanques de almacenamiento de GNL que normalmente están en contacto con el combustible o sus vapores deben ser física y químicamente compatibles con el GNL y adecuados para un servicio a 111 K.

4.5.5 Los tanques de almacenamiento deben instalarse sobre cimientos firmes y no combustibles.

4.5.6 Los tanques de almacenamiento horizontales no deben tener más de dos puntos de soporte en su eje longitudinal.

4.5.7 Donde puedan ocurrir inundaciones, el tanque de almacenamiento debe anclarse para evitar su flotación.

4.5.8 Deben considerarse las cargas sísmicas en el diseño de los tanques de almacenamiento para GNL. Los soportes de la base de los tanques de almacenamiento deben diseñarse para una carga sísmica superior a la requerida por los tanques de GNL. Para tal efecto deben considerarse los criterios de diseño por sismo establecidos en el reglamento de construcción aplicable

4.5.9 En el diseño de los tanques de almacenamiento de GNL y los soportes que están al nivel del piso deben considerarse las cargas por viento, lluvia y granizo. Esas cargas deben determinarse utilizando los procedimientos establecidos por la normatividad aplicable, Bibliografía 10.3.

4.5.10 Los tanques de almacenamiento deben equiparse con válvulas de alivio de presión que desfogueen a la atmósfera. Dichas válvulas deben tener una capacidad suficiente para operar durante eventos adversos, incluyendo una combinación de éstos, por ejemplo, exposición al fuego y sobrellenado del tanque.

Instalación de los tanques de almacenamiento

4.5.11 Previo a la operación de la estación de servicio de GNL, la Unidad de Verificación debe asegurarse de lo siguiente

- a) Que el diseño de los tanques de almacenamiento se ajustan a la normatividad a que se refieren los apartados 4.5.3, 4.5.8 y 4.5.9 anteriores y sean adecuados para el sitio en que se ubican, y
- b) La instalación cumpla con la normatividad aplicable, Bibliografía 10.4.

4.5.12 Las conexiones de un tanque de almacenamiento para GNL deben indicar, mediante etiquetas, si dichas conexiones se comunican con la fase líquida o vapor del combustible en el tanque.

4.6 Tuberías y conexiones de tubería, válvulas y mangueras que se utilicen en las estaciones de servicio:

Tubería y conexiones de tubería

4.6.1 El equipo instalado en la tubería, incluyendo válvulas, válvulas de alivio, conexiones, conexiones de instrumentos, juntas y componentes roscados, debe ser aquél especificado por el fabricante para su uso con líquidos y gases manejados dentro del rango de temperaturas a las cuales estarán sujetos.

4.6.2 La tubería que pueda estar expuesta a bajas temperaturas debido a un derrame de GNL o a elevadas temperaturas originadas por una flama, debe ser de un material resistente a dichas temperaturas extremas. Asimismo, debe estar protegida con un aislamiento térmico u otros medios equivalentes.

4.6.3 Los aceros inoxidable austeníticos y las aleaciones de aluminio y cobre deben estar protegidas para prevenir la corrosión ocasionada por sustancias industriales.

4.6.4 No deben realizarse soldaduras con oxi-acetileno en tuberías con temperaturas de servicio menores a 244 K. Se permiten soldaduras con arco eléctrico o protegidas con gas inerte.

4.6.5 El material de aporte utilizado para efectuar una soldadura en tuberías de acero debe tener un punto de fusión mayor a 846 K.

4.6.6 Los nipples roscados deben ser, como mínimo, cédula 80.

4.6.7 Las conexiones de tipo compresión no deben utilizarse en lugares donde vayan a estar sujetas a temperaturas menores de 244 K.

4.6.8 La tubería y el tubo flexible deben instalarse en forma recta hasta donde sea posible, considerando los efectos de expansión, contracción, vibración y asentamiento.

4.6.9 Los soportes de tubería y el aislamiento térmico utilizado para protección de ésta deben ser resistentes al fuego y al contacto con el líquido criogénico.

Válvulas

4.6.10 Las válvulas de bonete largo deben instalarse con los sellos de empaque correspondientes en una posición que puedan prevenir fugas o mal funcionamiento de dichas válvulas debido a congelación.

4.6.11 Para limitar el volumen de GNL, que puede liberarse al ocurrir una falla, deben instalarse las válvulas de bloqueo que se señalan a continuación:

- a) En los tanques de almacenamiento para GNL con una capacidad mayor a 1,890 litros, las boquillas mayores de 25.4 mm de diámetro que estén conectadas a la fase líquida del tanque de almacenamiento deben equiparse con una válvula de cierre rápido controlada en forma remota y una válvula de cierre automático, en caso de estar expuestas al fuego durante un siniestro, dichas válvulas deben permanecer cerradas, excepto cuando la línea en que se encuentran instaladas entre en operación, y
- b) Una válvula de no retroceso en conexiones de suministro.

4.6.12 Deben instalarse válvulas de alivio que operan por expansión térmica para evitar sobrepresión en cualquier sección de la tubería que pueda quedar aislada entre dos válvulas. Dichas válvulas deben calibrarse para operar arriba de la presión de operación de la tubería. La descarga de las válvulas de alivio de presión debe dirigirse al exterior de cualquier espacio cerrado para evitar daño al personal y al equipo.

Mangueras

4.6.13 En las instalaciones deben utilizarse mangueras exclusivamente para el trasiego del gas a los vehículos (manguera de carga) y para realizar conexiones al equipo de compresión. En caso necesario, debe utilizarse una sección de manguera con refuerzo metálico en una tubería, con el objeto de proporcionar flexibilidad, siempre que ésta no exceda de 1 m de longitud. Toda sección de manguera debe estar protegida contra daños físicos comunes en las estaciones de servicio y visible para su inspección. Debe identificarse el uso de cada sección de manguera, siendo esta responsabilidad de la empresa encargada del diseño e instalación de la estación de servicio.

4.6.14 Las mangueras y ramales utilizados para el trasiego deben ser apropiados para las condiciones de temperatura y presión de operación de la estación de servicio, de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Dichas mangueras deben ser adecuadas para el servicio y estar diseñadas para soportar una presión de ruptura cuatro veces mayor de la presión normal de operación de dicha estación.

4.6.15 Posterior al ensamble de las mangueras, ramales y accesorios, éstos deben someterse a pruebas de hermeticidad a una presión igual o mayor que la presión de operación normal de esta parte del sistema, ver Capítulo 5 de esta Norma.

4.6.16 Las mangueras deben probarse anualmente a la máxima presión de operación o a la presión de calibración de la válvula de alivio de presión. Las mangueras dañadas, aunque sea levemente, no deben utilizarse. Aquellas mangueras que hayan sido reacondicionadas deben marcarse con la fecha de reparación y la presión de prueba, siendo esto responsabilidad del propietario de la estación de servicio.

4.7 Instrumentación y sistemas eléctricos de la estación de servicio:

Medición del nivel del GNL

4.7.1 Los tanques de almacenamiento de estaciones de servicio para GNL con una capacidad de la fase líquida mayor a 5,678 litros, deben equiparse con un dispositivo de medición de nivel de líquido. Las variaciones de la densidad deben considerarse en la selección del dispositivo de medición. El líquido que se purgue de los medidores de nivel debe descargarse a un lugar seguro aprobado por una Unidad de Verificación. Dicho lugar debe indicarse en el manual de operación de la estación, ver apéndice A.

4.7.2 El tanque de almacenamiento de una estación de servicio de GNL debe equiparse con una alarma y un indicador de nivel del líquido, los cuales deben calibrarse de tal forma que cuando se esté llenando el tanque el operador tenga tiempo suficiente para detener el flujo antes de exceder el máximo nivel permisible

Medición de presión

4.7.3 Los tanques de almacenamiento deben equiparse con un medidor de presión que se instale arriba del máximo nivel del líquido.

4.7.4 Deben instalarse medidores de presión sobre la línea de descarga de las bombas.

4.7.5 Los medidores de presión deben seleccionarse con un rango que permita medir 50% arriba de la presión de operación máxima permisible.

Medición y control de temperatura

4.7.6 Deben instalarse sistemas de monitoreo de temperatura en aquellos puntos donde las cimentaciones que soportan recipientes criogénicos puedan afectar a los equipos debido al congelamiento o condensación de la humedad del suelo ocasionada por bajas temperaturas

Sistema de paro de emergencia (SPE)

4.7.7 La instrumentación en estaciones de servicio para GNL debe diseñarse de tal forma que, cuando ocurra una falla de energía eléctrica o de la instrumentación requerida para la seguridad del sistema, dicha instrumentación efectúe un paro de emergencia (SPE) que permita a los operadores tomar las acciones apropiadas para reactivar el sistema en forma segura. Dichas acciones deben indicarse en el manual de operación de la estación de servicio, ver apéndice A.

Equipo eléctrico

4.7.8 El equipo eléctrico fijo y el cableado, instalados dentro de las zonas clasificadas en el Cuadro 3, deben cumplir lo que en ella se indica e instalarse de conformidad con lo establecido en la sección de zonas peligrosas de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP-1994.

4.7.9 El equipo eléctrico fijo y el cableado deben adecuarse, en lo conducente, a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP-1994.

CUADRO 3

Clasificación de áreas en las que se puede instalar equipo eléctrico dentro de una estación de servicio para GNL

A	Area de tanques de almacenamiento en una estación de servicio para GNL. Areas bajo techo. Areas abiertas con tanques que no son portátiles y que se encuentran en la superficie.	1	En todo el cuarto.
		1	El área abierta entre un dique tipo alto y la pared del tanque, donde la altura de la pared del dique excede la distancia entre el dique y las paredes del tanque.
	2	Dentro de un radio de 4.5 metros en todas las direcciones del tanque, más el área de retención arriba de la altura de pared del dique.	
	1	Dentro de cualquier espacio abierto entre las paredes del tanque y el límite del dique circundante.	
B	Areas abiertas, tanques bajo la superficie del terreno	2	Dentro de un radio de 4.5 metros, en todas las direcciones desde el techo y lados del tanque arriba del nivel de la superficie.
	Areas de proceso de GNL donde no hay fuego directo que contienen bombas, intercambiadores de calor, tuberías, conexiones, tanques, etc. Areas bajo techo con ventilación adecuada	2	Area completa bajo techo y cualquier espacio adyacente que no esté separado por una división cerrada herméticamente y 4.5 metros más allá de cualquier ventilación.
Areas abiertas al aire libre en o sobre el nivel de piso.	2	Dentro de un radio de 4.5 metros en todas las direcciones del equipo.	

C	Fosas, trincheras o sumideros localizados en o adyacente a las áreas clasificadas como División 1 o Area 2	1	En fosa, trinchera o sumidero completo
D	Descarga de válvulas de alivio.	1	En el camino directo de la descarga de la válvula de alivio.
E	Purgas operacionales, goteos y venteos.	1	Dentro de un radio de 2 metros en todas las direcciones del punto de descarga
	Drenajes	2	Dentro de un radio mayor de 2 metros pero menor de 4.5 metros en todas las direcciones del punto de descarga.
F	Area de trasiego vehiculo/vehículo de carga.	1	Dentro un radio de 2 metros en todas las direcciones del punto de trasiego.
	Areas bajo techo con ventilación adecuada.	2	Dentro de un radio mayor de 2 metros del espacio bajo techo y 4.5 metros más allá del venteo
	Areas abiertas al aire libre en o arriba del nivel del terreno	1	Dentro de un radio de 2 metros en todas las direcciones del punto de trasiego.
		2	5 metros más allá pero dentro de 4.5 metros en todas las direcciones del punto de trasiego

La Clase I, División 1 y 2 se definen de conformidad con lo establecido en la NOM-001-SEMP-1994.

a Se refiere a atmosferas con gases explosivos.

b Se refiere al nivel de explosividad de la zona

c La norma aplicable indica las características del equipo que debe instalarse, dependiendo de la división en que se encuentran las "áreas clasificadas"

d Define los radios esfericos de riesgo por concentración de vapores explosivos; el equipo que se instale dentro de esas zonas debe ser el que se especifica en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP-1994

4.7.10 Las áreas clasificadas de acuerdo con el Cuadro 3 no deben extenderse más allá de un muro no perforado, techo o una división sólida hermética

4.7.11 Toda interfase entre un sistema que contenga un fluido inflamable y un sistema de cableado, incluyendo conexiones de instrumentación de proceso, operadores integrales de válvulas, serpentines de calentamiento para cimientos, bombas herméticas y sopladores, debe estar sellada o aislada (sistemas a prueba de explosión), para evitar el paso del fluido inflamable a la instalación eléctrica.

4.7.12 Los sellos, barreras u otros medios utilizados para cumplir con el punto inmediato anterior¹, deben diseñarse para evitar el paso de fluidos inflamables a través del conducto, conductores de cables y cables

4.7.13 Debe contarse con un sello primario entre el sistema de fluido inflamable y el sistema de conductos del cableado eléctrico e instalarse un sello adicional apropiado o una barrera para evitar el paso de fluidos inflamables a otra sección del conducto o sistema de cableado, en caso de que el primer sello falle

4.7.14 Los sellos primarios de toda interfase deben diseñarse para soportar las condiciones de servicio a las cuales pueden estar expuestos. Los sellos o barreras adicionales y su interconexión deben satisfacer los requerimientos de temperatura y presión a las cuales pueden estar expuestos en caso de falla del primer sello

4.7.15 Los sellos indicados en los apartados 4.7.13 y 4.7.14 no reemplazarán a los sellos aplicables a los sistemas de cableado eléctrico, a menos que sean diseñados para ese propósito.

4.7.16 En aquellos sitios donde estén instalados los sellos primarios debe contarse con drenajes independientes del drenaje público, venteos y dispositivos, cuyo propósito sea el monitoreo y detección de fluidos inflamables y fugas

Conexiones eléctricas y a tierra

4.7.17 Las conexiones eléctricas y a tierra deben realizarse de conformidad con la Norma NOM-001-SEMP-1994

Corrientes parásitas o errantes

4.7.18 Deben instalarse dispositivos para prevenir puntos de ignición originados por corrientes estáticas, descargas eléctricas atmosféricas y corrientes parásitas.

Protección contra descargas eléctricas atmosféricas

4.7.19 Aun cuando los tanques metálicos de almacenamiento no requieren protección contra descargas eléctricas atmosféricas, con el objeto de proteger al personal, deben instalarse varillas a tierra o pararrayos, para los tanques soportados en cimientos no conductores. Lo anterior debe realizarse de conformidad con la Norma NOM-001-SEMP-1994

¹ Ejemplos de "otros medios": interrupción física del conducto y de un conductor de cable por medio de una caja de conexiones adecuadamente ventilada que contenga terminales o conexiones de barra colectora, una sección descubierta de cable MI con conexiones adecuadas o una sección descubierta de conductor(es) que no transmita(n) gases o vapores

4.8 Bombas para GNL

4.8.1 Deben instalarse válvulas de tal forma que cada bomba pueda aislarse para darle mantenimiento. En aquellos sitios donde se instalen bombas para operar en paralelo, cada línea de descarga debe estar equipada con una válvula de no retroceso.

4.8.2 Las bombas deben contar con dispositivos de alivio para limitar su presión de descarga hacia el equipo y tubería corriente abajo, a la presión máxima de operación de la carcasa, a menos que el diseño de dichos equipos sea suficiente para soportar la máxima presión de descarga de las bombas

4.8.3 Las cimentaciones y los pozos colectores de las bombas de líquidos criogénicos deben diseñarse y construirse para evitar la condensación de la humedad del suelo por congelación

4.8.4 Las bombas utilizadas para trasegar GNL deben contar con un sistema de enfriado para reducir el efecto de choque térmico y sobrepresión.

4.8.5 La operación de las bombas debe cesar cuando inicie el sistema de paro de emergencia (SPE)

4.9 Mantenimiento de las instalaciones de una estación de servicio

4.9.1 Debe implantarse un programa de mantenimiento preventivo que incluya los procedimientos por escrito de las pruebas e inspecciones normales de los sistemas, de la instalación y del equipo, ver apéndice A. Para la instrumentación de dicho programa de mantenimiento, son aceptables las normas industriales o los procedimientos recomendados por los fabricantes del equipo.

4.9.2 Todo componente en servicio, incluyendo los soportes, deben mantenerse en una condición que sea compatible con su operación o propósito de seguridad para el cual fue diseñado e instalado dentro del sistema

4.9.3 Cuando por razones de mantenimiento un dispositivo de seguridad esté fuera de servicio, el componente protegido por éste debe también quedar fuera de servicio, a menos que la función de seguridad se proporcione por algún medio alterno.

4.9.4 Se deben identificar por medio de una etiqueta sujeta a los controles y al equipo aquellas condiciones operativas en que un componente o equipo se encuentre fuera de servicio. Estas condiciones deben asentarse en la bitácora de operación y mantenimiento, ver apéndice A.

4.9.5 Las estaciones de servicio para GNL y las áreas verdes cercanas a las instalaciones de carga y descarga de GNL deben estar libres de basura, escombros y otros materiales combustibles que presenten un riesgo de incendio

4.9.6 El equipo de seguridad y protección contra incendios debe probarse o inspeccionarse en intervalos que no excedan seis meses.

4.9.7 Las actividades de mantenimiento para el sistema contra incendios deben programarse para evitar que todo el equipo de dicho sistema se encuentre fuera de operación simultáneamente, esto con el objeto de no comprometer la seguridad de las instalaciones. Las rutas de acceso y evacuación de la estación de servicio deben mantenerse libres para maniobras y movimiento del equipo de protección contra incendios.

4.9.8 Las rutas de acceso y evacuación de la estación de servicio no deben obstruirse al realizar actividades de mantenimiento.

4.9.9 El responsable de la operación de una estación de servicio para GNL debe conservar, durante un período no menor de cinco años, la bitácora de operación y mantenimiento con las actividades realizadas, las fechas y la firma de los responsables de dichas actividades

B. Especificaciones de diseño de las estaciones de servicio para suministro de GNL y GNC²

4.10 Aplicación

Esta sección se aplica al diseño, construcción, instalación y operación de equipo utilizado para producir gas natural comprimido (GNC) a partir de gas natural licuado (GNL).

4.11 El proceso de producción de GNC a partir de GNL debe realizarse bombeando GNL a alta presión y vaporizándolo, o bien, comprimiendo vapor de un tanque de GNL. El manejo del GNC debe cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-031-SCFI-1994.

4.12 Operación

4.12.1 Las bombas de trasiego pueden ubicarse dentro de las estaciones de servicio de GNL o dentro del dique de contención de un tanque de almacenamiento.

4.12.2 Los compresores y vaporizadores no deben quedar dentro del dique de contención. Los vaporizadores que obtienen la energía para vaporizar el GNL del medio ambiente pueden instalarse dentro del dique de contención.

4.12.3 Los compresores, bombas y tubería de trasiego deben protegerse contra daños ocasionados por colisión de vehículos.

4.12.4 El sistema de trasiego del recipiente de una unidad móvil a los tanques de almacenamiento de la estación de servicio de GNL debe contar con dispositivos para aliviar la presión del líquido que quede atrapado en el sistema

4.12.5 El sistema de trasiego del recipiente de una unidad móvil a los tanques de almacenamiento de la estación de servicio de GNL debe incluir un dispositivo que evite que la presión de operación máxima permisible sea excedida

² Para el inciso B del capítulo 4 se aplican los incisos 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 y 4.9

4.12.6 Los sistemas que cuenten con una bomba criogénica para elevar la presión y aguas abajo con un vaporizador deben contar con un sensor de temperatura a la salida de dicho vaporizador para controlar la temperatura y provocar un paro de emergencia al detectar una temperatura del GNC de 253 K.

4.12.7 Los equipos, instrumentos y materiales utilizados desde el tanque de almacenamiento hasta la salida del vaporizador deben estar diseñados para servicio criogénico. A partir del punto de salida del vaporizador hasta el despachador de GNC deben aplicarse los criterios de diseño establecidos en la Norma NOM-031-SCFI-1994

4.12.8 En los sistemas de GNL-GNC deben instalarse válvulas de no retroceso para prevenir que el compresor arranque con una contrapresión por retorno del GNC superior a la presión de operación máxima permisible y proteger los instrumentos y accesorios que lo constituyen.

4.12.9 En los sistemas de GNL-GNC deben instalarse medidores de presión sobre la línea de descarga de los compresores

4.13 Vaporizadores

4.13.1 Los vaporizadores deben diseñarse para soportar una presión de operación superior o igual a la presión máxima de descarga del compresor o del sistema presurizado que los alimenta, la que resulte mayor

4.13.2 Los vaporizadores múltiples deben conectarse por medio de un cabezal, de tal forma que sean instaladas válvulas de bloqueo a la entrada y salida de cada vaporizador

4.13.3 La válvula de descarga de cada vaporizador, los componentes de la tubería y las válvulas de alivio de presión instaladas corriente arriba de la válvula de descarga, deben ajustarse a las especificaciones del fabricante para las condiciones de operación a las que estarán sometidas.

4.13.4 Si el fluido de calentamiento utilizado en un vaporizador es inflamable deben instalarse válvulas de cierre en las líneas caliente y fría del sistema de fluido de calentamiento

4.13.5 En la descarga del vaporizador debe instalarse un interruptor por baja temperatura para eliminar la posibilidad de entrada del GNL a los cilindros de almacenamiento de GNC

4.13.6 Los vaporizadores deben contar con instrumentación para controlar la temperatura de salida.

4.13.7 Los vaporizadores deben contar con una válvula de alivio de presión dimensionada, como mínimo, a 120% de su capacidad de flujo de diseño.

4.13.8 Las válvulas de alivio de presión instaladas en vaporizadores expuestos a temperaturas elevadas deben localizarse en sitios cuyas temperaturas no excedan 333 K durante la operación normal, a menos que estén diseñadas para soportar temperaturas superiores.

4.13.9 El aire de combustión requerido para la operación de vaporizadores integrales o la fuente primaria de calor en los vaporizadores calentados debe tomarse de un área aislada o edificio fuera del vaporizador

4.14 Compresores para GNC

4.14.1 Deben instalarse válvulas de tal forma que cada compresor pueda aislarse para darle mantenimiento. En aquellos sitios donde se instalen compresores para operar en paralelo, cada línea de descarga debe estar equipada con una válvula de no retroceso

4.14.2 Los compresores deben contar con dispositivos de alivio para limitar su presión de descarga hacia el equipo y tubería corriente abajo, a la presión máxima de operación de la carcasa, a menos que el diseño de dichos equipos sea suficiente para soportar la máxima presión de descarga de los compresores

4.14.3 La operación de los compresores debe cesar cuando inicie el sistema de paro de emergencia (SPE).

5. Pruebas de hermeticidad

5.1 Para verificar la seguridad de las instalaciones de una estación de servicio deben realizarse pruebas de hermeticidad antes de ponerla en operación, de acuerdo con los incisos A y B de este capítulo

5.2 Las partes del sistema y equipos de una estación de servicio para GNL, que no operen en condiciones criogénicas, deben probarse hidrostáticamente.

5.3 Las partes del sistema y equipos de una estación de servicio para GNL, que operan bajo condiciones criogénicas, deben someterse a una prueba neumática.

5.4 Cuando en una estación de servicio ocurra un accidente o incendio que cause daño a los tanques de GNL, al sistema de control o al sistema de protección contra incendio, éstos deben inspeccionarse y probarse bajo la supervisión de una Unidad de Verificación, para garantizar la seguridad, la operatividad y la funcionalidad de toda la instalación, antes de ponerla nuevamente en operación.

A. Prueba hidrostática

5.5 Este método de prueba se aplica para determinar si las instalaciones o los componentes utilizados en las estaciones de servicio para GNL, que no estén sujetas a condiciones criogénicas, resisten sin fugas el esfuerzo homogéneo producido por un líquido a presión, tanto en las conexiones como en el material empleado en la fabricación de dichos componentes

5.6 Para realizar la prueba debe contarse con lo siguiente

- a) Bomba hidráulica con capacidad para alcanzar la presión de prueba y el líquido suficiente para llenar el sistema o elemento a probar;
- b) Manómetros con capacidad de 130% de la presión de prueba;

- c) Registrador de presión con gráfica (manómetro),
- d) Válvulas con capacidad para operar a la presión de prueba, y
- e) Tubería y mangueras adecuadas para conectar el sistema.

5.7 Para efectuar la prueba debe realizarse lo siguiente:

- a) Instalar la bomba hidráulica con tubería, mangueras, válvulas, manómetro y manómetro para que el líquido de prueba fluya a través del sistema o componente,
- b) Llenar completamente el sistema o elemento a probar con el líquido, eliminando el aire contenido dentro de dicho sistema;
- c) Elevar gradualmente la presión de prueba hasta alcanzar, aproximadamente, el 50% de dicha presión;
- d) Incrementar la presión a intervalos de 0.1 veces cada 10 minutos hasta que ésta alcance 1.5 veces la presión de operación. A continuación, se aísla el sistema manteniéndose la presión de prueba durante 24 horas continuas. Debe llevarse un registro gráfico de la variación de la presión durante este periodo,
- e) Verificar que no existan fugas mediante inspección visual. La gráfica del manómetro no debe indicar pérdida de presión, es decir, la gráfica debe consistir en un círculo que cierre exactamente en el punto inicial de la misma. En caso de presentarse alguna fuga, ésta debe corregirse y probarse nuevamente el sistema con el procedimiento señalado, y
- f) La Unidad de Verificación debe testificar la prueba e informar el resultado de la misma a la autoridad competente

Nota: Durante las pruebas hidrostáticas deben retirarse los discos de ruptura, válvulas de alivio o instrumentos que se puedan dañar.

5.8 Debe efectuarse una prueba de hermeticidad a las instalaciones cada cinco años. El resultado de la prueba de hermeticidad debe reportarse a la autoridad competente.

B. Prueba neumática

5.9 Deben realizarse pruebas neumáticas con el objeto de verificar la hermeticidad de los equipos de una estación de servicio que opere bajo condiciones criogénicas, no deben realizarse pruebas hidrostáticas.

5.10 Para efectuar la prueba debe contarse con lo siguiente:

- a) Compresor neumático o cilindros con gas inerte con capacidad de operación a la presión de prueba,
- b) Manómetros con capacidad de 120% de la presión de alivio de las válvulas de seguridad del sistema;
- c) Registrador de presión con gráfica (manómetro);
- d) Válvulas con capacidad para operar a la presión de prueba, y
- e) Tuberías y mangueras adecuadas para conectar el sistema

5.11 Para efectuar la prueba debe realizarse lo siguiente:

- a) Instalar el compresor o cilindros de gas inerte, con tubería, mangueras, válvulas, manómetros y manómetro e inyectar el aire o gas inerte a través del sistema o componente;
- b) Presurizar el sistema hasta 2645 kPa,
- c) Aislar el sistema y mantener la presión de prueba durante 24 horas continuas; debe llevarse un registro gráfico de la variación de la presión durante este periodo;
- d) Aplicar el medio de detección de fugas (solución jabonosa libre de amoníaco o un instrumento detector de fugas),
- e) Verificar que no existan fugas mediante inspección visual. La gráfica del manómetro no debe indicar pérdida de presión, es decir, la gráfica debe consistir en un círculo que cierre exactamente en el punto inicial de la misma. En caso de presentarse alguna fuga, ésta debe corregirse y probarse nuevamente el sistema con el procedimiento señalado, y
- f) La Unidad de Verificación debe testificar la prueba e informar el resultado de la misma a la autoridad competente.

Nota: Durante las pruebas neumáticas deben retirarse los discos de ruptura, válvulas de alivio o instrumentos que se puedan dañar

6. Requerimientos mínimos de seguridad y protección contra incendios

6.1 Las estaciones de servicio deben evaluarse y dictaminarse por una Unidad de Verificación antes de iniciar la construcción, conforme a los aspectos de seguridad contenidos en esta Norma.

6.2 Este capítulo cubre la protección contra incendio, la seguridad del personal y el entrenamiento del personal que opera estaciones de servicio para GNL y estaciones de servicio de GNL-GNC. También comprende la señalización de advertencia como medida de seguridad.

6.3 Protección contra incendio

6.3.1 Deben instalarse sistemas de protección contra incendio en todas las estaciones de servicio para GNL y en las estaciones de servicio de GNL-GNC.

6.3.2 El alcance de las medidas y sistema de protección contra incendio debe determinarse considerando los principios de ingeniería de protección contra incendio, análisis de las condiciones locales, operación de vehículos, riesgos dentro de la instalación y exposición de otra propiedad contigua de la estación de servicio. También debe tomarse en cuenta la capacidad de los tanques de GNL. En la instalación de sistemas contra incendio debe considerarse lo siguiente

- a) Tipo, cantidad y localización del equipo necesario para la detección y control de incendios, fugas y derrames de GNL, refrigerantes inflamables y gases o líquidos inflamables;
- b) Protección de vehículos, equipo y estructuras;
- c) Equipo y procesos que deben incorporarse dentro del SPE;
- d) Disponibilidad del personal de la estación de servicio para prestar auxilio en caso de una emergencia. Este debe estar técnicamente capacitado para hacer frente a una emergencia y conocer la capacidad de respuesta de las autoridades competentes para intervenir durante tal situación, y
- e) Equipo de protección y entrenamiento especial requerido por el personal para desempeñar funciones de emergencia.

6.3.3 La planeación de medidas de respuesta ante emergencias en las estaciones de servicio que abastecen al público deben coordinarse con la autoridad local correspondiente. En estaciones privadas, dichas medidas deben coordinarse por el departamento de seguridad del propietario, si la emergencia no rebasa los límites de la propiedad, y con la autoridad local correspondiente si la emergencia rebasa dichos límites

6.3.4 Debe instrumentarse un plan de respuesta a emergencias, ver apéndice B, el cual debe cubrir, entre otros aspectos, las condiciones potenciales de riesgo y una clasificación de las emergencias. Dicho plan de respuesta debe ser aprobado por la autoridad local correspondiente

6.3.5 La persona responsable de la operación de la estación de servicio debe reportar por escrito a la autoridad local correspondiente cualquier incidente de fuga o situación de emergencia presentado, en el término de cinco días hábiles, después de ocurrido el incidente. Dicho reporte debe contener las medidas tomadas para hacer frente al incidente y el resultado obtenido posterior a la aplicación del plan de respuesta a emergencias

7. Concordancia con normas internacionales

Esta Norma no concuerda con ninguna norma internacional, toda vez que no existe referencia en el momento de su elaboración

8. Vigilancia

La Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Reguladora de Energía, es la autoridad competente para vigilar, verificar y hacer cumplir las disposiciones contenidas en esta Norma

9. Vigencia

La presente Norma entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

10. Bibliografía

10.1 *Boiler and Pressure Vessel Code*, ASME, Section VIII, Division 1, American Society of Mechanical Engineers, 1989

10.2 *Design and Construction of large Welded, Low Pressure Storage Tank*, API-620, Appendix Q, 1996

10.3 *ASME Code for Pressure Piping*, B-31 1, American Society of Mechanical Engineers, 1995.

10.4 *Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG)*, ANSI-NFPA-59 A, National Fire Protection Association, 1990

10.5 *Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Tubing for General Service*, ASTM-A-269, American Society for Testing and Materials, 1989.

10.6 *Standard Specification for Copper Brazed Steel Tubing*, ASTM-A-254, American Society for Testing and Materials, 1992

10.7 *Specifications for Seamless Copper Tube for Air Conditioning and Refrigeration Field Service*, ASTM- B-280, American Society for Testing and Materials, 1989.

10.8 *Protection Against Ignitions Arising of Out Static, Lightning and Stray Currents*, API-RP-2003, American Petroleum Institute, Fifth Edition, 1991.

10.9 *Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping*, ANSI B-31 3 -American National Standard Institute, 1990

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

11. Apéndices

APENDICE A. Descripción del contenido del manual de operación y mantenimiento

Las estaciones de servicio deben contar con un manual de operación y mantenimiento en el que se describan, detalladamente, los procedimientos que se llevan a cabo en la estación. El manual de operación y mantenimiento debe ser aprobado por la autoridad competente y actualizarse de acuerdo con la

normatividad aplicable para reflejar los avances tecnológicos en la industria. El manual debe contener, como mínimo, lo siguiente:

- a) Descripción de los procedimientos de operación y mantenimiento de la estación de servicio, por ejemplo: venteos, purgas, fugas, trasiego de GNL, etc., durante la operación normal. Dichos procedimientos deben incluir los relativos a las reparaciones del equipo;
- b) Identificación de las instalaciones que presenten el mayor riesgo para la seguridad pública;
- c) Descripción y funcionamiento del Sistema de Paro de Emergencia (SPE);
- d) Programa de inspecciones periódicas para asegurarse que la presión de operación del sistema cumple con las condiciones de diseño.
- e) Programa de mantenimiento preventivo que incluya los procedimientos y los resultados de las pruebas e inspecciones realizadas en los sistemas (bitácora de operación y mantenimiento), y
- f) Capacitación al personal que ejecuta las actividades de operación y mantenimiento para reconocer condiciones potencialmente peligrosas que están sujetas a la presentación de informes a la autoridad competente.

APENDICE B. Plan de respuesta a situaciones de emergencia

Debe instrumentarse un plan de respuesta a situaciones de emergencia y estar disponible al personal de la estación de servicio. Dicho plan debe actualizarse e incorporar criterios de diseño y procedimientos utilizados comúnmente en la industria internacional.

El plan de respuesta debe incluir, como mínimo, lo siguiente.

- a) Un sistema de paro de emergencia para aislar diversas secciones de la estación de servicio y de los diversos equipos;
- b) Procedimiento para asegurar que el escape de líquido o gas sea rápidamente eliminado o reducido;
- c) Uso de sistemas de protección contra incendio;
- d) Notificación a autoridades competentes y aviso a propiedades vecinas.
- e) Procedimiento para proporcionar primeros auxilios.
- f) Obligaciones del personal para responder y prestar auxilio ante estas situaciones, y
- g) Plan de evacuación.

ANEXO I. Especificaciones generales y señalización

Este anexo contiene los esquemas y señalización requerida en una estación de servicio de GNL. En los esquemas relativos a la señalización se especifica el texto, categoría, dimensión, código de colores utilizado y ubicación de cada señalamiento, donde:

SR: Señalamiento restrictivo.

SP: Señalamiento preventivo.

SI: Señalamiento informativo.

SD: Señalamientos diversos.

Atentamente

Sufragio Efectivo. No Reelección

México, D.F., a 16 de diciembre de 1997.- El Presidente de la Comisión Reguladora de Energía y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Medio de Ductos, **Héctor Olea** - Rúbrica



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

INSTALACIONES PARA GAS

TEMA:

DISTRIBUCIÓN DEL GAS NATURAL

**ING. JORGE REBOLLEDO ZENTENO
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

SECRETARIA DE ENERGIA**NORMA Oficial Mexicana NOM-003-SECRE-1997, Distribución de gas natural.**

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

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-SECRE-1997, DISTRIBUCION DE GAS NATURAL

La Secretaría de Energía, con la participación que le corresponde a la Comisión Reguladora de Energía, con fundamento en los artículos 38 fracción II, 40, 41 y 47 fracción IV, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 33 fracción IX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, 1 y 3 fracción XV, de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía, 9o. y 14 fracción IV, de la Ley Reglamentaria del artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo; 70 fracción VII del Reglamento de Gas Natural; 2 y 31 del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, y quinto transitorio del Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** de fecha 20 de mayo de 1997, y

CONSIDERANDO

Primero. Que con fecha 5 de marzo de 1997, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por medio de Ductos publicó en el **Diario Oficial de la Federación**, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-003-SECRE-1997, Construcción y mantenimiento del sistema de distribución de gas natural, para efecto de recibir comentarios de los interesados;

Segundo. Que una vez transcurrido el término de 90 días a que se refiere el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para recibir los comentarios que se mencionan en el considerando anterior, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Medio de Ductos, estudió los comentarios recibidos y, en su caso, modificó el proyecto de norma en cita;

Tercero. Que con fecha 7 de abril de 1998, la Secretaría de Energía ordenó la publicación de los comentarios recibidos por los interesados en el **Diario Oficial de la Federación**;

Cuarto. Que para los efectos de la aprobación a que se refiere el artículo 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por medio de Ductos, considero conveniente modificar el nombre del proyecto de norma, haciéndolo más preciso y sencillo, toda vez que no repercute en el contenido de dicho proyecto, y

Quinto. Que de lo expuesto en los considerandos anteriores se concluye que se ha dado cumplimiento con el procedimiento que señalan los artículos 38, 44, 45, 47 y demás relativos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se expide la siguiente:

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-SECRE-1997, DISTRIBUCION DE GAS NATURAL
INDICE**

0. Introducción
1. Objeto
2. Campo de aplicación
3. Referencias
4. Definiciones
5. Materiales y equipo
 - A. Tuberías y conexiones de acero
 - B. Válvulas
 - C. Bridas y accesorios bridados
 - D. Estaciones de regulación
 - E. Medidores
 - F. Registros
 - G. Protección contra corrosión en tuberías de acero
 - H. Tubería y conexiones de polietileno
 - I. Criterios de diseño en las tuberías
6. Construcción de la red de distribución
 - A. Excavación de zanjas
 - B. Instalación de tubería de acero
 - C. Instalación de tubería de polietileno
 - D. Estaciones de regulación
 - E. Tomas de servicio
 - F. Señalización en los sistemas de distribución
7. Inspección, pruebas y operación del sistema de distribución
 - A. Inspección
 - B. Pruebas no destructivas

- C. Prueba de hermeticidad
- D. Operación y mantenimiento
- 8. Mantenimiento del sistema de distribución
 - A. Calidad del gas natural
 - B. Odorización
 - C. Sistema de telecomunicación
 - D. Prevención de accidentes
 - E. Suspensión de servicio
 - F. Interrupción de trabajos de mantenimiento
 - G. Servicio de emergencia
 - H. Programa de monitoreo de fugas
 - I. Reguladores
 - J. Estaciones de regulación
 - K. Registros y válvulas de seccionamiento
 - L. Desactivación de tuberías
- 9. Reclasificación de tuberías
- 10. Plan integral de seguridad y protección civil
- 11. Distribución de gas licuado de petróleo por medio de ductos
- 12. Vigilancia
- 13. Vigencia
- 14. Bibliografía
- 0. Introducción

Esta Norma Oficial Mexicana, en lo sucesivo "norma", se publica en conformidad con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y con apego a los objetivos establecidos en el artículo 40 del mismo ordenamiento

1. Objeto

Establecer los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir los sistemas de distribución de gas natural relativos a la selección de materiales y componentes, construcción, pruebas, inspección, operación y mantenimiento

2. Campo de aplicación

2.1 Esta norma es aplicable al diseño, construcción, pruebas, inspección, operación y mantenimiento de los sistemas de distribución de gas natural y de gas licuado de petróleo por medio de ductos, desde el punto de entrega del proveedor o transportista hasta el punto de recepción del usuario final (cuadro 1)

2.2 Esta Norma establece los requisitos mínimos de seguridad para un sistema de distribución de gas natural. No pretende ser un manual técnico y debe aplicarse con un criterio apoyado en prácticas de ingeniería internacionales aceptadas

CUADRO 1

Campo de Aplicación de la Norma VER IMAGEN 15MY-01.BMP

3. Referencias

NOM-001-SECRE-1997	Calidad del gas natural
NOM-B-177-1990,	Tubos de acero al carbón con o sin costuras, negros o galvanizados por inmersión en caliente.
NOM-008-SCFI-1993	Sistema General de Unidades de Medida
NOM-014-SCFI-1993	Medidores de desplazamiento positivo tipo diafragma para gas natural o L.P. con capacidad máxima de 14 metros cúbicos con caída de presión de 125 Pa (12.7 mm de columna de agua).
NOM-S-PC-1-1992	Señales y Avisos para Protección Civil; Colores, Formas y Símbolos a Utilizar.
NMX-CH-26-SCFI-1993	Calidad y funcionamiento de manómetros para gas L.P. y natural
NMX-S-14-SCFI-1993	Aplicación de los colores de seguridad.
NMX-Z-13-1977	Guía para la redacción, estructuración y presentación de las Normas Oficiales Mexicanas
DGN-E-43-1977	Tubos de polietileno para conducción de gas natural y gas licuado de petróleo

4. Definiciones

4.1 **Area unitaria:** Porción de terreno que, teniendo como eje longitudinal la tubería de gas, mide 1500 metros de largo por 400 metros de ancho

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

4.3 Camisa: Ducto en el que se aloja una tubería conductora de gas para protegerla de esfuerzos externos.

4.4 Clase de localización: Área unitaria clasificada de acuerdo a la densidad de población para el diseño y la presión de prueba de las tuberías localizadas en esa área

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

4.6 Comisión: Comisión Reguladora de Energía.

4.7 Corrosión: Destrucción del metal por la acción electroquímica de ciertas sustancias

4.8 Distribuidor: El titular de un permiso de distribución.

4.9 Dispositivo de seguridad: Elemento protector contra sobrepresión en un sistema de distribución, por ejemplo válvulas de seguridad, reguladores en monitor.

4.10 Ducto de ventilación: Conducto o tubería que permite desalojar hacia la atmósfera el gas acumulado dentro de un registro o camisa subterránea.

4.11 Electrofundición: Método para unir tubería de polietileno mediante el calor generado por el paso de corriente eléctrica a través de una resistencia integrada en un accesorio de unión.

4.12 Energético o combustible: Material que genera energía térmica durante el proceso de combustión

4.13 Estación de regulación: Instalación destinada a reducir y controlar la presión del gas natural a una presión determinada

4.14 Explosión: Reacción fisicoquímica de una mezcla combustible de gas iniciada por un proceso de combustión, seguida de la generación violenta y propagación rápida de la flama y de una onda de presión confinada, misma que al ser liberada produce daños al recipiente, estructura o elemento en el que se encontraba contenida dicha mezcla

4.15 Gas inerte: Gas no combustible

4.16 Gas licuado de petróleo (LP): Mezcla de hidrocarburos compuesta primordialmente por butano y propano

4.17 Gas natural: Mezcla de hidrocarburos compuesta primordialmente por metano.

4.18 Gravedad específica: Relación de la densidad de un gas con la densidad del aire seco a las mismas condiciones de presión y temperatura

4.19 Límites de explosividad: Valor, superior e inferior, de la concentración de gas combustible disperso en el aire, entre los cuales se presenta una mezcla explosiva.

4.20 Línea de desvío o puenteo: Tubería que rodea a un instrumento o aparato para desviar el flujo de gas, con el objeto de repararlo o reemplazarlo.

4.21 Máxima presión de operación permisible (MPOP): Presión máxima a la cual una tubería puede ser operada.

4.22 Medidor: Instrumento utilizado para cuantificar el volumen de gas natural que fluye a través de una tubería.

4.23 Mezcla explosiva: Combinación homogénea de aire con un combustible en estado gaseoso en concentraciones que producen la explosión de la mezcla al contacto con una fuente de ignición.

4.24 Perforación en línea en operación: Perforación de tuberías conductoras en servicio por medio de un barrenador o broca, con el objeto de conectar un ramal, instalar válvulas, hacer reparaciones, etc.

4.25 Polietileno: Plástico basado en polímeros hechos con etileno como monómero esencial.

4.26 Presión: Fuerza de un fluido ejercida perpendicularmente sobre una superficie.

4.27 Presión absoluta: Suma de la presión manométrica más la presión atmosférica del lugar.

4.28 Presión atmosférica: Presión que ejerce una columna de aire sobre la superficie de la tierra en cualquier punto del planeta. Al nivel medio del mar esta presión es de aproximadamente 101.325 kPa.

4.29 Presión de diseño de la red: Presión a la que debe operar una red de distribución en condiciones de máxima demanda.

4.30 Presión manométrica: Presión que ejerce un gas sobre las paredes del recipiente que lo contiene.

4.31 Presión de prueba: Presión a la cual es sometido el sistema antes de entrar en operación con el fin de garantizar su hermeticidad

4.32 Presión de trabajo: Presión a la que deben operar normalmente las tuberías, accesorios y componentes que están en contacto con el gas natural en un sistema de distribución y en equipos de consumo, en condiciones de máxima demanda.

4.33 Ramal: Tubería secundaria conductora de gas que se deriva de la tubería principal, formando las redes o circuitos que suministran gas a las tomas de servicio de los usuarios

4.34 Recubrimiento: Material que se aplica y adhiere a las superficies externas de una tubería metálica para protegerla contra los efectos corrosivos producidos por el medio ambiente.

4.35 Registro: Espacio subterráneo en forma de caja destinado a alojar válvulas, accesorios o instrumentos, para su protección

4.36 Regulador de presión: Instrumento instalado en una tubería de gas de alta presión para disminuir, controlar y mantener la presión deseada.

4.37 Regulador en monitor: Dispositivo de seguridad que consiste en un regulador instalado en serie al regulador principal y calibrado a una presión ligeramente superior a la de salida de éste para proteger a la instalación de una sobrepresión

4.38 Regulador de servicio: Regulador de presión instalado en la toma de servicio del usuario para el suministro de gas a la presión contratada con el Distribuidor

4.39 Resistencia mínima de cedencia (RMC): Límite de deformación permanente especificado por el fabricante de la tubería

4.40 Sistema de distribución: El conjunto de ductos, compresores, reguladores, medidores y otros equipos para recibir, conducir, entregar y, en su caso, comercializar gas por medio de ductos de una zona geográfica

4.41 Trazo: Franja de terreno destinada a alojar tubería para la conducción de gas natural.

4.42 Toma o acometida de servicio: Tramo de tubería a través del cual el Distribuidor suministra gas a los usuarios.

4.43 Tubería principal de distribución: Tubería a través de la cual se abastecen los ramales del sistema de distribución de gas

4.44 Unidad de Verificación. Persona física o moral que realiza actos de verificación, en conformidad con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización

4.45 Válvula de seccionamiento: Instrumento instalado en la tubería para controlar o bloquear el flujo de gas hacia cualquier sección del sistema

4.46 Válvula de seguridad de bloqueo: Dispositivo de seguridad instalado en serie con el regulador, que cierra el flujo de gas al presentarse una presión no deseada

4.47 Válvula de seguridad de desfogue: Dispositivo de seguridad que libera el exceso de presión a la atmósfera

4.48 Ventila de regulador: Conducto que permite la entrada y salida del aire para compensar el movimiento del diafragma del regulador

5. Materiales y equipos

5.1 Los materiales y equipos que formen parte de un sistema de distribución de gas natural deben cumplir con lo siguiente:

- a) Mantener la integridad estructural del sistema de distribución bajo temperaturas y otras condiciones ambientales que puedan ser previstas y operar a las condiciones a que estarán sujetos.
- b) Ser compatibles químicamente con el gas que conduzcan y con cualquier otro material de la red de distribución con que tengan contacto, y
- c) Diseñarse, instalarse y operarse de acuerdo con las especificaciones contenidas en esta Norma.

5.2 El empleo de los materiales en un sistema de distribución debe sujetarse a los requisitos establecidos en esta Norma

A. Tuberías y conexiones de acero

5.3 Para la conducción de gas natural debe utilizarse tubería de acero que cumpla con los requerimientos de la Norma Oficial Mexicana, NOM-B-177-1990 y otras especificaciones, en conformidad con lo establecido en el artículo 53 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

5.4 Se permite utilizar conexiones de acero al carbono, preferentemente de acero forjado, con extremos soldables, bridados o roscados que permitan soportar la presión interna del gas y cualquier esfuerzo, vibración, fatiga o el propio peso de la tubería y su contenido. Las conexiones roscadas no deben utilizarse en tuberías subterráneas

B. Válvulas

5.5 Las válvulas deben cumplir con los requisitos mínimos de seguridad establecidos en esta Norma. No se deben utilizar válvulas bajo condiciones de operación que superen los regímenes de presión y temperatura establecidos en la normatividad aplicable, Bibliografía 14.1

5.6 En los sistemas de distribución deben instalarse válvulas de seccionamiento, las cuales deben estar espaciadas de tal manera que permitan minimizar el tiempo de cierre de una sección del sistema en caso de emergencia. El espaciamiento debe determinarse de acuerdo a la presión de operación, al diámetro de la tubería y a las condiciones operativas locales.

5.7 La instalación de válvulas es obligatoria en los casos siguientes

- a) Cuando exista una línea de desvío o punteo;
- b) A la entrada y salida de las estaciones de regulación y/o medición, y
- c) Cuando se instalen manómetros (estos deben estar aguas abajo de una válvula).

5.8 Las válvulas deben tener un rango de presión y temperatura de servicio igual o superior a las condiciones de operación máximas requeridas del sistema

5.9 Las válvulas deben probarse conforme a lo siguiente

- a) Cuerpo de la válvula. Con la válvula en posición totalmente abierta, debe probarse el cuerpo de la misma contra fugas a una presión mínima de 1.5 veces su MPOP;
- b) Asiento de la válvula. El asiento de la válvula debe probarse a una presión mínima de 1.5 veces su MPOP. Durante la prueba no debe haber ninguna fuga, y
- c) Operación de la válvula. Después de completar la última prueba de presión, la válvula debe probarse para comprobar que opera adecuadamente.

5.10 Las válvulas de seccionamiento deben localizarse en lugares de fácil acceso que permitan su mantenimiento y operación en casos de emergencia

5.11 Para no interrumpir el flujo del gas al realizar una perforación en una línea, deben utilizarse válvulas de paso completo y accesorios mecánicos adecuados para soportar la presión de operación de la tubería

C. Bridas y accesorios bridados

5.12 Las bridas y sus accesorios deben cumplir los requisitos mínimos de la normatividad aplicable, Bibliografía 14.2, o su equivalente.

5.13 Las bridas y accesorios bridados deben satisfacer los requisitos establecidos en el diseño del sistema de distribución y mantener sus propiedades físicas y químicas a la presión y temperatura de operación del mismo

D. Estaciones de regulación

5.14 La capacidad de las estaciones de regulación debe determinarse con base en el consumo máximo horario y en las presiones de entrada y salida del sistema. Las estaciones de regulación deben contar, como mínimo, con el equipo siguiente

- a) Regulador de presión;
- b) Dispositivo de seguridad (por ejemplo, regulador en monitor, válvula de seguridad, válvula de bloqueo, etc.), según sea el caso,
- c) Línea de desvío o puenteo;
- d) Válvulas de seccionamiento,
- e) Manómetros antes y después del regulador, y
- f) Válvula y tubería de desfogue

5.15 **Dispositivos de alivio o de limitación de presión.** Todo dispositivo de alivio o de limitación de presión debe cumplir con lo siguiente

- a) Ser construido con materiales anticorrosivos, como por ejemplo, monel, acero inoxidable, etc.,
- b) Estar diseñado e instalado de manera que pueda comprobarse que la válvula no está obstruida. El dispositivo debe probarse a la presión a la cual debe actuar,
- c) Tener válvulas con asientos que estén diseñados para no obstaculizar la operación del dispositivo,
- d) Las válvulas de seguridad deben tener una tubería de salida, de diámetro adecuado, que permita la descarga del gas a una altura mínima de tres metros sobre el nivel del terreno natural. El tubo de desfogue debe quedar sólidamente soportado y diseñarse de tal manera que no permita la entrada de agua de lluvia, hielo, nieve o de cualquier material extraño que pueda obstruirlo;
- e) Cuando se instale en una estación de regulación, deben considerarse medidas para evitar que daños físicos, por ejemplo, impacto de vehículos, afecten la operación del dispositivo de alivio y del regulador, y
- f) Diseñarse para evitar su operación por personas no autorizadas. Esta medida debe aplicarse también a la operación de válvulas de bloqueo

5.16 **Válvulas de seguridad de bloqueo.** Puede utilizarse una válvula de seguridad de bloqueo como dispositivo de seguridad en estaciones de regulación o tomas de servicio. Cuando se utilice este tipo de válvulas, el restablecimiento del servicio debe ser manual

E. Medidores

5.17 Los medidores que se instalen para servicio residencial en el domicilio del usuario deben cumplir con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana, NOM-014-SCFI-1993.

5.18 **Localización.** Para la localización de los medidores de uso residencial, comercial e industrial debe considerarse lo siguiente

- a) Antes del medidor de cada usuario debe instalarse una válvula de corte de servicio,
- b) Los medidores deben colocarse en áreas ventiladas y de libre acceso para su revisión, lectura, reemplazo o mantenimiento;
- c) Los medidores no deben colocarse en lugares expuestos a daño físico, debajo de escaleras de emergencia, en andadores públicos o en sitios expuestos a corrosión o vibración excesiva,

- d) Los medidores que operen a más de 685 kPa deben ubicarse a una distancia mayor de tres metros de cualquier fuente de ignición, y
- e) Los medidores que operen a menos de 685 kPa deben ubicarse a una distancia mayor de un metro de cualquier fuente de ignición.

5.19 Soportes. En caso de requerirse, los medidores deben contar con un soporte que evite deformaciones en la acometida.

5.20 Protección al medidor. Cuando los medidores se instalen en líneas que operen a una presión de 410 kPa o mayor, deben protegerse con una válvula de seguridad o por cualquier otro medio que evite una presión mayor a la presión de operación del medidor. Para tal efecto puede utilizarse un regulador con válvula de seguridad integrada.

5.21 Identificación. Cuando existan varios medidores en un espacio reducido, éstos deben identificarse por medio de etiquetas que identifiquen el medidor con el usuario correspondiente.

5.22 Condiciones de operación. Los medidores de uso residencial y comercial no deben operarse a una presión superior a la presión de operación máxima indicada por el fabricante.

5.23 Instalación de medidores. Antes de proceder a la instalación de medidores deben realizarse pruebas de hermeticidad de las tuberías. Hasta que se realicen dichas pruebas, el operador puede proceder a instalar los medidores.

F. Registros

5.24 Los registros que se construyan para la instalación de válvulas, estaciones de regulación y puntos de medición o monitoreo, deben soportar las cargas externas a las que queden sujetos para proteger, adecuadamente, a los equipos instalados en su interior

5.25 El tamaño de los registros debe ser adecuado para realizar trabajos de instalación, operación y mantenimiento de los equipos

5.26 En casos especiales pueden instalarse válvulas subterráneas, las cuales deben accionarse desde el exterior.

5.27 En los registros debe utilizarse tubería de acero a fin de soportar el peso de la válvula y el esfuerzo de torsión que provoca el accionar ésta

5.28 Los registros deben localizarse en puntos de fácil acceso y debidamente protegidos, tales como áreas verdes, camellones y banquetas. No se deben colocar registros en

- a) Intersecciones de calles o puntos de tráfico pesado o intenso;
- b) Sitios de acumulación de agua de lluvia, y
- c) Junto a instalaciones del servicio de agua, electricidad, teléfono o cualquier otro servicio público subterráneo

5.29 Los registros con un volumen interno mayor a seis metros cúbicos deben contar con ductos de ventilación que eviten la formación de atmósferas explosivas en su interior.

5.30 Los ductos de ventilación deben instalarse en sitios donde no pueda dañarse y tener una altura suficiente sobre el nivel del terreno con el fin de que los gases descargados se dispersen rápidamente.

5.31 Los registros no deben conectarse a la red de drenaje público para ser drenados

G. Protección contra corrosión en tuberías de acero

5.32 Esta sección se refiere a los requisitos para el control de la corrosión en sistemas de tuberías de acero que estén enterradas, sumergidas o expuestas a la intemperie. A los componentes de los sistemas de distribución debe aplicárseles un medio anticorrosivo para el control de corrosión externa que cumpla con lo siguiente.

- a) Un aislante o recubrimiento protector de acuerdo con el inciso 5.35, y
- b) Un sistema de protección catódica, que proporcione protección al sistema de distribución, de acuerdo con los criterios establecidos en la normatividad aplicable, Bibliografía 14.3

5.33 El Distribuidor debe establecer los procedimientos necesarios para satisfacer los requisitos de control de corrosión. Estos procedimientos deben incluirse en el manual de operación y mantenimiento del Distribuidor y cumplir con la normatividad aplicable, Bibliografía 14.3.

5.34 Protección mecánica. Las tuberías de acero, sus conexiones y accesorios, así como los componentes del sistema de distribución alojados en el subsuelo, deben protegerse contra la corrosión mediante recubrimientos. Para la selección del recubrimiento se tomará en cuenta la agresividad del medio y las condiciones de operación a las que se someterá la tubería.

5.35 El recubrimiento aplicado para evitar la corrosión externa debe cumplir con lo siguiente:

- a) Aplicarse sobre una superficie previamente acondicionada, libre de suciedad como óxidos, polvo, barnices, pintura o cualquier otra sustancia,
- b) Tener una adecuada adhesión a la superficie metálica, a fin de evitar la humedad bajo el recubrimiento,
- c) Tener ductilidad adecuada para resistir agrietamientos;
- d) Tener resistencia mecánica suficiente para evitar daños debidos al manejo y a las tensiones provocadas por el terreno, y

e) Tener propiedades compatibles con la protección catódica.

5.36 El recubrimiento debe inspeccionarse utilizando un detector de fallas de recubrimientos, las fallas detectadas deben repararse antes de bajar la tubería a la zanja.

5.37 Protección catódica. El sistema subterráneo de tubería de acero debe protegerse catódicamente, de acuerdo a la normatividad aplicable, Bibliografía 14.3.

5.38 El Distribuidor debe elaborar un programa de mantenimiento basado en una revisión sistemática de los potenciales del sistema, en la localización de contactos que elimine las salidas o pérdidas de corriente del sistema y en la revisión de la continuidad eléctrica para determinar el estado que guardan los aislantes que delimitan los circuitos eléctricos configurados.

5.39 El Distribuidor debe elaborar planos en los que se indique el tipo de elementos utilizados para lograr la protección catódica (ánodos de sacrificio o rectificadores de corriente). Asimismo, debe colocar puntos de verificación de potenciales de la tubería a lo largo de la trayectoria del sistema protegido.

5.40 Recubrimiento anticorrosivo. Las tuberías metálicas superficiales deben protegerse contra la corrosión ocasionada por el medio ambiente utilizando recubrimientos anticorrosivos. Para su identificación, las tuberías y conexiones superficiales deben pintarse de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-S-14-SCFI-1993.

H. Tubería y conexiones de polietileno

5.41 Tubería de polietileno. Para la conducción y distribución de gas natural a una presión menor de 685 kPa podrá utilizarse tubería de polietileno de alta o mediana densidad, de acuerdo a la Norma DGN-E-43-1977.

5.42 Cuando la tubería de polietileno se instale por debajo de banquetas, ésta debe enterrarse a una profundidad mínima de 45 cm medidos del domo de la tubería al nivel del piso terminado.

5.43 Conexiones de polietileno. Los procedimientos que deben utilizarse para efectuar las uniones de la tubería de polietileno con las conexiones son termofusión, electrofusión o medios mecánicos. No debe unirse tubería de polietileno por medio de conexiones roscadas.

5.44 Si el Distribuidor opta por utilizar juntas mecánicas para unir conexiones con tubería de polietileno, dichas juntas deben cumplir con lo siguiente:

- a) Ser de material compatible con el polietileno para el sellado de la junta. Por ejemplo, cuando se usen uniones mecánicas tipo compresión, el material elastomérico de la junta en el accesorio debe ser compatible con el polietileno. Durante un periodo prolongado, ni el polietileno ni el elastómero deben producir el deterioro de las propiedades químicas o mecánicas del otro, y
- b) Acoplarse a la junta con una pieza metálica anular para lograr la sujeción de la tubería de polietileno.

I. Criterios de diseño en las tuberías

5.45 La tubería debe seleccionarse con el espesor de pared suficiente para soportar la presión de diseño de la red de distribución e instalarse con la protección adecuada para resistir las cargas externas previstas ejercidas sobre la tubería después de su instalación.

5.46 La presión mínima de operación de una red de distribución debe ser aquella a la cual los usuarios localizados en las partes más desfavorables de la misma, reciban el gas a una presión suficiente para que sus aparatos de consumo operen adecuada y eficientemente en el momento de máxima demanda de gas.

a) Tubería de acero

5.47 Espesor mínimo de pared del tubo. La tubería de acero debe tener el espesor mínimo de pared requerido para soportar los esfuerzos producidos por la presión interna del gas. El espesor mínimo de la tubería se calcula de acuerdo con la fórmula siguiente:

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

donde

- t espesor de la tubería en milímetros,
- P presión manométrica de diseño en kPa,
- D diámetro exterior de la tubería en milímetros,
- S resistencia mínima de cedencia en kPa,
- F factor de diseño por densidad de población;
- E eficiencia de la junta longitudinal de la tubería, y
- T factor de corrección por temperatura del gas, T = 1 si la temperatura del gas es igual o menor a 393 K.

5.48 Si se desconoce el espesor nominal de la pared de la tubería de acero, éste se determinará midiendo el espesor de cada pieza del tubo en cuatro puntos de cada extremo.

5.49 Factor de diseño por densidad de población "F". El factor de diseño se selecciona en función de la clase de localización, el cual debe emplearse en la fórmula del inciso 5.47; dicho factor se encuentra en el cuadro 2.

CUADRO 2

Factor de diseño por densidad de población (F)

Clase de localización	F
1	0.72
2	0.60
3	0.50
4	0.40

5.50 Localización clase 1. Area unitaria que cuenta con diez o menos construcciones o aquella en la que la tubería se localice en la periferia de las ciudades, poblados agrícolas o industriales

5.51 Localización clase 2. Area unitaria que cuenta con más de diez y menos de cincuenta construcciones

5.52 Localización clase 3. Area unitaria en la que se registra alguna de las características siguientes

- Cincuenta o más construcciones destinadas a ocupación humana o uso habitacional;
- Una o más construcciones ocupadas normalmente por 20 o más personas a una distancia menor de 100 metros del eje de la tubería;
- Un área al aire libre bien definida a una distancia menor de 100 metros del eje de la tubería y que dicha área sea ocupada por 20 o más personas durante su uso normal, tal como un campo deportivo, un parque de juegos, un teatro al aire libre u otro lugar público de reunión;
- Áreas destinadas a fraccionamientos y/o comercios en donde se pretende instalar una tubería a una distancia menor de 100 metros, aun cuando al momento de construirse, solamente existan edificaciones en la décima parte de los lotes adyacentes al trazo, y
- Un área que registre un tránsito intenso o se encuentren instalaciones subterráneas a una distancia menor de 100 metros de donde se pretenda instalar una tubería. Se considera tránsito intenso un camino o carretera pavimentada con un flujo de 200 o más vehículos en una hora pico de aforo

5.53 Localización clase 4. Area unitaria en la que se localicen edificios de cuatro o más niveles donde el tránsito sea intenso, o bien, existan otras instalaciones subterráneas.

Eficiencia de la junta longitudinal soldada "E"

5.54 El cuadro 3 presenta los valores de E para varios tipos de tubería.

CUADRO 3**Factor de eficiencia de la junta longitudinal soldada (E)**

CLASE DE TUBERIA	E
Sin costura	1.00
Soldada por resistencia eléctrica	1.00
Soldada a tope en horno	0.60
Soldada por arco sumergido	1.00
Tubería sin identificación con diámetro mayor de 101 mm	0.80
Tubería sin identificación con diámetro menor de 101 mm	0.60

b) Tubería de polietileno

5.55 Cuando se utilice tubería de polietileno para la conducción de gas, la máxima presión de operación de la tubería debe ser igual o menor a la presión de diseño, la cual se determina con la fórmula siguiente

$$P = 2S_h \times \frac{t}{(D - t)} \times 0.32$$

donde:

P presión manométrica de diseño en kPa;

S_h resistencia hidrostática a largo plazo igual a 8620 kPa a una temperatura de 296 K,

t espesor de la tubería en milímetros, y

D diámetro exterior de la tubería en milímetros.

5.56 Limitaciones de diseño de la tubería de polietileno.

a) La presión de diseño no debe exceder la presión manométrica de 685 kPa, y

b) No debe utilizarse tubería de polietileno cuando las temperaturas de operación sean menores de 244 K

Componentes de la tubería

5.57 Cada componente de una tubería debe de resistir las presiones de operación y otros esfuerzos previstos sin que se afecte su capacidad de servicio

5.58 Los componentes de un sistema de tuberías incluyen válvulas, bridas, accesorios, cabezales y ensambles especiales. Dichos componentes deben estar diseñados de acuerdo a los requisitos aplicables de esta Norma, considerando la presión de operación y otras cargas previstas.

5.59 Los componentes de un sistema de tuberías deben cumplir con lo siguiente:

- a) Las especificaciones de fabricación o con la normatividad aplicable, en conformidad con el artículo 53 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y
- b) Estar libres de defectos que puedan afectar o dañar la resistencia, hermeticidad o propiedades del componente.

6. Construcción de la red de distribución

6.1 Antes de iniciar las obras de construcción de la red, el Distribuidor debe comunicarse con la autoridad local competente de obras públicas, con el objeto de obtener información relativa a la localización de otros servicios públicos y anticipar la ruta de las tuberías de gas con el objeto de minimizar la afectación de esos servicios y, en su caso, contactar a las compañías responsables de proveer dichos servicios para planear, conjuntamente, el tendido de la red de distribución por las vías públicas de la localidad correspondiente.

6.2 Una vez concluidas las obras correspondientes a la construcción del sistema de distribución, es necesario que todos los servicios públicos afectados por dicha construcción (por ejemplo: agua potable, teléfonos, drenaje, etc.) queden restablecidos. Si, como consecuencia del tendido de tuberías o la prestación del servicio de distribución el Distribuidor daña o afecta la operación de otros servicios públicos, este deberá cubrir el monto para subsanar los daños ocasionados y restituir el funcionamiento de los servicios públicos afectados.

6.3 Si durante el tendido de la tubería de un sistema de distribución el Distribuidor encuentra en el subsuelo derrame de combustibles líquidos, por ejemplo, gasolina, diesel, etc., o concentración de sus vapores, el Distribuidor debe dar aviso a la autoridad competente antes de continuar con los trabajos de construcción.

6.4 La red de distribución debe evaluarse y dictaminarse por una Unidad de Verificación antes de iniciar la operación del sistema, conforme a los criterios contenidos en esta Norma.

A. Excavación de zanjas

6.5 Profundidad. La profundidad mínima de las zanjas que alojarán las tuberías en un sistema de distribución se determina de acuerdo con el cuadro 4, siguiente:

CUADRO 4
Profundidad mínima en zanjas

Ubicación	Excavación normal (cm)	Excavación en roca (cm)
En general	60	60
En derechos de vía, en carreteras o ferrocarriles	75	75
Cruzamientos de calles o carreteras	120	120
Cruzamientos de ferrocarriles		
Tubería encamisada	120	120
Tubería sin encamisar	200	200
Cruces de vías de agua	120	60
Bajo canales de drenaje o irrigación	75	60

6.6 En el caso de cruces de ferrocarril, carreteras u obras especiales, la instalación de las tuberías debe sujetarse a las normas oficiales mexicanas o, en caso de no contar con estas últimas, con las especificaciones técnicas que le señale la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

6.7 La excavación de la zanja que aloja la tubería debe cumplir con los requerimientos de ancho y profundidad para su debida instalación.

6.8 Antes de colocar la tubería en la zanja, ésta debe estar limpia, libre de basura, escombros o materiales rocosos o cortantes que pudieran ocasionar daños a las tuberías.

6.9 La superficie del fondo de la zanja debe emparejarse y afinarse de tal manera que permita un apoyo uniforme de la tubería.

6.10 Cuando una tubería cruce otras instalaciones de servicios se debe cuidar de no dañarlas y prever una separación para el mantenimiento y reparación de ambas instalaciones. La distancia de la separación mínima debe ser 30 cm con relación a estructuras y otros servicios subterráneos.

Cuando una tubería que opere a una presión mayor a 685 kPa cruce con otras instalaciones subterráneas, la distancia mínima entre la tubería y las otras instalaciones debe ser de 100 cm. En caso de no poder cumplir con lo anterior, se debe proteger o aislar a la tubería, para no interferir la protección catódica.

6.11 Relleno de la zanja. En caso de suelo rocoso, la zanja debe rellenarse inicialmente con una capa de 10 cm de cualquiera de los materiales siguientes.

- a) Material producto de la excavación que esté libre de escombros;
- b) Material libre de piedras mayores de 1.5 cm de diámetro, o

- c) Material procedente de banco de materiales como arena, tierra fina o cualquier otro material similar que proteja la tubería

B. Instalación de tubería de acero

6.12 Tendido. La tubería y materiales empleados en la construcción deben manejarse cuidadosamente, tanto en la carga como en la descarga para evitar dañarlos, especialmente, al recubrimiento anticorrosivo de la tubería

6.13 Doblado. El procedimiento mecánico para doblar la tubería debe efectuarse por medio de un proceso en frío para evitar una deformación en la sección circular del tubo.

6.14 Al efectuar un doblado en el tubo es necesario observar lo siguiente:

- a) El diámetro del tubo no debe reducirse en cualquier punto más del 2.5 por ciento del diámetro nominal;
- b) El doblado no debe perjudicar o limitar la funcionalidad de la tubería;
- c) El cordón longitudinal de la tubería debe estar cerca del eje neutro del doblado;
- d) El radio interior del doblado debe ser mayor a seis veces el diámetro exterior de la tubería;
- e) La tubería no debe doblarse en un arco mayor de noventa grados;
- f) El doblado debe presentar un contorno suave y estar libre de arrugas, grietas, o cualquier otro daño, y
- g) La curva no debe estar a una distancia menor de 1.8 metros de los extremos de la tubería, ni a una distancia menor de un metro de la soldadura de campo.

6.15 Limpieza. El cuerpo y los biselados de los tubos deben inspeccionarse antes de iniciar los trabajos de soldadura y aplicación del recubrimiento. Los biselados de los tubos deben limpiarse para eliminar cualquier material extraño a éstos. Durante esta operación debe verificarse que el tubo no presente cuarteaduras u otros defectos. Aquellos tubos que se encuentren dañados deben ser reparados o, en su caso, reemplazados.

6.16 Soldadura. El personal que realice trabajos de soldadura debe calificarse en conformidad con lo establecido en las normas oficiales mexicanas o, en caso de no existir éstas, en la normatividad aplicable, Bibliografía 14.4

6.17 Los procedimientos de aplicación de soldadura deben realizarse en conformidad con lo establecido en las normas oficiales mexicanas o, en caso de no existir éstas, en la normatividad aplicable, Bibliografía 14.4.

6.18 Requisitos generales para realizar trabajos de soldadura:

- a) Los trabajos de soldadura deben realizarse por un soldador calificado que tenga conocimiento y experiencia en los procedimientos de soldadura en conformidad con la normatividad aplicable, Bibliografía 14.4. Las pruebas utilizadas para calificar la calidad de la soldadura deben determinarse con pruebas destructivas establecidas en dicha normatividad, Bibliografía 14.4.
- b) Cada procedimiento de soldadura debe registrarse con todo detalle en la bitácora de construcción del Distribuidor, incluyendo los resultados de las pruebas de calificación del técnico soldador. Dicho registro debe llevarse a cabo y conservarse siempre que se utilice cualquiera de los procedimientos seleccionados de soldadura

6.19 Calificación de técnicos soldadores

- a) Un técnico soldador se calificara de acuerdo con la normatividad aplicable, Bibliografía 14.4;
- b) Un técnico soldador podrá calificarse para realizar soldaduras en tubos que van a operar a una presión que produce un esfuerzo tangencial menor al 20% de la RMC, si pasa una prueba de soldadura y ésta es aceptable de acuerdo con el procedimiento de soldadura seleccionado, en conformidad con lo establecido en la normatividad aplicable, Bibliografía 14.4. Un técnico soldador que realice soldaduras en conexiones de tuberías de servicio a tuberías principales debe realizar una prueba de soldadura como parte de la prueba de calificación. El resultado de la prueba de soldadura debe ser aprobado por personal calificado de la compañía Distribuidora, y
- c) La calificación de los soldadores debe ser avalada por una Unidad de Verificación o, a falta de ésta, por una persona física o moral que demuestre ante la autoridad competente tener los conocimientos y experiencia adecuados para realizar y calificar dichos trabajos de soldadura. Después de la calificación inicial, un técnico soldador no podrá realizar soldaduras a menos que:
 - i) Se haya recalificado, por lo menos una vez cada año, o
 - ii) Que dentro de los siete y medio meses anteriores, pero por lo menos dos veces al año, haya realizado
 1. Trabajos de soldadura que hayan sido probados y encontrados aceptables de acuerdo con las pruebas de calificación, o
 2. Para los soldadores que solamente trabajan en tuberías de servicio de 50 mm de diámetro o menores, se les hayan evaluado dos muestras de soldaduras, encontrándolas aceptables de acuerdo a las prácticas comunes en la industria y a la normatividad aplicable, Bibliografía 14.4

6.20 Restricciones a las actividades de los soldadores

- a) Ningún técnico soldador debe realizar soldaduras relativas a un procedimiento preestablecido a menos que, dentro de los 6 meses anteriores, haya realizado soldaduras que hubieran requerido la aplicación de dicho procedimiento, y
- b) Un técnico soldador que haya sido calificado no puede prestar los servicios correspondientes a menos que dentro de los 6 meses anteriores haya pasado una prueba de soldadura en conformidad con la normatividad aplicable, Bibliografía 14.4.

C. Instalación de tubería de polietileno

6.21 Inspección. En el lugar de trabajo, cada rollo de tubería de polietileno debe revisarse cuidadosamente para verificar que no haya sufrido daño alguno durante su transporte, almacenamiento y manejo. La tubería debe revisarse, por segunda ocasión, antes de bajarla a la zanja para su instalación final.

6.22 Daños, defectos y reparaciones. Las tuberías que presenten hendiduras, rayones severos o cualquier otro daño, deben ser reparadas eliminando la parte dañada y reemplazándola por una sección nueva de tubería

6.23 Uniones por termofusión. Cuando se realicen trabajos de termofusión en condiciones climatológicas adversas, tales como lluvia, tolvanera o tormenta de arena, deben utilizarse cubiertas o medios de protección adecuados

6.24 Uniones mecánicas Antes de aplicar cualquier procedimiento para realizar uniones mecánicas en tubos de polietileno, que previsiblemente estén expuestos a esfuerzos de tensión, el procedimiento debe calificarse sometiendo cinco uniones, efectuadas conforme a dicho procedimiento, a la prueba de tracción siguiente:

- a) Usar un aparato para prueba de tensión, en conformidad con la normatividad aplicable, Bibliografía 14.5;
- b) La longitud de la muestra debe ser tal que la distancia entre las abrazaderas del aparato y el extremo del rigidizador no afecte la resistencia de la unión;
- c) La velocidad de prueba debe ser de 5.0 mm por minuto, con una tolerancia de $\pm 25\%$;
- d) Las muestras de tubos menores de 100 mm de diámetro califican si la cedencia del tubo a una deformación es mayor del 25%, o la falla inicia en el exterior del área de unión;
- e) Las muestras de tubos cuyo diámetro es de 100 mm o mayor deben probarse a la tensión hasta que el tubo se someta a un esfuerzo igual o mayor que el esfuerzo térmico máximo que se produciría por un cambio de temperatura de 311 K, o hasta que el tubo se desprenda del accesorio. Para la determinación de esfuerzos de diseño se utiliza el valor inferior que resulte de cinco pruebas, o bien, el que proporcione el fabricante;
- f) Cada muestra que falle en la empuñadura debe volver a probarse utilizando un tubo nuevo, y
- g) Los resultados obtenidos en esta prueba permiten solamente aceptar la unión mecánica en el diámetro exterior y el material del tubo probado

6.25 Debe estar disponible una copia de los procedimientos para realizar las uniones en tuberías de polietileno para las personas que las efectúan e inspeccionan.

6.26 Procedimientos de unión. Las uniones en tuberías de polietileno deben resistir las fuerzas longitudinales causadas por la contracción de las tuberías o por tensión provocada por cargas externas.

6.27 Calificación del personal para realizar uniones:

Las personas que realicen uniones en tuberías de polietileno deben cumplir con lo siguiente:

- a) Haber recibido la capacitación adecuada o contar con experiencia comprobada en el método de unión especificado, y
- b) Realizar uniones de muestra en secciones de tubos conforme al método de unión, las cuales deben pasar la inspección y pruebas indicadas en el inciso 6.28.

6.28 Inspección y pruebas. La muestra unida por el método de fusión por calor debe calificarse mediante las pruebas siguientes.

- a) Examinarse visualmente, durante y después de la fusión. Verificar que tiene la misma apariencia que una unión (o una fotografía de una unión aceptable proporcionada por el fabricante de la tubería), realizada de acuerdo al método de unión seleccionado;
- b) Inspeccionarse por ultrasonido y verificar que no contiene defectos (vacíos o discontinuidades) que pudieran causar una falla.
- c) Cortarse por lo menos en tres tiras longitudinales, cada una de las cuales al ser examinada visualmente, no contenga vacíos o discontinuidades en el área de unión, y
- d) Deformarse por flexión, torsión o impacto manual y si ocurre la falla, ésta no debe incidir en el área de unión.

6.29 Recalificación. Un técnico soldador de tubería de polietileno debe recalificarse si durante un periodo de seis meses

- a) No ha realizado ninguna unión conforme al método seleccionado, y

b) El tres por ciento de las uniones que haya realizado o tres de éstas resulten inaceptables, lo que resulte mayor.

6.30 Únicamente aquellos técnicos soldadores que tengan experiencia comprobada en alguno de los métodos de unión podrán realizar la inspección de las uniones de tubería de polietileno

D. Estaciones de regulación

6.31 Las estaciones de regulación deben localizarse en lugares seguros para evitar que accidentes, por ejemplo automovilísticos, dañen dichas estaciones.

6.32 Las estaciones de regulación deben delimitarse por medio de un cerco de malla ciclónica o por muros de celosía con ventilación cruzada y espacio suficiente para dar mantenimiento al equipo. Es opcional la construcción de un techo a las estaciones de regulación

6.33 En caso de que la estación esté ubicada en un registro subterráneo, éste debe cumplir con lo indicado en la sección F "Registros" del capítulo 5

6.34 En la estación de regulación deben colocarse letreros a la vista del público con la leyenda "Gas Natural" e incluir el nombre del Distribuidor y número telefónico para casos de emergencia.

E. Tomas de servicio

6.35 Las tomas de servicio residenciales, comerciales e industriales deben ser de tubería metálica antes de rebasar el nivel de piso terminado, a fin de resistir daños mecánicos y conectarse al medidor del usuario

6.36 **Profundidad.** La parte subterránea de la toma de servicio debe instalarse, como mínimo, a 45 cm de profundidad en propiedad privada y banquetas. Cuando ello no sea posible, la toma de servicio debe protegerse mediante una camisa resistente a las cargas externas previstas

6.37 **Soporte y relleno de zanja.** Las tomas de servicio deben quedar soportadas en terreno bien compactado y con material de relleno libre de materiales cortantes que pudieran dañar el tubo o su recubrimiento. El relleno debe quedar libre de huecos o irregularidades.

6.38 **Protección contra esfuerzos y daños a la tubería.** La instalación de las tomas debe realizarse de tal forma que se minimicen los esfuerzos en la tuberías. Las tomas de servicio deben protegerse contra daños mecánicos generados por cargas externas.

6.39 **Instalación.** En las tomas de servicio es necesario observar lo siguiente:

- a) La tubería de servicio de acero debe protegerse contra la corrosión de acuerdo con la sección G del capítulo 5, "Protección contra corrosión en tuberías de acero", de esta Norma,
- b) La tubería de polietileno debe protegerse de esfuerzos cortantes por asentamientos en el relleno,
- c) Cuando se trate de servicios industriales, las tomas de servicio deben ubicarse dentro del predio de la industria, y
- d) No se permite la instalación de tuberías de servicio que pasen por debajo de edificios.

6.40 **Conexión a la línea de abastecimiento.** La conexión de la toma de servicio al ramal de suministro debe localizarse, preferentemente, en la parte superior de la tubería o, alternativamente, a un costado de la misma.

6.41 El extremo de la toma de servicio debe quedar obturado por medio de una brida ciega o tapón roscado para efectuar la prueba de hermeticidad

6.42 Al utilizar una junta mecánica para conectar la toma de servicio a un ramal de suministro, la conexión debe diseñarse e instalarse para soportar los esfuerzos longitudinales y aquellos causados por la contracción y expansión de la tubería o por cargas externas

6.43 **Tomas de servicio nuevas.** Las tomas de servicio nuevas que se instalen deben quedar obturadas para evitar el flujo de gas, en tanto el usuario no haya contratado el servicio con el Distribuidor.

F. Señalización en los sistemas de distribución

6.44 **Señalamientos en tuberías de distribución**

- a) Tuberías enterradas. Los señalamientos en tuberías enterradas deben colocarse a ambos lados del trazo de la tubería, en cada cruce de carretera o vía de ferrocarril;
- b) Excepciones. No es necesario instalar señalamientos en tuberías con clasificación clase 3 o 4, en donde exista un programa de prevención de daños, y
- c) Señalamientos de advertencia. Debe asentarse en ambos lados de la tubería señalamientos con un fondo de color contrastante que indique lo siguiente: "Tubería de alta o baja presión bajo tierra", "No cavar", "Ancho del derecho de vía", "Teléfonos, código del área y nombre de la instalación para casos de emergencia", y el "Nombre y logotipo del Distribuidor".

6.45 **Señalización durante la construcción.** Al realizar trabajos de construcción o mantenimiento en el sistema de distribución o al concluir la jornada de trabajo se deben colocar señalamientos visibles con indicaciones de advertencia sobre la tubería de gas, la localización de la zanja, el nombre del Distribuidor y teléfono para atender quejas relativas a la construcción. El Distribuidor debe acordonar el área para prevenir al público en general sobre dichos trabajos

7. Inspección, pruebas y operación del sistema de distribución

A. Inspección**7.1 Inspección y prueba de soldaduras.**

- a) Se debe realizar una inspección visual de los trabajos de soldadura en todo el sistema para asegurar que
 1. Se aplique de acuerdo al procedimiento y método seleccionado de acuerdo a la normatividad aplicable, Bibliografía 14 4, y
 2. Sea aceptable de acuerdo con el párrafo (c).
- b) Las soldaduras en una tubería que va a operar a una presión que produce esfuerzos tangenciales del 20% o más de la RMC, deben probarse no destructivamente. Se exceptúan las soldaduras inspeccionadas visualmente y aprobadas por un inspector de soldadura calificado, si.
 1. El tubo tiene un diámetro nominal menor de 150 mm, o
 2. La tubería va ser operada a una presión que produce un esfuerzo tangencial menor del 40% de la RMC y las soldaduras son tan limitadas en número que las pruebas no destructivas son imprácticas.
- c) Una soldadura se aprueba cuando ha sido inspeccionada visualmente o probada de manera no destructiva, de acuerdo a la normatividad aplicable, Bibliografía 14 4.

B. Pruebas no destructivas

7.2 Las pruebas no destructivas para comprobar la integridad de una soldadura deben realizarse por cualquier método, excepto perforación, que muestre los defectos que puedan afectar dicha integridad.

7.3 Cuando se requieran pruebas no destructivas de las uniones soldadas durante el día, el supervisor de la obra en construcción seleccionará, aleatoriamente, un porcentaje de las soldaduras que deben probarse, de acuerdo a lo siguiente

- a) En clase de localización 1 por lo menos el 10%;
- b) En clase de localización 2 por lo menos el 15%;
- c) En clases de localización 3 y 4 por lo menos el 90%, y
- d) En cruces de ferrocarriles y carreteras el 100%, para tuberías de diámetro mayor a 76 mm.

C. Prueba de hermeticidad

7.4 La prueba de hermeticidad debe efectuarse en todas las tuberías del sistema de distribución

7.5 Debe llevarse un registro de las pruebas de hermeticidad realizadas. Para dejar constancia escrita de las pruebas, es necesario registrar la presión con un manómetro durante el tiempo que dure la prueba. Si al término de este plazo la gráfica cierra en el mismo punto en que inició, el sistema es hermético. En caso contrario, el sistema debe revisarse hasta eliminar las fugas, repitiendo la prueba hasta lograr la hermeticidad del sistema. Dicha gráfica debe ser firmada por el jefe de construcción, el supervisor de obra y la persona que verifique el cumplimiento de la prueba, indicando al reverso de la misma, los resultados, la fecha en que se realizó, así como el tramo de línea o sistema de distribución probado

7.6 La prueba de hermeticidad debe ser avalada por una Unidad de Verificación y, a falta de ésta, por una persona física o moral debidamente acreditada ante la Comisión. El resultado de la prueba de hermeticidad del sistema o parte de éste debe ser puesta a disposición de la Comisión

7.7 Cuando el sistema de distribución se desarrolle por etapas, debe realizarse una prueba de hermeticidad a la etapa correspondiente antes de que ésta entre en operación. Dicha prueba puede efectuarse con gas natural bajo la supervisión del Distribuidor o con gas inerte bajo la supervisión de una persona autorizada por la Comisión

7.8 Sistemas de distribución que operan a menos de 410 kPa. Para los sistemas cuya presión máxima de operación sea inferior a 410 kPa, la prueba de hermeticidad debe efectuarse con aire, gas natural o con gas inerte a una presión de 620 kPa por un periodo de 24 horas continuas.

7.9 Sistemas distribución que operan a más de 410 kPa. Para los sistemas cuya presión máxima de operación sea superior a 410 kPa, la prueba de hermeticidad debe efectuarse con aire, gas natural, gas inerte o con agua a una presión de 1.5 veces la presión de diseño del sistema, durante 24 horas continuas.

7.10 Cuando la tubería tenga recubrimiento, la presión de prueba debe ser la que resulte mayor de 1.5 veces la presión de diseño de la tubería o 685 kPa

7.11 Cuando se prueben acometidas de servicio, la prueba de hermeticidad debe tener una duración mínima de 30 minutos continuos y la presión de prueba debe ser la que se indica en el inciso 7.9 anterior. Para esta prueba no se requiere registro gráfico

7.12 Cuando se prueben ramales con diámetro de 150 mm o menor y con menos de 100 metros de longitud, la duración mínima de la prueba debe ser de 8 horas continuas

D. Operación y mantenimiento

7.13 El Distribuidor debe establecer los procedimientos de operación y mantenimiento de acuerdo con los requerimientos de esta Norma y llevar los registros necesarios para controlar su cumplimiento.

7.14 El Distribuidor debe establecer un procedimiento de continua vigilancia de sus instalaciones con el objeto de determinar y tomar acción inmediata en lo relativo a cambios de clase de localización, daños al

sistema, corrosión, cambios substanciales en requerimientos de protección catódica y otras condiciones de operación y mantenimiento.

7.15 Si se determina mediante inspección que un tramo de tubería no se encuentra en condiciones satisfactorias, pero no existe peligro inmediato, el operador debe iniciar un programa para reacondicionamiento o reemplazo del tramo, para lo cual se debe reducir la presión de operación máxima permisible.

8. Mantenimiento del sistema de distribución

8.1 El Distribuidor debe contar con un manual de operación y mantenimiento del sistema de distribución en el que se describan, detalladamente, los procedimientos que se llevan a cabo en el sistema. El manual de operación y mantenimiento debe ser aprobado por la Comisión y actualizarse de acuerdo con la normatividad aplicable para reflejar los avances tecnológicos en la industria. El manual debe contener, como mínimo, lo siguiente:

- a) Descripción de los procedimientos de operación y mantenimiento del sistema de distribución durante la operación normal, puesta en operación y paro. Dichos procedimientos deben incluir los relativos a las reparaciones del equipo;
- b) Identificación de las instalaciones que presenten el mayor riesgo para la seguridad pública;
- c) Programa de inspecciones periódicas para asegurarse que el sistema de distribución cumple con las especificaciones de diseño;
- d) Programa de mantenimiento preventivo que incluya los procedimientos y los resultados de las pruebas e inspecciones realizadas al sistema de distribución (bitácora de operación y mantenimiento);
- e) La periodicidad de las inspecciones;
- f) Programa de suspensión de trabajos de mantenimiento; y
- g) Capacitación al personal que ejecuta las actividades de operación y mantenimiento para reconocer condiciones potencialmente peligrosas que están sujetas a la presentación de informes a la Comisión.

A. Calidad del gas natural

El Distribuidor tiene la obligación de proporcionar la información que la Comisión requiera para comprobar que el gas inyectado al sistema de distribución cumple con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-1997, Calidad del Gas Natural.

B. Odorización

El Distribuidor es responsable de la odorización del gas y del monitoreo del nivel de odorización. La odorización debe realizarse de acuerdo con la normatividad aplicable, Bibliografía 14.6.

C. Sistema de telecomunicación

La operación del sistema de distribución debe ser respaldada por un sistema de telecomunicación que permita establecer una comunicación continua durante las 24 horas del día, 365 días del año, entre el centro de control y las cuadrillas encargadas de realizar las labores de operación, mantenimiento, atención a fugas y supervisión del sistema de distribución.

D. Prevención de accidentes

8.2 Durante la inspección de tuberías o la instalación del sistema de distribución debe observarse lo siguiente:

- a) No se debe fumar, tener flamas abiertas, usar linternas que no sean a prueba de explosión o utilizar cualquier otro dispositivo que produzca chispa o represente una fuente de ignición;
- b) En caso de utilizar sopletes, equipo de soldadura o cualquier otra fuente de ignición, es necesario verificar, utilizando el equipo adecuado como un explosímetro, que no existe una mezcla explosiva en el área de trabajo. Antes de proceder a soldar o cortar la tubería con soplete, se deben purgar dichas tuberías y tener cerradas las válvulas de suministro;
- c) La tubería de acero debe conectarse a tierra antes de hacer algún trabajo en la línea. La tubería de polietileno debe descargarse de electricidad estática;
- d) La iluminación artificial debe producirse con lámparas e interruptores a prueba de explosión; y
- e) Debe contarse en el sitio de trabajo con personal de seguridad y extintores de fuego.

E. Suspensión de servicio

8.3 **Notificación de interrupción del servicio.** Cuando sea necesario suspender el servicio por razones de mantenimiento o reparaciones programadas en una línea o algún otro componente del sistema de distribución, el Distribuidor debe apegarse a lo establecido en los artículos 76, 77 y 78 del Reglamento de Gas Natural.

8.4 En casos de fuerza mayor o emergencia, los usuarios afectados deben ser notificados por el Distribuidor de las medidas tomadas para restablecer el servicio tan pronto como sea posible.

F. Interrupción de trabajos de mantenimiento

En caso de que un trabajo de mantenimiento en el sistema de distribución requiera suspenderse, el sistema debe dejarse en condiciones seguras para su operación y aplicar las medidas establecidas en el manual de operación y mantenimiento.

G. Servicio de emergencia

8.5 El Distribuidor debe proporcionar un servicio de emergencia las 24 horas del día, durante los 365 días del año, de manera ininterrumpida. Para ello, debe contar con vehículos equipados con equipo de detección de fugas, explosímetros, detector de tuberías y odorímetros, y personal capacitado suficiente para atender cualquier emergencia en el sistema y controlar las fugas de manera eficiente.

8.6 Todo reporte de fuga debe ser atendido hasta dejar el sistema en condiciones normales de operación. Después de haber reparado la fuga, el tramo de tubería correspondiente debe probarse herméticamente para verificar que la fuga fue eliminada.

8.7 El equipo utilizado para un servicio de emergencia y el personal asignado a dicho servicio deben ser adecuados para hacer frente a este tipo de situaciones.

H. Programa de monitoreo de fugas

8.8 El Distribuidor debe llevar a cabo revisiones periódicas y monitoreos a lo largo de la trayectoria de las tuberías de distribución para detectar la presencia de gas en el subsuelo y en instalaciones u obras adyacentes de algún otro servicio público como drenajes, registros, pozos de visita, ductos eléctricos y telefónicos, entre otros. La frecuencia de dichas revisiones y monitoreos debe establecerse en el manual de operación y mantenimiento del Distribuidor.

8.9 Las revisiones deben realizarse con equipos de detección de gas combustible calibrados para gas natural que tengan la sensibilidad suficiente para que, cuando menos, detecten el 20% del límite inferior de explosividad.

8.10 El monitoreo para la detección de fugas debe realizarse en forma programada, de tal manera que se efectúe, al menos, una revisión anual en zonas de localización clase 4 y cada tres años en las demás zonas urbanas clasificadas en el cuadro 2 de esta Norma.

8.11 Cuando en forma accidental se introduzca gas al sistema de drenaje municipal o en cualquier otra instalación, el Distribuidor debe tomar las medidas necesarias para ventilar los espacios en los que haya detectado concentraciones de gas, utilizando cualquier medio seguro para extraerlo.

I. Reguladores

El Distribuidor debe elaborar y ejecutar un programa de inspección y reparación de reguladores para garantizar su operación segura e ininterrumpida. La capacidad, el tamaño del regulador y la presión de operación, son parámetros relevantes para determinar la frecuencia de las revisiones y el grado de mantenimiento requerido.

J. Estaciones de regulación

8.12 Las estaciones de regulación deben someterse a un programa anual de inspección y pruebas que cubra lo siguiente:

- a) Objetivos del programa;
- b) Especificaciones técnicas y características,
- c) Pruebas mecánicas,
- d) Prueba de los dispositivos de seguridad, y
- e) Programa de operación y mantenimiento.

8.13 El periodo entre inspecciones a las estaciones de regulación no debe ser mayor a 12 meses.

K. Registros y válvulas de seccionamiento

8.14 Los registros que contengan válvulas de seccionamiento deben inspeccionarse periódicamente para verificar que éstos permanezcan libres de basura, agua o cualquier otra sustancia extraña al sistema. Las válvulas deben lubricarse y protegerse con un recubrimiento anticorrosivo de acuerdo al inciso 5.35 de esta Norma. Asimismo, debe revisarse el funcionamiento de las válvulas de seccionamiento y los aislantes en las bridas de la válvula para verificar la continuidad eléctrica de la tubería.

8.15 El Distribuidor debe elaborar planos que indiquen la ubicación de las válvulas de seccionamiento de cada uno de los sectores que conforman el sistema de distribución. Estos planos deben actualizarse conforme a los cambios realizados al sistema y estar disponibles para su consulta e inspección por parte de la Comisión.

L. Desactivación de tuberías

8.16 El Distribuidor debe elaborar un procedimiento para desactivar las tuberías que considere lo siguiente:

- a) Cada tubería desactivada debe desconectarse de la fuente de suministro de gas y purgarse;
- b) Si se utiliza aire para el purgado, el Distribuidor debe asegurarse que no exista una mezcla combustible después del purgado,
- c) La tubería debe obturarse utilizando bridas ciegas o tapones,
- d) El Distribuidor debe mantener un registro de las tuberías desactivadas;

- e) La tubería que vaya a ser reactivada debe probarse con el propósito de demostrar su integridad para el servicio que se requiera; en este caso, las tuberías de acero deben haberse mantenido protegidas contra la corrosión, y
- f) Cada registro de válvulas desactivado debe llenarse con un material compacto adecuado, por ejemplo, arena, tierra fina, etc

9. Reclasificación de tuberías

9.1 Esta sección establece los requisitos mínimos que deben cumplirse para la reclasificación de tuberías en operación que van a someterse a incrementos de presión. Para ello, es necesario determinar la máxima presión de operación permisible (MPOP) a las nuevas condiciones y las tuberías que sea necesario reclasificar.

9.2 Requisitos generales

9.2.1 Incrementos de presión. Cuando se requiera modificar las condiciones de operación de una tubería por aumento de la presión, ésta debe incrementarse gradualmente en el sistema, de acuerdo con lo siguiente:

- a) Después de cada incremento, la presión se mantendrá constante mientras el tramo completo de tubería se revisa para verificar que no existan fugas.
- b) Cada fuga detectada debe repararse antes de realizar un nuevo incremento de presión.
- c) Cuando se someta un tramo de tubería a condiciones de operación más exigentes, debe llevarse un registro de las acciones tomadas en el sistema para acondicionarlo al nuevo rango de presión.
- d) Cuando se modifiquen las condiciones de operación de un tramo de tubería, debe registrarse por escrito el procedimiento llevado a cabo para verificar el cumplimiento de esta Norma, y
- e) A excepción de lo previsto en el inciso 9.2.2, al establecerse una nueva MPOP, ésta no debe exceder el valor máximo permitido para un tramo de tubería nuevo, construido con el mismo tipo de material, en la misma clase de localización, de acuerdo al cuadro 2 de esta Norma.

9.2.2 Reclasificación. Ninguna tubería de acero puede operarse a una presión mayor a su MPOP si no se cumplen los requisitos siguientes:

- a) Revisar el historial de diseño, operación y mantenimiento del tramo y las pruebas anteriores realizadas a la tubería en cuestión;
- b) Realizar una investigación histórica de fugas (si no se ha realizado una investigación de fugas en más de 1 año) y reparar aquéllas que se localicen en la tubería.
- c) Realizar las reparaciones, reemplazos o adecuaciones que sean necesarias para que opere con seguridad cuando se incremente la presión.
- d) En caso de que la tubería esté descubierta se deben reforzar las derivaciones, codos y terminaciones de las uniones de tubos que hayan sido acoplados por compresión, con el objeto de evitar fallas;
- e) Aislar el tramo de tubería en el que se incrementará la presión;
- f) Si la presión en la tubería es mayor que la presión entregada al usuario, debe instalarse un regulador debidamente probado para verificar la nueva presión de operación.
- g) El aumento de la MPOP debe hacerse en incrementos graduales de 70 kPa o 25% del total de la presión que se aumentará. Deben hacerse como mínimo, dos incrementos graduales para alcanzar la MPOP, y
- h) Si se desconoce el espesor nominal de pared del tubo, el operador lo determinará cortando y midiendo muestras en al menos tres longitudes de tramo separados. Los cortes deben realizarse en aquellos sitios donde la profundidad de la zanja sea mayor. El espesor nominal de la tubería de acero se determinará midiendo el espesor de cada pieza en cuatro puntos de cada extremo. El promedio de todas las medidas tomadas será el espesor nominal de la tubería.

9.3 Reclasificación de la tubería por clase de localización

9.3.1 Cuando la clasificación de la tubería se modifique como consecuencia de un cambio en la densidad de población o por desarrollo de la localidad, las tuberías deben sujetarse a los requisitos de la clase de localización correspondiente o realizarse una evaluación técnica para:

- a) Comparar el diseño, procedimientos de construcción y de prueba durante la construcción con los requisitos establecidos en esta Norma para la clase de localización correspondiente;
- b) Determinar el estado en que se encuentra el sistema por medio de inspecciones de campo y de los registros de operación y mantenimiento, y
- c) Determinar tipo, proximidad y extensión del desarrollo urbano que ha ocasionado el cambio de clasificación en la clase de localización tomando en consideración los lugares de concentración de personas, tales como escuelas, hospitales y áreas de recreación construidas cerca de las tuberías existentes.

9.3.2 Cuando por medio de la evaluación técnica se determine que el espesor de la tubería no es el adecuado por el cambio de clasificación de zona urbana, la tubería debe reemplazarse a la brevedad.

posible, o evaluarse técnicamente para determinar su MPOP. El nuevo espesor de la tubería debe calcularse de acuerdo a lo establecido en el inciso 5.47.

10. Plan integral de seguridad y protección civil

10.1 El Distribuidor debe tener previsto un plan integral de seguridad y protección civil en el cual se establezcan las acciones preventivas y de auxilio destinadas a salvaguardar la integridad física de la población y sus bienes, y proteger el sistema de distribución ante la ocurrencia de un siniestro. El plan integral de seguridad y protección civil consta de:

- a) Programa de prevención de accidentes;
- b) Programa de auxilio, y
- c) Recuperación

10.2 Programa de prevención de accidentes

10.2.1 Este programa tiene como objeto establecer las medidas para evitar y/o mitigar el impacto destructivo de los siniestros sobre la población, sus bienes y el medio ambiente. Por lo anterior, es necesaria la creación de una unidad interna de protección civil y designar a un titular responsable del programa de prevención de accidentes. El Distribuidor debe:

- a) Llevar a cabo un análisis de riesgo en el que se identifiquen los riesgos a que está expuesto el sistema, así como las condiciones generales del mismo. Actualizar los planos para la localización precisa de las válvulas de seccionamiento, de las estaciones de regulación y de los demás componentes del sistema.
- b) Poseer directorios del personal integrante de la unidad interna de protección civil y de las organizaciones de respuesta a emergencias. Contar con inventarios de recursos humanos y de recursos materiales para uso interno en situaciones de emergencias. Debe implantar un procedimiento para informar al Centro de Comunicaciones de la Dirección General de Protección Civil, ante la eventualidad de un desastre.
- c) Elaborar un programa que tenga como objetivo determinar, estructurar y aplicar las normas y procedimientos internos de carácter preventivo y correctivo, para preservar la integridad física del sistema de distribución. El programa debe incluir:
 - i) El mantenimiento preventivo del sistema.
 - ii) La protección catódica de las tuberías metálicas.
 - iii) La detección de fugas mediante la revisión sistemática y documentada del sistema, e
 - iv) Inspección rutinaria del sistema
- d) Establecer procedimientos de seguridad con lineamientos de salvaguarda, aplicables al sistema, que comprenda controles de acceso, restricción de entrada a áreas de riesgo, elaboración e instrumentación de procedimientos para el trabajo en líneas vacías y vivas, la supresión y reparación de fugas, así como la elaboración de lineamientos generales para la prevención de accidentes;
- e) Contar con equipo de seguridad con base en una estimación del tipo de riesgo y vulnerabilidad del sistema. Debe tenerse un inventario del equipo de seguridad con que se cuenta para enfrentar una contingencia;
- f) Contar con un programa de capacitación específico, de carácter teórico-práctico, dirigido al personal, capacitándolo en la operación y seguridad del sistema;
- g) Realizar acciones de difusión y concientización, a través de la elaboración de folletos y anuncios sobre seguridad en el uso del gas, cuyo objeto sea que el personal que labora en el sistema de distribución tenga una cultura de Protección Civil, y
- h) Realizar ejercicios y simulacros planeados con el personal con base en la identificación de riesgos a los que está expuesto. Dichas actividades deben consistir en ejercicios de gabinete o simulacros en campo, realizados por lo menos dos veces al año, con la participación de personal interno y de las dependencias involucradas, a fin de prevenir situaciones que se puedan presentar en caso de un siniestro

10.3 Programa de auxilio

10.3.1 Este programa tiene como objeto establecer las actividades destinadas a rescatar y salvaguardar a la población que se encuentre en peligro en caso de un siniestro y mantener en funcionamiento los servicios y equipo estratégico. El instrumento operativo de este programa es el Plan de Emergencia y comprende el desarrollo de lo siguiente:

- a) **Alerta.** El Distribuidor debe establecer un Sistema de Alerta interno utilizando sirenas, luces, altavoces o cualquier otro medio que determine, cuyo significado debe ser oportunamente identificable;
- b) **Plan de Emergencia.** El Distribuidor debe elaborar un plan de actividades y procedimientos específicos de actuación para hacer frente a fallas en el sistema de distribución o a siniestros. El objetivo fundamental de este plan es la puesta en marcha y la coordinación del operativo de

emergencia en función del siniestro, los recursos disponibles y los riesgos previsibles. El plan debe considerar:

- i) Un responsable de la operación y su suplente,
- ii) Establecimiento de un centro de comando identificado e intercomunicado para emergencias;
- iii) Creación de un sistema de comunicación y alerta entre el Distribuidor y los cuerpos de emergencia de la zona geográfica;
- iv) Un protocolo de alerta a los cuerpos de seguridad pública;
- v) Una relación de funciones y responsabilidades de los organismos involucrados;
- vi) Determinación de zonas de emergencia y reglas de actuación en cada una de ellas,
- vii) Los procedimientos para la supresión de fugas, uso y manejo de planos de localización de líneas, válvulas y accesorios, y
- viii) Las reglas generales para el combate de incendios.

10.4 Programa de recuperación

10.4.1 Este programa tiene como objeto restablecer, en el menor tiempo posible, las actividades del sistema de distribución posteriores a la ocurrencia de un siniestro. El instrumento operativo de este programa debe incluir, como mínimo, lo siguiente

- a) **Evaluación de daños.** El Distribuidor debe tener previstos los mecanismos y parámetros para determinar la dimensión de un siniestro, la estimación de daños humanos y materiales que dicho siniestro pueda causar y la posibilidad de que ocurran eventos secundarios o encadenados, con el objeto de solicitar oportunamente la colaboración de los cuerpos de emergencia adicionales y de apoyo técnico especializado.
- b) **Programa de reparación de las áreas afectadas.** El Distribuidor debe tener previstos los procedimientos para la restitución, modificación o reemplazo de las zonas afectadas, y
- c) **Restitución del servicio.** Una vez reparadas las áreas afectadas, el Distribuidor debe restituir el servicio a los usuarios.

11. Distribución de gas licuado de petróleo por medio de ductos

11.1 Se entiende por sistema de distribución de gas licuado de petróleo por medio de ductos, al conjunto de ductos, compresores, reguladores, medidores y otros equipos para recibir, conducir y entregar gas licuado de petróleo por medio de ductos dentro de una zona, desde el sistema de almacenamiento del mismo hasta el medidor de los usuarios, siendo éste el punto de conexión del sistema del Distribuidor con las instalaciones para aprovechamiento

11.2 Esta Norma es aplicable en su totalidad al sistema de distribución de gas licuado de petróleo por medio de ductos

12. Vigilancia

12.1 La Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Reguladora de Energía, es la autoridad competente para vigilar, verificar y hacer cumplir las disposiciones contenidas en esta Norma

12.2 En conformidad con lo previsto en el artículo 73 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Reguladora de Energía, establecerá los procedimientos para la evaluación de la conformidad de los sistemas de distribución de gas natural.

13. Vigencia

La presente Norma entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**

14. Bibliografía

- 14.1 Specification for Pipeline Valves, API-6D, American Petroleum Institute, 20th Edition, 1991.
- 14.2 Pipe Flanges and Flange Fittings, ASME/ANSI B-16.5, American Society of Mechanical Engineers, 1988.
- 14.3 Measurement Techniques Related to Criteria for Cathodic Protection of Underground or Submerged Steel Piping Systems, RP0169-83, National Association of Corrosion Engineers, 1983
- 14.4 Welding of Pipelines and Related Facilities, API Standard 1104, American Petroleum Institute, 1988.
- 14.5 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, ASTM D-638, American Society for Testing and Materials, 1991
- 14.6 Code of Federal Regulations for the Transportation of Natural and other Gas by Pipeline, U.S. Department of Transportation, October, 1992
- 14.7 Welding and Brazing Qualifications, ASME Section IX, American Society of Mechanical Engineers, 1990
- 14.8 Gas Transmission and Distribution Piping System, ANSI-B-31.8 American National Standard Institute, 1990.
- 14.9 Gas Engineers Handbook, The Industrial Press, 1965
- 14.10 Explosion Prevention Systems, NFPA-69, National Fire Protection Association, 1992.

14.11 Manholes, Sewers and Similar Underground Structures, NFPA-328, National Fire Protection Association, 1992

14.12 Cutting and Welding Processes, NFPA-5113, National Fire Protection Association, 1989

14.13 API-5L Specification 5L, API, American Petroleum Institute, 38 th Edition 1990.

14.14 Standard Specifications for Thermoplastic Gas Pressure Pipe, Tubing and Fittings, ASTM-D-2513, American Society for Testing and Materials, 1996.

14.15 Standard Specifications for Butt Heat Fusion Polyethylene (PE) Plastic Fitting for Polyethylene Plastic (PE) Pipe and Tubing, ASTM-D-3261, American Society for Testing and Materials, 1996

14.16 Standard Specification for Socket-type Polyethylene Fitting for Outside Diameter Controlled Polyethylene Pipe and Tubing, ASTM-D-2683, American Society for Testing and Materials, 1995

14.17 Oil and Gas Pipeline Systems, Z662-96, Canadian Standards Association, 1996.

Atentamente

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D F , a 20 de marzo de 1998.- El Presidente de la Comisión Reguladora de Energía y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por medio de Ductos, **Héctor Olea** - Rúbrica.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

INSTALACIONES PARA GAS

TEMA:

**INSTALACIONES PARA EL APROVECHAMIENTO
DE GAS NATURAL**

**ING. JORGE REBOLLEDO ZENTENO
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

SECRETARIA DE ENERGIA

NORMA Oficial Mexicana NOM-002-SECRE-1997, Instalaciones para el aprovechamiento de gas natural.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos - Secretaría de Energía.
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-002-SECRE-1997, INSTALACIONES PARA EL APROVECHAMIENTO DE GAS NATURAL

La Secretaría de Energía, con la participación que le corresponde a la Comisión Reguladora de Energía, con fundamento en los artículos 38 fracción II, 40, 41 y 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 33 fracción IX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, 1 y 3 fracción XV de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía, 9o y 14 fracción IV de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo; 70 fracción VII del Reglamento de Gas Natural, 2 y 31 del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, y quinto transitorio del Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** de fecha 20 de mayo de 1997, y

CONSIDERANDO

Primero. Que con fecha 12 de febrero de 1997, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por medio de Ductos publicó en el **Diario Oficial de la Federación** el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-002-SECRE-1997, Instalaciones de Aprovechamiento para Gas Natural, a efecto de recibir comentarios de los interesados,

Segundo. Que una vez transcurrido el término de 90 días a que se refiere el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para recibir los comentarios que se mencionan en el considerando inmediato anterior, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por medio de Ductos estudió los comentarios recibidos y, en su caso, modificó el proyecto de norma en cita,

Tercero. Que la Secretaría de Energía ordenó la publicación de los comentarios recibidos por los interesados, en el **Diario Oficial de la Federación**,

Cuarto. Que para los efectos de la aprobación a que se refiere el artículo 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por medio de Ductos considero conveniente modificar el nombre del proyecto de norma en comento, haciéndolo mas preciso y sencillo, toda vez que no repercute en el contenido de dicho proyecto, y

Quinto. Que de lo expuesto en los considerandos anteriores se concluye que se ha dado cumplimiento con el procedimiento que señalan los artículos 38, 44, 45, 46, 47 y demás relativos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-002-SECRE-1997, INSTALACIONES PARA EL APROVECHAMIENTO DE GAS NATURAL

INDICE

0. Introducción
1. Objetivo
2. Campo de aplicación
3. Referencias
4. Definiciones
5. Clasificación de las instalaciones de aprovechamiento
6. Requisitos para el diseño de instalaciones de aprovechamiento
7. Tuberías
8. Prueba de hermeticidad
9. Componentes
10. Tubería y conexiones de polietileno
11. Equipos de consumo
12. Reguladores de presión
13. Plan integral de seguridad en instalaciones industriales
14. Operación y mantenimiento de las instalaciones
15. Procedimiento de emergencia
16. Vigilancia
17. Vigencia
18. Bibliografía
0. Introducción

Esta Norma Oficial Mexicana, en lo sucesivo "Norma", se publica de conformidad con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y con apego a los objetivos establecidos en el artículo 40 del mismo ordenamiento.

1. Objetivo

Esta Norma establece los requisitos técnicos y de seguridad mínimos que deben cumplirse en la construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones residenciales, comerciales e industriales para el aprovechamiento de gas natural

2. Campo de aplicación

Esta Norma es aplicable en la construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones residenciales, comerciales e industriales que utilicen el gas natural como combustible

3. Referencias

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

NOM-E-43-1977	Tubos de Polietileno para Conducción de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo
NMX-S-14-SCFI-1993	Aplicación de los Colores en Seguridad.
NOM-W-101-1982	Cobre-Conexiones Forjadas-Soldables
NOM-W-18-1981	Cobre-Tubos sin Costura-Para la Conducción de Fluidos a Presión
NOM-X-002/1-1983	Latón-Conexiones Roscadas.
NOM-X-4-1967	Calidad y Funcionamiento de Conexiones Utilizadas en las Mangueras que se Emplean en la Conducción de Gas Natural y Gas L.P.
NOM-X-041-1983	Productos para Manejo de Gases y Combustibles Válvulas Reguladoras de Operación Manual para Quemadores de Gas L.P. y/o Natural.
NMX-X-038-1970	Quemadores Industriales Uso gas L.P. y Natural.
NMX-X-039-1972	Calidad y Funcionamiento para Hornos Industriales que Empleen Gas Natural, Gas L.P. o Gas Manufacturado como Combustible
NMX-X-049-1972	Calidad y Funcionamiento para Incineradores a Base de Gas
NOM-022-SCFI-1993	Calentadores Instantáneos de Agua para Uso Domestico, Gas Natural o Gas L.P.
NOM-027-SCFI-1993	Calentadores para Agua Tipo Almacenamiento a Base de Gases Licuados de Petróleo o Gas Natural
NOM-B-177-1990	Tubos de Acero con o sin Costura, Negro y Galvanizados por Inmersión en Caliente.
NMX-CH-26-SCFI-1993	Calidad y Funcionamiento de Manómetros para Gas L.P. y Natural
NMX-O23-SCFI-1993	Aparatos Domésticos para Cocinar Alimentos que Utilizan Gas Natural o L.P. Especificaciones
NMX-X-31-1993	Instalación de Gas Natural o L.P. Vapor y Aire Válvulas de Paso.
NMX-X-4-1967	Calidad y Funcionamiento para Conexiones Utilizadas en las Mangueras para la Conduccion de Gas Natural y Gas L.P.
DGN-E-43 1977	Tubos de polietileno para conducción de gas natural y gas licuado de petróleo.
NMX-Z-13-1977	Guía para la Redaccion, Estructuración y Presentación de las Normas Oficiales Mexicanas

4. Definiciones

4.1 Alta presión regulada: Presión establecida por un regulador primario y superior a la presión de trabajo de los aparatos de consumo

4.2 Baja presión regulada: Presión de trabajo de los aparatos de consumo que operan a 1.765 kPa

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

4.4 Combustión: Proceso químico de oxidación rápida entre un combustible y un comburente que produce la generación de energía termica y luminosa acompañada por la emisión de gases de combustión y, en ciertos casos, partículas sólidas

4.5 Corrosión: Destrucción del metal por la acción electroquímica de ciertas sustancias

4.6 Distribuidor: El titular de un permiso de distribución

4.7 Equipos o sistemas de consumo: Los equipos, maquinas, aparatos, enseres e instrumentos, ya sean industriales, comerciales o residenciales, que utilizan gas natural como combustible.

4.8 Estación de regulación: Instalacion destinada a reducir y controlar la presión del gas natural a una presión determinada.

4.9 Gas o gas natural: La mezcla de hidrocarburos compuesta primordialmente por metano

4.10 Gas inerte: Gas no combustible

4.11 Instalación de aprovechamiento: Conjunto de tuberías, válvulas y accesorios apropiados para conducir gas desde la salida del medidor hasta los equipos de consumo.

4.12 Medidor: Instrumento utilizado para cuantificar el volumen de gas natural que fluye a través de una tubería

4.13 Polietileno: Plástico basado en polímeros hechos con etileno como monómero esencial.

4.14 Presión: Fuerza de un fluido ejercida perpendicularmente sobre una superficie, expresada en Pascales (Pa).

4.15 Presión atmosférica: Presión que ejerce una columna de aire sobre la superficie de la tierra en cualquier punto del planeta. Al nivel medio del mar esta presión es de aproximadamente 101.325 kPa

4.16 Presión manométrica: Presión que ejerce un gas sobre las paredes del recipiente que lo contiene, expresada en Pascales.

4.17 Presión de prueba: Presión a la cual es sometido el sistema antes de entrar en operación con el fin de garantizar su hermeticidad.

4.18 Presión de trabajo: Presión a la que deben operar satisfactoriamente las tuberías, accesorios y componentes que están en contacto con el gas natural en un sistema de distribución y en equipos de consumo, en condiciones de máxima demanda.

4.19 Unidad de verificación: Persona física o moral acreditada por la autoridad competente para realizar actos de verificación técnica

4.20 Válvula: Instrumento colocado en la tubería para controlar o bloquear el suministro de gas hacia cualquier sección de un sistema de tuberías o de un aparato de consumo

5. Clasificación de las instalaciones de aprovechamiento

Las instalaciones de aprovechamiento constituyen el conjunto de tuberías, accesorios y componentes utilizados para la conducción y el aprovechamiento del gas natural para satisfacer el consumo residencial, comercial o industrial.

6. Requisitos para el diseño de instalaciones de aprovechamiento

6.1 Las instalaciones de aprovechamiento deben diseñarse para satisfacer los requerimientos máximos de flujo de los equipos de consumo existentes, garantizando un flujo y presión de gas adecuados a las necesidades de estos equipos.

6.2 Los diámetros de las tuberías para las instalaciones residenciales y comerciales deben determinarse con base en las caídas de presión permisibles en cada tramo, indicando las presiones de gas en los puntos de cálculo del sistema de distribución. Para el caso de las instalaciones industriales, debe realizarse una memoria técnico-descriptiva y calcularse el diámetro y espesor de la pared de las tuberías, para tal efecto deben tenerse en cuenta los parámetros siguientes:

- a) Presión atmosférica del lugar;
- b) Gravedad específica del gas en relación al aire,
- c) Temperatura absoluta del gas,
- d) Factor de rugosidad de las tuberías conductoras,
- e) Rango de presión de operación de la instalación;
- f) Consumo de gas por equipo y consumo total,
- g) Ubicación de equipos de consumo y su presión de trabajo;
- h) Determinación del tipo y longitud de recorrido de las tuberías, y
- i) En las instalaciones residenciales y comerciales sólo se permite, como máximo, 5% de caída de presión con respecto al valor de salida del regulador.

6.3 Los cálculos de los diámetros de las tuberías y la memoria técnico-descriptiva para instalaciones industriales deben estar disponibles para su presentación a la autoridad competente en el momento en que ésta los requiera

6.4 Las instalaciones de aprovechamiento deben evaluarse y dictaminarse por una unidad de verificación antes de iniciar la construcción, conforme a los aspectos de seguridad contenidos en esta Norma.

7. Tuberías

7.1 Para la conducción de gas en baja presión regulada, pueden utilizarse los materiales siguientes:

- a) Cobre rígido "L" con conexiones tipo "L", unidas con soldadura con punto de fusión no menor a 489 K;
- b) Acero negro o galvanizado cédula 40, con o sin costura, y conexiones en hierro maleable para 101.325 kPa con uniones selladas mediante productos resistentes a la acción del gas,
- c) Para rizados, cobre flexible tipo "L" con conexiones tipo asiento de compresión (avellanado),
- d) Para instalaciones móviles, las mangueras termoplásticas tramadas deben ser con o sin cubierta, con conexiones premontadas o con abrazaderas, considerando la presión de trabajo, y
- e) Para instalaciones subterráneas, las tuberías de polietileno deben ser de media o alta densidad, de cloruro de vinilo polimerizado, con accesorios y conexiones compatibles, unidos mediante termofusión, electrofusión o cemento, según el tipo de tubería y la presión de trabajo.

7.3 Para la conducción de gas en alta presión regulada, pueden utilizarse los materiales siguientes:

- a) Cobre rígido tipo "L" con conexiones tipo "L", unidas con soldadura de punto de fusión no menor a 513 K,
- b) Acero negro o galvanizado cédula 40, con o sin costura, y conexiones de hierro maleable para 2,026 kPa;
- c) Acero negro cédula 40, con o sin costura, y conexiones en acero forjado cédula 40 unidas mediante soldadura de arco eléctrico o bridas con empaques de asbesto comprimido,
- d) Tubería termoplástica o sintética tramada con cubierta y conexiones tipo asiento de compresión, premontada o con abrazaderas adecuadas a la presión de trabajo, y
- e) Tuberías de polietileno de mediana o alta densidad con accesorios y conexiones compatibles, unidos mediante termofusión o electrofusión, adecuados al tipo de tubería y presión de trabajo.

7.3 Cuando se requiera un equipo de consumo especial, como quemadores móviles, mecheros o aparatos sujetos a vibración, puede utilizarse tubería que sea apta para conducir gas natural, siempre que su longitud no exceda de 1.5 metros por cada equipo de consumo; dichas tuberías no deben pasar a través de divisiones, paredes, puertas, ventanas, pisos, o quedar ocultas, ni deben quedar expuestas a deterioro de cualquier naturaleza

7.4 En los sitios donde sean previsibles esfuerzos o vibraciones por asentamientos o movimientos desiguales, se debe dar flexibilidad a la tubería mediante rizos, curvas, omegas, conexiones o tramos de materiales adecuados. Se prohíbe el uso de tubería flexible para este fin.

7.5 Las tuberías adosadas a la construcción deben sujetarse con abrazaderas, soportes o grapas que impidan movimientos accidentales. Debe colocarse una pieza aislante entre la construcción y la tubería y/o las abrazaderas, soportes o grapas.

7.6 Las tuberías que atraviesen claros o queden separadas de la construcción por condiciones especiales deben sujetarse firmemente con soportes.

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

7.8 Se prohíbe la instalación de tuberías que atraviesen sótanos, huecos formados por plafones, cajas de cimentación, cisternas, entresuelos, por abajo de cimientos o cimentaciones y de pisos de madera o losas; en cubos o casetas de elevadores, tiros de chimeneas, conductos de ventilación o detrás de zoclos, lambrines de madera y de recubrimientos decorativos aparentes.

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

7.10 Cuando las tuberías de gas compartan el mismo ducto que aloje tuberías de otros servicios, el ducto debe quedar ventilado permanentemente al exterior, cuando menos, en ambos extremos.

7.11 Las tuberías deben quedar separadas por una distancia mínima de 20 centímetros entre sí, salvo que se les aisle de conductores eléctricos y de tuberías para usos industriales que conduzcan fluidos corrosivos o de alta temperatura. Las tuberías no deben cruzar atmósferas corrosivas

7.12 Deben adoptarse las medidas de seguridad que eviten la posibilidad de un siniestro en las instalaciones que utilicen tuberías para conducir fluidos que combinados con el gas natural pudieran representar un riesgo previsible.

7.13 Debe obtenerse todo extremo de tubería destinada a conectar equipos de consumo, aunque éstos cuenten con llave de cierre. Las tuberías no deben obturarse con tapones improvisados

7.14 En tubos rígidos no se permiten dobleces que tengan como propósito evitar el uso de las conexiones correspondientes. Únicamente se permiten curvas suaves que no debiliten las paredes del tubo, por lo que éstas deben hacerse con herramienta especial, sin calentamiento previo y con la curva adecuada al diámetro del tubo.

7.15 La tubería, exceptuando la de cobre flexible, que conduzca gas natural para servicio industrial, comercial y residencial en edificios de departamentos, debe pintarse de color amarillo. En instalaciones para uso residencial individual, puede omitirse el requisito de pintarla, por ser fácil y claramente identificable de las que conducen otros fluidos.

7.16 La unión de tubería de fierro se debe hacer por medio de roscas, bridas, juntas deslizables o soldadura de fusión por arco eléctrico. Si la unión o conexión de tuberías es por medio de rosca, se debe emplear un material sellante que la haga hermética. Las tuberías de cobre rígido se deben unir mediante conexiones soldables

7.17 Las tuberías que se localizan enterradas en patios o jardines deben estar a una profundidad mínima de 60 cm. Las de fierro negro se deben proteger contra la corrosión.

7.18 Si la tubería requiere protección especial se debe indicar claramente cómo se sujeta y protege, señalándolo en el croquis de detalle.

7.19 Únicamente las tuberías de acero o cobre rígido tipo "L" o superiores, pueden instalarse ocultas. Se prohíbe el uso de tuberías flexibles para este fin.

7.20 Se prohíbe el uso de uniones intermedias en tramos rectos ocultos menores de 6 metros que no tengan derivaciones.

7.21 No se considera oculto el tramo que se utilice para atravesar muros macizos, siempre que su entrada y salida sean visibles.

7.22 Se permitirán las tuberías que recorran muros en cualquier dirección y las instaladas en ranuras hechas en tabique macizo o tendidas en tabique hueco sin ranurar, pero ahogadas en concreto. En dichos casos debe elaborarse un croquis de detalle de dichas instalaciones.

7.23 Cuando en un muro la trayectoria de una tubería sea horizontal, la ranura en el muro debe hacerse, como mínimo, a 10 cm sobre el nivel de piso terminado.

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

7.25 Cuando sea imprescindible instalar las tuberías en muros de recámaras, dichas tuberías deben quedar enfundadas y sus extremos deben dar al exterior de la recámara.

7.26 Sólo se permite la instalación de tuberías de alta presión regulada para usos comerciales o residenciales en el interior de recintos, cuando estén destinadas a abastecer equipos de consumo que operen a dicha presión.

7.27 Tratándose de instalaciones destinadas a usos industriales, se autoriza el uso de alta presión regulada en el interior de recintos si el usuario cuenta con personal encargado de la seguridad y mantenimiento permanente de tales instalaciones que garanticen su buen funcionamiento.

7.28 Las tuberías de alta presión regulada, en interiores o en exteriores, deben localizarse de tal forma que se reduzcan al mínimo los riesgos, esto es, protegiéndose adecuadamente contra daños. Las tuberías tendidas al exterior deben localizarse en sitios que ofrezcan condiciones óptimas de ventilación.

7.29 Las tuberías ocultas, ahogadas o subterráneas y las visibles que conduzcan el gas a alta presión regulada deben ser de cobre rígido "L", de fierro negro o fierro galvanizado cédula 40, o de calidad superior. En las subterráneas pueden usarse, además, las de polietileno. Para la protección de las tuberías metálicas, se aplica lo establecido en el apartado 7.25 anterior.

7.30 La tubería que conduzca el gas a alta presión regulada debe estar alejada a una distancia mínima de 20 cm de otros servicios, tales como ductos de cualquier tipo, líneas de energía eléctrica o telefónicas, tuberías que conduzcan fluidos corrosivos o a alta temperatura.

7.31 En el caso de instalaciones residenciales, incluyendo edificios y comerciales, las tuberías pueden ser subterráneas en patios y jardines, pero deben ser visibles al exterior en el recorrido por la construcción.

8. Prueba de hermeticidad

8.1 Toda tubería que conduzca gas debe ser objeto de una prueba de hermeticidad antes de ser puesta en servicio.

8.2 Las tuberías ocultas o subterráneas deben probarse herméticamente antes de cubrirse.

8.3 Para efectuar las pruebas de hermeticidad se debe utilizar exclusivamente aire o gas inerte. Sólo el distribuidor puede realizar estas pruebas con gas natural. Se prohíbe el uso de oxígeno como elemento de prueba.

8.4 Debe efectuarse una prueba de hermeticidad a las instalaciones cada cinco años. Dicha prueba puede efectuarse con gas natural, bajo la supervisión del distribuidor o con gas inerte, por una persona autorizada por la autoridad competente.

8.5 El resultado de las pruebas de hermeticidad debe reportarlos a la autoridad competente.

A. Pruebas de hermeticidad en instalaciones de aprovechamiento que operen en baja presión regulada.

8.6 Las pruebas que deben llevarse a cabo en las tuberías que conduzcan gas a baja presión son las siguientes:

- a) Antes de conectar los equipos de consumo, las tuberías deben soportar una presión manométrica de 49 kPa, registrada por manómetro, durante un periodo no menor de 10 minutos, sin que el manómetro indique caída de presión alguna, y
- b) Se debe efectuar una segunda prueba con los equipos de consumo conectados a las tuberías. En dicha prueba, tanto las tuberías como los accesorios de control de los equipos, deben soportar

una presión manométrica de 1.765 kPa durante un periodo no menor de 10 minutos, sin registrarse caída de presión alguna.

8.7. Una vez que el manómetro registre la presión requerida, la fuente de presión debe desconectarse del sistema.

8.8. Cuando se haya utilizado aire o gas inerte en las pruebas de hermeticidad, se deben purgar adecuadamente las tuberías antes de ponerlas en servicio. Una vez realizado lo anterior, se procede con el encendido de pilotos y quemadores, asegurándose de que éstos y los equipos de consumo funcionen correctamente. Se debe verificar que no haya fugas en los equipos, estando éstos en funcionamiento.

8.9. La unidad de verificación debe informar al distribuidor sobre la prueba de hermeticidad por medio de un dictamen que contenga las especificaciones completas de presión, duración de la prueba y resultados de la misma.

B. Prueba de hermeticidad en instalaciones de aprovechamiento que operen en alta presión regulada

8.10. Una vez concluidos los trabajos de instalación y limpieza de la línea, se procede a realizar la prueba de hermeticidad a una presión mínima de dos veces la presión de trabajo de la instalación de aprovechamiento. La prueba se lleva a cabo durante 24 horas continuas utilizando aire o gas inerte. Sólo el distribuidor puede utilizar gas natural para efectuar esta prueba. Se prohíbe el uso de oxígeno como elemento de prueba.

8.11. La prueba de hermeticidad debe llevarse a cabo en las tuberías de la instalación de aprovechamiento, por una unidad de verificación acreditada, dejando en poder del usuario, debidamente firmado de conformidad, el original y una copia de la prueba y del plano isométrico de la instalación de aprovechamiento.

8.12. Una vez concluida la prueba de hermeticidad, debe seguirse el procedimiento establecido en el inciso 8.6 anterior.

9. Componentes

9.1 Para el seccionamiento o corte de flujo de gas natural a una instalación de aprovechamiento que demande una presión de operación superior a 410 kPa, se deben utilizar válvulas con cuerpo de acero al carbono, del tipo macho lubricable, autolubricable, globo, bola o de compuerta con extremos bridados o roscados, para soportar la presión de trabajo requerida.

9.2 Deben usarse válvulas del tipo cierre rápido donde se tenga una línea de desvío o punteo.

9.3 Las válvulas de seccionamiento se deben localizar en lugares de fácil acceso que permitan su operación en casos de emergencia y deben quedar protegidas contra daños que pudieran producir agentes externos.

9.4 Cuando se instalen manómetros, estos deben ir precedidos de una válvula de aguja.

9.5 Las bridas y accesorios bridados que se instalen deben satisfacer los requisitos mínimos de temperatura y presión de diseño de la instalación.

10. Protección contra corrosión

10.1 Las tuberías de acero al carbono, así como sus conexiones, accesorios y componentes de la instalación de aprovechamiento que se encuentren alojados en el subsuelo, se deben proteger contra la corrosión con un recubrimiento, el cual debe cumplir con los requisitos siguientes:

- a) Adherirse a las superficies metálicas para prevenir la oxidación y la entrada de humedad,
- b) Ser dúctil para resistir el agrietamiento;
- c) Tener suficiente resistencia mecánica para soportar daños debido al manejo y esfuerzos transmitidos por el terreno natural, y
- d) Tener propiedades de alta resistividad eléctrica.

10.2 Las tuberías metálicas no enterradas (superficiales) deben protegerse contra la corrosión del medio ambiente utilizando recubrimientos anticorrosivos.

11. Tubería y conexiones de polietileno

A. Tubería de polietileno

11.1. Se permite utilizar tubería de polietileno de alta o mediana densidad en las instalaciones de aprovechamiento de gas natural a una presión menor de 685 kPa. La tubería de polietileno debe, en todos los casos, instalarse enterrada y a una profundidad mínima de 60 cm, con respecto al nivel del piso terminado (o terreno natural).

11.2 Toda tubería de polietileno que se instale para el servicio de gas natural debe ser de color amarillo o algún otro color con franjas amarillas. Dicha tubería debe cumplir con la Norma DGN-E-43-1977.

11.3 Para hacer las uniones de tubería de polietileno, se debe utilizar uno de los procedimientos siguientes: termofusión, electrofusión o medios mecánicos. No se permite unir tubería de polietileno a través de conexiones roscadas, ni aplicar calor con flama directa.

11.4 La tubería de polietileno que esté unida por termofusión no debe moverse hasta que haya fraguado de forma adecuada.

11.5 La unión de fusión por calor a tope debe realizarse por medio de un dispositivo que sostenga el elemento calentador perpendicular a los extremos de la tubería, comprimir los extremos calentados y sostener el tubo en alineación mientras se enfría y endurece el tramo de tubería correspondiente.

11.6 La unión de fusión por calor de accesorios macho-hembra debe hacerse por medio de un dispositivo que caliente las superficies de acoplamiento de la unión de manera simultánea, uniforme y a la misma temperatura.

11.7 Cada unión mecánica de tipo de compresión en tubería de polietileno, debe cumplir con lo siguiente:

- a) El material de la junta en el acoplamiento debe ser compatible con el polietileno, y
 - b) Debe utilizarse un refuerzo tubular interno rígido en conjunto con el acoplamiento.
- B. Calificación del personal para realizar uniones**

11.8 Las personas que realicen uniones en tuberías de polietileno deben cumplir con lo siguiente

- a) Haber recibido la capacitación apropiada o contar con experiencia comprobada en el método de unión especificado, y
- b) Realizar uniones de muestra en secciones de tubos conforme al método de unión especificado, las cuales deben pasar la inspección y pruebas indicadas en 11.9

11.9 **Inspección y pruebas.** La muestra unida por el método de fusión por calor debe calificarse mediante las pruebas siguientes

- a) Examinarse visualmente, durante y después de la fusión. Verificar que tiene la misma apariencia que una unión o fotografías (proporcionadas por el fabricante de la tubería) de una unión aceptable, de acuerdo al método;
- b) Inspeccionarse por ultrasonido y verificar que no contiene defectos (vacíos o discontinuidades) que pudieran causar una falla;
- c) Cortarse por lo menos en tres tiras longitudinales, cada una de las cuales, al ser examinada visualmente, no contenga vacíos o discontinuidades en el área de unión, y
- d) Deformarse por flexión, torsión o impacto (manual) y si ocurre la falla, ésta no debe incidir en el área de unión

11.10 **Recalificación.** Una persona debe recalificarse, si durante un periodo de 6 meses, esa persona:

- a) No ha realizado ninguna unión conforme al método seleccionado, y
- b) Tres por ciento de las uniones que haya realizado o tres de éstas resulten inaceptables, lo que sea mayor.

11.11 Únicamente personal que tenga experiencia comprobada en alguno de los métodos de unión aplicables podrá realizar la inspección de las uniones de polietileno.

12. Equipos de consumo

12.1 La presión de gas en los orificios de salida de las espreas de equipos de consumo residenciales debe ser 1.765 kPa con una tolerancia de $\pm 5\%$.

12.2 La presión del gas en la salida de las espreas de los equipos de consumo comerciales e industriales debe ser la especificada por el fabricante de los mismos.

12.3 El consumo de gas del equipo correspondiente se determina directamente de las especificaciones del fabricante.

12.4 La instalación de los equipos de consumo debe efectuarse conforme a las instrucciones del fabricante.

12.5 Todo equipo de consumo de gas debe localizarse en forma tal que se tenga fácil acceso al mismo y a sus válvulas o llaves de control.

12.6 Los equipos de consumo instalados dentro de construcciones deben ubicarse en sitios que ofrezcan condiciones óptimas de ventilación, para evitar que el ambiente se contamine con los gases producto de la combustión o que corrientes de aire apaguen los pilotos o quemadores.

12.7 Cuando los equipos de consumo se instalen en recintos cerrados (nichos, cuartos de máquinas, etc.), debe instalarse una chimenea con tiro directo, inducido o forzado hasta el exterior, para desalojar los gases de la combustión y proveer los medios adecuados que permitan la entrada permanente de aire del exterior, en cantidad suficiente para que el funcionamiento del quemador sea eficiente de acuerdo con las especificaciones del fabricante

12.8 La localización de calefactores instalados en recámaras o dormitorios deben ser del tipo "ventilado", cuyo diseño permite desalojar al exterior los gases que son producto de la combustión

12.9 Los calefactores móviles se deben conectar mediante una manguera tramada con una longitud no mayor de 1.50 m.

12.10 En los equipos de consumo debe instalarse un rizo de tubería de cobre flexible tipo "L", con una longitud no mayor de 1 50 m

12.11 Se debe instalar una válvula de corte antes de cada equipo de consumo (fijo o móvil), la cual debe localizarse en la tubería flexible o rígida en lugar accesible.

12.12 Cuando las condiciones de la instalación y de los equipos de consumo no permitan la colocación inmediata de una válvula de corte a cada uno de estos equipos, se debe instalar ésta de tal forma que, al operarla, cierre el suministro a todos los equipos de consumo.

12.13 En locales comerciales e industrias se debe instalar una válvula de cierre general que controle un grupo o todos los equipos de consumo.

12.14 Se prohíbe instalar calentadores de agua en cuartos de baño, closets, recámaras y dormitorios

13. Reguladores de presión

13.1 Los reguladores de presión deben instalarse precedidos de una válvula de corte de operación manual

13.2 En instalaciones residenciales, incluidos los edificios, los reguladores deben localizarse a la intemperie

13.3 La capacidad y ajuste de cada regulador de presión debe ser la apropiada al servicio que presten. La capacidad nominal de los reguladores debe exceder entre 25 y 30% la demanda máxima de gas de la instalación que abastezca.

13.4 Cuando por necesidades del servicio se requiera que los reguladores se localicen dentro de recintos cerrados, se debe instalar un tubo conectado de la ventila del regulador al exterior de dicho recinto

13.5 Debe llevarse a cabo un programa continuo de inspección y reparación de reguladores para garantizar una operación segura y eficiente de estos equipos. La capacidad y el tamaño del regulador son los parámetros que deben considerarse en la frecuencia de las inspecciones y el grado de mantenimiento requerido. El mantenimiento para los reguladores de gran capacidad en instalaciones industriales, debe hacerse en forma permanente, de conformidad con lo establecido en el programa de mantenimiento preventivo de la instalación de aprovechamiento. La revisión de estos reguladores consiste en verificar si existe alguna fuga en su diafragma y observar si hay escape de gas a través de la ventila.

14. Plan integral de seguridad en instalaciones industriales

El usuario de una instalación de aprovechamiento industrial debe tomar las medidas de prevención sobre dicha instalación, para disminuir la probabilidad de ocurrencia de un siniestro. Las medidas deben incluir como mínimo los puntos siguientes:

- a) Actualización de los planos para la localización precisa de la instalación de aprovechamiento, de las válvulas de seccionamiento, estaciones de regulación, en su caso, y demás componentes;
- b) Capacitación de los trabajadores en aspectos de seguridad en la operación y mantenimiento de la instalación de aprovechamiento;
- c) Mantenimiento preventivo a la instalación de aprovechamiento, incluyendo la protección catódica de las tuberías metálicas subterráneas,
- d) Detección de fugas mediante la revisión detallada de toda la instalación de aprovechamiento de una manera sistemática y documentada. Como ejemplo, para la detección de fugas deben utilizarse explosímetros o equipos de ionización de flama, y
- e) Elaboración e instrumentación de procedimientos para el trabajo en líneas vacías y vivas, para la supresión y reparación de fugas

15. Operación y mantenimiento de las instalaciones industriales

Cuando se operen tuberías que contienen o han contenido gas, debe observarse lo siguiente:

- a) No se permite fumar, tener flamas abiertas, usar linternas que no sean a prueba de explosión, o cualquier otra fuente de ignición;
- b) En caso de usar soplete para corte, equipo de soldadura o cualquier otra fuente de ignición, debe asegurarse que no exista una mezcla explosiva en el área de trabajo utilizando el equipo de detección adecuado;
- c) Antes de proceder a soldar o cortar la tubería con soplete deben cerrarse todas las válvulas de suministro, purgar la línea y ventilar el área de trabajo;
- d) Debe revisarse el potencial eléctrico de la tubería de acero antes de hacer algún trabajo en la línea. Tratándose de tubería de polietileno, debe preverse la eliminación de corrientes estáticas, y
- e) La iluminación artificial necesaria para hacer trabajos dentro de la instalación de aprovechamiento debe producirse con lámparas e interruptores a prueba de explosión

Descripción del contenido del manual de operación

Las instalaciones de aprovechamiento deben contar con un manual de operación y mantenimiento en el que se describan, detalladamente, los procedimientos que se llevan a cabo en la instalación. El manual

de operación y mantenimiento debe ser aprobado por la autoridad competente y actualizarse de acuerdo con la normatividad aplicable para reflejar los avances tecnológicos en la industria. El manual debe contener, como mínimo, lo siguiente.

- a) Descripción de los procedimientos de operación y mantenimiento de la instalación de aprovechamiento durante la operación normal, puesta en operación y paro. Dichos procedimientos deben incluir los relativos a las reparaciones del equipo,
- b) Identificación de las instalaciones que presenten el mayor riesgo para la seguridad pública;
- c) Programa de inspecciones periódicas para asegurarse que la instalación de aprovechamiento cumple con las condiciones de diseño,
- d) Programa de mantenimiento preventivo que incluya los procedimientos y los resultados de las pruebas e inspecciones realizadas a la instalación de aprovechamiento (bitacora de operación y mantenimiento), y
- e) Capacitación al personal que ejecuta las actividades de operación y mantenimiento para reconocer condiciones potencialmente peligrosas que están sujetas a la presentación de informes a la autoridad competente.

16. Concordancia con normas internacionales

Esta Norma no tiene concordancia con ninguna norma internacional, toda vez que no se encontró referencia alguna al momento de elaborarla.

17. Vigilancia

La Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Reguladora de Energía, es la autoridad competente para vigilar, verificar y hacer cumplir las disposiciones contenidas en esta Norma.

18. Vigencia

La presente Norma entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

19. Bibliografía

19.1 Requisitos Mínimos de Seguridad para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento e Inspección de Tuberías de Transporte, Norma 7.3.13, Petróleos Mexicanos, 5a. Edición, Enero de 1990.

19.2 Sistema de Transporte de Petróleo por Tubería, Norma número 3.374.01, 1a y 2a Partes, Petróleos Mexicanos, Edición 1983.

19.3 Instalación de Sistemas para Protección Catódica, Norma número 3 413.01, Petróleos Mexicanos, Edición 1981.

19.4 Protección Anticorrosiva con Cintas Adhesivas, Norma número 3.421.01, Petróleos Mexicanos, Edición 1983.

19.5 Blumenkron, Fernando. Manejo y Uso del Gas L.P. y Natural, Tomos I y II, Edición 1995.

19.6 Normas o códigos extranjeros:

19.7 Welding and Brazing Qualifications, ASME Section IX, American Society of Mechanical Engineers, 1990.

19.8 Pipe Flanges and Flanged Fittings, ANSI-B-16.5, American National Standard Institute, 1988.

19.9 Gas Transmission and Distribution Piping System, ANSI-B-31.8, American National Standard Institute, 1990.

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

19.11 Gas Engineers Handbook. The Industrial Press, 1965.

19.12 Explosion Prevention Systems, NFPA 69, National Fire Protection Association, 1992.

19.13 Manholes, Sewers and Similar Underground Structures, NFPA 328 National Fire Protection Association, 1992.

19.14 Cutting and Welding Processes, NFPA 5113, National Fire Protection Association, 1989.

19.15 Specification for Line Pipe, API-5L Specification 5L, American Petroleum Institute, 38 th. Edition, May 1990.

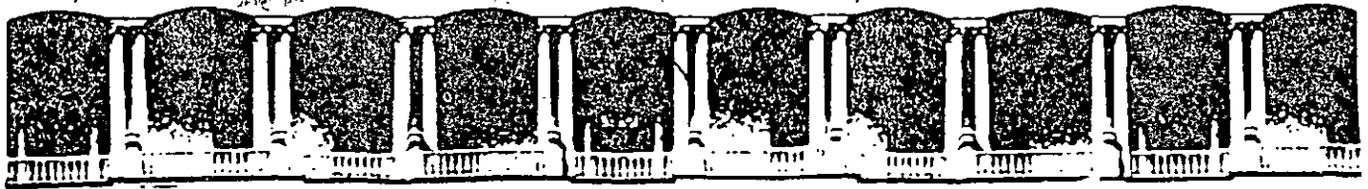
19.16 Standard Specifications for Thermoplastic Gas Pressure Pipe, Tubing and Fittings, ASTM-D-2513, American Society for Testing and Materials, 1996.

19.17 Standard Specifications for Butt Heat Fusion Polyethylene (PE), Plastic Fitting for Polyethylene (PE), Plastic Pipe and Tubing, ASTM-D-3261, American Society for Testing and Materials, 1996.

19.18 Standard Specification for Socket-type Polyethylene Fitting for Outside Diameter Controlled Polyethylene Pipe and Tubing, ASTM-D-2683, American Society for Testing and Materials, 1995.

Atentamente

Sufragio Efectivo No Reelección



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

INSTALACIONES PARA GAS



**ING: JORGE REBOLLEDO ZENTENO
PALACIO DE MINERIA
ABRIL 2000**



COMISIÓN
REGULADORA
DE ENERGÍA

Instrumentos legales que determinan las atribuciones de la CRE y norman los sectores de gas y electricidad en México

BUSCAR

LA CRE | MARCO REGULADOR | PERMISOS | REGISTRO PÚBLICO | LIBRO BLANCO

BOLETINES DE PRENSA | PUBLICACIONES | DIARIO OFICIAL | ESTADÍSTICAS | ADQUISICIONES

- GAS
- ELECTRICIDAD

NORMAS OFICIALES MEXICANAS

NÚMERO	TÍTULO
NOM-SECRE-008-99	NOM sobre protección catódica de tuberías de acero para la conducción de gas natural y gas licuado de petróleo (DOF 27/01/00)
NOM-SECRE-007-99	NOM sobre transporte de gas natural (DOF 04/02/2000)
NOM-SECRE-006-99	NOM sobre odorización del gas natural (DOF 27/01/00)
NOM-SECRE-005-97	Norma Oficial Mexicana sobre gas natural licuado y estaciones de servicio (DOF 28/01/98)
NOM-SECRE-004-97	Norma Oficial Mexicana sobre gas natural licuado e instalaciones vehiculares (DOF 26/01/98)
NOM-SECRE-003-97	Norma Oficial Mexicana sobre la construcción y mantenimiento de sistemas de distribución de gas natural (DOF 15/05/98)
NOM-SECRE-002-97	Norma Oficial Mexicana sobre instalaciones para el aprovechamiento del gas natural (DOF 26/01/98)
NOM-SECRE-001-97	Norma Oficial Mexicana sobre la calidad del gas natural (DOF 27/01/98)

La CRE | Marco Regulador | Permisos | Registro Público | Libro Blanco
Boletines de Prensa | Publicaciones | Diario Oficial | Estadísticas | Adquisiciones



Home

SECRETARIA DE ENERGIA

NORMA Oficial Mexicana NOM-008-SECRE-1999, Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaria de Energia

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-008-SECRE-1999. CONTROL DE LA CORROSION EXTERNA EN TUBERIAS DE ACERO ENTERRADAS Y/O SUMERGIDAS

La Secretaria de Energia con la participacion que le corresponde a la Comisión Reguladora de Energia; con fundamento en los artículos 38 fracción II, 39, 40 fracción XIII, 41 y 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 33 fracción IX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, 1o. y 3o fracción XV de la Ley de la Comisión Reguladora de Energia, 4o., 9o., 14 fracción IV y 16 de la Ley Reglamentaria del artículo 27 constitucional en el ramo del Petróleo; 28, 34 y segundo transitorio del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 7o. y 70 fracción VII del Reglamento de Gas Natural; y 2o. y 31 del Reglamento Interior de la Secretaría de Energia, aprobada por consenso del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Medio de Ductos, en su sexta sesión ordinaria del 17 de noviembre de 1999, y

CONSIDERANDO

Primero. Que con fecha 12 de noviembre de 1998, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Medio de Ductos publicó en el **Diario Oficial de la Federación**, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-008-SECRE-1998, Protección catódica de tuberías de acero enterradas y/o sumergidas que conducen gas natural y gas licuado de petróleo;

Segundo. Que una vez transcurrido el término de 60 días a que se refiere el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para recibir los comentarios que se mencionan en el considerando anterior, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Medio de Ductos, estudió los comentarios recibidos y, en su caso, modificó el proyecto de norma en cita;

Tercero. Que con fecha 24 de diciembre de 1999, en el **Diario Oficial de la Federación** se publicaron las respuestas a los comentarios recibidos al Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM 008-SECRE-1999, Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas;

Cuarto. Que de lo expuesto en los considerandos anteriores, se concluye que se ha dado cumplimiento con el procedimiento que señalan los artículos 38, 44, 45, 47 y demás relativos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, por lo que se expide la siguiente Norma Oficial Mexicana NOM-008-SECRE-1999, Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-008-SECRE-1999, CONTROL DE LA CORROSION EXTERNA EN TUBERIAS DE ACERO ENTERRADAS Y/O SUMERGIDAS

INDICE

0. Introducción
1. Objeto
2. Campo de aplicación
3. Referencias
4. Definiciones
5. Control de la corrosión externa en tuberías de acero
 - 5.1 Recubrimiento anticorrosivo
 - 5.2 Estructura a proteger
 - 5.2.1 Tuberías nuevas
 - 5.2.2 Tuberías existentes
 - 5.2.3 Puentes eléctricos
 - 5.3 Tipos de protección catódica
 - 5.3.1 Anodos galvanicos o de sacrificio
 - 5.3.2 Corriente impresa
 - 5.4 Aislamiento eléctrico
 - 5.5 Criterios de protección catódica
 - 5.6 Perfil de potenciales de polarización
 - 5.7 Potencial tubo/suelo máximo permisible
 - 5.8 Mediciones de corriente eléctrica
 - 5.8.1 Medición de potenciales tubo/suelo
 - 5.8.2 Medición de resistividad
 - 5.8.3 Medición de corriente eléctrica
 - 5.9 Funcionalidad del sistema
 - 5.9.1 Previsiones para el monitoreo
 - 5.9.2 Interferencia con otros sistemas
 - 5.9.3 Cruzamientos
 - 5.9.4 Defectos en el recubrimiento anticorrosivo

- 5.10 Operación, inspección y mantenimiento
 - 5.10.1 Fuentes de energía eléctrica
 - 5.10.2 Camas anódicas
 - 5.10.3 Conexiones eléctricas
 - 5.10.4 Aislamientos eléctricos
 - 5.10.5 Recubrimientos
 - 5.10.6 Levantamiento de potenciales
- 5.11 Seguridad
 - 5.11.1 Medidas generales
 - 5.11.2 Generación de gases peligrosos
 - 5.11.3 Instalación en atmósferas peligrosas
 - 5.11.4 Corto circuitos en instalaciones eléctricas
 - 5.11.5 Señalización de instalaciones energizadas
- 5.12 Documentación
 - 5.12.1 Historial del sistema de protección catódica
 - 5.12.2 Interacción con estructuras y sistemas de otras dependencias
- 5.13 Registros
 - 5.13.1 Funcionalidad del sistema de protección catódica
 - 5.13.2 Modificaciones al sistema original
 - 5.13.3 Reparación o reemplazo de algún componente del sistema de protección catódica
 - 5.13.4 Estudios especiales
- 6. Vigilancia
- 7. Concordancia con normas internacionales
- 8. Bibliografía
- 9. Vigencia

0. Introducción

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

La función del recubrimiento es aislar la superficie metálica de la tubería del electrolito que la rodea. Además del recubrimiento anticorrosivo se debe aplicar protección complementaria a la tubería mediante el uso de protección catódica. La implementación, instalación, operación y mantenimiento adecuado del control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas o sumergidas han demostrado ser una herramienta eficaz que aumenta la confiabilidad de las tuberías destinadas al transporte de fluidos.

1. Objeto

El objetivo de esta Norma es establecer los requisitos mínimos para la implementación, instalación, operación, mantenimiento y seguridad para el control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas.

2. Campo de aplicación

Esta Norma es aplicable en la implementación, instalación, operación, mantenimiento y seguridad para el control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas. Esta Norma no es aplicable a las tuberías instaladas en el lecho marino.

Esta Norma establece los requisitos mínimos de seguridad para el control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas. No pretende ser un manual técnico y debe aplicarse con un criterio apoyado en prácticas de ingeniería internacionalmente reconocidas.

2.1 Cuando exista alguna variación entre los requerimientos de esta Norma con respecto a otras publicaciones, los requerimientos de esta Norma prevalecerán y se considerarán obligatorios.

3. Referencias

NOM-008-SCFI-1993	Sistema general de unidades de medida
NOM-S-PC-1-1992	Señales y avisos para protección civil, colores, formas y símbolos a utilizar
NMX-S-14-SCFI-1993	Aplicación de los colores de seguridad
NOM-Z-13-1977	Guía para la redacción, estructuración y presentación de las normas oficiales mexicanas
NOM-003-SECRE-1997	Distribución de gas natural

4. Definiciones

4.1 **Anodo:** Elemento emisor de corriente eléctrica, es el electrodo de una celda en el cual ocurre el fenómeno de oxidación.

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

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

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

4.5 **Caída de voltaje:** Cambio de potencial debido al paso de una corriente eléctrica "I" en un circuito de resistencia "R". Esta caída debe ser considerada para una interpretación válida en la medición de potenciales en los sistemas de protección catódica.

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

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

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

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

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

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

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

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

4.14 **Derecho de vía:** Franja de terreno donde se encuentra alojada una tubería enterrada o superficial.

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

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

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

- 4.18 Estudio técnico:** Documento derivado de la evaluación de variables usando principios de ingeniería
- 4.19 Junta de aislamiento:** Accesorio constituido de un material aislante que se intercala en el sistema de tubería para separar eléctricamente a la tubería a proteger
- 4.20 Interfaces:** Transición a la que se somete la tubería al cambiar de electrolito, pudiendo ser ésta tierra-aire, tierra-concreto-aire, aire-agua, tierra-agua, etc
- 4.21 Material de relleno:** Mezcla de materiales sólidos que envuelven al ánodo para incrementar su conductividad eléctrica en el terreno donde se alojan
- 4.22 Multímetro:** Instrumento electrónico multifuncional con escalas para medir magnitudes eléctricas.
- 4.23 Norma:** Esta Norma
- 4.24 Polarización:** Magnitud de la variación de un circuito abierto en un electrodo causado por el paso de una corriente eléctrica
- 4.25 Potencial crítico:** Voltaje de protección catódica de valor inferior en relación al valor de cualquiera de los criterios de protección catódica.
- 4.26 Potencial natural:** Potencial espontáneo (sin impresión de corriente eléctrica directa) que adquiere una estructura metálica al estar en contacto con un electrolito. También denominado potencial de corrosión
- 4.27 Potencial tubo/suelo:** Diferencia de potencial entre una tubería de acero enterrada y/o sumergida protegida catódicamente y un electrodo de referencia en contacto con el electrolito
- 4.28 Protección catódica:** Procedimiento eléctrico para proteger las estructuras metálicas enterradas o sumergidas contra la corrosión exterior, el cual consiste en establecer una diferencia de potencial para que convierta a las estructuras metálicas en cátodo, mediante el paso de corriente eléctrica directa proveniente del sistema de protección seleccionado.
- 4.29 Prueba de requerimiento de corriente:** Aplicación de corriente eléctrica directa a la tubería por proteger catódicamente con el fin de cuantificar la corriente eléctrica de protección y determinar los alcances de protección para cada uno de los puntos de drenaje eléctrico
- 4.30 Puenteo eléctrico:** Conexión eléctrica entre tuberías mediante un conductor eléctrico y terminales fijas, con el fin de integrar en circuitos conocidos las tuberías adyacentes.
- 4.31 Punto de drenaje eléctrico:** Sitio en el que se imprime la corriente eléctrica directa de protección a una tubería enterrada y/o sumergida
- 4.32 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.
- 4.33 Rectificador:** Equipo que convierte corriente eléctrica alterna en corriente eléctrica directa controlable
- 4.34 Resistividad:** Resistencia eléctrica por unidad de volumen del material. Las mediciones de esta propiedad indican la capacidad relativa de un medio para transportar corriente eléctrica
- 4.35 Señalamiento:** Avisos informativos, preventivos o restrictivos para indicar la presencia del ducto y/o referencia kilométrica del desarrollo del ducto. Es posible que los señalamientos estén dotados de conexiones eléctricas para funcionar como estaciones de registro de potencial.
- 4.36 Sistema de protección catódica:** Conjunto de elementos como: ánodos galvánicos o inertes, rectificadores de corriente eléctrica, cables y conexiones que tienen por objeto proteger catódicamente una tubería de acero
- 4.37 Tubería enterrada o sumergida:** Es aquella tubería terrestre que está alojada bajo la superficie del terreno o en el lecho de un cuerpo de agua (pantano, río, laguna, lago, etc.) No se refiere a tuberías instaladas en el lecho marino.
- 4.38 Turbina generadora:** Equipo de combustión interna que genera corriente eléctrica directa para proporcionar protección catódica a la tubería

La instalación del puenteo eléctrico se debe realizar de acuerdo a lo indicado en la definición del término puenteo eléctrico en el inciso 4.28 de esta Norma. Se deben proteger las áreas afectadas por las conexiones a cada tubo con un recubrimiento anticorrosivo compatible.

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

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

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

5.3.1 Anodos galvánicos o de sacrificio. La fuente de corriente eléctrica de este sistema utiliza la diferencia de potencial de oxidación entre el material del ánodo y la tubería. La protección de las tuberías se produce a consecuencia de la corriente eléctrica que drena el ánodo durante su consumo.

En todos los casos, se debe asegurar que la diferencia de potencial disponible del sistema seleccionado sea suficiente para que drene la corriente eléctrica de protección, de acuerdo con lo indicado en el inciso 5.5.

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

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

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

Las juntas aislantes se deben instalar en los lugares siguientes:

- a) En cabezales de pozos;
- b) En el origen de ramales,
- c) En la entrada y salida de la tubería en estaciones de medición y/o regulación de presión, de compresión y/o bombeo,
- d) En las uniones de metales diferentes para protección contra la corrosión galvánica,
- e) En el origen y final del sistema de tuberías que se deseen proteger para prevenir la continuidad eléctrica con otro sistema metálico, y
- f) En la unión de una tubería recubierta con otra tubería descubierta.

5.5 Criterios de protección catódica. Para proteger catódicamente a las tuberías enterradas y/o sumergidas se debe cumplir, como mínimo, con uno de los criterios siguientes:

Para ello se recomienda las técnicas de medición indicadas en el código NACE-TM-0497-1997.

a) Un potencial tubo/suelo (catódico) mínimo de -850 milivolts, medido respecto de un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO_4), en contacto con el electrolito. La determinación de este voltaje se debe hacer con la corriente eléctrica de protección aplicada,

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

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

c) Un cambio de potencial de polarización mínimo de -100 milivolts, medido entre la superficie de la tubería y un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO_4) en contacto con el electrolito

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

Los periodos de suspensión de corriente eléctrica de protección durante los cuales se puede realizar dicha medición están en el rango de 0.1 a 3.0 segundos

5.6 Perfil de potenciales de polarización. Una vez instalado el sistema de protección catódica se debe verificar el nivel de protección a lo largo de la trayectoria de la tubería. Los valores de potencial obtenidos deben cumplir como mínimo, con alguno de los criterios indicados en el inciso 5.5 de esta Norma. Con la información anterior se debe elaborar el perfil inicial de potenciales de polarización y mediante su análisis e interpretación se deben realizar los ajustes operacionales a que haya lugar en el sistema seleccionado

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

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

5.7 Potencial tubo/suelo máximo permisible. Este valor se fijará de acuerdo a las características particulares del recubrimiento anticorrosivo existente en la tubería. No debe exceder al potencial de desprendimiento catódico o a valores de potencial más negativos que originen problemas colaterales. Como recomendación general, el valor máximo de potencial no deberá exceder de -2.5 volts en condición de encendido con respecto de un electrodo de referencia o, -1.1 volts en la condición de apagado instantáneo, ambos potenciales referidos a un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO_4), con el electrolito circundante de la tubería a proteger o protegida catódicamente

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

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

5.8.1 Medición de potenciales tubo/suelo. Para la protección catódica de tuberías metálicas enterradas y/o sumergidas en un electrolito, es necesario conocer la diferencia de potencial adquirida en la interfase tubo/suelo tanto en ausencia de corriente eléctrica de protección (potenciales naturales o de corrosión), como en la impresión de corriente eléctrica (potenciales de polarización). Para efectuar la medición de esta diferencia de potencial se requiere utilizar una celda o electrodo de referencia. En el caso de tuberías de acero enterradas o sumergidas enterradas, se debe utilizar la celda de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO_4).

En los casos donde se utilicen electrodos de referencia diferentes al de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO_4) se debe tomar en cuenta el potencial equivalente

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

- a) KCl saturado (calomel) con un valor mínimo de potencial equivalente de. -0.78 volts
- b) Plata/ cloruro de plata con un valor mínimo de potencial equivalente de. -0.80 volts

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

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

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

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

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

TABLA 1

Relación entre la resistividad y corrosividad del terreno

Resistividad del suelo (ohms/cm)	Corrosividad del suelo
0-1,000	Altamente corrosivo
1,000-5,000	Corrosivo
5,000-10,000	Poco corrosivo
10,000-en adelante	Muy poco corrosivo

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

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

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

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

Todos los sistemas de tubería 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 ohms/cm, presencia de agentes promotores de la corrosión, etc), se debe instalar un sistema de protección catódica provisional con ánodos galvánicos en forma simultánea a la construcción del sistema de tubería. Este sistema provisional de protección catódica se debe sustituir, antes de un año después de terminada la construcción, por el sistema de protección catódica definitivo.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Cualquier tramo de la tubería que quede desnudo o expuesto al medio ambiente, debe ser examinado en búsqueda de evidencias de corrosión externa, y dependiendo del estado del recubrimiento dieléctrico, se tomen las acciones correctivas mencionadas en el inciso 5.2.2 b) que garanticen la integridad de la tubería.

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

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

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

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

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

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

5.10.3 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

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

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

5.10.6 Levantamiento de potenciales Se deben efectuar mediciones de potenciales tubo/suelo a lo largo de la trayectoria de la tubería, a intervalos máximos de seis meses para zonas a campo traviesa y cada tres meses en zonas urbanas. Esta periodicidad puede ser modificada para condiciones particulares del sistema de protección catódica o para zonas críticas en las que una falla del sistema resulte en una condición de riesgo para la seguridad de la población, así como para áreas en donde se hayan identificado y probado la existencia de potenciales de subprotección y que se requiera evaluar la efectividad de las medidas correctivas mencionadas en el inciso 5.2.2 b) aplicadas o en caso que se presente algún fenómeno de interacción eléctrica con sistemas ajenos al seleccionado

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

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

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

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

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

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

a) Cuando se instalen dispositivos de aislamiento eléctrico en áreas donde se anticipe una atmósfera combustible, se debe evitar la formación de arco eléctrico conectando a tierra las instalaciones;

b) Los rectificadores utilizados en los sistemas de protección catódica deben ser de doble devanado y conectados a tierra.

c) Las terminales energizadas deben estar aisladas para prevenir un contacto accidental por parte del personal operativo, y

d) Para reducir el riesgo de daño a las personas por el gradiente de voltaje en la superficie del suelo circundante de las camas anódicas, se deben tomar las precauciones siguientes.

1. Enterrar, a 90 centímetros como mínimo, los anodos y el material de relleno que constituyen la cama anódica, y

2. Aislar totalmente y proteger de daños mecánicos los cables eléctricos de interconexión.

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

5.11.2 Generación de gases peligrosos En sistemas de protección catódica en los que se instalen anodos 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

5.11.3 Instalación en atmósferas peligrosas. La naturaleza eléctrica de los sistemas de protección catódica representa el riesgo de una fuente de ignición en atmósferas peligrosas (combustibles y/o explosivos), por lo que su instalación en esas áreas debe satisfacer la clasificación eléctrica de áreas conforme a la NOM-001-SEMP-1994

5.11.4 Corto circuitos en instalaciones eléctricas El cortocircuito de juntas aislantes constituye un riesgo potencial, por lo que, en caso de ser posible dichas juntas se deben instalar fuera de áreas peligrosas. Cuando no sea posible se deben adoptar medidas para evitar chispas o arcos eléctricos, como.

a) Conexiones de resistencia colocadas en gabinetes a prueba de fuego,

b) Arrestador de flama encapsulado;

5.13.4 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.

6. Vigilancia

La Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Reguladora de Energía, es la autoridad competente para vigilar, verificar y hacer cumplir las disposiciones contenidas en esta Norma.

En conformidad con lo previsto en el artículo 73 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Reguladora de Energía, establecerá los procedimientos para la evaluación de la conformidad del control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas.

7. Concordanza con normas internacionales

La presente Norma no coincide con ninguna norma internacional, sin embargo, para su elaboración se tomaron como base los códigos y estándares siguientes:

1. NACE RPO169, "Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems", 1992

2. British Standard BS 7361 Cathodic Protection, Part 1 "Code of Practice for Land and Marine Applications", 1991

3. ASME B31.8 "Gas Transmission and Distribution Piping Systems", 1995

4. Department of Transportation "Pipeline Safety Regulations Part 192", 1995.

8. Bibliografía

8.1 RPO169, "Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Systems", NACE Standard Recommended Practice Houston, Texas, April, 1992

8.2 Cathodic Protection, Part 1, Code of Practice for Land and Marine Applications. British Standard, Englewood, Colorado 1991

8.3 Pipeline Safety Regulations, Part 192, Department of Transportation U S December 7, 1995

8.4 Gas Transmission and Distribution Piping Systems, ASME B31.8 New York, N.Y. December 7, 1995

8.5 Norma Pemex No. 2.413.01 Sistemas de Protección Catódica, 1990

8.6 Norma Pemex No. 3.135.01 Instalación de Sistemas de Protección Catódica, 1974

8.7 Norma Pemex No. 07.3.13 Requisitos Mínimos de Seguridad para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento e Inspección de Tuberías de Transporte Septiembre 1994

8.8 Peabody, A.W., Control of Pipeline Corrosion Houston, TX NACE, 1967.

8.9 ASTM Standard G-8-72, Test for Cathodic Disbonding of Pipeline Coatings, 1990.

8.10 DOT Part 192, Transportation of Natural and Other Gas By Pipeline, Annual Reports, Incident Reports and Safety Related Condition Reports Parts. 192-459, 192-483, 192-485, 192-487 y 192-489, 1995.

8.11 RPO572, "Design, Installation, Operation and Maintenance of Impressed Current Deep Groundbeds", NACE Standard Recommended Practice Houston, Texas, 1992

8.12 RPO285, "Control of External Corrosion on Metallic Buried, Partially Buried, or Submerged Liquid Storage Systems", NACE Standard Recommended Practice Houston, Texas, 1992

8.13 RPO286, "The Electrical Insulation of Cathodically Protected Pipelines", NACE Standard Recommended Practice Houston, Texas, 1992.

8.14 RPO188, "Discontinuity (Holiday) Testing of Protective Coatings", NACE Standard Recommended Practice Houston, Texas, 1992

8.15 TPC 11, "A Guide to the Organization of Underground Corrosion Control Coordinating Committees", 1992

8.16 NACE Publication 10A190, "Measurement Techniques Related to Criteria for Cathodic Protection of Underground or Submerged Steel Piping Systems (as defined in NACE Standard RP0169-92)", 1992

8.17 NACE Publication 10B189, "Direct Current (DC) Operated Rail Transit and Mine Railroad Stray Current Mitigation", 1992

8.18 NACE Item No. 54277, "Specialized Surveys for Buried Pipelines", 1992

8.19 NACE Item No. 54276, "Cathodic Protection Monitoring on Buried Pipelines", 1992

8.20 SHREIR, L L Corrosion (2 vols). London, Newnes-Butterworth, 1976

8.21 MORGAN, J.H. Cathodic Protection 2nd. ed , National Association of Corrosion Engineers, 1987

8.22 JACQUET, B and MOORE, W B R Effects of Earth Currents on Buried Pipelines and Cables CIGRE Study Committee No 36. Paris, August 1986

8.23 PARKE, M.E. and PEATTIE, E G Pipeline Corrosion and Cathodic Protection 3rd ed., Gulf Publishing, 1984

9. Vigencia

Esta Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los 60 días naturales después de la fecha de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**

Atentamente

Sufragio Efectivo No Reelección

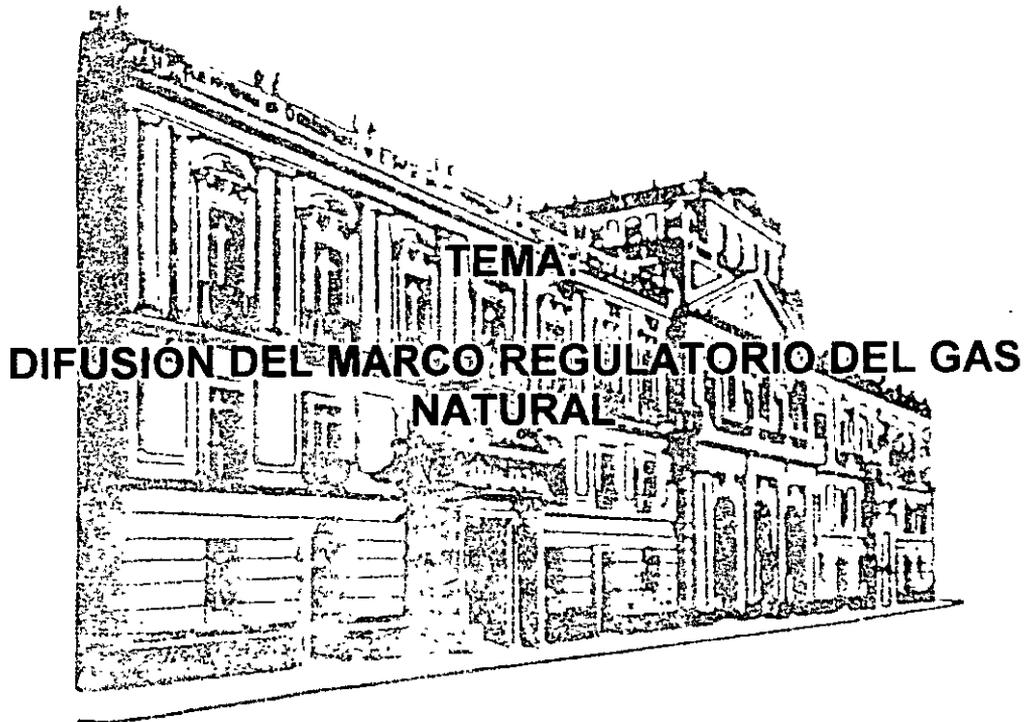
Mexico, D F , a 10 de enero de 2000.- El Presidente de la Comisión Reguladora de Energía y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por medio de Ductos, **Héctor Olea** - Rúbrica



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

INSTALACIONES PARA GAS



**ING. JORGE REBOLLEDO ZENTENO
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

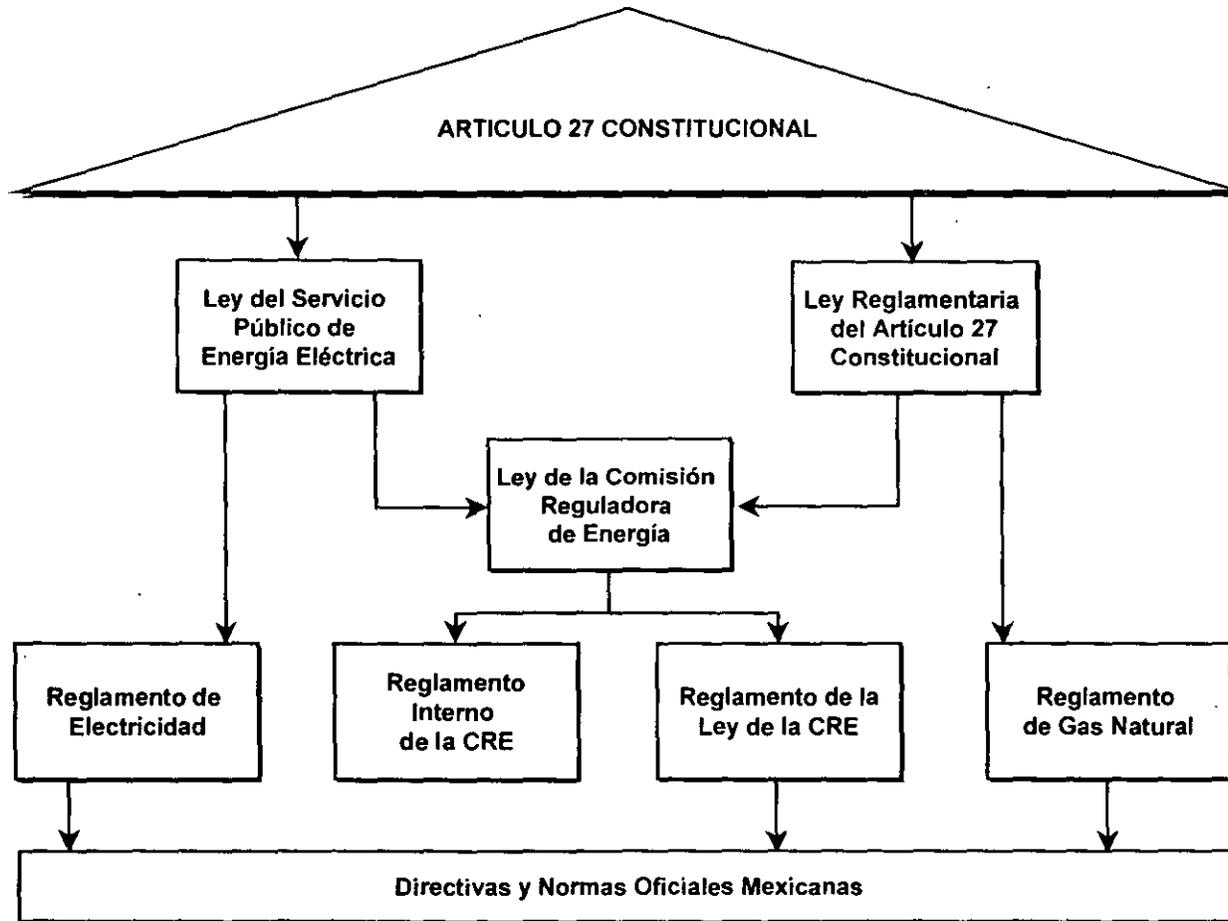
Difusión del marco regulatorio del gas natural

Abril 2000

Marco Regulatorio

El marco regulatorio del gas natural, es el conjunto de leyes y disposiciones jurídicas, que permiten a la Comisión Reguladora de Energía cumplir con sus objetivos y atribuciones.

Marco Regulatorio



Objetivos de la Ley de la CRE:

- Claridad: Reglas claras en la regulación.
- Transparencia: La Comisión opera a través de un cuerpo de 5 comisionados nombrados por el Presidente de la República.
- Autonomía: Organo desconcentrado de la SE.
- Estabilidad: El marco legal tiene la fuerza necesaria para generar confianza en la regulación y propiciar inversiones a largo plazo.

(Certidumbre: Se introduce la regulación como una obligación legal.

(Generalidad: La ley no distingue entre operadores públicos y privados, las disposiciones son obligatorias para todos.

Objetivo de la Regulación:

Propiciar una eficiente estructura industrial y de servicios que resulta de combinar la regulación de los monopolios naturales y la promoción de la competencia económica en ramas y sectores potencialmente competitivos.

Instrumentos de la regulación:

Acceso abierto

Separación de servicios

Libre comercio

Tarifas negociadas

Mercado secundario de capacidad

Facultades de la CRE

Precios máximos para las ventas de primera mano.

Tarifas máximas para los servicios de transporte, almacenamiento y distribución.

Términos y condiciones generales para la prestación del servicio.

Objetivo de la CRE

En materia del gas natural:

- (Promover el desarrollo eficiente de las actividades sujetas a regulación, entre las que se encuentran:

Actividades sujetas a Regulación en materia de gas natural:

- Las ventas de primera mano del gas natural y gas licuado de petróleo;
- El transporte y almacenamiento;
- La distribución, y
- El transporte y la distribución del gas licuado de petróleo por medio de ductos.

Atribuciones

Entre las atribuciones que tiene la CRE para el cumplimiento de su objeto, está

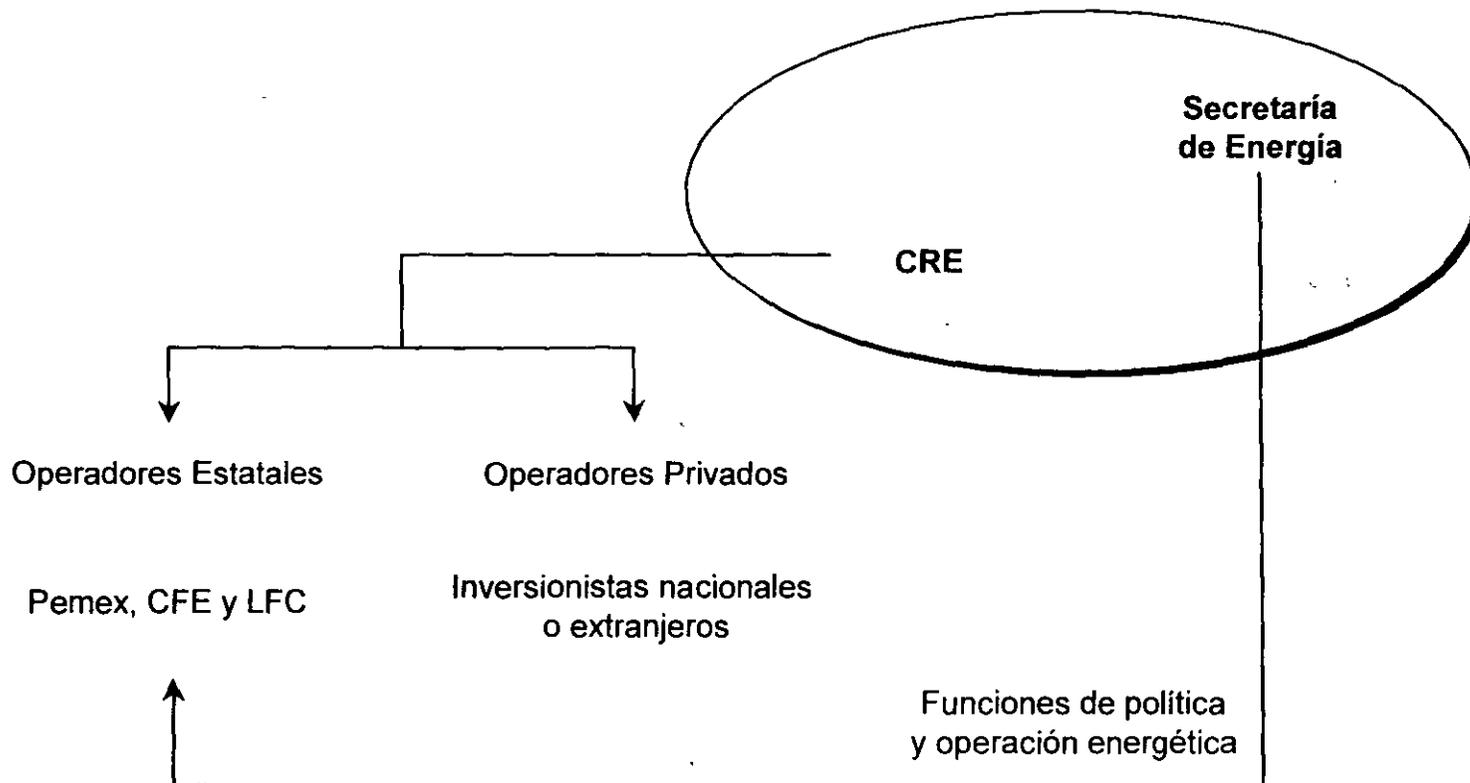
- (Proponer a la Secretaría de Energía actualizaciones al marco jurídico del sector energía y participar con las dependencias competentes en la formulación de proyectos de

...

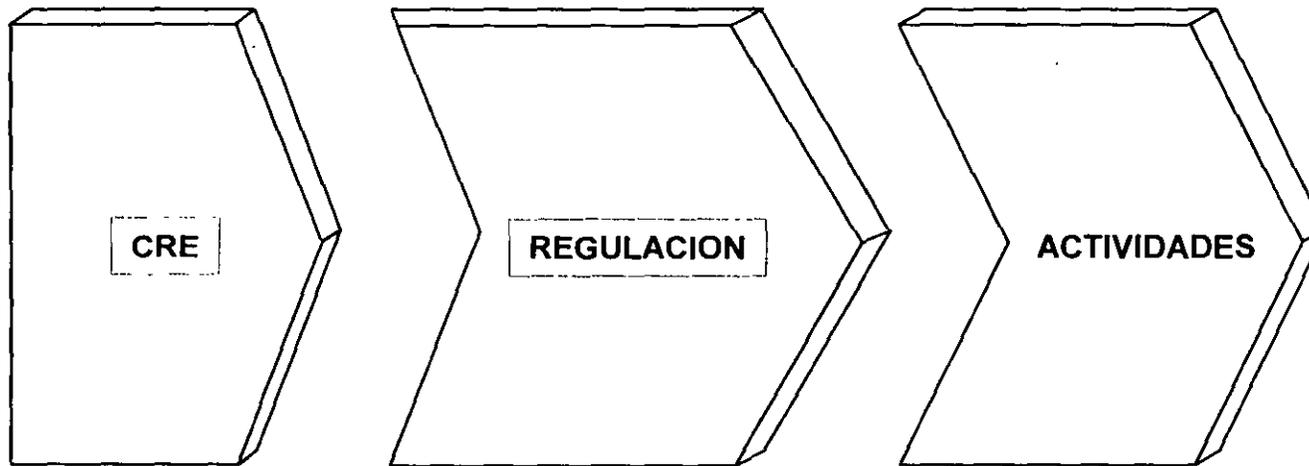
- **Disposiciones reglamentarias**
- **Decretos**
- **Iniciativas de leyes**
- **Normas Oficiales Mexicanas**

La formulación de estos proyectos se realiza con relación a las actividades reguladas.

Ambito de Aplicación



Proceso de regulación



Promover el desarrollo eficiente de las actividades reguladas

Introducir condiciones de competencia donde es posible

Energía Eléctrica

- Generación
- Transmisión
- Distribución

Gas natural

- Ventas de primera mano
- Transporte
- Almacenamiento
- Distribución

Actividades

AUTORIDAD REGULADORA

CRÉ

ACTIVIDADES

ESTUDIOS	CONSULTA	INSTRUMENTACION DE LA REGULACION	SOLUCION DE CONTROVERSIAS
----------	----------	----------------------------------	---------------------------

ATRIBUCIONES

<ul style="list-style-type: none"> • Permisos • Modelos de contrato • Solución de controversias • Directivas • Normas Oficiales Mexicanas 	<ul style="list-style-type: none"> • Precios y Tarifas • Términos y condiciones • Registro público • Costos de conexión
--	---

SECTOR

ENERGIA ELECTRICA

GAS NATURAL

Directivas

Las directivas son disposiciones de carácter general expedidas por la Comisión, tales como:

- criterios,
- lineamientos, y
- metodologías que deben sujetarse las ventas de primera mano, así como las actividades reguladas de transporte, almacenamiento y distribución de gas.

Directivas expedidas por la CRE

DIR-GAS-001-1996. Relativa a la determinación de precios y tarifas para las actividades reguladas en materia de gas natural.

DIR-GAS-002-1996. De contabilidad para las actividades reguladas en materia de gas.

DIR-GAS-003-1996. Sobre la determinación de las zonas geográficas para la distribución de gas natural.

NORMAS OFICIALES MEXICANAS

PARA DISTRIBUCION DE GAS

NATURAL

Ley Federal sobre Metrología y Normalización

La elaboración de normas está regulada por la LFMN, que en su artículo 40 establece:

Las Normas Oficiales Mexicanas tendrán como finalidad establecer.

III. Las características y/o especificaciones que deben reunir los servicios cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal o el medio ambiente general y laboral o cuando se trate de la prestación de servicios en forma generalizada para el consumidor.

La fracción XII dice que las normas deben establecer:

Las características y/o especificaciones que deben reunir los equipos, materiales, dispositivos e instalaciones industriales, comerciales, de servicios y domésticos para fines sanitarios,, de seguridad o de calidad y particularmente cuando sean peligrosos.

Por otro lado la LFMN en el artículo 62 establece que las normas oficiales mexicanas deben ser elaboradas por las dependencias por medio de comités, los cuales estarán integrados por personal técnico de las dependencias competentes, según la materia que corresponda al comité, centros de investigación científica o tecnológica, colegios de profesionales, etc.

Comité de Normalización

Al no existir NOM's aplicables a las actividades reguladas, se constituyó el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Ductos (Comité).

CRE, SE, SG, SHCP, SECOFI, SEMARNAP, PEMEX, CFE, INE, PROFECO PROFEPA, INSTITUCIONES DE INVESTIGACION CIENTIFICA, ASOCIACIONES EN EL RAMO, ORGANIZACIONES INDUSTRIALES Y COLEGIOS Y ASOCIACIONES PROFESIONALES.

Normas Técnicas

Los interesados en obtener un permiso ante la CRE se deben comprometer a utilizar equipos, materiales, instalaciones y demás dispositivos que cumplan con NOMs, o que a falta de éstas, cumplan con especificaciones técnicas internacionalmente aceptadas en la industria.

Programa de Normalización 1996

El Comité ha publicado en el D.O.F. cinco NOM's,

- **NOM-001-SECRE-1997. Calidad del Gas Natural.**
- **NOM-002-SECRE-1997. Instalaciones para el Aprovechamiento de Gas Natural**
- **NOM-003-SECRE-1997. Distribución de Gas Natural.**
- **NOM-004-SECRE-1997. Gas Natural Licuado-Instalaciones vehiculares**
- **NOM-005-SECRE-1997. Gas Natural Licuado-Estaciones de Servicio**

Programa de Normalización 1997

Para 1997, el Comité ha programó la elaboración de NOM's, en relación a:

- **NOM-006-SECRE 1999** Odorización del Gas Natural
- **NOM-007-SECRE-1999.** Transporte de Gas Natural
- **NOM- 008-SECRE-1999.** Control de la Corrosión Externa de Tuberías de Acero Enterradas y/o Sumergidas

Programa de Normalización 1998

Para 1999, el Comité programó la elaboración de las normas siguientes:

- **NOM-009-SECRE-1999. Monitoreo, Detección y Clasificación de Fugas de Gas Natural y Gas LP en Ductos.**
- **NOM-SECRE-010-1999. Gas Natural Comprimido para uso Automotor, requisitos Mínimos de Seguridad para Estaciones de Servicio.**
- **NOM-SECRE-011-1999. Gas Natural Comprimido para uso Automotor, requisitos mínimos de seguridad de Instalaciones Vehiculares.**

Marco regulatorio

(**Artículo 27 Constitucional**

- Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional
- Ley de la Comisión Reguladora de Energía
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización
- Reglamento de Gas Natural
- Normas Oficiales Mexicanas
- Normas Oficiales Mexicanas

Normas Oficiales Mexicanas

- DIR-GAS-001-1996 Precios y tarifas
- DIR-GAS-002-1996 Contabilidad
- DIR-GAS-003-1996 Zonas geográficas

(**Normas Oficiales Mexicanas**

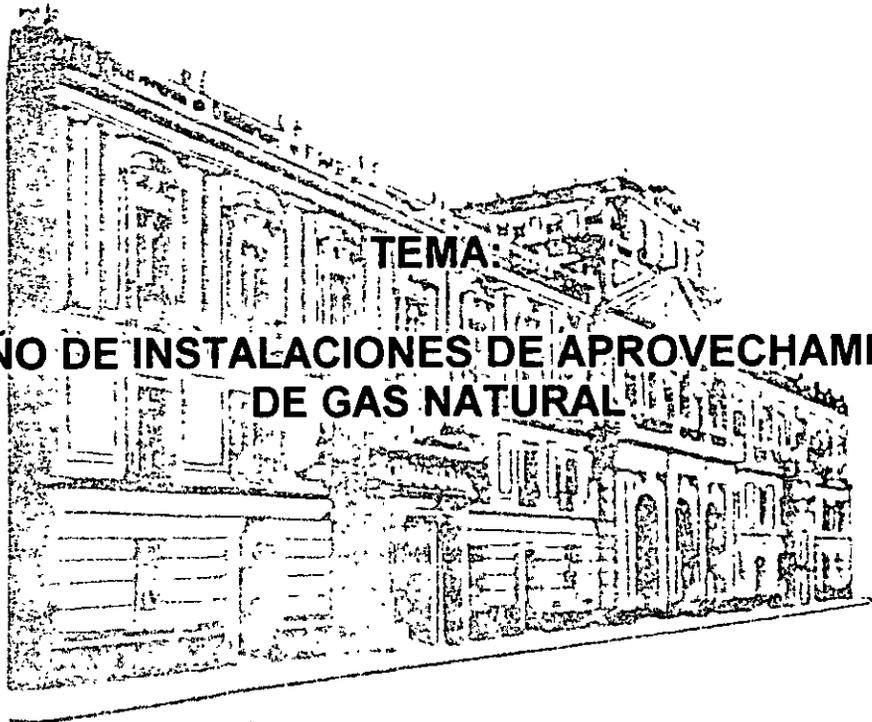
- (NOM-001-SECRE-1997 Calidad del Gas Natural
- NOM-002-SECRE-1997 Instalaciones para el Aprovechamiento del gas natural
- NOM-003-SECRE-1997 Distribución de Gas natural
- NOM-004-SECRE-1997 Gas natural Licuado-Instalaciones Vehiculares
- NOM-005-SECRE-1997 Gas Natural Licuado- Estaciones de Servicio
- NOM-006-SECRE-1998 Odorización del Gas Natural
- NOM-007-SECRE-1998 Transporte de Gas Natural
- NOM-008-SECRE-1999 Control de la Corrosión Externa en Tuberías de Acero Enterradas y/o Sumergidas



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

INSTALACIONES PARA GAS



**TEMA:
DISEÑO DE INSTALACIONES DE APROVECHAMIENTO
DE GAS NATURAL**

**ING. MANUEL CASARES ELCORO
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

I.- ELEMENTOS DE UNA INSTALACION.

Básicamente se puede decir que una instalación de aprovechamiento de gas Natural consta de los siguientes elementos:

- A. Estación de Medición y Regulación
- B. Tuberías de Servicio
- C. Aparatos de consumo
- D. Instrumentos de regulación
- E. Instrumentos de medición
- F. Instrumentos de control y seguridad

A. ESTACION DE MEDICION Y REGULACION.

La estación de medición y regulación deberá de cumplir con lo establecido en la Norma NOMM - 003 - SECRE - 1997 de la Distribución de Gas Natural y que es un tema que se debe de tratar por separado.

B. TUBERIAS DE SERVICIO:

Son las que conducen el gas desde la estación de Medición y Regulación hasta los aparatos de consumo. Según el reglamento, se permiten de: Acero negro o galvanizado en Cédula 40 con o sin costura, Cobre rígido y flexible tipo "L" y Polietileno de media o alta densidad.

La elección de cualquier tipo (acero, cobre o polietileno) dependerá de razones económicas, o técnicas cuando se requiera mayor protección mecánica de las mismas.

DISEÑO DE INSTALACIONES DE APROVECHAMIENTO DE GAS NATURAL

TEMARIO

- I. Elementos de una instalación.
- II. Información requerida para el proyecto de las instalaciones.
- III. Calculo de las instalaciones de aprovechamiento de gas Natural.
- IV. Resumen de las medidas que se deberán de tener en cuenta para el diseño y ejecución de la instalación de gas Natural para cumplir con la Norma vigente de instalaciones para el aprovechamiento de gas Natural (NOM-002-SECRE-1997).

C. APARATOS DE CONSUMO:

Son todos los artefactos que consumen gas Natural.

Deberán de contar como mínimo con una válvula que tendrá la función de controlar el flujo de gas, además de sus controles de seguridad, que por norma son parte integral del mismo.

Su consumo o gasto podrá ser expresado en las siguientes unidades, por unidad de tiempo (hora): calorías, BTU'S, metros cúbicos, pies cúbicos, kilowat, caballos de potencia (H.P.).

Siempre es importante conocer la presión de operación, hay que consultar al fabricante o proveedor del aparato de consumo.

D. INSTRUMENTOS DE REGULACION (REGULADORES).

La función principal de los reguladores de presión es la de mantener una presión constante a la salida del regulador, independientemente de las variaciones de presión a al entrada. Haciendo la instalación mas segura.

A continuación se detallan las partes principales que integran el regulador:

- Cuerpo
- Válvula de admisión.
- Conexión articulada entre la válvula de admisión y el diafragma.
- Diafragma.
- Resorte de ajuste de presión de salida.

- Resorte de ajuste de la válvula de relevo de presión.
- Ventila.

Los reguladores se pueden clasificar en:

- Presión alta: arriba de 18 grf/cm²
- De presión baja: para presión de trabajo de 18 grf/cm² o menos.

Otra clasificación, de acuerdo con la presión de los aparatos a conectar, es la siguiente:

- De única etapa: conectados en la estación de medición y regulación y que pueden entregar una presión alta o baja.
- Primera etapa: (primarios) conectados en la estación de medición y regulación y que reducen la presión del gas a una presión alta o baja.
- Segunda etapa: (secundarios) conectados en las tuberías de gas y que pueden entregar en baja presión o también en alta presión.

E. INSTRUMENTOS DE MEDICION (MEDIDORES):

Su función es la de medir el gas volumétricamente.

Los mas comunes son los de desplazamiento positivo tipo diafragma, y su funcionamiento se basa en la previa medición de un volumen, que es llenado por el gas mientras en otro volumen similar se esta desalojando, esto produce un movimiento que se transmite a un registrador que nos dará el volumen de gas en

metros cúbicos, que paso a través del medidor.

Existen otros tipos de medidores en las instalaciones industriales de gas natural desde los mas sencillos de placa u orificio, hasta los mas sofisticados de turbina. La presión de trabajo de los medidores mas comunes para gas es "baja presión", si se les conecta en alta presión se romperán los diafragmas internos o se trabaran.

F. INSTRUMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD:

Su sofisticación depende del aparato de consumo; de la capacidad del quemador. Así por ejemplo un calentador de agua domestico solo requiere una válvula pilostatica que nos controle si se apaga el piloto y cortar el paso del gas o cuando llegue la temperatura del agua a la temperatura preestablecida en nuestro control. Mientras que los quemadores industriales tendremos aditamentos que controlen presión, temperatura, corte de flujo o si falla el suministro de corriente eléctrica y hacer un barrido de los gases en la cámara de combustión con un programador electrónico.

II. INFORMACION REQUERIDA PARA EL PROYECTO DE LAS INSTALACIONES DE GAS.

Básicamente se requiere de la siguiente información para poder diseñar una instalación de aprovechamiento de gas Natural:

1. LOCALIZACION DE LOS APARATOS DE CONSUMO.
2. SUS GASTOS, CONSUMOS Y PRESIONES DE TRABAJO.

1. LOCALIZACION DE APARATOS DE CONSUMO.

Cuando sea posible, soliciten del cliente planos arquitectónicos de plantas y cortes, en caso contrario, levanten un plano en la obra y no olviden poner la mayor información posible (como posibles riesgos, accesos, cables eléctricos, etc., etc.) Mas vale que sobre a que falte.

2. GASTOS O CONSUMO Y PRESION DE TRABAJO DE LOS APARATOS:

En las instalaciones domesticas es sumamente fácil obtener la información del gasto o consumo de todos los aparatos a los que se les suministrara gas, gracias a que existe suficiente literatura al respecto.

En las instalaciones comerciales e industriales hay que obtener la información del cliente o el fabricante, si es posible.

Comúnmente los aparatos cuentan con una placa, en donde el fabricante proporciona los datos técnicos mas importantes. En caso de no poder obtener esta información, será necesario medir los orificios de las espreas y obtener el numero de orificio y así determinar el consumo apropiado.

También es importante conocer, sobre todo en las instalaciones comerciales e industriales, el numero de horas que operan los aparatos y los diámetros de entrada.

La información de gasto y presión nos dará los datos para obtener:

- Tipo de regulador.
- Diámetro de las tuberías.

**DEMANDAS TIPICAS DE APARATOS DE CONSUMO A GAS EN BAJA
PRESION(18 GR/CM2) EL PODER CALORIFICO DEL GAS CONSIDERADO
FUE 8900 KCAL/M3.**

APARATO	NO. ESPREA	BTU/H	G.N. M3/H
ESTUFA DOMESTICA			
por cada quemador o comal	70	5 478	0.155
horno, asador o rosticero	56	15 006	0.425
E 4 QH		36 896	1.045
E 4 QHC		42 369	1.200
E 4 QHCR		57 374	1.624
ESTUFA RESTAURANTE			
por cada quemador	66	7 591	0.215
plancha o asador	56	15 008	0.425
horno	50	34 248	0.970
PARRILLA O CAFETERA	70	5 473	0.155
CONSERVADOR DE ALIMENTOS CALIENTES			
por cada quemador	74	3 531	0.100
CALEFACTOR DE AIRE			
para cada 120m	64	9 003	0.255
240 "	56	15 006	0.425
360 "	52	28 069	0.795

CALEFACTOR POR INFRARROJO

por quemador	59	11 916	0.337
--------------	----	--------	-------

CALENTADOR DE AGUA
(ALMACENAMIENTO)

hasta 110 litros de agua	54	21 096	0.597
hasta 240 litros de agua	47	42 280	1.197

CALENTADOR DE AGUA (AL PASO)

Sencillo		82 089	2.324
Doble		132 402	3.749
Triple		185 363	5.248

REFRIGERADOR DOMESTICO	79	1 465	0.041
------------------------	----	-------	-------

INCINERADOR DOMESTICO	56	15 006	0.425
-----------------------	----	--------	-------

MECHERO BUNSEN		2 030	0.057
----------------	--	-------	-------

TORTILLADORA		194 190	5.498
--------------	--	---------	-------

**DEMANDAS TÍPICAS DE APARATOS DE CONSUMO COMERCIALES EL
PODER CALORIFICO DEL GAS NATURAL CONSIDERADO, ES 8900**

KCAL/M3

APARATO	BTU/H	G.N. M3/H
FREIDOR COMERCIAL chico	12 781	0.362
grande	68 714	1.945
INDUSTRIAL	81 587	2.310
SALAMANDRA o GRATINADOR		
2 Q	30 000	0.849
5 Q	64 000	1.812
BAÑO MARIA POR QUEMADOR	15 308	0.433
LAVALOZA	15 489	0.439
LAVAVASOS	15 308	0.433
SECADORA DE ROPA,		
Domestica	30 000	0.849
Industrial	121 480	3.439

CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN CALDERAS INDUSTRIALES

CAPACIDAD DE CALDERAS CV	CONSUMO AL 80% DE EFICIENCIA	
	BTU/H	GAS NATURAL (M3/h)
10	334,750	11.847
15	502,125	17.771
20	669,500	23.694
30	1,004,250	35.541
40	1,339,000	47.388
50	1,673,750	59.235
60	2,008,500	71.082
80	2,670,800	94.522
100	3,347,500	118.470

III. CALCULO DE LA INSTALACION

Se divide en:

1. SELECCION DE LOS REGULADORES.
2. CALCULO Y DISEÑO DE TUBERIAS DE ALTA Y BAJA PRESION.

1. SELECCION DE LOS REGULADORES.

La información requerida para seleccionar un regulador es la siguiente:

- Presión de entrada.
- Presión de salida.
- Gasto o consumo.
- Diámetro a la entrada y salida del regulador.
- La presión podrá ser expresada en las siguientes unidades: Kgf/cm², Gr/cm², Lb/in², mm. de columna de agua o mercurio (760 mm. = 1.0332 Kgf/cm²), pulgadas de columna de agua o mercurio, etc.

Su selección deberá ser en condiciones críticas, o sea, 30% mas del máximo gasto, mínima presión de entrada y máxima presión de salida.

2. CALCULO DE TUBERIAS.

De acuerdo con la presión a que se trabajaran las tuberías, se clasificara en:

- A. Baja presión (18 grf/cm²)
- B. Alta presión (arriba de 18 grf/cm²)

A. BAJA PRESION:

Básicamente se aplica la formula del Dr. Pole, que es, como sigue:

$$\% = \frac{Q^2 L K}{100}$$

% = porcentaje de caída de presión.

Q = gasto en M³/h.

L = longitud total de la tubería en metros.

K = factor que depende el diámetro y el material con que se fabrico la tubería.

La máxima caída de presión permisible es de 5%, por lo que se recomienda jamas exceder del 4.5 en su calculo.

FACTORES DE TUBERIAS

DIAMETRO NOMINAL

FACTOR K PARA GAS NATURAL

mm.	in.	CRL	AC	CFL
10	0.375	0.46	0.231	2.17
13	0.5	0.14	0.072	0.46
19	0.75	0.023	0.018	
25	1.0	0.0059	0.0053	
32	1.25	0.0021	0.00134	
38	1.5	0.00087	0.00062	
51	2.0	0.00022	0.00018	
64	2.5	0.000074	0.000073	
76	3.0	0.000030	0.000025	
101	4.0	0.000007	0.000006	

B. ALTA PRESION:

B:1. Calculo de tuberías de alta presión, se aplica la formula Cox (hasta 76 mm. 3" de diámetro).

$$Q = 52.335 \frac{(P_1^2 - P_2^2) D^{1/2}}{G \times L}$$

En Donde:

Q = flujo del gas L.P. en (M3/h).

G = gravedad especifica (respecto al aire = 1) se pueden usar 1.6 a 1.8 (adimencional).

D = diámetro interior de la tubería en (cm).

P = presiones absolutas sufijo (1) inicial y sufijo (2) final en (Kgf/cm²).

L = longitud equivalente en (m).

Condiciones de calculo:

La máxima caída de presión en cada tramo debe ser menor a 0.035 Kgf/cm² por cada 30.48 m. de longitud total.

B.2. Para el cálculo de tuberías con diámetro mayor a 76 mm.(3") aplicaremos la

fórmula de Weymouth.

El diámetro de las tuberías se calcula utilizando la ecuación de Weymouth, considerando la presión atmosférica de la región, el consumo, las presiones inicial y final, así como la longitud de la tubería.

$$q'h = 2.61 \times 10^{-8} d^{2.667} \sqrt{\left(\frac{(p'_1)^2 - (p'_2)^2}{Sg L_m} \right) \frac{288}{T}}$$

En Donde:

q'h = caudal en m³/h.

d = diámetro interior de la tubería en mm.

P'₁ = presión inicial absoluta en kg/cm².

P'₂ = presión final absoluta en kg/cm².

Sg = gravedad específica del gas (adimensional).

Lm = longitud de la tubería en km.

T = temperatura absoluta en °K.

IV.- RESUMEN DE LOS REGLAMENTOS QUE SE DEBERAN DE TENER EN CUENTA PARA EL DISEÑO Y EJECUCION DE LAS INTALACIONES DE GAS NATURAL.

1. DE LA LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE MEDICION Y REGULACION.

Consultar la Norma NOM-003-SECRE-1997, Distribución de Gas Natural y las especificaciones particulares del distribuidor de la zona específica.

2. DE LAS TUBERIAS.

2.1. REGLAS GENERALES.

- Utilizar únicamente tuberías y conexiones de materiales autorizados.
- En caso de colocación de mangueras, serán de acuerdo con la norma oficial.
- Sujetar a la construcción con abrazaderas adecuadas o grapas que eviten movimientos.
- Las tuberías deberán de quedar a salvo de daños mecánicos.
- Nunca instalarse en ductos (basura, aire acondicionado, elevador, etc.) o es posible en plafon si se encamisa. Si se utiliza un ducto para las instalaciones de gas este debe estar abiertos en ambos extremos para garantizar su ventilación.

- Nunca instalar en sótanos, excepto para abastecer aparatos ubicados en este lugar, pero deberán de colocar una válvula afuera y un manómetro.

- No hacer dobleces para evitar conexiones.
- No calentar los tubos de cobre, ya que se debilitan las paredes.
- Pintar de amarillo las tuberías.
- Tuberías en patios a 60 cm. de profundidad y a la entrada de la construcción deberán de ser visibles.
- Distancia de 0.20 m. a conductores eléctricos.
- No emplear uniones intermedias en tramos menores a 6 mts.
- Si se coloca en muros, las ranuras deben de situarse a 10 cm. de piso terminado.
- En losas por la parte superior y ahogados en concreto, excepto en planta baja de edificios con sótanos.
- Nunca por muros o pisos de recamaras.
- Tuberías que conduzcan gas en alta presión pueden ir en el interior de instalaciones domesticas o comerciales, excepto para conectar aparatos que trabajen en alta presión.
- Proteger adecuadamente.
- En instalaciones domesticas o comerciales, visible por el exterior de la construcción, y podrá ser oculta en patios y jardines.

3. PRUEBAS DE HERMETICIDAD.

- Todas las instalaciones las requieren y en dos ocasiones, al termino de la construcción y antes de suministrar el gas.
- En tuberías ocultas probar antes de tapar.
- Para las pruebas se puede emplear: aire o gas inerte.
- Las pruebas se realizaran a 2 veces la presión de trabajo en tuberías

que conduzcan alta presión y 0.5 cgf/cm² la de baja presión.

- La duración de la prueba será de por lo menos 10 minutos para baja presión y 24 horas en alta presión.
- Siempre hay que desconectar la fuente de presión después de cargar la línea para su prueba, después de la prueba, purgar y probar aparatos con "jabonadura".

4. MEDIDORES.

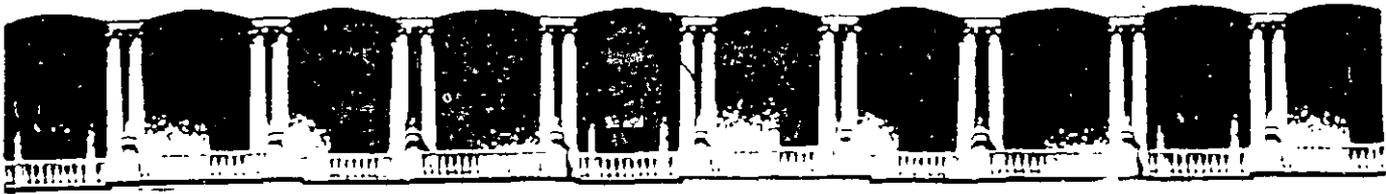
- Instalar en lugares ventilados.
- Fuera de los departamentos en áreas comunes.
- Los medidores tipo diafragma que se utilicen deben cumplir con la norma.

5. REGULADORES.

- Todas las instalaciones lo requieren.
- siempre a la intemperie y en el caso de que se localicen en el interior, sacar ventila al exterior.
- Los reguladores de alta deberán de contar con manómetro.

6. APARATOS DE CONSUMO.

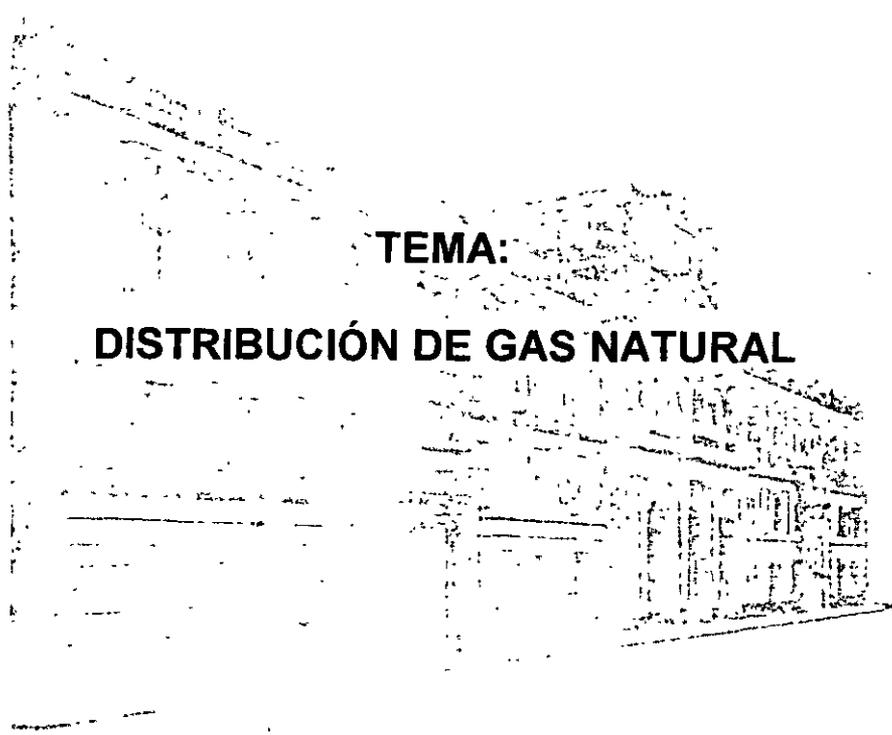
- Los aparatos domésticos siempre deben de operar en baja presión.
- Es obligatoria una llave de corte manual para cada aparato.
- Cuando se conecten con tubería flexible, la llave de paso deberá de quedar sujeta al muro con abrazadera excepto cuando la conexión sea menor a 50 cm.
- En instalaciones comerciales e industriales, instalar una válvula de cierre general de fácil acceso, de preferencia en el interior del local.
- Los aparatos deberán de localizarse en lugares ventilados y sin corrientes de aire.
- Si se instalan en lugares cerrados, deberán de tener chimenea conectada al exterior.
- No instalar calentadores en baños o recamaras.
- Los calefactores en interiores, solo los de "tipo ventilado".
- Las estufas deberán de contar con su conexión flexible de 1.50 mts. mínimo.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

INSTALACIONES PARA GAS



TEMA:

DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL

**ING. JEFF MARTÍNEZ
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

Curso de Ingeniería Distribución de Gas Natural

Elaborado por

Ing. Jeff Martinez
SubDirector de Ingeniería & Planeación
Texas Utilities

2 & 3 de mayo, 2000

Tema 1 Normas y Literatura Básica

- Normas Oficiales Mexicanas (NOMs)
- U.S. DOT. CFR 192
- Publicaciones de ANSI (B16.5, 31.8), API, ASTM & ASME
- Gas Engineers Handbook
- American Gas Association

Ejemplo de Tema 2 Cálculo de Espesor de Tubería - Acero

- Situación en la que hay un ducto por instalar en una área bastante poblada en GAM, D.F. de 6 pulgadas probado a 12,000 kPa. La tubería será de API 5L - ERW Grado B.

Tema 2

Cálculo de Espesor de Tubería de Acero

- Ecuación

$$t = (P * D) / (2 * S * F * E * T)$$

- donde:

- t espesor de la tubería en milímetros;
- P presión manométrica de diseño en kPa;
- D diámetro exterior de la tubería en milímetros;
- S resistencia mínima de cedencia en kPa;
- F factor de diseño por densidad de población;
- E eficiencia de la junta longitudinal de la tubería, y
- T factor de corrección por temperatura del gas; T = 1 si la temperatura del gas es igual o menor a 393 K.

Subtema 2-a Presión de Diseño

- Variable P presión manométrica de diseño en kPa, a veces erróneamente interpretado como MPOP.
- La MPOP, máxima presión de operación permisible, se define como la presión máxima a la que el ducto puede operar. Esta puede ser definido como el resultado de:
 - » la presión de diseño a veces igual pero nunca superior
 - » los accesorios con la clasificación más bajo
 - » la prueba de presión
- » la misma definición de MPOP aplica para ductos de polietileno

Subtema 2-b Factor de Eficiencia

- Factor de eficiencia de la junta longitudinal soldada (E)

• Sin costura	1.00
• Soldada por resistencia eléctrica	1.00
• Soldada a tope en horno	0.60
• Soldada por arco sumergido	1.00
• Tubería sin identificación con diámetro mayor de 101 mm	0.80
• Tubería sin identificación con diámetro menor de 101 mm	0.60

Subtema 2-c Factor por Densidad de Población

- Factor de diseño por densidad de población (F)
 - Clase 1 0.72
 - Clase 2 0.60
 - Clase 3 0.50
 - Clase 4 0.40
- Las clases se definen en la NOM 003 y se basan en el área definido alrededor de la tubería y el número de construcciones dentro de la misma.

Subtema 3-a1 RD - Ratio Dimensional

- Terminología que indica el espesor relativo al diámetro de la tubería
- Conocido también por SDR

- Ecuación

$$RD = DE/t$$

donde

DE - Diámetro Exterior en mm o pulg.
t - espesor en mm o pulg.

Subtema 3-a2 RD - Relación Espesor-Diámetro

- Ejemplo

- ¿Cuál es el espesor de una tubería de 6 pulg. con RD 11?

$$RD = DE/t = 11$$

$$\text{Diámetro Exterior de 6"} = 6.625$$

$$t = DE/RD$$

$$= 6.625/11$$

$$= 0.602 \text{ pulg}$$

Tema 3

Cálculo de Espesor de Tubería - Polietileno

Ecuación

$$P = 2S_h \times \frac{t}{(D-t)} \times 0.32$$

donde:

- P** presión manométrica de diseño en kPa;
S_h resistencia hidrostática a largo plazo igual a 8620 kPa a una temperatura de 296 K;
t espesor de la tubería en milímetros, y
D diámetro exterior de la tubería en milímetros.

Subtema 3-b Limitaciones

- **Independientemente del valor calculado para la presión de diseño, no se puede establecer la MPOP arriba de 685 kPa o 99 Psi**

Tema 4 Empaque del Ducto

- El empaque del ducto corresponde a la cantidad de “volúmen” de gas que contiene cualquier ducto a una presión especificada.
- El cálculo del empaque esta en base al factor de presión, el diámetro y la longitud.
- La ecuación es
 - $Volumen = Pf \times Longitud \times \pi \times r \times r$
 - Pf es el factor de presión (calculada)
 - $\pi = 3.14$
 - r = radio interno

Tema 4-cont.

Empaque de Ducto

- Este dato es muy útil para saber el volúmen de gas que existe en un ducto a una presión dada.
- En caso de necesitar purgar o llenar un ducto se puede calcular cuanto gas pasa y el tiempo que corresponde a la purga o al llenado. Sabiendo esos factores se puede tomar la decisión justificada de instalar una hot tap en vivo o una tee después de una purga para una desviación de un ducto existente.
- Además, con esta misma información puedes calcular cuanto gas se requiere para llenar un ducto nuevo, lo cual es un costo que nunca se recupera.

Subtema 4-a

Factor de Presión - Pf

- La utilización del factor de presión es para corregir un consumo registrado o calculado con respecto a la presión en la medidor en exceso de 0.25 Psi. con las condiciones base.
- El factor de presión se calcula con la siguiente ecuación

$$- Pf = (Pm + Patm)/Pbase$$

- » Pm = variable
- » Patm = variable (local)
- » Pbase de Mexico = 1 bar

Ejemplo de Tema 4

Cálculo del Empaque de Ducto

- Un ducto de 6" de acero tiene un longitud de 5500 pies. Se supone un espesor de 0.25". El ducto esta cargado a 250 Psi. ¿Cuál es el volúmen de gas que contiene?

Tema 5 Estimado de Caudal por Orificio

- Es útil saber una forma rápida que dé una indicación del caudal que sale por un orificio.
- Una de las aplicaciones principales es para estimar el tiempo que se requiere para purgar un ducto.
- Otra aplicación muy conocida es la que sirve para estimar la cantidad de gas que se perdió por una fuga.
- Ecuación
 - $Q = P \times DI \times DI$
 - Q es flujo en Mcfh (miles pies cúbicos por hora)
 - P es presión absoluta
 - DI es Diámetro interno

Ejemplo 1 de Tema 5- Fugas

Estimado de Caudal por

Orificio

- Hay un ducto de 6" de acero operando a un presión manométrica de 150 Psig. Este ducto tiene una fuga. Al excavar el ducto para repararlo, la fuga se estima como un orificio de diametro 1". ¿Cuánto gas se perdió durante un día?

Ejemplo 2 de Tema 5 - Purga Orificio

Estimado de Caudal por

- Hay un ducto de 1000 metros lineales de 6" de acero operando a un presión manométrica de 150 Psig. ¿Cuánto dura la acción de purga para una válvula de aguja que tiene un orificio de 1" de diámetro?
- Ver esquema al momento. Pizarrón
- Nota, presión varía con respecto al tiempo.
- Nota, capacidad del sistema existente contra purga para checar vs. hot tap.

Tema 6

Velocidad de Gas

- La velocidad es un parámetro muy útil para evaluar los sistemas de gas.
- La velocidad dará la característica del ritmo al cual pasa el gas adentro del ducto.
- Esta característica dá indicaciones de:
 - Caída de presión
 - Ruido
 - Turbulencia
 - Daños internos al ducto
 - Situaciones en la que se pueden producir líquidos

Tema 6

Velocidad de Gas

- La velocidad está determinada por la presión a la que opera un ducto, el caudal, y la geometría del ducto.
- $Vel = Q_{actual}/A$
 - Q_{actual} es el caudal en metros cúbicos por segundo
 - Recuerde que la presión siempre es un factor
 - A es el área de la sección del ducto en metros cuadrados

Ejemplo de Tema 6

Velocidad de Gas

- Hay un ducto de 6" que opera en 250 Psig. ¿Cuál es la velocidad para 2500 Scfh.? (Scfh es pies cubicos por hora estandar)
- Parámetros de operacion de velocidad para ductos tipo 20-no filtrado /40-filtrado
- Nota, caída contra velocidad - 50m/s
- Nota, ver cálcula en excel.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

INSTALACIONES PARA GAS



**CONFERENCISTA
ING. SIDRONIO GALVES JUÁREZ
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

CONCEPTOS BASICOS DE CORROSION.

CONCEPTOS BASICOS DE CORROSION

Y

PROTECCIÓN CATODICA

EN TUBERIAN ENTERRADA O INMERSA



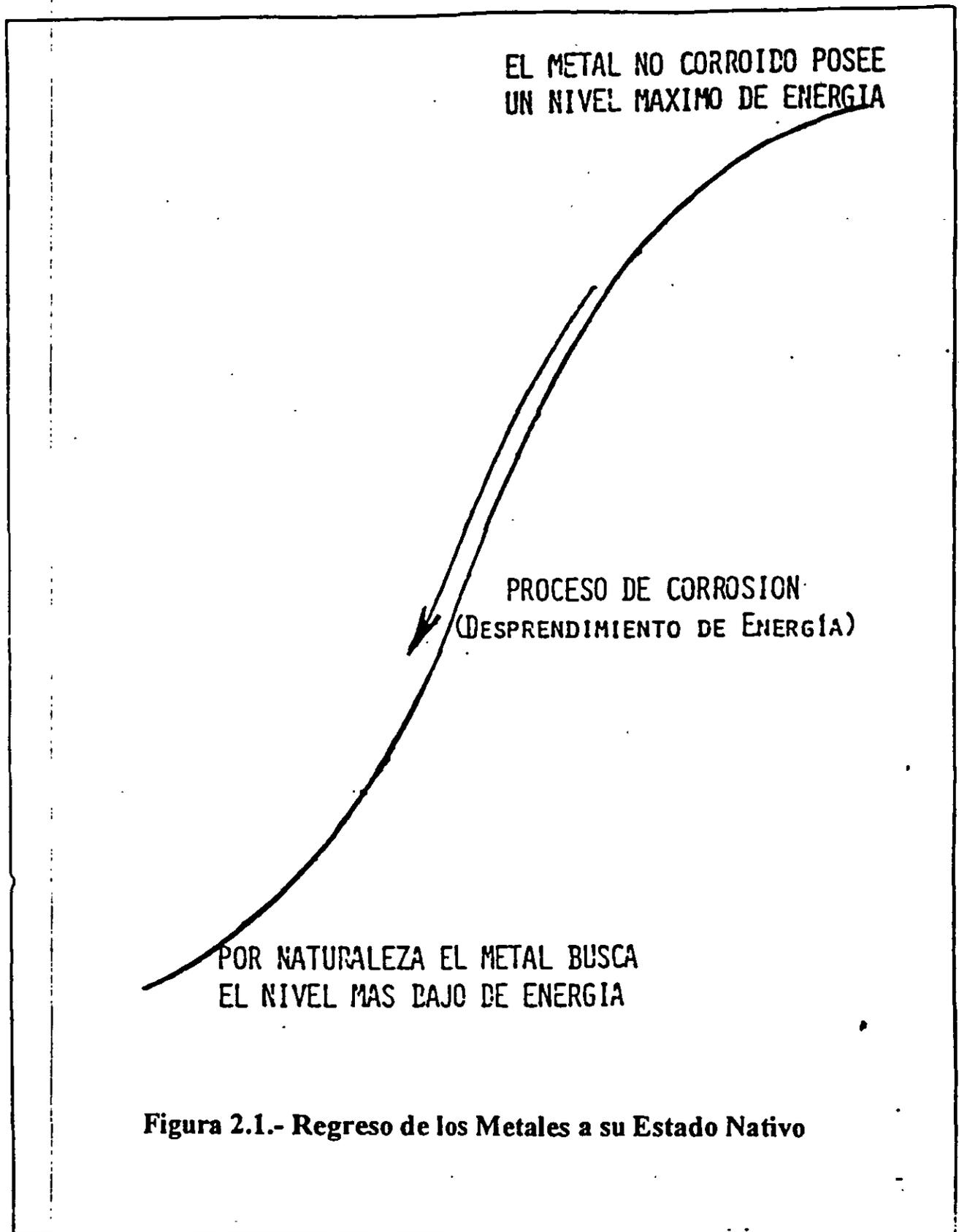
Introducción

Para el control efectivo de los problemas corrosivos que se presentan en cualquier estructura enterrada o inmersa dentro de algún electrolito, se hace necesario entender qué es la corrosión, qué la produce y qué cambios se realizan durante su proceso. Porque si se diagnostica correctamente su causa, se sabrá qué medidas correctivas aplicar.

LA CORROSIÓN COMO FENÓMENO NORMAL Y NATURAL

A la mayoría de los metales, en su forma natural, se les encuentra combinados con otros elementos químicos formando compuestos más estables o menos activos, los cuales no se pueden emplear como materiales de construcción; como ejemplos se tienen la pirita y la criolita que son minerales del fierro y el aluminio respectivamente. La obtención de los metales correspondientes, fierro y aluminio, a partir de aquellos compuestos estables, requiere de una cantidad determinada de energía para llevarlos a su estado metálico con un contenido máximo de dicha energía, el que les proporciona un cierto grado de actividad.

Durante el proceso corrosivo, la energía, que ha permanecido almacenada, se desprende o disipa a diferentes velocidades llegando a formar compuestos más estables como lo es la herrumbre. En el caso del fierro, metal de mayor uso en la construcción general, ¿se le puede culpar que trate de regresar a su estado de equilibrio natural, el óxido de fierro?. Esto se puede representar en forma gráfica en la Figura 2.1. La pendiente del proceso corrosivo, que indica el desprendimiento de energía, depende de la velocidad con que se está



realizando la reacción, pero siempre se llegará al mismo nivel que originalmente tenía el mineral del metal.

Los metales, inmediatamente tratan de tomar este camino pero, además, desde otro punto de vista, la naturaleza se acomoda provocativamente proporcionando con demasiada facilidad a dos elementos de mucha importancia dentro del contexto de la corrosión: *la humedad y el oxígeno*. Cada uno de estos elementos no puede hacer mucho por separado, pero los dos actuando conjuntamente, hay que tenerles mucho cuidado.

Este ciclo de refinación-corrosión es algo semejante a rodar una pelota cuesta arriba de una colina y después vigilar cómo baja en el momento en que se suelta. El trabajo del ingeniero o encargado del control de la corrosión consiste en evitar que la pelota ruede hacia abajo de la colina o al menos retardar la velocidad a la cual rueda.

Desde luego, todos los metales son susceptibles al fenómeno de la corrosión y, por lo tanto, ningún material es adecuado o, bien, la panacea para todas las aplicaciones. Por ejemplo, el oro que es un metal demasiado estable o noble con una resistencia ambiental excelente, se corroe si se expone a una atmósfera de mercurio aunque sea a temperatura ambiente. En cambio, el hierro que no se corroe por la acción del mercurio, sí se cubre fácilmente de óxido o herrumbre bajo cualquier exposición atmosférica.

QUÉ ES LA CORROSIÓN

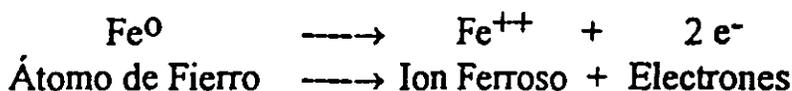
La corrosión se define como *"la deterioración de un material, generalmente un metal, al reaccionar con el ambiente"*.

La reacción con el ambiente puede ser química o, bien, electroquímica. La primera, es producida por los agentes atmosféricos como son los vapores y gases ácidos, siendo, por lo tanto, muy variable, debido a que depende exclusivamente de la atmósfera. Indudablemente, el factor más importante que determina el grado de corrosión atmosférica, es la humedad relativa. Se ha determinado que una humedad relativa por abajo de 30% no corroe a los metales.

10. INTRODUCCIÓN

La segunda, de tipo electroquímico, requiere para su desarrollo de cuatro componentes o elementos que son:

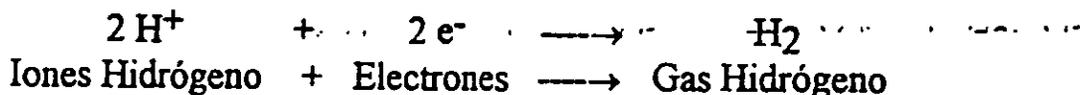
Un Ánodo. Éste es la porción de la superficie metálica que se corroe. Es el punto en el cual el metal se disuelve y entra en solución. Cuando el metal se disuelve, los átomos de éste pierden electrones y entran en solución como iones metálicos. Puesto que los átomos contienen igual número de protones (partículas cargadas positivamente) y electrones (partículas cargadas negativamente), la pérdida de estos últimos deja un exceso de cargas positivas y el ion resultante se carga positivamente. La reacción electroquímica para el fierro es:



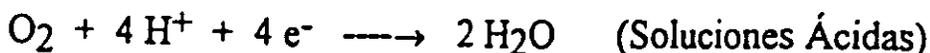
A la pérdida de electrones se le conoce como oxidación. El ion ferroso entra en el seno del terreno y los dos electrones se quedan en el metal emigrando hasta el cátodo.

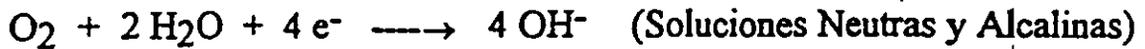
Un Cátodo. Éste es la porción de la superficie metálica que no se disuelve, pero, es el sitio donde se desarrolla(n) otra(s) reacción(es) necesaria(s) para el proceso de la corrosión. Como se dijo anteriormente, los electrones dejados en el ánodo por la disolución del fierro, viajan a través del metal hasta llegar a esta porción catódica donde se consumen al reaccionar con algún agente oxidante que se encuentre presente dentro del electrolito (terreno o agua). A este consumo de electrones se le conoce como reacción de reducción.

La reacción típica es:



O, bien, si el oxígeno se encuentra presente, también son posibles las dos reacciones siguientes:





De tal manera que, en las áreas anódicas se producen electrones y en la(s) reacción(es) que se desarrollan en el cátodo se consumen. Esta es la característica esencial de una reacción electroquímica *-se generan electrones mediante una reacción electroquímica en un punto determinado y después viajan a otro punto donde son usados por otra(s) reacción(es)-*. El flujo de corriente eléctrica realmente es el paso de electrones de un punto a otro. Por convención, se dice que la corriente eléctrica fluye en la dirección opuesta, desde el cátodo hasta el ánodo. Recuérdese que este flujo de corriente es dentro del metal. Por lo tanto, el paso metálico entre el ánodo y el cátodo debe ser un buen conductor de electricidad.

Un Electrolito. A fin de soportar las reacciones previamente listadas y para completar el circuito eléctrico, la superficie metálica (tanto el ánodo como el cátodo) se debe encontrar cubierta por una solución eléctricamente conductora. A esta solución se le designa como electrolito. El agua pura es un electrolito pobre, pero rápidamente incrementa su conductividad con la presencia de las sales disueltas. El electrolito conduce la corriente desde el ánodo hasta el cátodo y después aquella regresa al ánodo a través del metal, completando de esta manera el circuito.

Un Conductor Externo. Éste es cualquier conductor metálico que conecta al ánodo con el cátodo y, generalmente, lo constituye la misma estructura bajo estudio.

En este momento, se presenta una de las preguntas clave dentro del estudio de la corrosión: ¿por qué determinadas áreas de la superficie metálica actúan como ánodos?. La respuesta no es tan simple como parece. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la razón se centra sobre las heterogeneidades tanto de la superficie metálica como del electrolito o, bien, de ambos.

A la combinación ánodo, cátodo, electrolito y conductor externo, se le conoce como *celda o batería de corrosión* y los tipos más comunes que se encuentran en la vida real son:

CELDAS GALVÁNICAS

En este tipo de celda, ambos electrodos, ánodo y cátodo, son de materiales muy diferentes entre sí, se encuentran inmersos en un electrolito común y la corrosión galvánica se produce de la manera siguiente: la corriente de corrosión se genera en el ánodo y fluye desde ésta área a través del electrolito hasta llegar al cátodo. Después, la corriente fluye desde este último electrodo a través del paso de retorno hasta su punto de origen. La Figura 2.2, es un ejemplo de este tipo de celda, donde la válvula de latón o bronce funciona como cátodo mientras que la tubería de acero constituye el ánodo y se corroe.

Siempre que se conecten metales diferentes (par galvánico) uno con otro y se entierran, se produce la corrosión galvánica y su severidad depende de la clase de materiales conectados, de sus áreas relativas y del género de terreno en que se encuentran enterrados.

Cuando se conectan acero al carbón con fierro fundido, el primero es el metal que se corroe (ánodo) mientras que el segundo se protege (cátodo). La corriente de corrosión generada por el metal corroible, acero al carbón, protege al fierro fundido. Otros pares galvánicos que producen corrosión galvánica se listan en la *Tabla 2.1*.

Para evitar el daño de este tipo de corrosión se recomienda: *nunca conectar metales diferentes y cuando se haga úsense accesorios aislantes entre los mismos e instalar protección catódica sobre el metal anódico.*

CELDAS POR CONCENTRACIÓN

En este tipo de celdas, los electrodos son del mismo material pero se encuentran inmersos dentro de un electrolito de concentración diferente. Esta diferencial de concentración puede ser motivada por el oxígeno y los agentes químicos que se encuentran dentro del terreno. La Figura 2.3 presenta dos secciones de tubería con una aereación diferencial, en donde la porción carente de

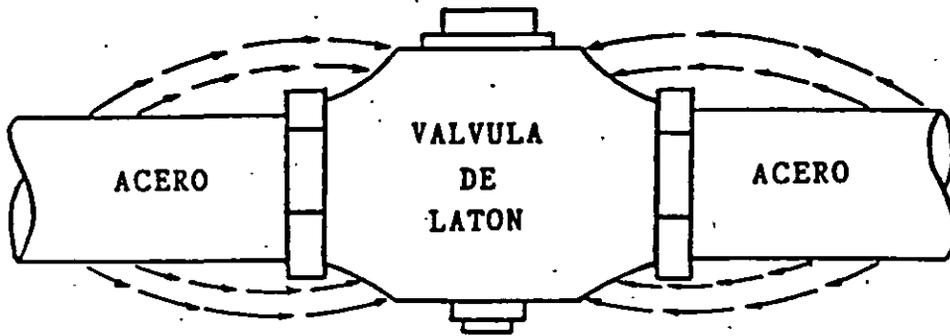


Figura 2.2.- Celda Galvánica o de Electrodo Diferentes

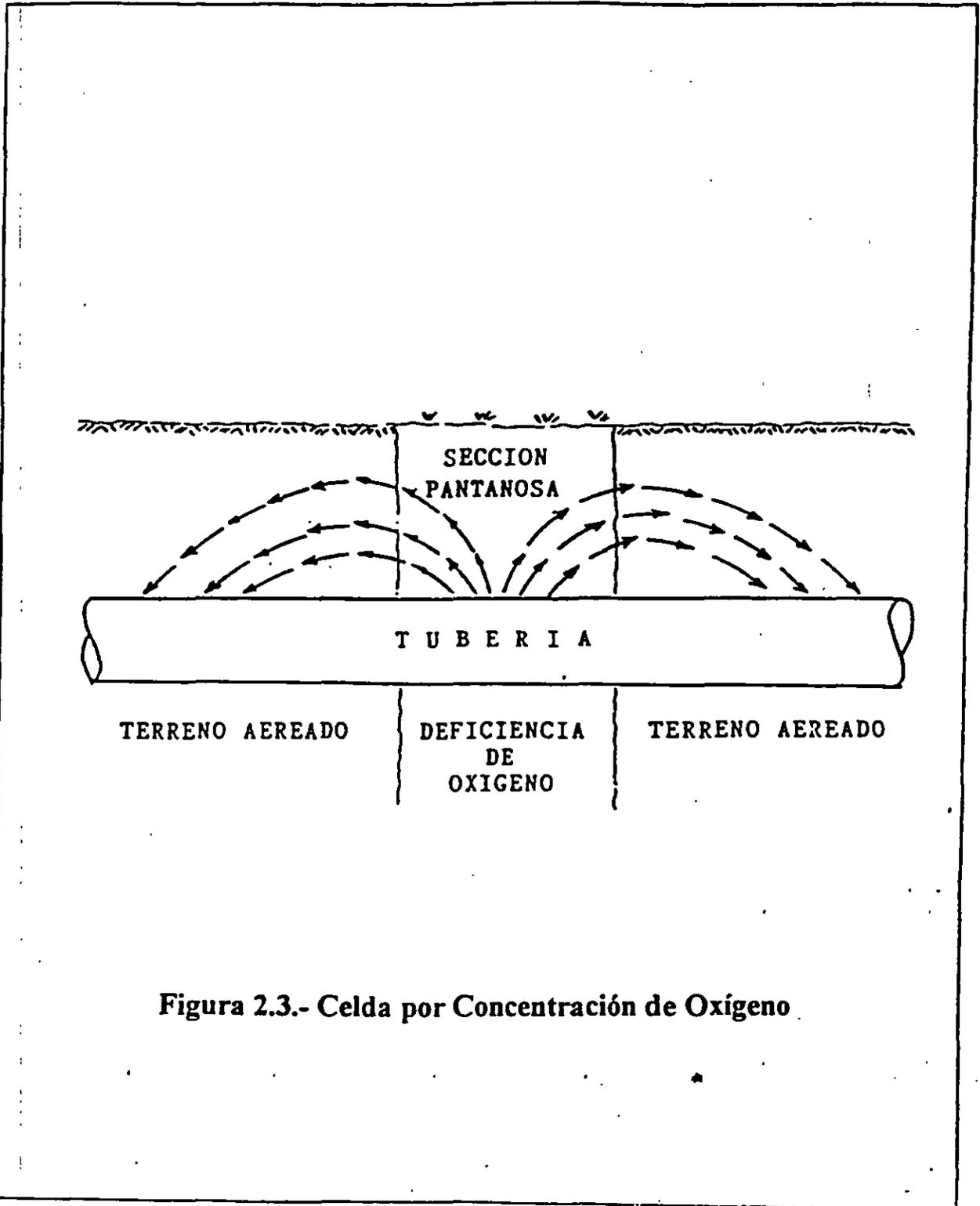


Figura 2.3.- Celda por Concentración de Oxígeno

TABLA 2.1.- Pares Metálicos que Tienden a Producir Corrosión Galvánica

ÁNODO	Cuando se Conecta a:	CÁTODO
Acero al Carbón		Fierro Fundido
Acero al Carbón		Cobre
Acero al Carbón Nuevo		Acero al Carbón Oxidado
Acero al Carbón		Bronce
Acero al Carbón		Acero Maleable
Acero al Carbón		Escama de Laminación
Fierro Fundido		Cobre
Fierro Fundido		Hojuela de Grafito
Fierro Fundido		Bronce
Magnesio		Acero al Carbón
Aluminio		Acero al Carbón
Zinc		Acero al Carbón

oxígeno forma el ánodo, se corroe, mientras que las secciones aereadas constituyen las áreas catódicas y se protegen.

Para reducir el daño de este tipo de corrosión se recomienda: *recubrir el sistema de tubería e instalarle protección catódica.*

CELDA ELECTROLÍTICAS

Este tipo de celdas son aquellas que se controlan mediante una fuente de corriente externa y el ejemplo clásico lo constituyen las corrientes parásitas o vagabundas provenientes de: los sistemas de transporte eléctrico, los sistemas de protección catódica y las operaciones de minería. La Figura 2.4 es el ejemplo de este tipo de corrosión.

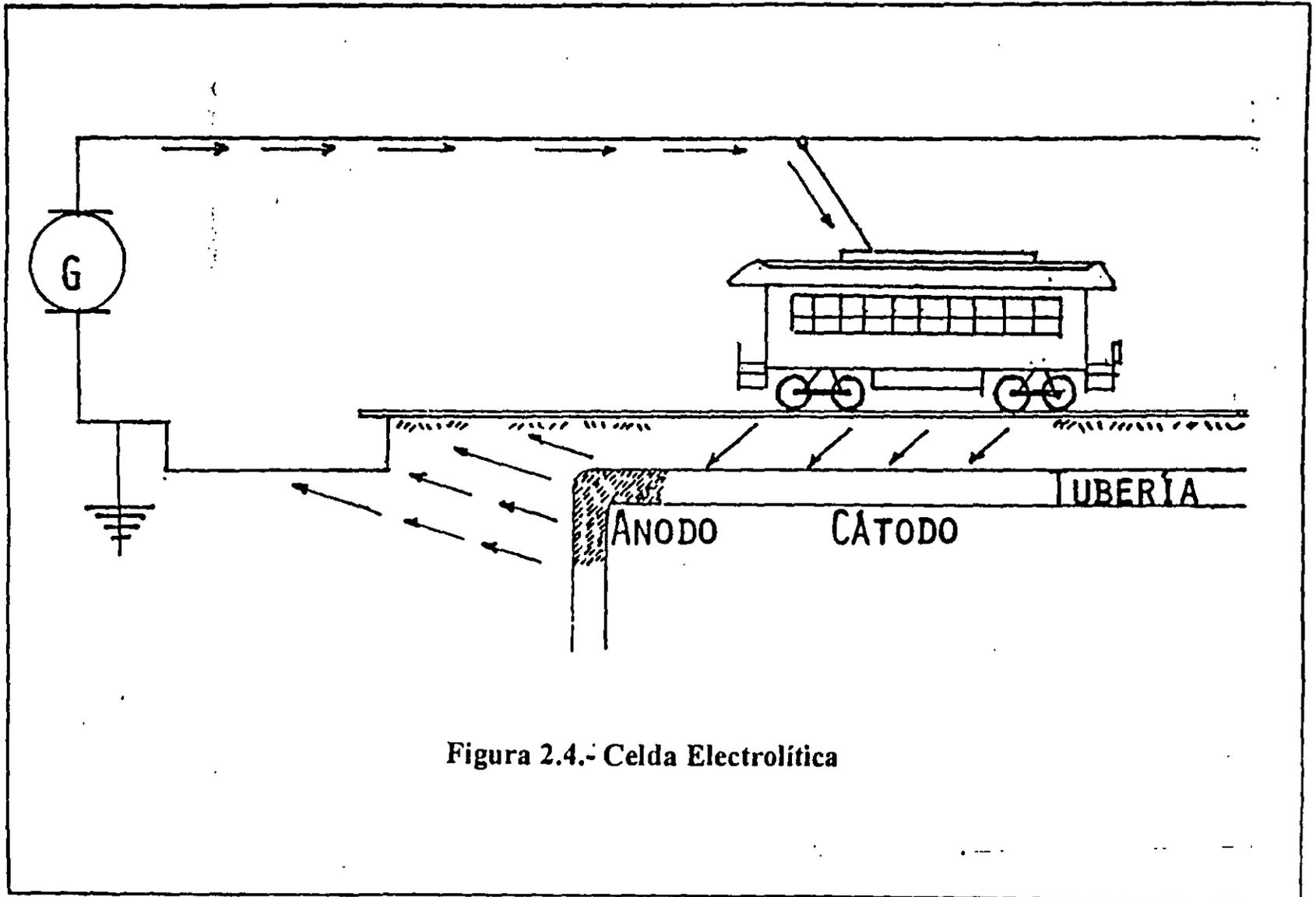


Figura 2.4.- Celda Electrolítica

La recomendación para evitar este tipo de corrosión es: *recubrir el sistema de tubería, conectar un cable de unión de resistencia calculada hasta el sistema que se protege o recoge la corriente e instalar protección catódica.* Todo esto se debe hacer bajo la dirección del ingeniero en protección catódica.

QUÉ PRODUCE LA CORROSIÓN

Aunque ya se han descrito las causas por las que se puede desarrollar la corrosión electroquímica, se hace necesario entrar un poco más al detalle en cada tipo de celda corrosiva.

CELAS GALVÁNICAS O DE ELECTRODOS DIFERENTES

1. METALES DIFERENTES: Cuando los metales, que sirven de electrodos, son muy diferentes como es el caso de dos metales que se encuentren muy separados en las Series de Fuerza Electromotriz y Galvánica, se llega a producir un voltaje considerable y la corrosión se desarrolla con rapidez.

Se debe mantener en mente, que las posibles combinaciones ánodo/cátodo no son rígidas y cualquier cambio en el ambiente o electrolito llega a alterar el orden. Por ejemplo, cerca del punto de ebullición, la combinación hierro-zinc llega a ser reversible.

2. TRATAMIENTOS TÉRMICOS DIFERENTES: Si se llegan a conectar dos piezas de acero similares pero una es templada y la otra recocida, la primera será anódica con respecto a la segunda.

3. RASPADURA O ABRASIÓN: Si un pedazo de metal se encuentra raspado o esmerilado, éste será anódico con respecto a resto que le rodea.

4. ESFUERZOS DIERENCIALES: Generalmente toda área tensionada será anódica con respecto a cualquier otra área sin tensión alguna. Por ejemplo, la cabeza y la punta de cualquier clavo son anódicas al resto del clavo.

Asimismo, otras condiciones producen corrosión sobre una superficie metálica y, aunque algunas no llegan a tener mucha importancia en la corrosión bajo tierra, se listan a fin de tener un panorama más completo.

5. DIFERENCIAS EN LA COMPOSICIÓN DEL GRANO Y LA MATRIZ: En la mayoría de las aleaciones, existen cristales de una composición determinada, los que se encuentran rodeados de una matriz de composición diferente y ambas fases desarrollan una diferencia de potencial pero sin que se llegue a establecer una regla general. Por ejemplo, en el caso de los cristales de CuAl_2 que se encuentran dentro de una matriz de la aleación Cu-Al, ésta es anódica con respecto a aquellos; en cambio los cristales Mg_3Al_2 son anódicos conforme a la matriz que les rodea dentro de la aleación Mg-Al.

6. LIMITES DE LOS GRANOS: En todos los metales existen granos y límites entre estos mismos y, por lo general, el límite del grano siempre será anódico con respecto a la partícula principal del mismo.

7. DIFERENCIAS EN EL TAMAÑO DEL GRANO: Los granos metálicos nunca son de un tamaño uniforme y, generalmente, los más pequeños siempre son anódicos con respecto a los más grandes.

8. SUPERFICIES RUGOSAS: En todos los casos donde se encuentra una superficie rugosa adyacente a otra lisa, aquélla será anódica con respecto a la última.

9. DIFERENCIA EN CURVATURA: Si un metal presenta una superficie curva, la más convexa será anódica a la menos convexa.

CELDAŞ POR CONCENTRACIÓN O AMBIENTES DIFERENTES

En algunos casos, la superficie metálica en todos sus aspectos es uniforme de manera tal que no presenta áreas anódicas ni catódicas pero las diferencias en el ambiente que se encuentra en contacto con el metal, llegan a producir corrosión. Las causas de estas diferencias son:

1. DIFERENCIA EN LA COMPOSICIÓN DEL ELECTROLITO: Una porción del lecho de cualquier tubería puede quedar sobre un terreno rocoso y otra sección sobre arcilla. Sin excepción, la última porción siempre será anódica a la parte rocosa. (por la humedad que se acumula)

2. DIFERENCIA EN LA CONCENTRACIÓN DEL ELECTROLITO: El mismo electrolito llega a presentar concentraciones diferentes al estar en contacto con la tubería o estructura y la parte que se encuentre en contacto con la solución diluida, siempre será anódica y se corroerá.

3. DIFERENCIA EN LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO: La concentración de oxígeno que se llega a encontrar alrededor de la tubería o estructura, tiene una fuerte influencia sobre la corrosión. El área anódica es aquella que se encuentra en contacto con el electrolito de concentración de oxígeno más baja. Figura 2.3.

4. DIFERENCIA EN TEMPERATURA: Si la temperatura de cierta área de cualquier estructura difiere con respecto a otra área; la región de alta temperatura será anódica con respecto a la zona fría.

5. DIFERENCIA EN EL MOVIMIENTO DEL ELECTROLITO: Si una estructura se encuentra inmersa en un electrolito y éste presenta velocidades variables, el área o zona de velocidad superior siempre será anódica.

6. DIFERENCIA EN ILUMINACIÓN: En este caso, las regiones más oscuras serán las anódicas.

CELIDAS ELECTROLÍTICAS

En la operación de los sistemas de transporte eléctrico es muy común el uso de un solo cable para la conducción de la energía eléctrica y los rieles como paso de retorno al generador. Si en la vecindad se encuentran estructuras enterradas, éstas pueden actuar como un paso de retorno adicional. Parte de la corriente llega a fugar y entra a la tubería como se muestra en la Figura 2.4. En los puntos donde la corriente entra a la tubería no se presenta daño alguno, pero

20. INTRODUCCIÓN

donde aquélla deja a la estructura para entrar al seno del terreno, la tubería se corroe rápidamente.

A las áreas donde la corriente deja la estructura, se les conoce como "*puntos corrosivos*" o "*áreas positivas*" y a las corrientes que producen esta corrosión, se les designa como "*corrientes parásitas o vagabundas*". Cualquier corriente de esta naturaleza puede ser de 100 a 1,000 veces mayor que la corriente de las celdas de corrosión locales y, por lo tanto, su efecto es más severo.

Se debe tener en mente que una corriente de 1 ampere fluyendo durante un año, consume 9.5 kilos (21 libras) de acero.

Las corrientes parásitas no se encuentran limitadas únicamente a los sistemas de transporte eléctrico. *Siempre que se emplee una corriente directa puede haber corrosión si no se toman las precauciones debidas.*

CAMBIOS PRODUCIDOS DURANTE LA CORROSIÓN

Afortunadamente, no se requieren grandes conocimientos de química para entender los cambios que se desarrollan cuando un metal se corroe. Por lo general, éste es duro, sólido, denso, opaco, insoluble en agua y conduce la corriente eléctrica. Pero, el metal también puede existir en forma de iones y éstos son solubles en el agua; en el caso de que tengan color, éste no guarda relación alguna con el color del metal; además, los iones metálicos se encuentran cargados positivamente y ayudan a transportar la corriente eléctrica a través de las soluciones electrolíticas.

La electroquímica de la corrosión trata con el cambio que sufren los metales a iones y viceversa. *La corrosión se presenta cuando el metal cambia a su forma iónica.*

La corrosión de los metales es un verdadero proceso electroquímico y Michael Faraday puso los cimientos para el desarrollo de la teoría; en 1824, Sir Humphrey Davy aplicó por vez primera la protección catódica basado en la teoría de Faraday, y en 1903, el Dr. Willis Rodney desarrolló la teoría moderna que se conoce a la fecha.

En este momento conviene introducir al electrón, el cual es la partícula más pequeña de electricidad y esencialmente no pesa pero cuenta con una carga negativa que le hace importante en extremo. Se le representa por la letra "e-" con carga negativa y se encuentra en todos los átomos, es parte de todos y no puede existir sólo. Nadie ha visto un electrón o un botella llena de los mismos. *Cuando un átomo pierde uno o más electrones, se convierte en ION.* Esto se indica mediante la siguiente ecuación donde el Fe^0 representa un átomo de fierro.



El fierro con dos cargas positivas, Fe^{++} , es un ion ferroso donde el átomo de fierro pierde dos electrones sin merma alguna en cuanto a peso; sin embargo, el cambio en las propiedades entre el ion y el átomo es tremendo. La ecuación anterior es el proceso básico de la corrosión del fierro y para los demás metales se aplican ecuaciones similares. No obstante, el cambio representado en la ecuación no se lleva a cabo por sí solo.

Como se dijo anteriormente, en la corrosión electroquímica del fierro o el acero, siempre se encuentra un ánodo, un cátodo, un electrolito y un paso o conductor de retorno. Las reacciones simultáneas de corrosión u oxidación en el ánodo y de reducción en el cátodo son:



La reacción desarrollada en el ánodo ya se ha discutido, mientras que en el cátodo, el ion hidrógeno, H^+ , se neutraliza eléctricamente, con los dos electrones producidos en la reacción de oxidación o corrosión del fierro en el áno-

22. INTRODUCCIÓN

do, formando hidrógeno atómico; de tal manera que no debe ser sorpresa el aprovisionamiento de los iones puesto que siempre se encuentra presente la humedad.

CONSTITUCIÓN DEL ELECTROLITO

Cualquier ácido o solución salina constituyen un buen electrolito y, en el seno de sus respectivas soluciones, la corrosión es demasiado rápida. Pero aún el agua simple, sea del hidrante común o del río, es un buen electrolito o sea que es bastante conductora para permitir que tomen lugar las reacciones de corrosión. Aún el agua de lluvia, a medida que cae a través de la atmósfera, disuelve suficiente dióxido de carbono que le convierte en conductora y en las zonas industriales o cerca de la costa, llega a disolver una variedad amplia de compuestos que le convierten en un buen electrolito y, por lo tanto, muy corrosiva.

Para que la corrosión tome lugar, no es necesario que el agua se encuentre presente en forma visible; todos los objetos cuentan con una película de agua sobre su superficie y, es tan delgada que, no la detectamos mediante nuestros sentidos comunes pero a pesar de esto, llega a servir de electrolito y a favorecer la corrosión.

IMPORTANCIA DE LOS MATERIALES QUE FORMAN EL ELECTRODO

Los materiales que constituyen al electrodo tienen un significado importante sobre la velocidad de la corrosión, debido a que presentan una influencia marcada sobre el voltaje de la celda de corrosión. Los metales se han arreglado dentro de una Serie en la cual se listan de acuerdo a su tendencia para entrar en solución; esto es, tendencia para formar iones. Esta es la conocida como Serie de Fuerza Electromotriz.

SERIE DE FUERZA ELECTROMOTRIZ

La *Tabla 2.2*, es una Serie de Fuerza Electromotriz donde únicamente se listan los metales más comunes. Los voltajes que se presentan, se obtienen en una celda preparada bajo condiciones definidas y específicas, donde el metal designado forma uno de los electrodos y el hidrógeno constituye el segundo electrodo. Arbitrariamente, en esta tabla, el potencial del electrodo de hidrógeno se ha tomado como referencia con un valor de cero. Para obtener el voltaje desarrollado al emplear dos metales como electrodos, se debe sustraer el potencial de electrodo más pequeño del más grande si son de signos semejantes y sumarlos si son de signo contrario.

Los metales de la parte alta de la tabla, entran al seno de las soluciones con relativa facilidad; por ejemplo, el sodio se combinará con el agua en forma espontánea y rápida. A medida que se baja en la lista, esta tendencia disminuye hasta alcanzar al platino y al oro los cuales no se disuelven con facilidad o, sea, que no se corroen ni en ácido nítrico concentrado. En general, la tendencia de los metales para corroerse disminuye a medida que se baja en la Serie de Fuerza Electromotriz.

Cuando dos metales diferentes sirven como electrodos dentro de una celda de corrosión, el metal que se encuentra en la parte superior de dicha Serie será el ánodo y se corroerá; el otro metal, será el cátodo y generalmente no se dañará. También entre más apartados se encuentren los metales en la Serie, mayor será el voltaje desarrollado y, por supuesto, mayor será la tendencia para favorecer la corrosión.

Cualquier metal llega a desplazar a otro que se encuentre dentro de una solución, siempre y cuando el último se localice por abajo de aquél en la Serie. Por ejemplo, si un pedazo de fierro o níquel se coloca dentro de una solución de sulfato de cobre, el fierro entra en solución sustituyendo al cobre y éste se precipitará sobre el fierro o el níquel en forma de un recubrimiento metálico. A este fenómeno se lo conoce como cementación o depositación por inmersión. Figura 2.5.

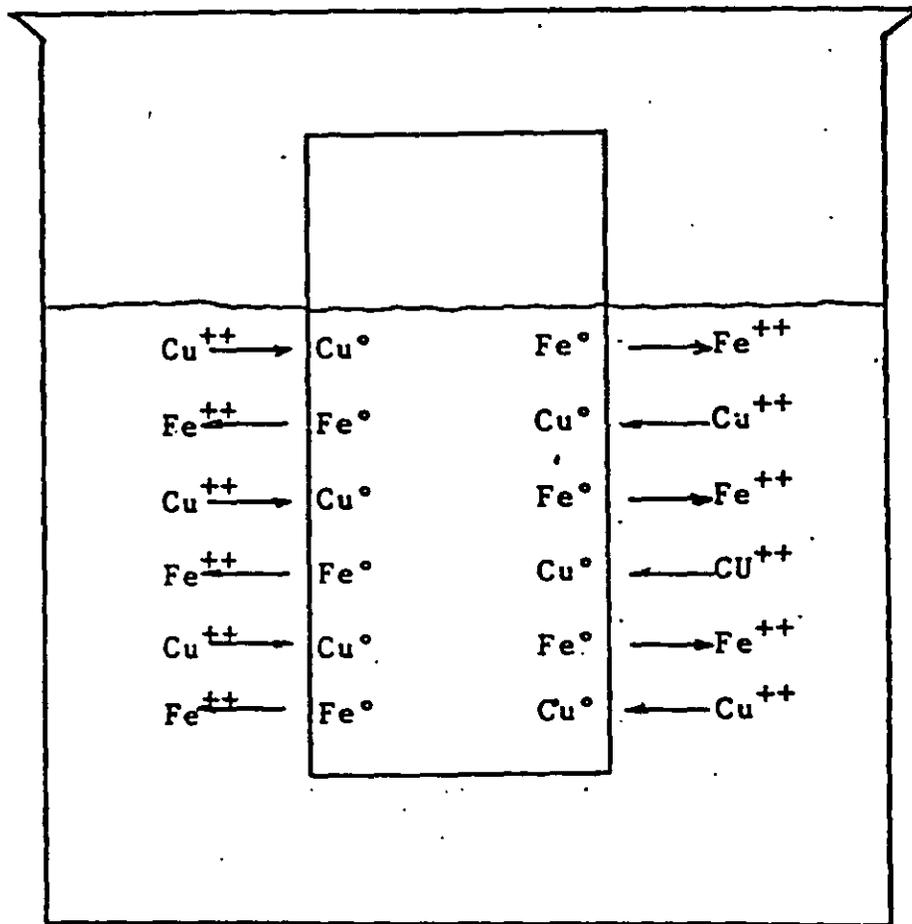


FIGURA 5

DESPLAZAMIENTO DEL ION COBRE DE UNA SOLUCION DE SULFATO DE COBRE
 POR UN TESTIGO DE FIERRO

TABLA 2.2- Serie de Fuerza Electromotriz

Electrodo	Potencial de Electrodo Normal, Volts
Sodio	-2.712
Magnesio	-2.340
Aluminio	-1.760
Zinc	-0.760
Cromo (trivalente)	-0.710
Fierro (divalente)	-0.440
Niquel	-0.250
Estaño	-0.136
Plomo	-0.126
Hidrógeno	-0.000
Cobre (divalente)	+0.345
Cobre (monovalente)	+0.552
Plata	+0.800
Platino	+1.200
Oro (monovalente)	+1.680

Las condiciones experimentales bajo las cuales se dan los voltajes de la Serie de Fuerza Electromotriz se definen muy bien en cuanto a la naturaleza, concentración y temperatura del electrolito, y cualquier desviación de tales condiciones llega a producir voltajes diferentes. Por ejemplo, si la concentración de las soluciones electrolíticas usadas se encuentra más diluida de acuerdo a las condiciones especificadas, los voltajes cambiarán hacia la parte superior de la Serie. Así que, si la concentración de los iones cobre dentro de una solución se diluye lo suficiente, el voltaje del cobre se puede mover hacia el valor del zinc y ponerse por encima del mismo.

Por otra parte, si el zinc contiene 0.01% de estaño, su voltaje se moverá hacia abajo de la Serie hasta quedar por debajo del valor del fierro. Lo mismo es cierto si el zinc puro y su solución se calientan hasta un punto cercano al de

ebullición. El voltaje real de cualquier electrodo variará con el género de éste; su aleación con otros metales; el tipo de solución, su concentración y temperatura de la misma.

Estos cuantos ejemplos ilustran cómo los potenciales de electrodo obtenidos en la práctica no siempre son iguales a los potenciales normales o ideales, y se puede llegar a conclusiones erróneas.

IMPORTANCIA DE LA SERIE DE FUERZA ELECTROMOTRIZ

Los ingenieros en corrosión quienes entiendan el significado total de la Serie de Fuerza Electromotriz y, desde luego, sus limitaciones, se encuentran capacitados para diseñar y planear instalaciones donde la corrosión se mantenga a un mínimo. Aún los ingenieros novatos pueden aprender algunos de los principios fundamentales y aplicarlos con buen éxito.

POLARIZACIÓN

Siempre que una corriente directa fluye a través de un electrolito ocurren cambios químicos en las superficies de los electrodos que se encuentran en contacto con el electrolito. Estos cambios llegan a perturbar los potenciales de electrodo simple en cada uno y los vuelven diferentes de lo que fueron antes de iniciado el flujo de corriente. En las celdas de corrosión, el cambio en el ánodo hace que su voltaje se mueva hacia abajo en la Serie de Fuerza Electromotriz; mientras que el cambio del voltaje en el cátodo hace que aquél se mueva hacia la parte superior de la misma Serie. Por lo tanto, los voltajes de ambos electrodos se aproximan uno a otro y la diferencia entre los mismos se ve reducida. A este cambio de le conoce como *polarización*.

Se puede decir la misma historia de manera diferente: siempre que una corriente fluye a través de una celda electrolítica produce cambios en los electrodos, cambios que tienden a formar una nueva celda con un voltaje en direc-

ción opuesta a la del voltaje principal de la primera celda. *Este nuevo contravoltaje es la polarización y siempre se opone al voltaje principal de la celda, nunca lo refuerza.*

Si se analizan más detenidamente los cambios que toman lugar en los electrodos durante la corrosión del hierro se puede entender mejor la polarización; cuando el hierro se corroe en el ánodo la reacción es:



Esto es, los iones ferrosos producidos, tienden a cambiar el voltaje en el ánodo haciéndolo más noble y entre mayor sea la concentración de los iones hierro, mayor será la polarización.

En el cátodo, la reacción generalmente es:



La concentración de los iones hidrógeno, H^+ , adyacentes a la superficie catódica se reduce debido al cambio de dichos iones a hidrógeno gaseoso, lo cual, desde luego, produce una escasez de los mismos. Mientras que en el ánodo, la polarización se produce por un incremento en la cantidad de iones ferrosos en la vecindad de la superficie anódica; en el cátodo, la polarización se origina por una disminución en la cantidad de iones hidrógeno. La acumulación de gas hidrógeno sobre la superficie catódica es mucho más importante que el cambio en la concentración de iones hidrógeno. Este efecto electrolítico, cambia la superficie catódica a una película de hidrógeno, la cual produce un voltaje de polarización bastante pronunciado.

SOBREVOLTAJE

Cuando el hierro o el acero se corroen con evolución de hidrógeno sobre las superficies catódicas, existe un voltaje mínimo y definido que el par galvánico debe desarrollar o generar a fin de desprender este hidrógeno. Si no existe

suficiente voltaje para su desprendimiento, se detiene la reacción de corrosión. Aquí, se tiene un aliado más de gran valor para el ingeniero en corrosión.

Algunas superficies metálicas requieren de un voltaje adicional para obligar al hidrógeno a desprenderse de las mismas. A este voltaje adicional se le conoce como *sobrevoltaje* y es muy diferente para cada metal. Para el platino el valor es bajo, 0.09 volt, mientras que para el mercurio es de 1.04 volts y para el fierro es de 0.40 volt. Estos valores son para densidades de corriente muy bajas.

El hecho de que el fierro no se corroa en agua neutra y en la ausencia de oxígeno, se atribuye al sobrevoltaje del hidrógeno sobre el fierro; el voltaje del par galvánico local no es suficiente para sobreponer tanto la polarización como el sobrevoltaje del hidrógeno y, por lo tanto, la corrosión no se efectúa. La polarización y el sobrevoltaje se encuentran muy interrelacionados, de manera tal que con mucha frecuencia se tratan como un solo fenómeno.

El sobrevoltaje incrementa con la densidad de corriente. Por ejemplo, el sobrevoltaje de hidrógeno sobre fierro cambia desde 0.40 volt a una densidad de corriente de 0.001 ampere por centímetro cuadrado hasta 0.77 volt a 1.0 ampere por centímetro cuadrado. Por lo tanto, si en un proceso corrosivo el área catódica es pequeña en comparación con el área anódica, su densidad de corriente será relativamente grande y producirá un sobrevoltaje de hidrógeno alto sobre esta última. El resultado puede ser que el par galvánico no tenga el suficiente voltaje para forzar el desprendimiento del hidrógeno. Cuando este es el caso, la reacción de corrosión en el ánodo no puede tomar lugar y la corrosión se detiene.

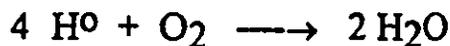
En el caso de la corrosión del fierro o el acero en soluciones ácidas, el sobrevoltaje es de poca ayuda. El gradiente de fuerza del par galvánico local dentro del ambiente ácido es bastante alto, de manera tal que el sobrevoltaje del hidrógeno no soportará la polarización. El hidrógeno se desprende en forma constante y la corrosión en el área anódica procede sin interrupción alguna.

Sin embargo, en un ambiente neutro o alcalino, la polarización y el sobrevoltaje producidos por el hidrógeno son lo suficientemente superiores al gra-

diente de voltaje de la celda de corrosión, evitando así la generación de corriente y, por supuesto, deteniendo la corrosión. Esta es una situación que se desea tener pero, no se debe olvidar que, la corrosión también cuenta con un aliado que es la despolarización.

DESPOLARIZACIÓN

Existe un buen número de fuerzas que tienden a destruir la polarización y a este proceso se le conoce como *despolarización*. Durante el transcurso se ha visto que en la corrosión del hierro en aguas neutras o alcalinas, la acumulación del hidrógeno sobre la superficie catódica llega a producir bastante polarización, la cual detiene la corrosión siempre y cuando al hidrógeno se le permita permanecer allí. Pero he aquí, la presencia de un aliado de la corrosión, el oxígeno, el cual tiende a prevenir cualquier acumulación mediante su combinación o reacción con el hidrógeno al momento de su formación produciendo agua. Esto se representa mediante la reacción:



Y, por lo tanto, el oxígeno se considera como un despolarizador.

FUNCIÓN DEL OXÍGENO EN LA CORROSIÓN

COMO DESPOLARIZADOR: Toda el agua que se encuentra en recipientes abiertos como lagos, ríos y bajo tierra contiene algo de oxígeno disuelto. Si el agua se encuentra en contacto directo con la atmósfera, unas mil partes de agua contienen ocho partes de oxígeno cuando aquélla se encuentra a la temperatura atmosférica y el oxígeno está disponible para combinarse con el hidrógeno sobre las superficies catódicas. Entre más hidrógeno se produzca durante el proceso corrosivo y se transforme en agua, existen mayores posibilidades de que el grado o severidad de la corrosión sea mayor.

Sin embargo, la corrosión sobre las superficies anódicas, se detiene súbitamente si se permite la acumulación del hidrógeno sobre la superficie catódica; dicho en otras palabras: si el proceso catódico no se puede realizar, la corrosión en el proceso anódico tampoco se llega a efectuar. En aguas naturales, si no cambian los demás factores, la velocidad de corrosión del fierro y el acero es casi directamente proporcional a la concentración del oxígeno.

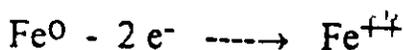
A medida que el oxígeno, disuelto en el agua, se combina con el hidrógeno, aquél se consume, pero si el agua se encuentra en contacto directo con el aire, el oxígeno de éste se disolverá en el agua para mantener su concentración. Por lo tanto, el cátodo continuará despolarizándose y la corrosión se seguirá llevando a cabo.

Sin embargo, si el agua pertenece a un sistema cerrado como ocurre en el acondicionamiento con agua caliente, el poco oxígeno disuelto en la misma, se consume rápidamente y la corrosión se detiene. Esta es la razón por la cual se desairea el agua que alimenta a los calentadores y calderas.

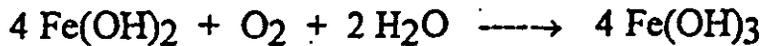
COMO FUENTE DE PASIVIDAD: A altas concentraciones el oxígeno llega a retardar la corrosión. Esto lo hace mediante la formación de películas protectoras e invisibles sobre la superficie metálica. Estas películas se pueden formar al combinarse directamente el oxígeno con el metal o, bien, mediante agentes oxidantes como el ácido nítrico. Si el fierro se alea con cromo o una combinación de cromo y níquel (acero inoxidable), la pasividad se vuelve más estable que la de un acero al carbón.

En la mayoría de los casos de la corrosión del fierro, su velocidad inicial es mayor que después de transcurrido cierto tiempo. Particularmente, esto es notable en soluciones que contienen agentes formadores de películas como son los álcalis y los cromatos. El aluminio es un ejemplo donde una película de óxido de aluminio protege al metal de la corrosión.

COMO FORMADOR DE HERRUMBRE: Cuando el fierro entra en solución en forma de iones (al corroerse) como se indica en la ecuación:



Se forman iones ferrosos y algunos se combinan con los iones hidroxilo (OH^-) que se encuentran en el seno del agua formando hidróxido ferroso, $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Éste es el depósito negro que se encuentra próximo al metal corroído. Bajo exposición continua, tanto al oxígeno como a la humedad, este hidróxido cambia a su forma férrica, $\text{Fe}(\text{OH})_3$:



El hidróxido férrico es la herrumbre roja que forma la capa externa de óxido. De tal manera que, en la corrosión atmosférica del hierro, la cantidad de hidróxido ferroso es pequeña pero, si ocurre debajo del agua o bajo tierra, los productos de corrosión contienen una gran proporción de hidróxido ferroso. Además de los hidróxidos de hierro, la herrumbre por lo general contiene compuestos que provienen del calcio, el magnesio y la sílice.

Los productos de la corrosión pueden contener una relación importante sobre la corrosión posterior del metal. Generalmente, estos hidróxidos que se precipitan, llevan consigo algunos compuestos que contienen calcio, magnesio y sílice conjuntamente con otros materiales insolubles provenientes del agua, los cuales llegan a tener una influencia considerable sobre la densidad y la estructura del recubrimiento formado sobre la herrumbre y depositado sobre la superficie metálica. Si el recubrimiento formado por los productos de la corrosión se encuentra suelto y no adherido, se llega a acelerar la velocidad de la corrosión, en cambio un recubrimiento denso y adherente llega a formar una barrera efectiva y, materialmente, reduce la velocidad de la corrosión

Fundamentos de la Protección Catódica

El propósito de este capítulo es introducir a los interesados en la protección catódica, la cual es una de las herramientas de mayor uso en el control de la corrosión electroquímica que se presenta en las estructuras o tuberías enterradas o inmersas dentro de un electrolito. Después de una breve descripción de su significado y de cómo trabaja la protección catódica, el resto del capítulo es una discusión teórica y práctica de los aspectos relacionados con la misma, así como también, de los varios factores que influyen en su diseño.

DEFINICIÓN

Como primera etapa, se requiere una definición de la "Protección Catódica" a fin de establecer una base sobre la cual se pueda construir un conocimiento mejor de la forma en que funciona, así como también sobre su uso práctico.

La protección catódica se define como *"el método de reducir o eliminar la corrosión de un metal, haciendo que, la superficie de éste funcione completamente como cátodo cuando se encuentra sumergido o enterrado dentro de un electrolito"*. Esto se logra haciendo que el potencial eléctrico del metal a proteger se vuelva más electronegativo mediante la aplicación de una corriente directa proveniente de una fuente externa o, bien, mediante la unión de un mate

rial más electronegativo que funcione como ánodo galvánico o de sacrificio (comúnmente magnesio, aluminio o zinc). Por lo general, el método es aplicable a estructuras de fierro y acero, pero también en grado limitado a estructuras de plomo, aluminio y otros metales.

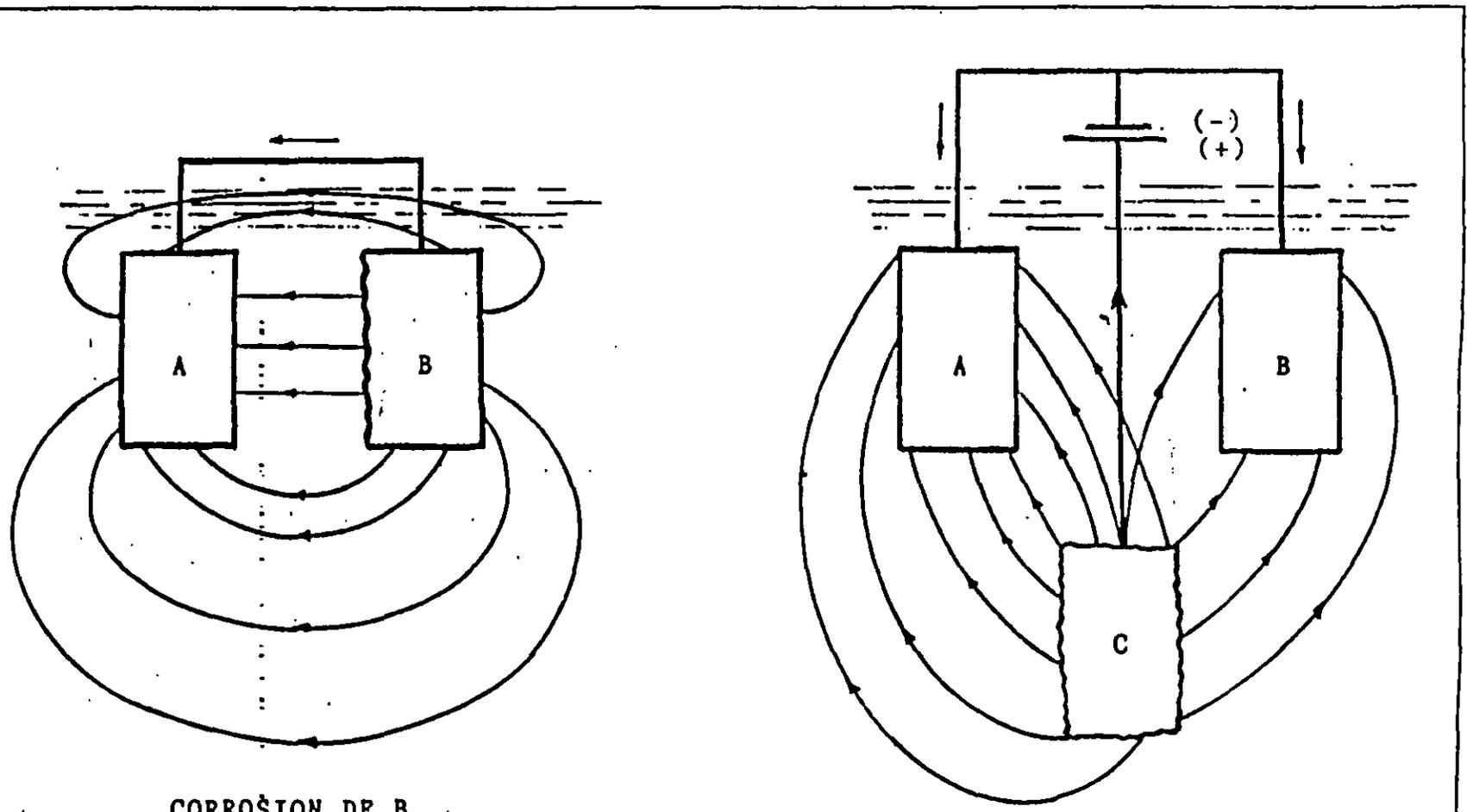
Se debe tener en mente que la corrosión de los sistemas de tuberías enterrados se produce cuando la corriente eléctrica deja a la tubería para entrar al seno del terreno y la protección de estos mismos sistemas se logra cuando la corriente proveniente del terreno entra a la tubería.

Así mismo se debe recordar que el cátodo es aquel electrodo donde se desarrolla la reacción de reducción y, prácticamente no ocurre corrosión alguna. Antes de aplicar la protección catódica, las estructuras corroibles presentan ambos tipos de áreas, anódicas (son aquellas donde se corroen la estructuras) y catódicas. Por lo tanto, si todas las áreas anódicas se convierten en catódicas, las estructuras completas funcionarán como un solo cátodo y la corrosión se eliminará.

CÓMO TRABAJA LA PROTECCIÓN CATÓDICA

La segunda etapa es para demostrar cómo la aplicación de una corriente directa aplicada sobre cualquier estructura metálica corroible, convierte a ésta en cátodo. Para empezar, en la Capítulo 2, se explicó la naturaleza de las corrosiones electroquímica y galvánica. Cuando dos metales diferentes A y B se conectan y sumergen dentro de un electrolito, Figura 4.1, se desarrolla un flujo de corriente a través del electrolito y entre ambos metales; de manera tal que los aniones entran al seno de la solución o electrolito en el metal anódico (B) sustentando la reacción de corrosión de éste y, al mismo tiempo, los electrones se mueven desde este electrodo (ánodo) hasta el metal catódico (A) a través del conductor metálico para apoyar la reacción de reducción. *La velocidad o rapidez de la corrosión depende de: la cantidad de corriente que fluya, de la fuerza electromotriz desarrollada entre ambos electrodos y de las resistencias óhmicas y no óhmicas del circuito.*

130



CORROSION DE B

PROTECCION CATODICA DE "B" MEDIANTE LA CORRIENTE EXTERNA DE "C"

Figura 4.1.- Cómo Trabaja la Protección Católica

CÓMO TRABAJA LA PROTECCIÓN CATÓDICA 63.

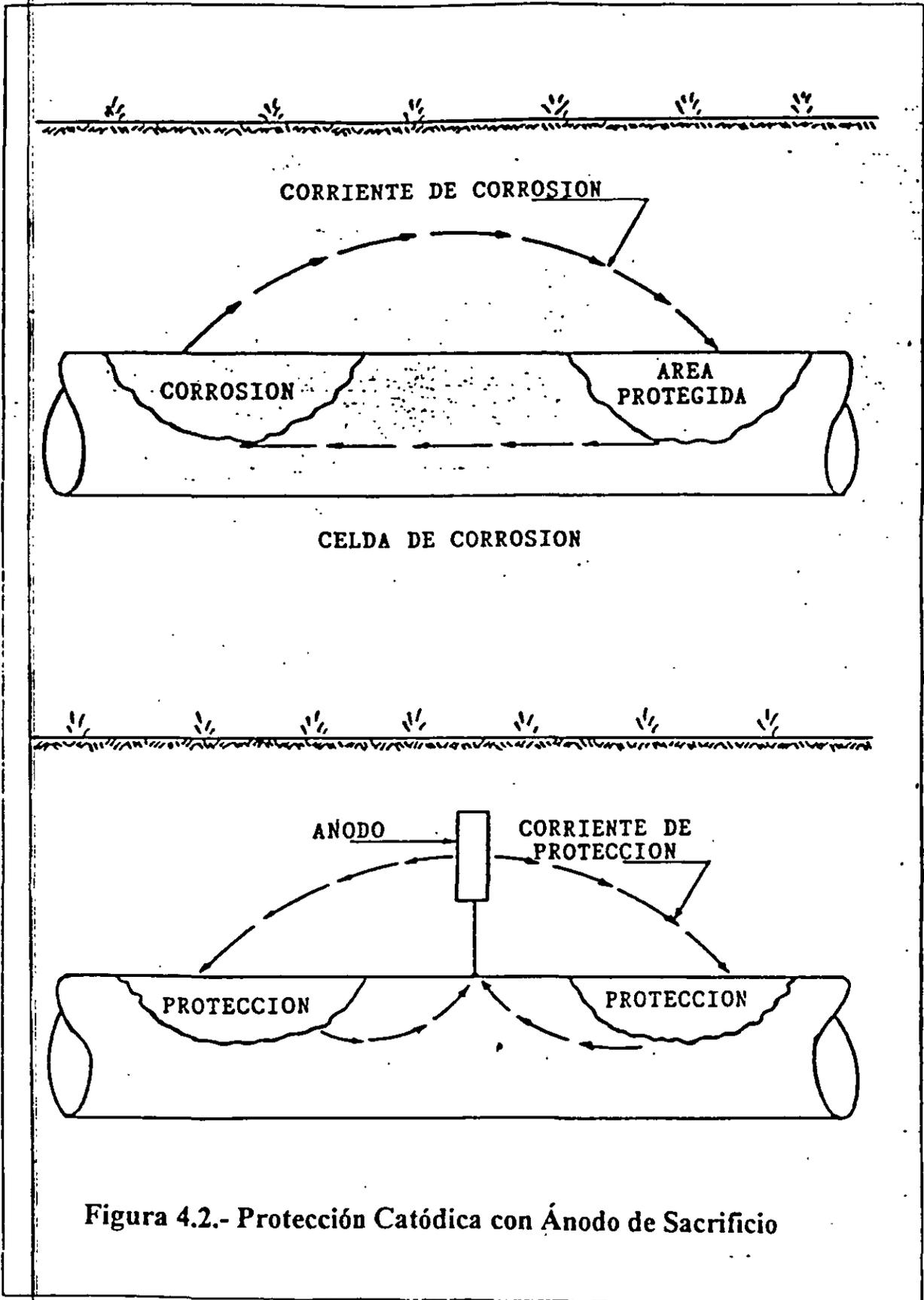


Figura 4.2.- Protección Catódica con Ánodo de Sacrificio

Si ahora, se forma un nuevo circuito agregándole una fuente de corriente externa con su polo positivo conectado al metal C y el polo negativo a los metales A y B (Figura 4.1); esto hará que B se vuelva más electronegativo debido a los electrones que fluyen hacia el mismo. Estos electrones atraerán a los iones positivos y reducirán la tendencia que tienen éstos a entrar en solución o, sea que, de esta manera se reduce la velocidad de corrosión del metal B. Dicho en otras palabras, el flujo de corriente del metal C al metal B a través del electrolito reduce el flujo neto de corriente que salía de B hacia A y, por lo tanto, se retarda su velocidad de corrosión. Asimismo, se tiene un incremento de corriente de la solución o electrolito hacia el metal A.

Existen tres mecanismos mediante los cuales se retarda la corrosión al aplicar la protección catódica:

1. Se reduce el potencial de reacción del metal, de tal manera que el proceso catódico se desarrolla en todas las áreas del mismo o, sea que, se evita la reacción:



2. El electrolito adyacente a la superficie del cátodo se vuelve más alcalino debido a las reacciones de reducción del oxígeno y/ de los iones hidrógeno; este incremento en pH reducirá el gradiente de potencial de la celda de corrosión.
3. El incremento en el pH producirá la precipitación de algunas sales insolubles como el carbonato de calcio, CaCO_3 , e hidróxido de magnesio, Mg(OH)_2 , que se depositan sobre el metal y generan una incrustación calcárea que lo protege.

Como conclusión, la protección catódica se diseña para producir una condición en que siempre entre suficiente corriente al tubo a partir del terreno. Para lograr esto, se conectan a la tubería ciertos dispositivos que generan corriente.

Comúnmente, se usan dos tipos de sistemas de corriente de protección catódica que son:

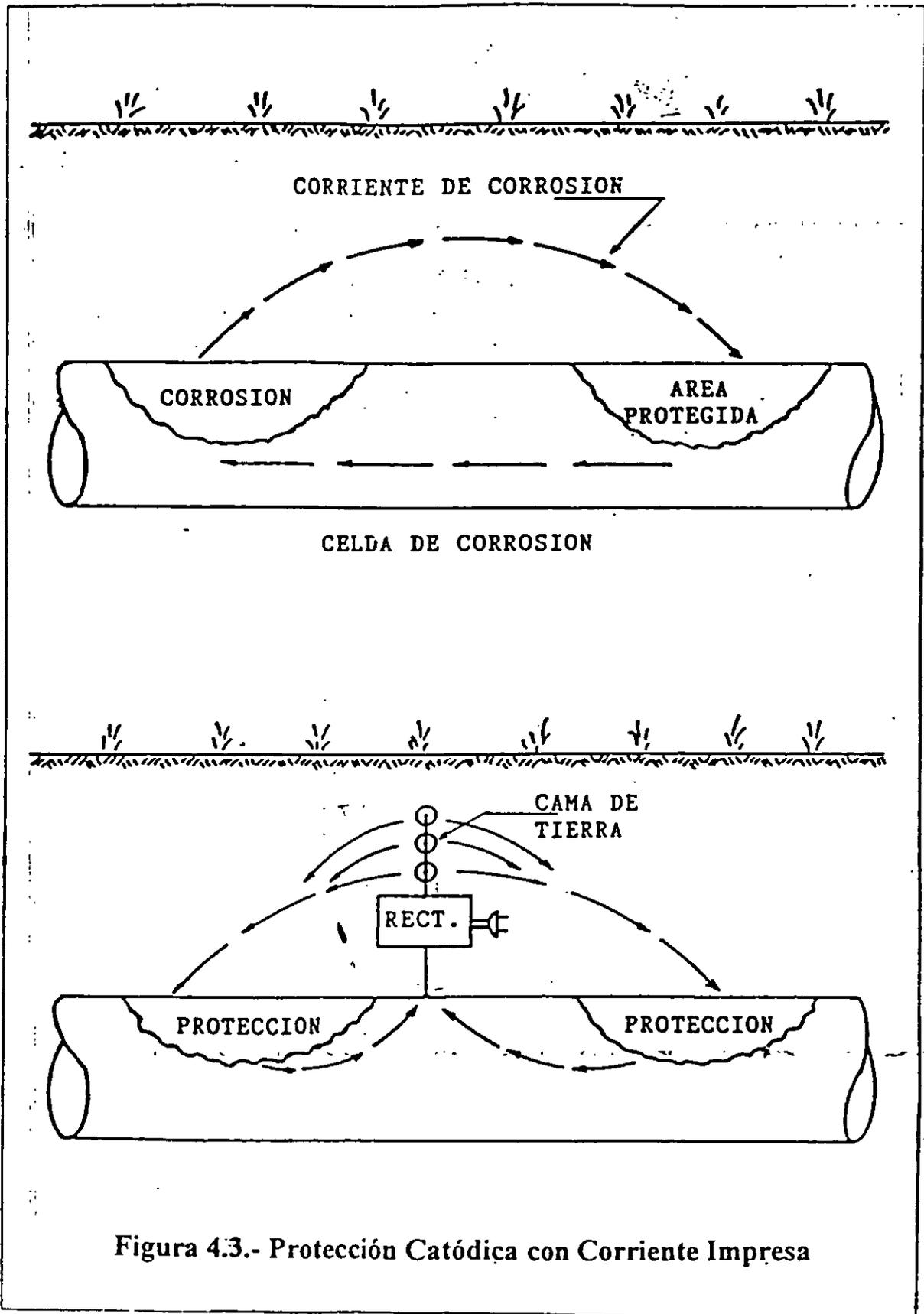


Figura 4.3.- Protección Catódica con Corriente Impresa

1. Ánodos de sacrificio, Figura 4.2.
2. Rectificador con cama de tierra, Figura 4.3.

Una vez más la corrosión se produce en el área anódica de una celda de corrosión debido a que la corriente toma consigo pedacitos de metal (iones metálicos) cuando fluye de éste hacia dentro del terreno (electrolito). La protección ocurre en el área catódica de una celda de corrosión debido a que la corriente construye una película de hidrógeno cuando entra al metal proveniente del terreno. La construcción de la película de hidrógeno produce lo que se conoce como *polarización*.

Por lo tanto, se hace evidente que para prevenir la corrosión de una tubería enterrada, la corriente siempre debe estar entrando a la tubería a partir del terreno.

Nótese que las fuentes de energía eléctrica ilustradas en las Figuras 4.2 y 4.3 están experimentando corrosión debido a que la corriente se encuentra fluyendo desde las mismas hacia el terreno. Lo único que se ha hecho es transferir la corrosión de la tubería a las fuentes de corriente, ánodos de sacrificio y cama de tierra del rectificador. El agotamiento de dichas fuentes significa que en un tiempo futuro, éstas se deben reemplazar.

CRITERIOS DE PROTECCIÓN

Cuando se aplica protección catódica a una tubería enterrada, se hace necesario asegurar que se alcanza el nivel de protección apropiado. Para determinar este nivel, se ha establecido la prueba o lectura de potencial tubo/suelo, (T/S), como una técnica de medida estándar para la evaluación tanto de la corrosión como de la protección catódica de estructuras enterradas o inmersas. Con frecuencia, se usa el electrodo de cobre/sulfato de cobre por el personal de corrosión para hacer contacto con el terreno, particularmente cuando se prueban estructuras de acero. Normalmente, los potenciales tubo/suelo de tuberías de acero sin protección catódica alguna variarán entre -0.3 a -0.8 volt. Las diferencias de potencial tubo/suelo a lo largo de una tubería indican caídas de voltaje en el terreno entre puntos. Esto significa que las corrientes galvánicas fluyen a través del terreno entre los puntos anódicos y catódicos, dependiendo su magnitud tanto de la resistencia del circuito como de la caída de voltaje entre las áreas galvánicas. Si los potenciales a lo largo de una tubería fueran iguales en valor, las corrientes galvánicas no fluirían y en consecuencia no se corroería la tubería.

Cuando se proporciona suficiente contracorriente a una sección corroible de una tubería con el objeto de llevar a cero la corriente que genera o, bien, nulificar las corrientes galvánicas, los potenciales tubo/suelo en los puntos anódicos serán iguales en valor a los potenciales tubo/suelo de los puntos catódicos, de tal manera que la caída de voltaje entre los varios puntos es cero (aplicación de la Ley de Ohm). El punto de igualdad en potencial comúnmente es en o cerca del potencial de circuito abierto del punto anódico. Por ejemplo, si el potencial tubo/suelo de circuito abierto del punto anódico es -0.65 volt, la corrosión cesará o se retardará si el potencial del punto catódico se lleva a este valor (se hace más negativo). Este es el criterio básico para la protección catódica de una estructura enterrada o inmersa en un electrolito. No obstante, es difícil determinar en el campo los valores del potencial de circuito abierto y los puntos de igualdad del potencial.

Un segundo criterio, y el más comúnmente usado, consiste en lograr y mantener un potencial tubo/suelo de -0.85 volt o más negativo sobre la superficie entera a proteger. En la mayoría de los casos, este valor representa una sobre protección puesto que el punto de igualdad de potencial, como se discu-

tió anteriormente, por lo general es menos negativo de -0.80 volt. No obstante, es el criterio más práctico y económico de usar en estructuras recubiertas o protegidas mecánicamente. Los estudios extensivos realizados para determinar los picos de potenciales anódicos, llegan a generar gastos superiores si únicamente se usará el criterio de -0.85 volt. Para estructuras desnudas este criterio representa un desperdicio de energía y resultará costoso puesto que los requerimientos de corriente son muy superiores de lo necesario para detener la corrosión.

Un tercer criterio usado en la protección catódica consiste en producir un cambio o giro negativo de 0.25 a 0.30 volt en los potenciales tubo/suelo naturales, estáticos o sin protección. Este criterio es más aplicable a estructuras desnudas o pobremente recubiertas que el de -0.85 volt, pero todavía representa una sobreprotección, desperdicio de energía y gastos no justificados.

Un cuarto criterio consiste en lograr un cambio mínimo del voltaje de polarización de 100 milivolts, determinado este cambio entre la estructura y una media celda de cobre/sulfato de cobre en contacto con el terreno. Este cambio de voltaje de polarización se determina interrumpiendo la corriente protectora y midiendo inmediatamente el decaimiento de la polarización. Cuando la corriente se interrumpe, ocurre de inmediato un cambio de voltaje. Se emplea la lectura que se obtiene después del cambio inmediato, como base para determinar el decaimiento de la polarización.

Los potenciales de protección de acuerdo con las condiciones del terreno son: -0.60 volt para terrenos alcalinos; -0.85 volt para terrenos normales; -0.95 volt para terrenos a temperatura de 60 °C y el mismo valor para terrenos con presencia de bacterias; -1.0 volt para terrenos ácidos y -1.1 volts para terrenos a temperatura de 110 °C.

Estos valores de potencial indican qué tan bien se ha formado y retenido la película de hidrógeno sobre el tubo y como esta película de hidrógeno es un aislante excelente y, al cubrir completamente al tubo, construye una coraza de gas aislante alrededor de la tubería. Esta coraza de gas hidrógeno evita que el tubo haga contacto con el terreno.

Las corrientes de corrosión son tan débiles que no pueden fluir a través de la película de hidrógeno como lo hacen las corrientes protectoras, de tal ma-

nera que cesa la corrosión del tubo al voltaje de los niveles de protección discutidos o a valores más negativos.

ESTRUCTURAS DE ALUMINIO

En la protección de estructuras de aluminio se recomienda lograr un cambio negativo de 150 milivolts mediante la aplicación de la corriente protectora. Este cambio se determina entre la estructura bajo estudio y un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre que se encuentre en contacto con el terreno. El ingeniero en corrosión debe considerar las caídas de voltaje (IR) que existan a través de la interfase estructura-electrolito para que sean válidas las interpretaciones de las determinaciones del voltaje. Ver nota sobre voltajes excesivos.

Un segundo criterio consiste en lograr un cambio mínimo en el voltaje de polarización de cuando menos 100 milivolts entre la estructura y una media celda de cobre/sulfato de cobre. Este cambio de voltaje de polarización se determina interrumpiendo la corriente de protección y midiendo el decaimiento de la polarización.

NOTA SOBRE VOLTAJES EXCESIVOS: A pesar del criterio mínimo de protección, si el aluminio se protege catódicamente en exceso de -1.20 volts, determinado este voltaje entre la estructura y una media celda de cobre/sulfato de cobre en contacto con el electrolito y compensando las caídas IR, el aluminio sufre la corrosión resultante producida por las condiciones alcalinas desarrolladas sobre la superficie metálica. Nunca se debe usar un voltaje en exceso de -1.20 volts a menos que las pruebas realizadas con anterioridad no indiquen que ocurra una corrosión apreciable dentro del ambiente en particular.

NOTA SOBRE LAS CONDICIONES ALCALINAS DEL TERRENO: Debido a que el aluminio sufre corrosión bajo condiciones de alto pH y debido a que la aplicación de la protección catódica tiende a incrementar el pH sobre la superficie metálica, se debe hacer una investigación cuidadosa o, bien, efectuar pruebas antes de aplicar la protección catódica para detener el ataque por picadura sobre las estructuras de aluminio que se encuentran en ambientes con un pH natural en exceso de 8.0.

ESTRUCTURAS DE COBRE

Se recomienda un voltaje mínimo de polarización de 100 milivolts, el que se determina entre la superficie de la estructura y un electrodo de referencia en

contacto con el terreno. Este cambio de voltaje de polarización se determina interrumpiendo la corriente de protección y midiendo el decaimiento de la polarización.

ESTRUCTURAS DE METALES DIFERENTES

Se debe mantener un voltaje negativo igual entre todas las superficies de la estructura y el electrodo de referencia, voltaje igual al requerido por el metal más anódico. Si se incluyen partes de un material anfotérico que se pudiera dañar por la alta alcalinidad, dichas partes se deben aislar eléctricamente mediante bridas con juntas aislantes o accesorios equivalentes.

ELECTRODOS DE REFERENCIA

Se pueden usar otros electrodos de referencia en sustitución del de cobre/sulfato de cobre. Los de mayor uso común y equivalentes a -0.85 volt con referencia de cobre/sulfato de cobre son:

- A). Calomel saturado, KCl, -0.78 volt.
- B). Plata cloruro de plata usado en agua de mar -0.80 volt.

Además de estas medias celdas, se llega a usar algún material metálico en lugar de la media celda de cobre/sulfato de cobre siempre y cuando se asegure la estabilidad de su potencial y si se establece su voltaje con referencia a la media celda de cobre.

CONSIDERACIONES ESPECIALES

Las determinaciones de voltaje sobre las tuberías se hacen con el electrodo de cobre/sulfato de cobre localizado éste sobre la superficie del electrolito lo más cercano posible a la tubería. Tales determinaciones sobre las demás estructuras se hacen con la media celda posicionada lo más cercana posible a la superficie de la estructura que está siendo investigada. El ingeniero en protección catódica debe considerar las caídas de voltaje (IR) en la interfase estructu

ra-electrolito y la influencia de las demás estructuras a fin de tener una interpretación válida de las determinaciones del voltaje.

Ningún criterio usado para evaluar la efectividad de la protección catódica ha probado ser satisfactorio para todas las condiciones. Con frecuencia se requiere de una combinación de criterios para una estructura simple.

Se llegan a encontrar casos especiales que requieren el uso de un criterio diferente de los antes listados. Las determinaciones de la pérdida o ganancia de corriente de una estructura dentro de un electrolito son de mucha utilidad para tales casos.

Algunas veces existen condiciones anormales donde la protección catódica llega a ser inefectiva o, bien, efectiva en determinadas secciones. Tales condiciones comprenden: temperaturas elevadas, campos de corrientes parásitas, sombras o pantallas eléctricas, presencia de bacterias sulfato reductoras y contaminantes poco comunes dentro del electrolito.

DISTRIBUCIÓN DEL POTENCIAL

El paso de cualquier elemento de corriente se efectúa a través de la tierra partiendo desde la superficie del ánodo, sea de sacrificio o de corriente impresa, hasta la estructura bajo protección. El perfil del gradiente de potencial desarrollado se representa en la Figura 4.7.

La cama de tierra se hace más positiva mientras que la estructura se vuelve más negativa con respecto al terreno. La misma cantidad de corriente que fluye del ánodo, llega hasta el cátodo y, dado que el área de la estructura catódica normalmente es más grande que el ánodo, con excepción de las estructuras extremadamente bien aisladas, los gradientes de potencial son mucho más altos alrededor de la cama anódica. El paso del flujo total de corriente se puede dividir en tres secciones: una sección AB que comprende un cambio de potencial bastante grande alrededor de la cama anódica, una sección BC donde la corriente fluye a través de una sección transversal de terreno extremadamente grande, de tal manera que el cambio de potencial es muy pequeño; y una sección CD que es la región donde la sección transversal del flujo decrece y la caí-

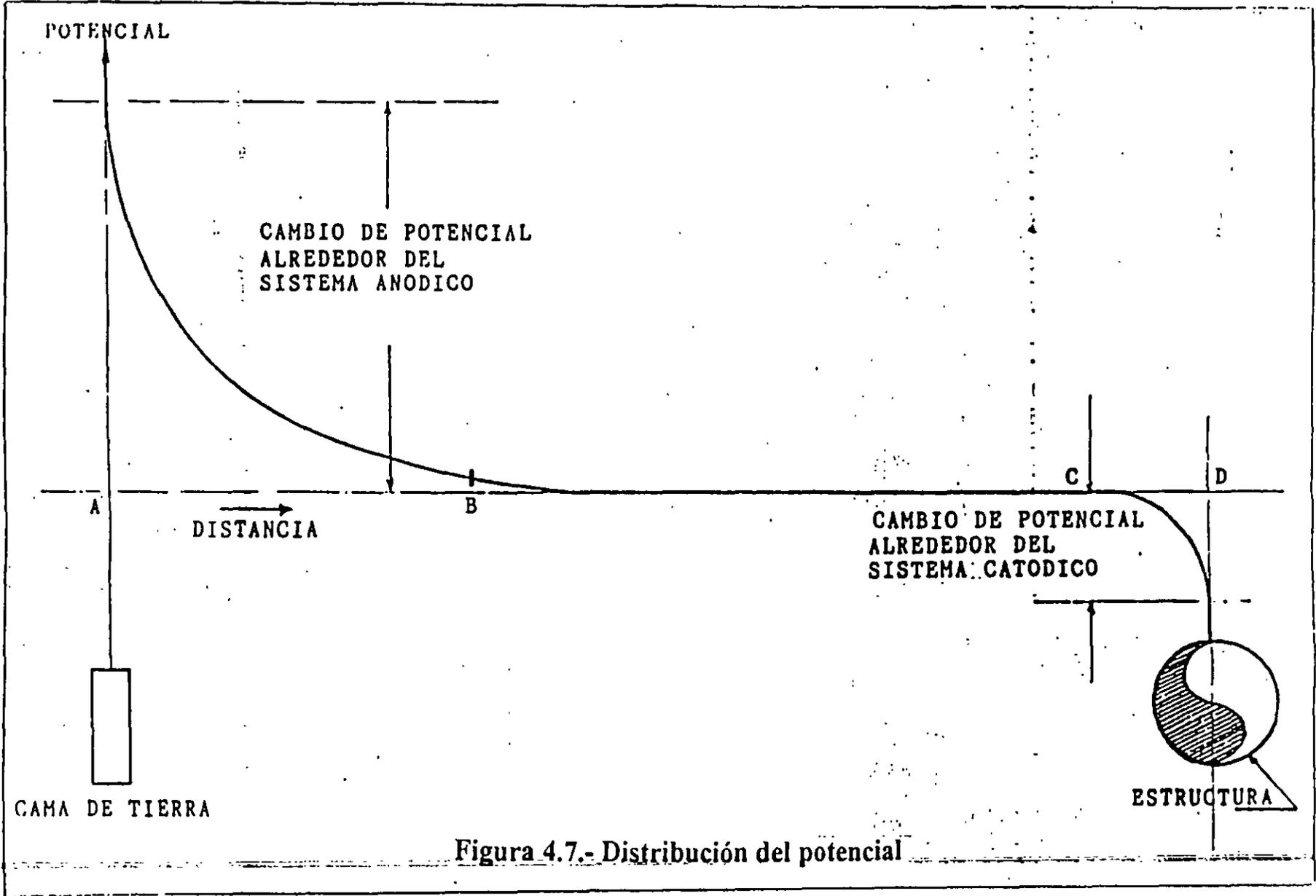


Figura 4.7.- Distribución del potencial

da de potencial incrementa apreciablemente a medida que los elementos de corriente entran a la estructura por proteger. Normalmente, el potencial entre A y B se encuentra dentro del rango de 10 a 50 volts (dependiendo del tamaño de la cama de tierra y de la resistividad del terreno) y el potencial entre C y D se encuentra dentro de 1 a 2 volts. Este potencial no es el mismo que el de la protección catódica que se mide colocando la media celda en una posición particular; por ejemplo, verticalmente arriba de la tubería. La cresta que presentan las curvas de potencial cuando la cama de tierra se encuentra muy cercana a la estructura, se debe a que el gradiente de potencial de aquella corta a la tubería.

El número de fuentes de corriente necesarias para la protección de una estructura se determina por medio de los requerimientos necesarios para alcanzar el potencial mínimo de protección en toda la superficie a un costo mínimo. La distribución del potencial depende de:

1. La geometría de la superficie a proteger, del electrolito y de los ánodos.
2. La resistividad del electrolito.
3. La resistencia del recubrimiento en la interfase metal-electrolito.
4. La resistencia a través de la estructura.

DETERMINACIÓN DEL VOLTAJE TUBO/SUELO

Para determinar las secciones corroibles y la efectividad de los dispositivos protectores, ánodos de sacrificio y rectificadores con camas de tierra, es necesario determinar el voltaje tubo/suelo.

Para esta determinación, se conecta un voltímetro de alta resistencia; en la actualidad es común el uso de un voltímetro digital, con la terminal positiva a la tubería o estructura bajo estudio y la terminal negativa a la media celda de referencia a fin de obtener valores negativos en el voltímetro. En caso de ser un voltímetro analógico se recomienda conectar al tubo su terminal negativa mediante un cable o una barra de contacto y la terminal positiva se conecta al terreno a través de la media celda de referencia (cobre/sulfato de cobre). Se recomienda el uso de una media celda porque ésta hace un mejor contacto con el terreno de lo que lo hace un alambre y, al mismo tiempo, se obtiene un voltaje constante y estable.

Las lecturas de voltaje tubo/suelo (T/S) son las más útiles que se puedan hacer por el personal interesado en la prevención de la corrosión.

La interpretación de las lecturas de voltaje tubo/suelo permite las determinaciones siguientes:

1. *Localizar las áreas o secciones corribles de una tubería sin protección catódica alguna (potenciales naturales o estáticos).*
2. *Localizar las áreas de tubo que se encuentran pobremente recubiertas sobre una tubería protegida mecánicamente.*
3. *Establecer el grado o carencia de protección catódica sobre una estructura metálica enterrada.*
4. *Las lecturas de voltaje también son útiles para la localización de una tubería que desarrolla un corto circuito con otra tubería ajena. El ingeniero en protección catódica, alertado por dichas lecturas, localiza y arregla el corto circuito.*

Recordar esto, *cuando la corrosión se presenta sobre una tubería, los voltajes T/S tomados sobre la línea protegida son mayores que los voltajes T/S tomados al lado de la tubería.*

ESTUDIO DE POTENCIAL CON ELECTRODO DESPLAZADO

Algunas veces, también se conduce otro tipo de estudio de potencial superficial a fin de localizar los picos de los potenciales tubo/suelo a lo largo de las tuberías desnudas. A este estudio se le conoce como "*potencial superficial con electrodo desplazado*" y se efectúa como sigue.

Se coloca un electrodo de cobre/sulfato de cobre a cualquier distancia (comúnmente 15 a 30 metros) fuera de la tubería y se conecta un milivoltímetro entre este electrodo y otro colocado sobre la tubería. Se registra la lectura que corresponde a esta localización y así sucesivamente para cada intervalo designado torrente abajo. Se localizan los picos de potencial tubo/suelo a lo largo de la tubería donde el electrodo es más positivo con referencia al electrodo "remoto" a la misma posición.

Por ejemplo, si para tres lecturas espaciadas a 6 metros cada una, el electrodo sobre la tubería determinó +10, +20 y +10 milivolts con respecto al electrodo remoto; en la lectura de +20 o probablemente cerca de este valor se encuentra el pico de potencial. Para la mayor exactitud de la localización del pico de potencial, el electrodo se mueve en cada dirección a intervalos de 0.3 a 1.5 metros (1 a 5 pies) de la localización de +20 y el pico real se localizará en la lectura positiva más alta. En todas las lecturas, el electrodo movable se debe colocar directamente sobre la tubería. Asimismo, si para tres lecturas a 6 metros, el electrodo sobre la tubería determina -20, -7 y -12 milivolts con respecto al electrodo remoto a la tubería, la lectura de -7 es el punto donde la tubería es más positiva con referencia al electrodo remoto, y este punto corresponde a la lectura de +20 de las tres anotaciones anteriores.

En la localización de la lectura de +20 del primer ejemplo, el potencial es mayor en 10 mV al potencial de ambas lecturas que se localizan en +10 mV. *Este método es excelente para localizar los picos del potencial a lo largo de una tubería desnuda.*

ESTUDIO DE POTENCIAL CON DOS ELECTRODOS

El método a discutir y usado con frecuencia para la localización de los picos de potencial a lo largo de tuberías desnudas es el que se conoce como "*Estudio de Potencial con dos Electrodos*" y se conduce de la manera siguiente:

Directamente sobre la tubería se colocan dos electrodos de cobre/sulfato de cobre (1 y 2) a una separación de 6 metros (20 pies) y se conecta un milivoltímetro entre ambos. Se registra la lectura y el electrodo No 1 se mueve a la localización del No 2 y éste se mueve a 6 metros línea abajo. Nuevamente se registra la lectura del milivoltímetro y, una vez más, el electrodo No 1 se mueve a la localización del No 2 y éste se vuelve a localizar 6 metros abajo y así sucesivamente para cada intervalo de 6 metros.

Suponiendo que las lecturas correspondientes para cada localización de los electrodos fueran +5, +10 y -8 milivolts (con todas las polaridades referidas al electrodo No1), la localización de la lectura de +10 se encontrará en un pico

de potencial tubo/suelo (o probablemente cerca). Las lecturas entre ambos electrodos son iguales a la diferencia de potencial tubo/suelo en la localización de los mismos. Por ejemplo, para la primera lectura, el potencial en la localización del electrodo No 1 es 5 mV mayor que el potencial de la localización del electrodo No 2. Para la segunda lectura, el potencial en la localización del electrodo No 1 es 10 mV mayor que el potencial de la localización del electrodo No 2. Para la tercera lectura, el potencial del electrodo No 1 es 8 mV menor que el potencial en la localización del electrodo No 2; por lo tanto, como se estableció con anterioridad, la lectura de +10 mV es el pico de potencial (o probablemente cerca). Para establecer el pico con mayor exactitud, el electrodo No. 1 se mueve a 1.5 metros hacia el No 2 y se anota la lectura. Si el No 1 es negativo con respecto al No 2, aquél se mueve otros 1.5 metros hacia aquél y se registra la lectura. La interpretación es que el pico de potencial se encuentra dentro de 0.3 a 1.2 metros del electrodo No 1. Si éste es negativo con respecto al No 2, el pico de potencial se encuentra en o dentro de 0.3 a 1.2 metros del electrodo 2. En todas las lecturas, los electrodos deben estar colocados directamente sobre la tubería.

Este método de estudio es excelente para la localización de picos de potencial a lo largo de una tubería desnuda.

Cuando los estudios de potencial se usan por algún ingeniero experto, son eficientes en 90 a 100%. Su eficiencia varía con las condiciones del terreno y la metalurgia de la tubería. Bajo algunas condiciones (principalmente por las del terreno), determinados picos de potencial que se encuentran en los lugares de algunas celdas de corrosión activas, no son detectables por cualquiera de las técnicas de estudio mencionadas y, hasta hoy como es conocido, no se han desarrollado técnicas eléctricas de estudio que sirvan para la localización de los picos de potencial en estas pequeñas áreas corroibles. El único método conocido es la inspección visual la que asegura el 100% de las áreas corroibles a lo largo de una tubería desnuda.

En general, las áreas de corrosión altamente localizadas (que no son detectables por cualquiera de los métodos descritos) representan un peligro de fuga; sin embargo, estas áreas rara vez producirán una falla como la ruptura de la tubería.

A excepción de las áreas inmediatas a los picos de potencial, la experiencia ha demostrado que, en general no se gana mucho en cuanto a información útil para el diseño, cuando se reduce el intervalo a menos de 6 metros (20 pies) en tuberías de transmisión que cruzan el campo, y 3 metros (10 pies) en áreas congestionadas metálicamente como sucede en tuberías de distribución dentro de la ciudad. Algunas veces las condiciones de campo son tales, que pueden requerir que el intervalo se reduzca o amplíe. La varianza de éste entre lecturas se debe mantener, por necesidad, a juicio y experiencia del ingeniero en protección catódica quien conduce el estudio.

Cuando se efectúa cualquiera de los estudios de potencial que involucran el uso de dos electrodos de cobre/sulfato de cobre; éstos deben estar balanceados durante el estudio dentro de más o menos 1 mV. Para balancear los electrodos se usa un proceso de limpieza. No se recompensa el desbalance alternando la posición de los electrodos (con frecuencia conocido esto como salto de "rana") a lo largo de la tubería bajo estudio.

Los electrodos de cobre/sulfato de cobre "limpios" se llegan a reproducir con facilidad dentro de ± 1 mV, por lo tanto, han sido aceptados como electrodos de referencia estándar para usarse en la determinación de los potenciales tubo/suelo durante los estudios de protección catódica. Cuando los electrodos no se encuentran balanceados, cualquiera o ambos requieren de limpieza. El potencial de un electrodo que no se encuentra limpio, varía debido a los cambios en la polarización que se producen cuando el electrodo se mueve de un lugar a otro dentro del terreno cercano a una estructura metálica que está desarrollando gradientes de potencial dentro del electrolito. La alternación de los electrodos no compensa la variación de los potenciales del electrodo.

"El Estudio de Potencial con Dos Electrodos" consume menos tiempo que el "Estudio de Potencial con Electrodo Desplazado" y ambos son iguales de eficientes en la localización de los picos de potencial a lo largo de una tubería desnuda. Debido a que el primero consume menos tiempo, es el más utilizado y a medida que se localizan los picos de potencial, se mide y registra la resistividad del terreno a intervalos de 30 metros (100 pies) máximo. También se obtienen medidas adicionales de la resistividad, tanto en profundidad como en localización, según sea necesario de acuerdo al juicio y experiencia del ingeniero quien conduce el estudio.

Comúnmente se usan dos métodos para determinar la resistividad (resistencia) del terreno y son:

65

1. El método de una sola barra o probeta.
2. El método "Wenner" de cuatro electrodos.

En ambos métodos el instrumento fuerza una corriente para que fluya a través de la resistencia que presenta el terreno. Este flujo de corriente produce una caída de voltaje la cual es medida por el instrumento para determinar la resistencia del terreno aplicando la Ley de Ohm.

La fórmula para calcular la resistividad del terreno por el método de los cuatro electrodos es:

$$\rho = \frac{(V_2 - V_1)}{I} \times A \times 191.5$$

Donde;

ρ = resistividad del terreno en ohm-cm.

$V_2 - V_1$ = cambio de voltaje debido a la corriente de prueba.

I = corriente de prueba.

A = espaciamiento de las puntas o electrodos en pies.

El método de las cuatro puntas o electrodos se considera excelente para determinar la resistividad del terreno (electrolito). Las cuatro puntas se hincan dentro del terreno en línea recta y espaciadas a una distancia igual. A través de las puntas exteriores se hace pasar una determinada cantidad de corriente de prueba y se mide el voltaje entre las puntas internas. El volumen de terreno que realmente se prueba es todo el que se encuentra entre las puntas internas y a una profundidad igual al espaciamiento entre las mismas. Las puntas no se deben insertar a grandes profundidades. En el mercado se encuentran algunos instrumentos (Megger y Vibroground) que cuentan con cuatro terminales y proporcionan lecturas de resistencia directamente en ohms. Este valor se convierte en ohm-cm multiplicando por el espaciamiento en pies que existe entre las puntas y por el factor de 191.5. Este método es exacto para un espaciamiento entre puntas hasta de 120 pies. Se puede emplear espaciamientos más grandes pero se requiere de equipo especial.

RESISTIVIDAD DEL TERRENO

La resistividad del terreno es de interés por las razones siguientes:

1. Indica qué tan corrosivo es el terreno para una tubería desprotegida. Por ejemplo, la Tabla 4.1 presenta la corrosividad aproximada del terreno en función de la resistividad del mismo. La corrosión se producirá en el terreno que presente la resistividad más baja pero también se llega a presentar en terrenos de alta resistencia donde se nota algún cambio abrupto.

TABLA 4.1 Aproximación Burda de la Corrosividad del Terreno

Clasificación	Resistividad del Terreno (ohm-cm)	Corrosividad Aproximada
Resistividad Baja	0 - 2,000	Severa
Resistividad Media	2,000 - 10,000	Moderada
Resistividad Alta	10,000 - 30,000	Ligera
Resistividad muy Alta	Arriba de 30,000	Improbable

2. Las determinaciones a diferentes profundidades dan un indicio de la composición del terreno a esas profundidades. La Tabla 4.2 muestra algunos resultados típicos de tales determinaciones.

TABLA 4.2 Resistividades Típicas del Terreno a Varias Profundidades

Profundidad (pies)	Resistividad (ohm-cm)	Composición
2	2,500	Tierra
5	2,400	Tierra
10	10,000	Roca Probable
20	3,000	Tierra o Pizarra

3. Indica qué tan bien están operando las fuentes de corriente. En general, se recomienda que las fuentes de corriente galvánica o de rectificadores con ánodos inertes se siembren en terrenos de baja resistencia a fin de que se pueda obtener la corriente máxima.

El método de la probeta simple es muy útil para la investigación de agentes químicos en recipientes y para los terrenos dentro de las cepas de la tubería donde resulta impráctico el uso de la prueba "Wenner". El operario recordará que únicamente se prueban pocas pulgadas cúbicas de terreno (electrolito) y que la resistencia de contacto entre la probeta y el electrolito se incluye en la medida. Por lo tanto, las lecturas variarán algunas veces de acuerdo a la resistencia de contacto de la probeta y el área expuesta de la misma al electrolito. Algunos instrumentos que determinan la resistividad proporcionan lecturas directamente en ohm-cm.

Para determinaciones de resistividad de muestras de agua, agentes químicos y rellenos de ánodos (backfill), se usa la caja de pruebas "soil box". El material que se va a probar se coloca dentro de dicha caja, la cual tiene un volumen conocido, evitando lo menos posible el contenido de aire. Dentro de la caja se encuentran cuatro terminales, las que permiten que se aplique una corriente eléctrica y se determine la caída de voltaje como en el método de las cuatro puntas. Si se va a probar un material sólido, en la lectura se indicará si se le aplicó presión al material o, bien, éste se encontraba suelto. Algunas veces se agrega agua destilada a los materiales sólidos y secos. Los instrumentos de laboratorio se pueden emplear para determinar la resistividad cuando se hacen determinaciones con la caja de pruebas "soil box".

ESTUDIO DE RESISTIVIDADES

En base a la premisa de que en cualquier celda de corrosión por concentración, *el ánodo siempre se encuentra en el terreno de baja resistividad, se han conducido estudios del terreno como un esfuerzo para localizar y proteger solamente las "áreas corrosivas" que se encuentran a lo largo de las tuberías desnudas.* Probablemente el estudio más popular es el de "resistividades del terreno" que se conduce y utiliza como sigue:

La resistividad se determina a lo largo de la tubería entera a intervalos de 10 a 30 metros (25 a 100 pies) y se grafican sus valores. La Figura 4.8 es una gráfica típica de un estudio de resistividades.

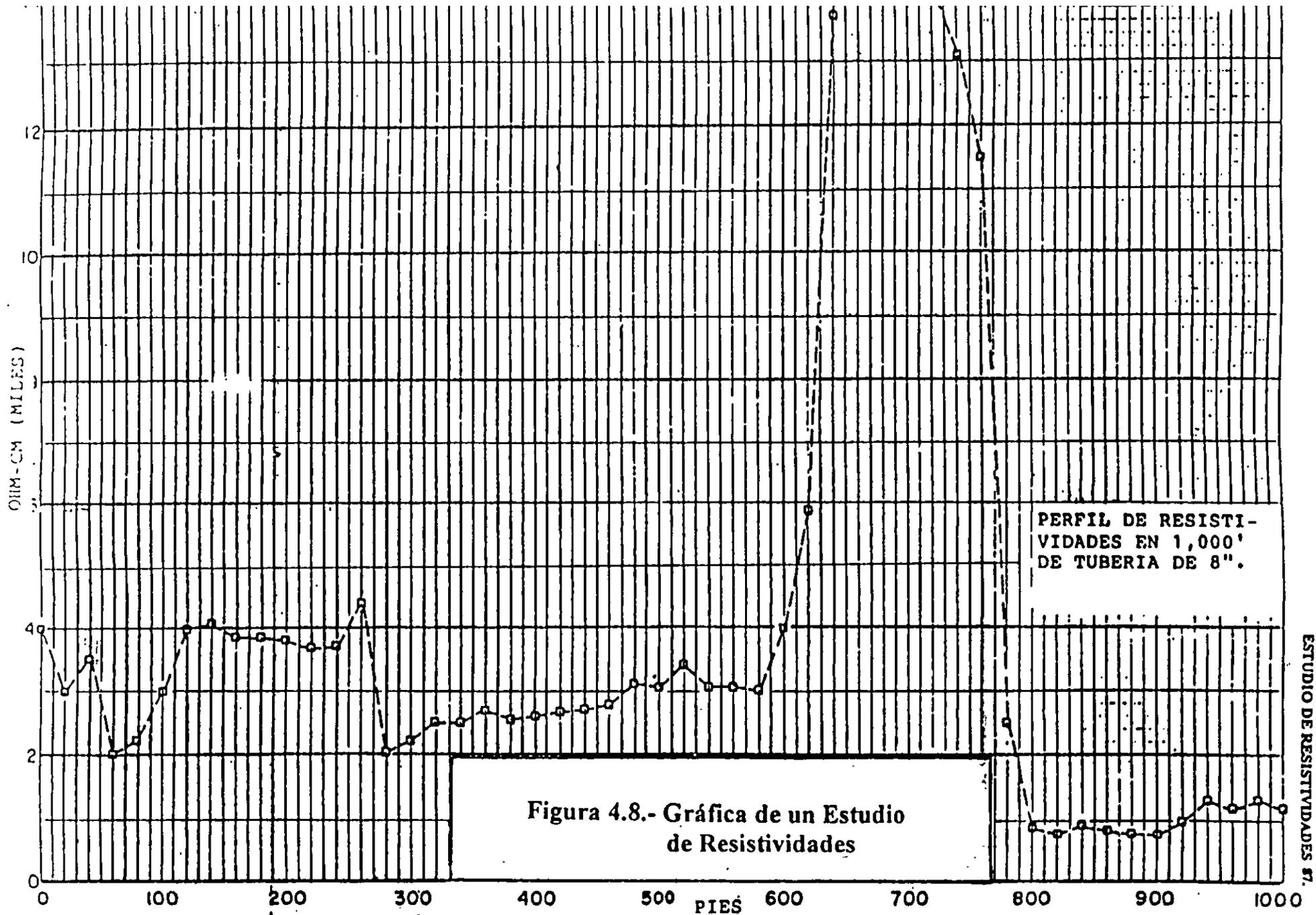


Figura 4.8.- Gráfica de un Estudio de Resistividades

ESTUDIO DE RESISTIVIDADES 87.

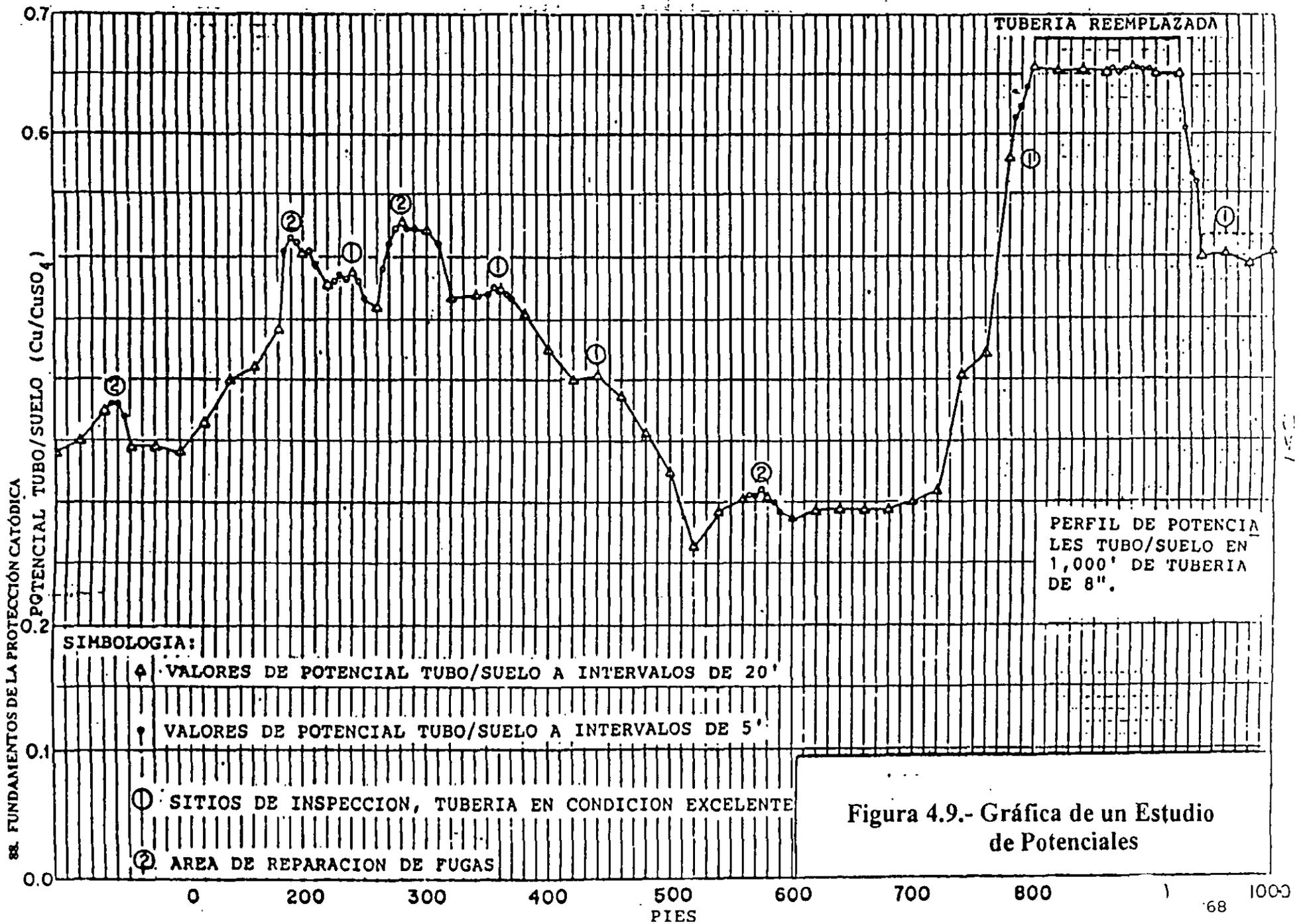


Figura 4.9.- Gráfica de un Estudio de Potenciales

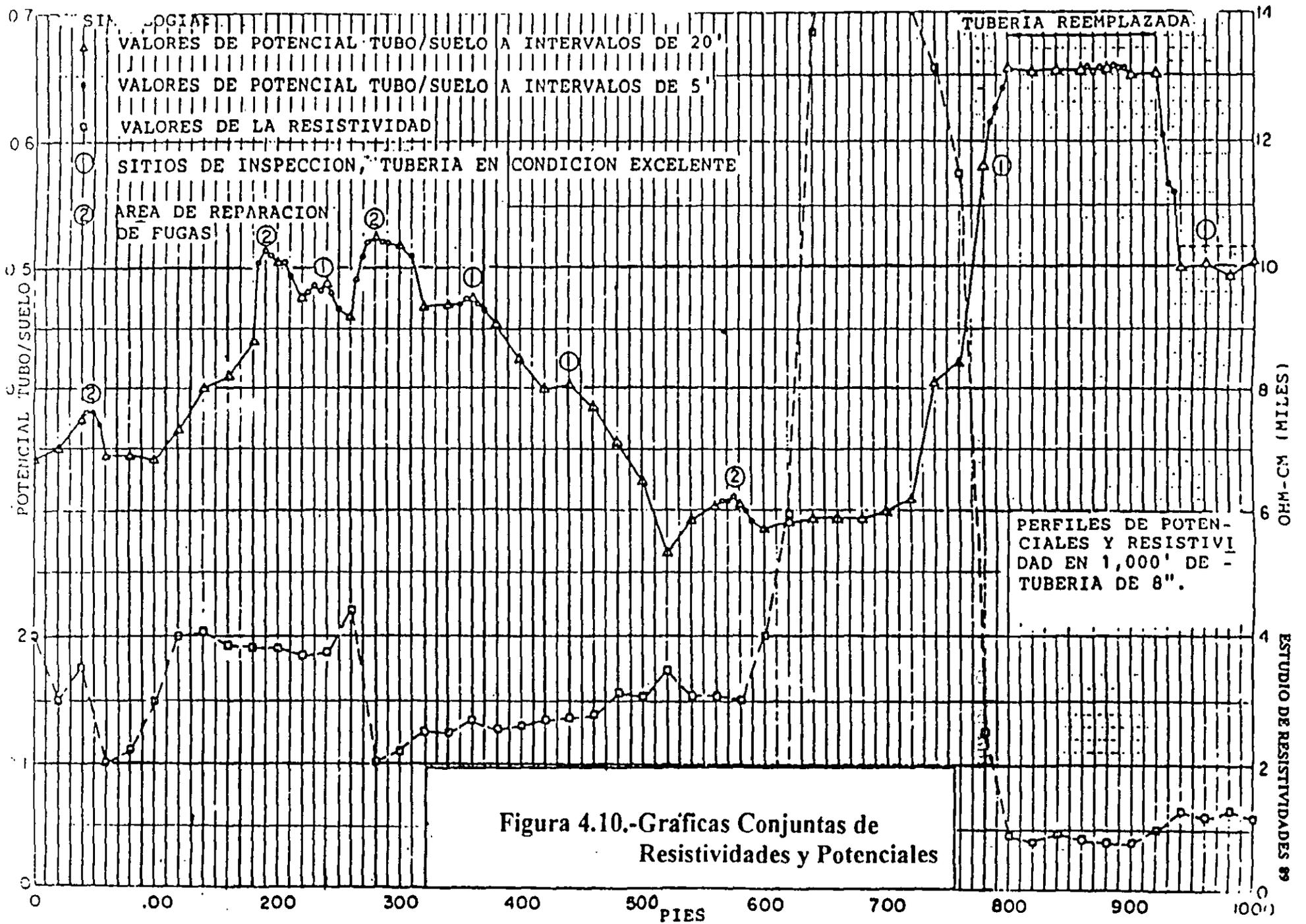


Figura 4.10.-Gráficas Conjuntas de Resistividades y Potenciales

Arbitrariamente se selecciona un valor de la resistividad del terreno y se traza una línea roja a través de la gráfica sobre la ordenada del valor seleccionado. Se aplica la protección catódica instalando ánodos de magnesio en todas las áreas corrosivas que se encuentren a lo largo de la tubería en base a la densidad de corriente. Las áreas corrosivas son aquellas que caen por abajo de la línea roja y también aquellas donde se encuentran "*cambios abruptos de la resistividad*".

El problema principal encontrado en el uso de la información, obtenida en este estudio, es la selección del valor de la línea roja a dibujar sobre la gráfica. En general, como se ha publicado en varios artículos técnicos, los valores de la resistividad no son un buen indicador para la determinación de la corrosividad de los terrenos. Algunos terrenos de 4,000 ohm-cm son más corrosivos para las estructuras de acero que otros de 400 ohm-cm. Esto es especialmente cierto si el terreno de 4,000 ohm-cm es ácido y se encuentra mezclado con otros terrenos y el de 400 ohm-cm es ligeramente alcalino y uniforme a lo largo de 2 kilómetros de la tubería.

La aplicación de la protección catódica por este método será más exitosa en algunas localizaciones que en otras debido a que las determinaciones de la resistividad del terreno no es el mejor indicador del tipo de terreno y su composición en determinadas áreas. También en las zonas donde la lectura de la resistividad es el mejor indicio del tipo de terreno y su composición, este método podría ofrecer mejores resultados si la persona que selecciona la localización de la línea roja fuese un individuo con varios años de experiencia en reparación de fugas.

En general, la experiencia ha demostrado que mediante este método se aplica protección catódica a muchas áreas donde la tubería no se está corroyendo y en cambio no se aplica a muchas otras donde sí se corroe.

La Figura 4.9, es una gráfica del perfil de potenciales y la Figura 4.10 es una combinación de la gráfica de resistividades y dicho perfil, en donde se puede observar que las áreas corrosivas corresponden tanto en una curva como en la otra.

Protección Catódica con Ánodos Galvánicos

El propósito de este capítulo es determinar los procedimientos recomendados para el diseño de los sistemas de protección catódica, que proporcionen un control efectivo de la corrosión mediante la satisfacción de uno o más criterios de protección listados en el capítulo anterior, los cuales exhiben la confiabilidad durante la vida de operación que se pretende.

En el diseño de un sistema de protección catódica, las responsabilidades del ingeniero en protección catódica comprenden lo siguiente:

- A). Reconocer las condiciones peligrosas que prevalecen en las instalaciones así como también en la especificación de los materiales y en las prácticas de instalación a fin de asegurar que tanto la instalación como la operación del sistema de protección catódica sean dignas de confianza.
- B). Que la especificación de los materiales y las prácticas de instalación se hagan en conformidad con los códigos aplicables, con las Normas de la Asociación de Fabricantes Electricistas (NEMA) y con las prácticas recomendadas por la Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosión, NACE, de los E. U. A.
- C). Que la selección y el diseño del sistema de protección catódica se haga de acuerdo a la economía óptima en cuanto a la instalación, mantenimiento y operación.

- D). Que la selección y especificación de los materiales y las prácticas de instalación aseguren una operación confiable durante la vida de operación que se pretende obtener del sistema de protección catódica.
- E). Seleccionar un sistema que minimice las corrientes protectoras excesivas o, bien, los gradientes de potencial del terreno que lleguen a producir efectos perjudiciales sobre la tubería, el recubrimiento de la misma y/o en las estructuras metálicas vecinas que se encuentren enterradas o inmersas en un electrolito.
- F). Dirigir, en cooperación con los afectados, las investigaciones para lograr una determinación mutua de soluciones satisfactorias de los problemas de interferencia.

OBJETIVOS PRINCIPALES DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA

A continuación se describen los objetivos de un sistema de protección catódica sea éste a base de ánodos de sacrificio o, bien, mediante corriente impresa:

- A). Proporcionar suficiente corriente a la estructura que se pretende proteger y distribuir dicha corriente de manera tal que el criterio seleccionado se logre de manera suficiente.
- B). Minimizar las corrientes de interferencia sobre las estructuras enterradas en la vecindad.
- C). Proporcionar una vida de diseño al sistema anódico que sea proporcional con la vida requerida de la estructura a proteger o, bien, proporcionar una rehabilitación periódica del sistema anódico.
- D). Proporcionar una tolerancia adecuada para los cambios anticipados en los requerimientos de corriente durante el transcurso del tiempo.
- E). Colocar ánodos donde sea mínima la posibilidad de daños o disturbios.

- h) Desviación de las especificaciones de construcción.
- i) Cualquier otra información sobre el mantenimiento y la operación.

D). No siempre se requiere el estudio de campo antes de la aplicación de la protección catódica siempre y cuando se disponga de pruebas o experiencias anteriores, para estimar los requerimientos de corriente, las resistividades y demás factores de diseño.

ÁNODOS GALVÁNICOS DE USO EN TUBERÍAS

Los metales de uso común como ánodos galvánicos o de sacrificio son: el magnesio y el zinc. El aluminio presenta un contenido teórico de energía (en términos de ampere-hora por libra) que excede tanto al magnesio como al zinc pero, hasta hoy, aquel metal no ha resultado práctico para instalaciones enterradas debido al problema que presenta para mantenerlo activo y con buenas características de eficiencia. Su uso se ha visto incrementado en aplicaciones marinas.

Los ánodos galvánicos se instalan dentro del terreno o agua, sean desnudos o empacados con un relleno especial (backfill). Los ánodos se conectan mediante un alambre o cable aislado, sea uno a uno o en grupos, y se encuentran limitados por el drenaje de corriente, por el gradiente de voltaje tubo/suelo y por la resistividad del terreno. La protección catódica de una tubería de diámetro grande y desnuda o pobremente recubierta no es posible mediante el uso de ánodos galvánicos.

FUNCIONAMIENTO DE LOS ÁNODOS GALVÁNICOS

La protección catódica mediante ánodos galvánicos no es más que la aplicación simple de la celda de corrosión formada por dos metales diferentes, Figura 5.1. Cuando un metal de la parte superior de la Serie de Fuerza Electromotriz se conecta eléctricamente a cualquier estructura de acero dentro de un electrolito común a ambos, el metal más electronegativo o activo (magnesio) se corroe y descarga corriente durante el proceso; mientras que el acero se protege a expensas de esa corriente. Si se conoce la cantidad de corriente necesaria para

INFORMACIÓN ÚTIL PARA EL DISEÑO

La información requerida por el diseño comprende lo que a continuación se indica.

A). Especificaciones y prácticas de construcción para sistemas de tuberías:

- a) Planos de ruta y hojas detalladas.
- b) Fecha de construcción.
- c) Tuberías, accesorios y demás pertenencias.
- d) Recubrimientos o protección mecánica.
- e) Tuberías de revestimiento.
- f) Postes o puntos de control o prueba.
- g) Dispositivos de aislamiento.
- h) Uniones o conexiones eléctricas.
- i) Cruces aéreos en puentes o bajo el agua.

B). Condiciones del lugar del sistema de tubería:

- a) Sistemas de protección catódica existentes.
- b) Fuentes posibles de interferencia.
- c) Estructuras metálicas enterradas en la vecindad (incluyendo localización, propietario y prácticas de control de la corrosión).
- d) Accesibilidad de la estructura.
- e) Disponibilidad de energía eléctrica.
- f) Posibilidad de aislamiento eléctrico de las estructuras ajenas.

C). Estudio de campo, información de pruebas de corrosión y experiencia en el campo:

- a) Requerimientos de corriente para alcanzar el criterio aplicable.
- b) Resistividad del terreno (electrolito).
- c) Continuidad eléctrica.
- d) Aislamiento eléctrico.
- e) Integridad del recubrimiento.
- f) Historia de fugas acumulativas.
- g) Corrientes de interferencia.

la aplicación de la protección catódica, se pueden diseñar sistemas anódicos usando suficiente material a fin de reducir continuamente el drenaje de corriente necesario durante un buen período de años.

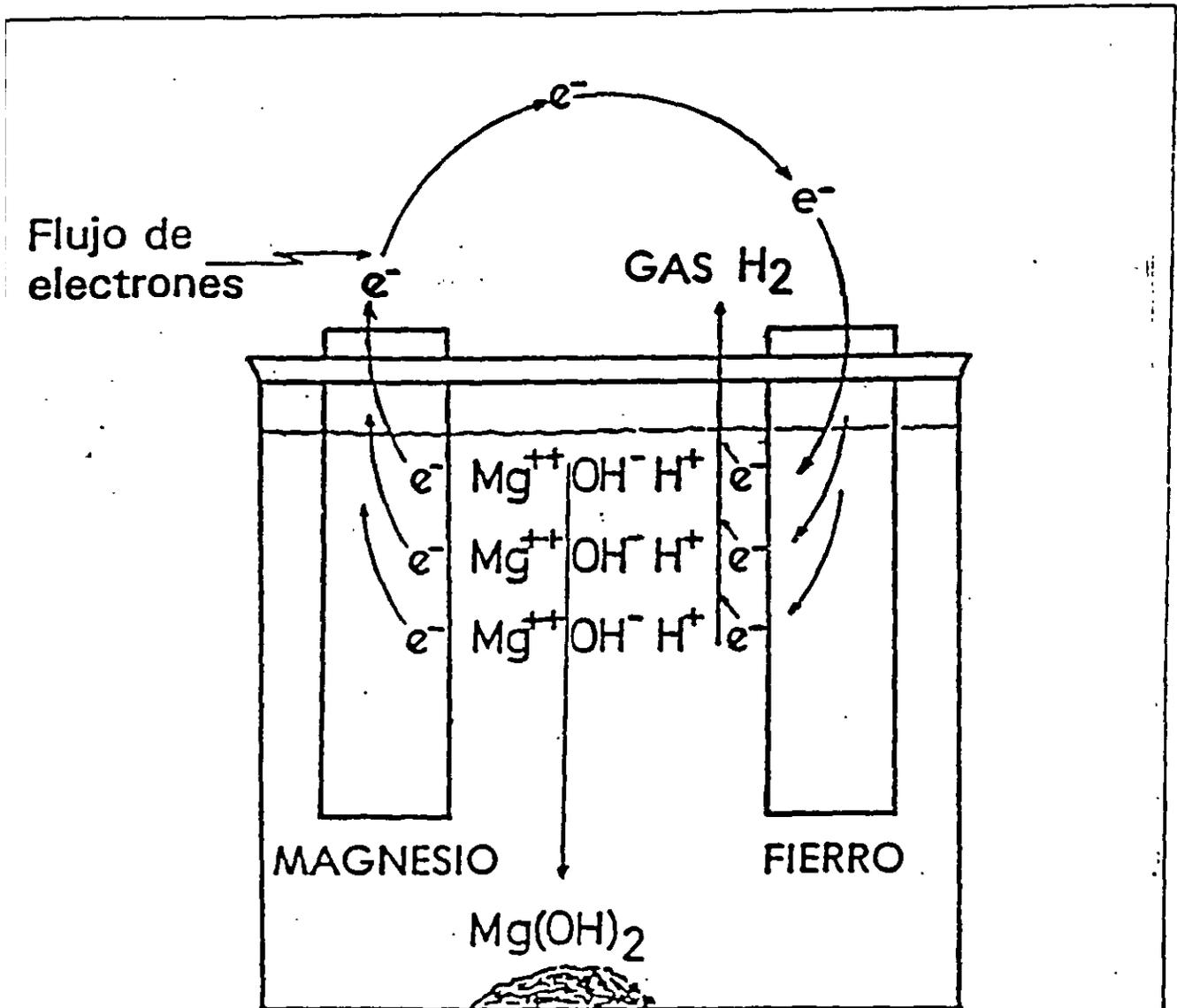
Cuando los ánodos galvánicos se consumen, lo hacen proporcionando no únicamente la corriente útil. Debido a que se instalan dentro de un ambiente corrosivo y producen cantidades de corriente útiles, dicho ambiente también promueve la autocorrosión del material anódico. La corriente eléctrica producida por esta autocorrosión no se emplea con provecho alguno. *A la relación de metal gastado para producir corriente útil para la protección catódica y el metal total gastado, se le conoce como "eficiencia anódica".*

APLICACIONES DE LOS ÁNODOS GALVÁNICOS

Generalmente, *en la protección de estructuras o tuberías enterradas, se usan ánodos galvánicos donde se requieren incrementos relativamente pequeños de corriente y en áreas donde la resistividad del terreno es bastante baja para permitir la obtención de la corriente deseada mediante un número razonable de ánodos.* Cuando se requieren grandes cantidades de corriente, son más económicos los sistemas de corriente impresa.

En algunas tuberías bien recubiertas que cuentan con sistemas de protección catódica con corriente impresa, se llegan a presentar algunos puntos aislados donde se requiere determinada corriente adicional en cantidades relativamente pequeñas. *Estos requerimientos se pueden satisfacer mediante ánodos galvánicos.* Las aplicaciones típicas comprenden: *instalaciones de válvulas enterradas que se encuentran pobremente recubiertas o completamente desnudas, camisas, chaquetas o tuberías de revestimiento que se encuentren en corto circuito y éste no se puede resolver, secciones aisladas donde se ha dañado el recubrimiento y en áreas donde las sombras (pantallas) eléctricas empeoran la distribución efectiva de la corriente que proviene de los sistemas de corriente impresa, los que se localizan remotamente.*

En algunos casos, *los ánodos galvánicos se usan para corregir las condiciones de interferencia por corrientes parásitas y en los cruces de tuberías*



El magnesio entra en solución dejando sus electrones.

El fierro se protege por el exceso de electrones.

Figura 5.1

CORROSION GALVANICA QUE MUESTRA LA PROTECCION DEL FIERRO

TABLA 5.1 Características de los Ánodos de Magnesio

Gravedad o Peso Específico	1.94
Libras/pie ³	121.00
Ampere-Hora/Libra Teórico	1,000.00
Libras/Ampere-Año Teóricas	8.70
Eficiencia de Corriente, %	50.00
Ampere-Hora/Libra Real	500.00
Libras/Ampere-Año Reales	17.40
Potencial de Solución (Volts Referidos a Cu/CuSO ₄):	
Aleación estándar	-1.55
Aleación de Alto Potencial	-1.80
Gradiente de Potencial con Tubería Polarizada a -0.90 volts con Referencia al Electrodo de Cobre/Sulfato de Cobre:	
Aleación estándar	0.55
Aleación de Alto Potencial	0.80

TABLA 5.2 Características de los Ánodos de Zinc

Gravedad o Peso Específico	7.0
Libras/pie ³	440.0
Ampere-Hora/Libra Teórico	372.0
Libras/Ampere-Año Teóricas	23.5
Eficiencia de Corriente, %	90.0
Ampere-Hora/Libra Real	335.0
Libras/Ampere-Año Reales	26.0
Potencial de Solución (Volts Referidos a Cu/CuSO ₄)	-1.1
Gradiente de Potencial con Tubería polarizada a -0.90 volts con Referencia la Electrodo de Cobre/Sulfato de Cobre	0.2

donde la interferencia proviene de los sistemas de protección catódica a base de corriente impresa.

Aunque estrictamente no es un sistema de protección catódica, *los ánodos galvánicos, generalmente de zinc, se usan en aterrizajes eléctricos de tuberías.* El objeto de esta aplicación es para evitar el problema de la corrosión producida por dos metales diferentes, nociva para el acero, que se desarrolla cuando se usan barras de cobre como lechos de tierra convencionales. Los ánodos de zinc, usados como barras de tierra, sirven de aterrizajes eléctricos efectivos y al mismo tiempo proporcionan un sistema de protección catódica. A fin de tener una larga vida efectiva, se debe instalar suficiente material anódico.

En otras ocasiones, las tuberías pasan a través de áreas donde existen otras estructuras enterradas, bajo condiciones tales, que resulta difícil instalar un sistema de protección catódica con corriente impresa sin causar problemas de interferencia por corrientes parásitas. Para estas condiciones, los ánodos galvánicos llegan a ser la selección más económica para obtener una fuente de corriente para la protección catódica.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁNODOS GALVÁNICOS

El magnesio es el material de mayor uso común como ánodo galvánico y en la Tabla 5.1, se proporcionan sus características típicas. Esta clase de ánodos se comercializa en varias formas y pesos. La Tabla 5.2, presenta las características típicas del zinc usado como material anódico.

Los ánodos de zinc se encuentran disponibles en un buen número de tamaños para ser usados en camas anódicas enterradas. Estos ánodos son de forma larga y delgada a fin de lograr bajas resistencias a tierra y drenajes de corriente prácticos conforme al gradiente de voltaje usual entre el ánodo y la estructura protegida.

Los ánodos de zinc empacados (ánodo y relleno químico suministrados como una unidad completa) no son de fabricación normal pero se pueden obtener bajo pedido especial.

mota de lo que sería el caso, si el ánodo desnudo se enterrara directamente en el terreno.

La información sobre la composición de los rellenos químicos y su recomendación en función de la resistividad del terreno, se presentan en la Tabla 5.3.

RELLENO QUÍMICO (Backfill)

A fin de obtener una operación confiable en las instalaciones bajo tierra, los ánodos de magnesio y zinc se usan con un relleno químico (backfill) que rodea completamente al ánodo. Existen varias razones para el uso de este relleno.

Se promueve una mejor eficiencia manteniendo al ánodo rodeado con un material uniforme de composición conocida. Si el terreno natural se encuentra en contacto directo con el ánodo, las variaciones debidas a la composición de aquél llegan a desarrollar celdas de corrosión locales.

Mediante el aislamiento del material anódico con el relleno químico, se reduce la posibilidad del efecto adverso producido por el terreno natural sobre el funcionamiento anódico. Por ejemplo, los fosfatos, los carbonatos y los bicarbonatos llegan a formar películas de alta resistencia sobre el zinc las que lo pasivan (cesa la producción de cantidades útiles de corriente). Los carbonatos y los bicarbonatos harán lo mismo con el magnesio. Los cloruros tienden a incrementar la autocorrosión del magnesio y, desde luego, a reducir su eficiencia en la producción de corriente.

TABLA 5.3 Composición del Relleno Químico

Resistividad (ohm-cm)	Yeso %	Bentonita %	Sulfato de Sodio %	ρ (ohm-cm)
Abajo de 3,000	50	50	---	250
Arriba de 3,000	75	20	5	50

El relleno químico ayuda a absorber la humedad del terreno a fin de mantener el medio adyacente al ánodo dentro una humedad continua.

Finalmente, los rellenos químicos de uso común son de baja resistividad y cuando los ánodos se instalan en terrenos que presentan una resistividad superior a la del relleno, la columna de éste tiende a incrementar el tamaño del ánodo. Esto produce una resistencia más baja con respecto a una tierra re-

PROCEDIMIENTO PARA EL MANEJO DE ÁNODOS

Los ánodos se deben manejar con una buena cantidad de cuidado. Las recomendaciones a seguir son:

1. Instálese el ánodo cuando menos a 1 metro (3 pies) de retirado de cualquier tubería recubierta, y 2 metros (6 pies) de toda tubería desnuda. Esto produce un mejor abanico de distribución de corriente sobre la tubería.

TABLA 5.5.- Tamaños y Drenajes de los ánodos de Magnesio

Tamaño (Lbs)	Drenaje en (Ma) 10 años de Vida
3	17
5	28
9	51
17	97
32	183
48	274

TABLA 5.6.- Análisis Nominal de los Ánodos de Magnesio

Componente	Porcentaje
Aluminio	0.010% Máx.
Manganeso	0.50 a 1.30%
Zinc	--
Silicio	--
Cobre	0.020% Máx.
Níquel	0.001% Máx.
Fierro	0.003% Máx.
Impurezas	0.300% Máx.
Magnesio	RESTO

2. Instálese el ánodo en terreno más profundo (cuando menos 1 pie) que la tubería a la cual se conecta. Esta precaución asegurará que el ánodo quede en un terreno de mayor humedad que la tubería en temporada de estío. Cualquier ánodo húmedo se encuentra listo para proporcionar corriente a medida que ésta se requiere.

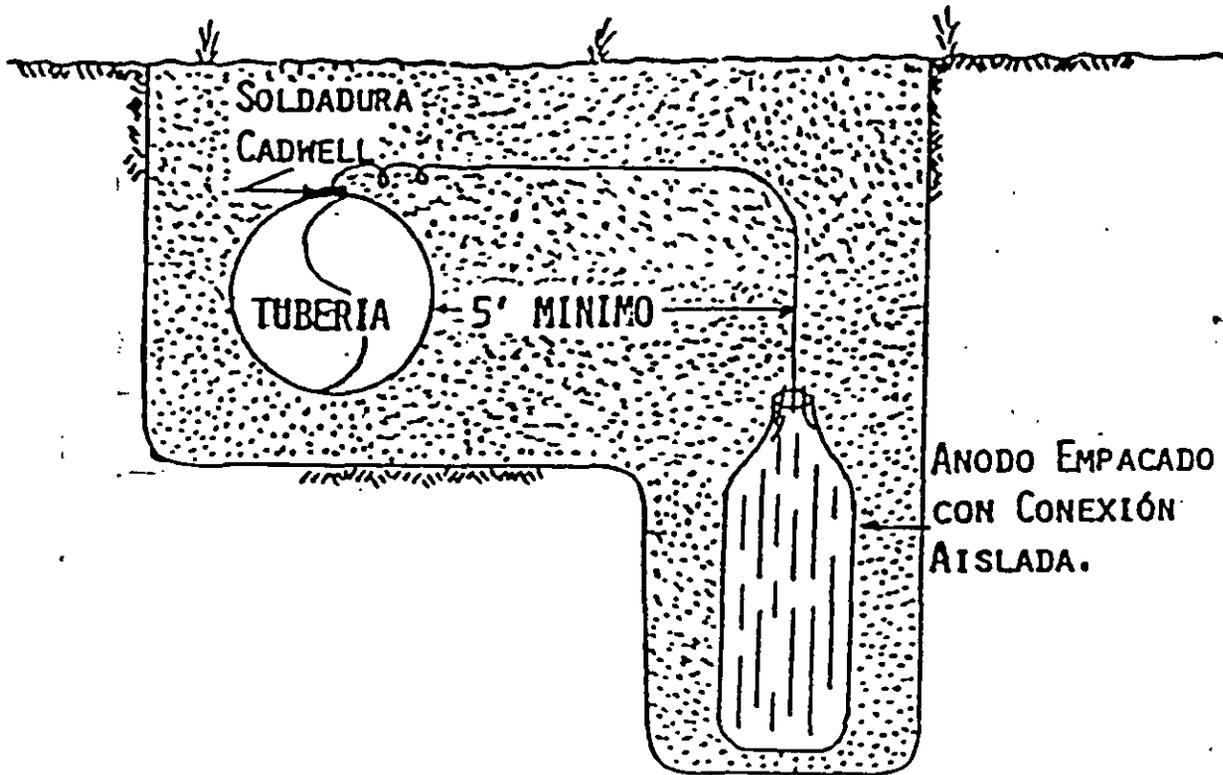
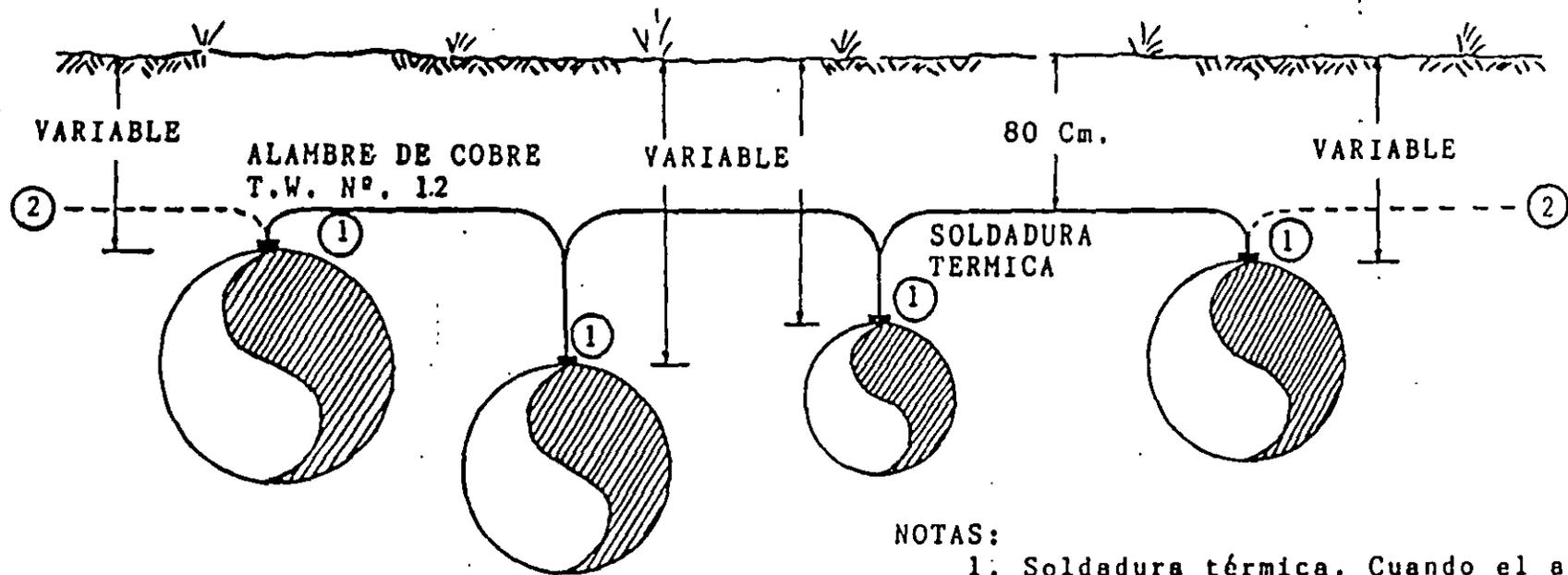


Figura 5.4.- Instalación Simple de un Ánodo de Sacrificio

rencialmente, a través de un poste de medición con el objeto de poder hacer determinaciones periódicas del drenaje de corriente y el cálculo de la vida probable. Este tipo de instalación se ilustra en la Figura 5.5.

Cuando sobre el derecho de vía corren varias tuberías, se hace necesario su puenteo eléctrico como se indica en la Figura 5.6.

La Tabla 5.5 presenta los tamaños o librajés de los ánodos de magnesio con sus respectivos drenajes de corriente para una vida de 10 años, y la Tabla 5.6 proporciona el análisis nominal de los ánodos de magnesio.



NOTAS:

1. Soldadura térmica. Cuando el alambre se prolongue an ambos sentidos se utilizará crisol de paso.
- 2.-Cualquiera de los extremos se puede prolongar de ser necesario.

Figura 5.6.- Puenteo Eléctrico de Tuberías

3. Poner suficiente agua al ánodo. Éste no funciona sin humedad, de manera tal que aprovisionándolo de agua al momento de su instalación, se asegura una operación rápida.

Apisonar firmemente la tierra alrededor del ánodo, teniendo cuidado cuando se apisona alrededor del cable a fin de evitar la rotura de éste. *Apriétese firmemente la tierra a fin de asegurar un paso de resistencia baja para la corriente que fluye del ánodo hacia el terreno.*

4. Hacer una buena conexión del cable del ánodo con la tubería a proteger. Con soldadura térmica se hace una soldadura adecuada. En algunos casos donde la soldadura pudiera ser peligrosa, el ánodo se puede conectar al tubo por medio de un conector metálico.

5. No manipular el ánodo por su cable de conexión. Éste se puede estirar con facilidad y soltarse de su conexión al lingote de magnesio.

6. Asegurarse de reparar todo recubrimiento dañado en la conexión entre el cable y la tubería. Parchar toda área desnuda que se muestre en la excavación.

7. Cuando se instala más de un ánodo en la longitud de la tubería, deben quedar espaciados a 3 metros (10 pies) de separación.

DETALLES DE INSTALACIÓN DE ÁNODOS GALVÁNICOS

Las instalaciones de ánodos galvánicos son muy simples si se comparan con las instalaciones de corriente impresa.

La instalación más simple es aquella que comprende la siembra de un ánodo empacado en el lugar de la reparación de alguna fuga o, bien, la siembra de ánodos distribuidos a lo largo de la tubería. Esto se muestra en la Figura 5.4. Los ánodos de magnesio de 17 libras y empacados son los más comúnmente usados para este tipo de aplicación, aunque los de zinc se recomiendan en terrenos de baja resistividad. Los ánodos de magnesio de mayor peso y empacados se pueden usar donde las condiciones garantizan una vida más larga.

Generalmente, cuando en un lugar y sobre una tubería recubierta o protegida mecánicamente se instalan varios ánodos de magnesio o zinc, éstos se conectan a un cable cabezal o principal y éste es el que se suelda directamente a la tubería o, prefe-

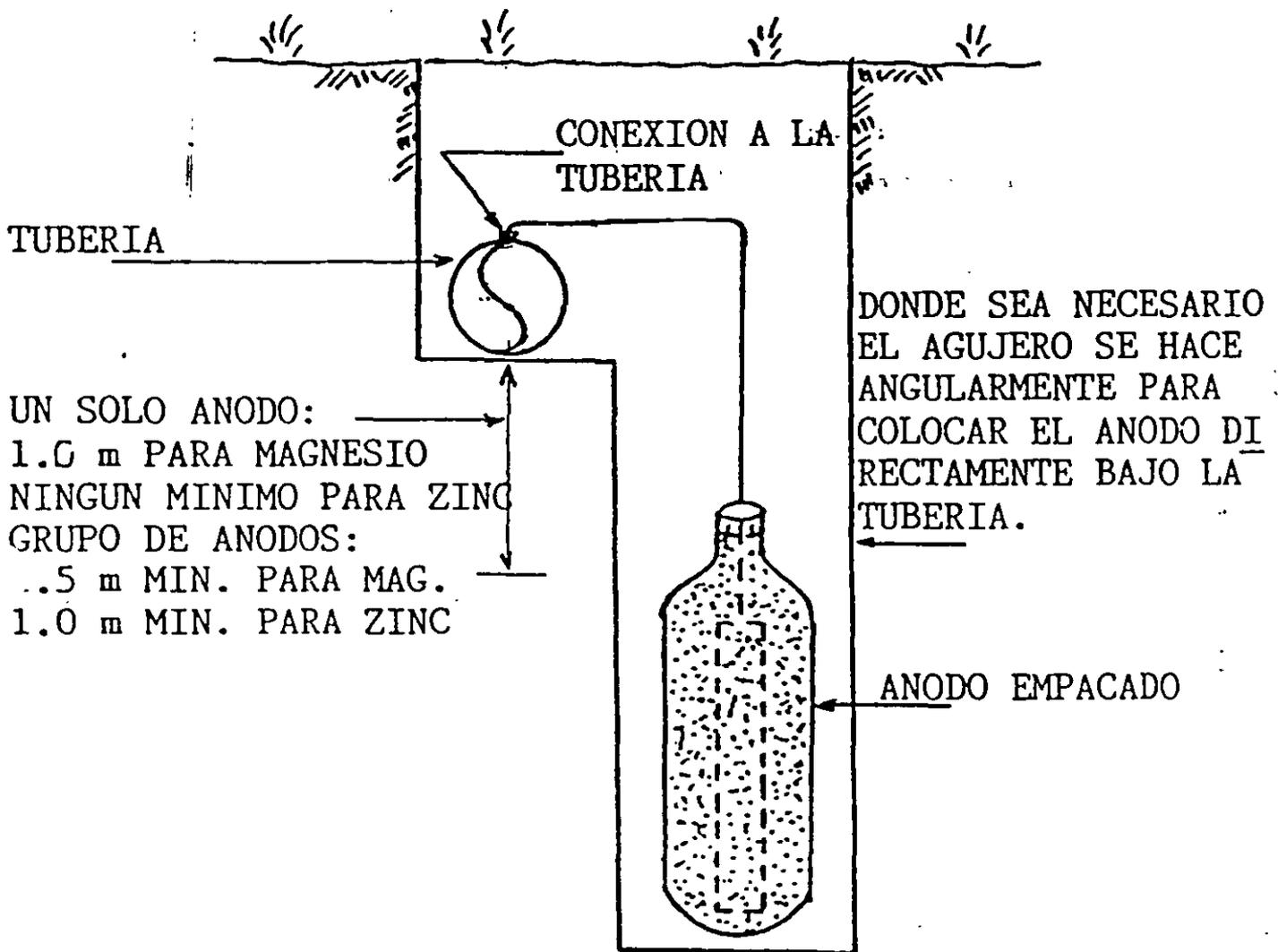


Figura 5.7.- Distancias para la Colocación del Ánodo de Sacrificio

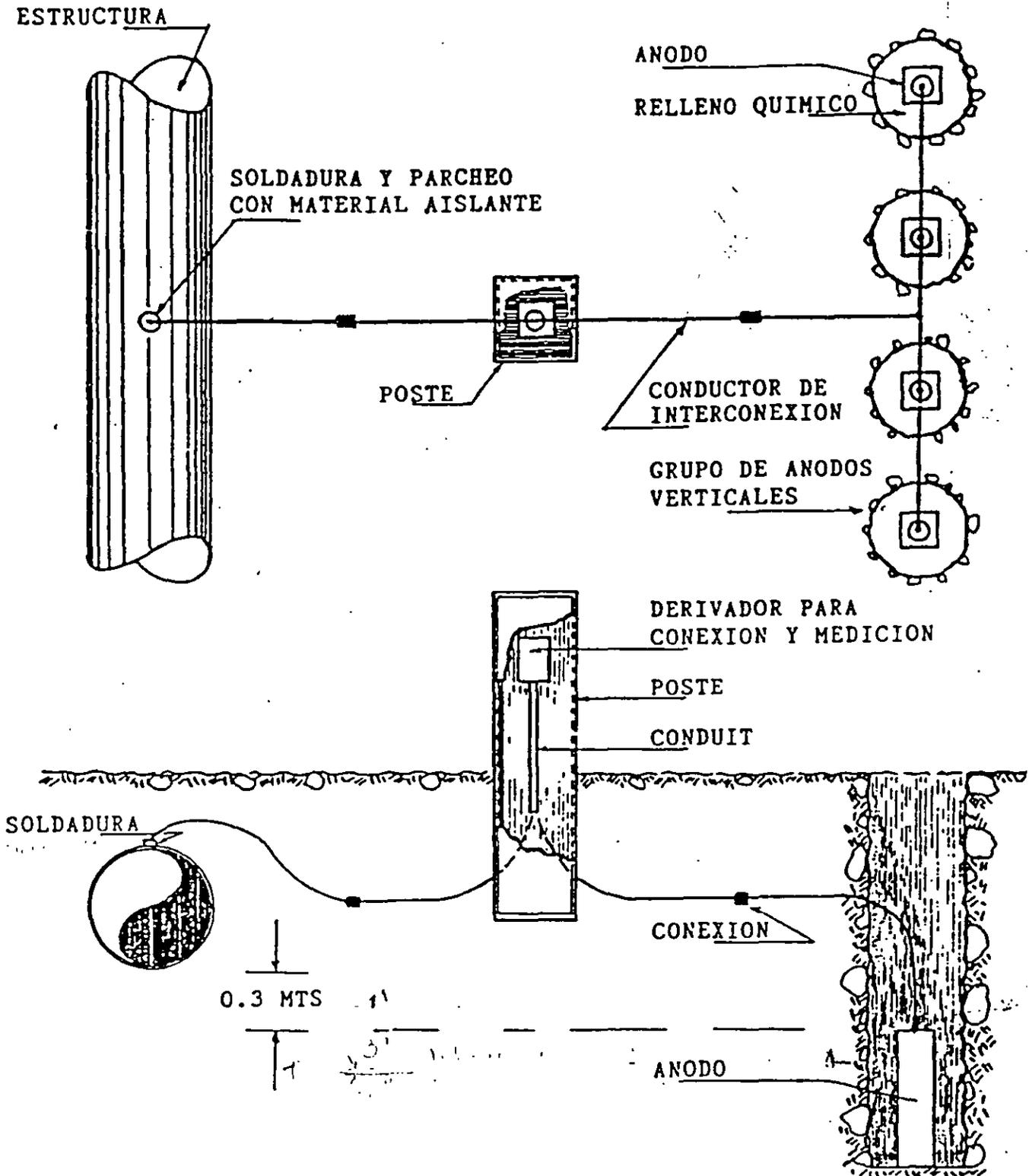


Figura 5.5.- Instalación Anódica Vertical a través de un Poste de Registro

Los ánodos en una cama de instalación múltiple se deben colocar en una configuración de línea recta para lograr una resistencia a tierra más baja. *La línea de los ánodos puede ser paralela a la tubería como se muestra en la Figura 5.5 o, bien, perpendicular a la misma.* El primer arreglo permite, en la mayoría de los casos, instalar camas de ánodos galvánicos de mayor número sin tener que ir más allá de los límites del derecho de vía. La línea paralela de ánodos de magnesio debe estar separada cuando menos 5 metros (15 pies) de la tubería. Con el zinc, esta distancia se puede reducir a 1.5 metros (5 pies) o aún más cerca si se dispone de poco espacio, sin llegar a afectar significativamente las características de distribución de corriente de la cama a usar sobre una tubería recubierta. Cuando se dispone de espacio, lo mejor es permitir por lo menos 3 metros (10 pies) entre la tubería y la línea de ánodos de zinc con el objeto de lograr su máximo funcionamiento.

Pero cuando las limitaciones de espacio son críticas en extremo y lo permiten tanto la resistividad del terreno como las condiciones del barrenamiento, los ánodos se pueden instalar dentro de agujeros barrenados a un lado de la tubería a una profundidad razonable que equivalga al espaciamiento entre el tubo y el ánodo. Esto se ilustra en la Figura 5.7.

En este tipo de instalación se requieren agujeros muy profundos para el sembrado de los ánodos por abajo de la tubería a diferencia de las instalaciones paralelas o laterales a la estructura. El compromiso en cuanto a la profundidad se presenta en la Figura 5.7 y se justifica en algún grado por el hecho de que cuando los ánodos se encuentran dentro de la masa de terreno y donde las resistividades son favorables, los efectos del gradiente de potencial sobre la tubería llegan a ser menos severos que cuando los ánodos se encuentran más cercanos a la superficie y a distancias laterales de la tubería que sean equiparables. *Las ventajas adicionales de esta instalación son: los ánodos, colocados profundamente, se encuentran menos sujetos a la variación en cuanto al drenaje de corriente estacional que se asocia con el contenido de humedad por el terreno y existen menos conexiones localizadas donde se puedan dañar por excavaciones hechas para otros fines.*

Los ánodos empacados son aquellos en donde el material anódico y el relleno químico se instalan como una unidad. Tanto los ánodos de zinc como los de magnesio pueden no ser empacados. No obstante, se deben usar con el

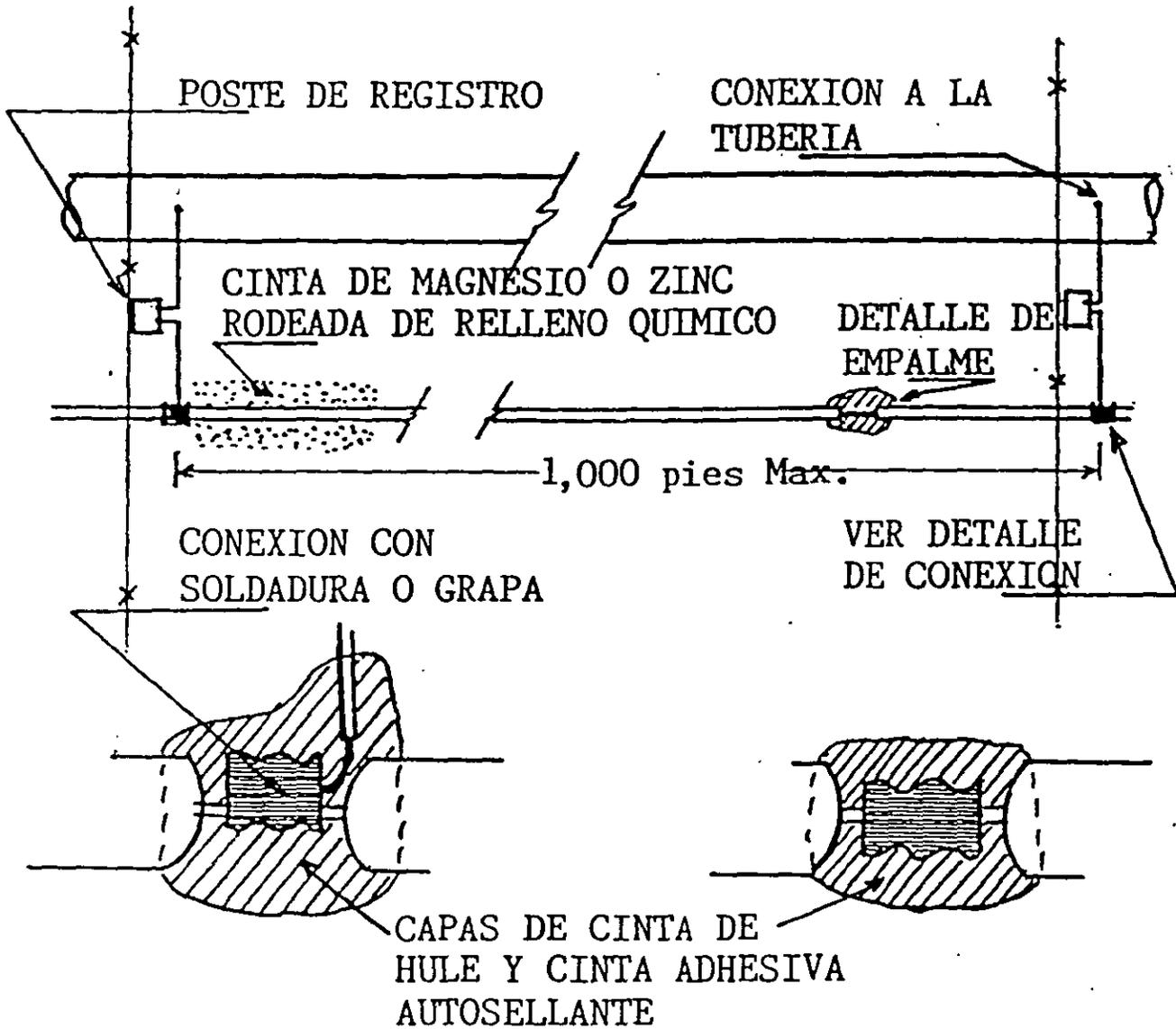


Figura 5.8.- Instalación de Cinta de Magnesio

relleno químico (backfill) en cualquier siembra anódica común. La Tabla 5.3 proporciona la composición a usar de dicho relleno en función de la resistividad del terreno.

Probablemente, con mayor frecuencia, en las instalaciones múltiples los ánodos y el relleno se colocan separadamente. *La ventaja de esta instalación es que el relleno, colocado separadamente y apisonado en el lugar, llena completamente todos los huecos dentro del barreno.* Esto minimiza toda posibilidad de que el relleno se asiente retirado del ánodo y se reduzca la efectividad de éste. Dicha posibilidad es mayor cuando se usan ánodos empacados, porque cuando la bolsa del relleno se deteriora, éste se asentará dentro de los vacíos, que sin saberlo, se han dejado alrededor o debajo de este empaque.

Cuando se calculan los requerimientos del material de relleno, se puede emplear el valor de 1.2 kilos/dm³ (70 lbs/pie³) del espacio a rellenar. Esto se obtiene mediante el cálculo del volumen total del agujero a llenar con el compuesto químico y restándole el volumen del ánodo. *El volumen del ánodo de magnesio en pies³ es su peso en libras dividido por 121, mientras que el volumen del zinc es su peso dividido por 440.* Una nota precautoria para el cálculo del volumen del agujero es que si se perfora con barrena de 8", en verdad el agujero es algo mayor. Media o una pulgada adicional llega a producir un incremento sustancial en el volumen del compuesto químico.

Al igual que los ánodos de corriente impresa, los ánodos galvánicos se pueden instalar horizontalmente donde la resistividad del terreno lo demanda a fin de lograr un funcionamiento más efectivo. Se instalan ánodos empacados o, bien, con su relleno por separado. Cuando se colocan en su cepa los ánodos horizontales, se debe tener cuidado al tapar la zanja debido a que la tierra debe cubrir completamente al relleno químico para que no queden espacios vacíos. Cuando se instalan ánodos y relleno por separado, el fondo de la cepa puede ser el corte; por ejemplo, 8" de amplitud en el lugar del ánodo, después una capa de relleno de 4" en el fondo donde se descansa la pieza anódica y se coloca una segunda capa de 4" sobre el mismo ánodo. Se termina el tapado de la zanja con terreno natural una vez hechas y aisladas todas las conexiones.

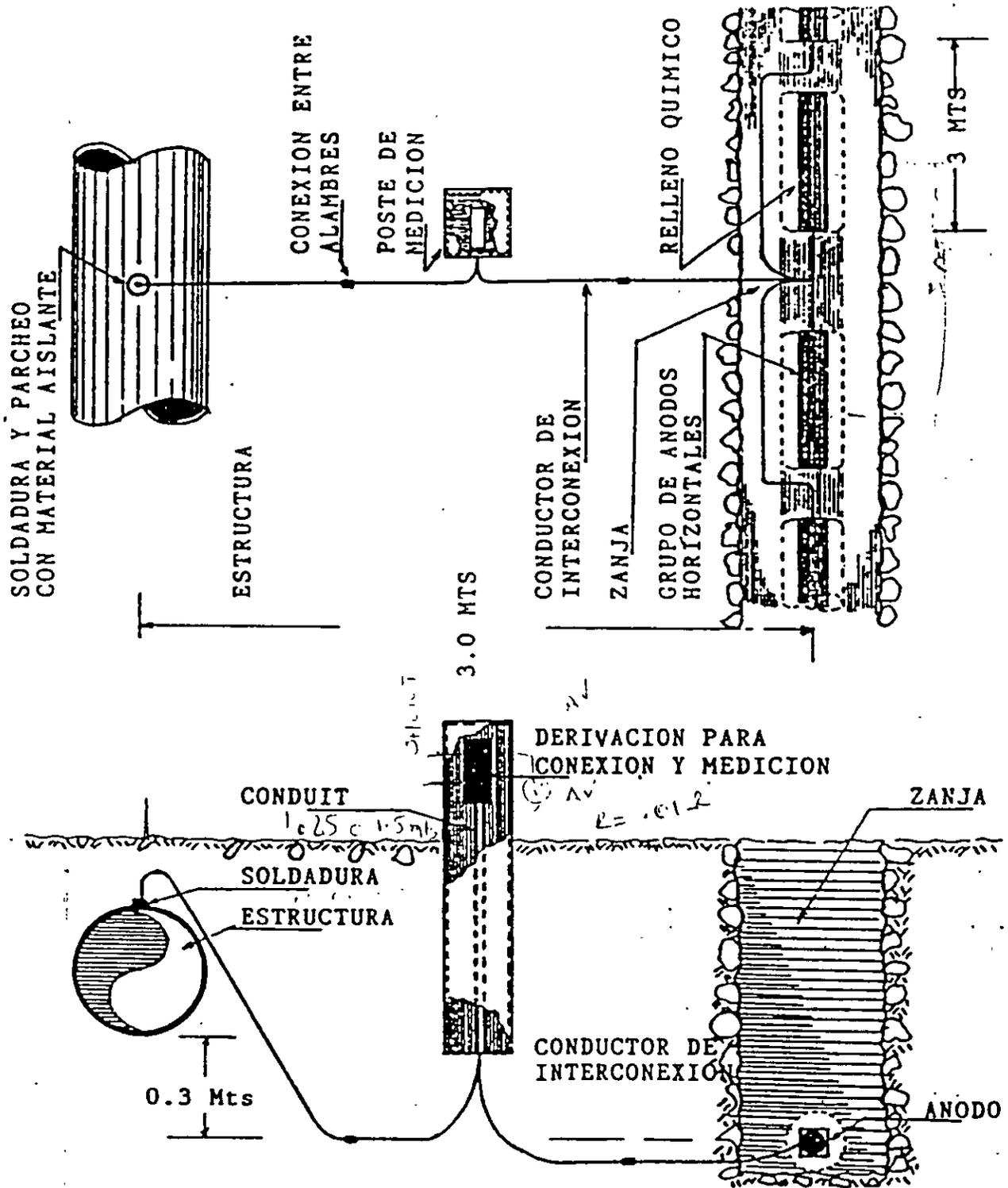


Figura 5.9.- Instalación Anódica Horizontal a través de un Poste de Registro

10.4

En algunas localizaciones se puede sembrar cinta de magnesio o zinc paralelamente a las secciones de tubería desnudas o pobremente recubiertas donde se requiere una protección local y continua. Las características generales de una instalación de este tipo se presentan en la Figura 5.8.

El alma de fierro de la cinta proporciona una conductividad eléctrica longitudinal y continua aún después de consumido el material anódico en algunas áreas. Para completar el circuito de protección, se recomienda hacer conexiones a determinados intervalos entre la tubería y el alma de la cinta. *Si estas conexiones se pueden hacer a través de postes de registro que se encuentren localizados cerca de la tubería o en lugares convenientes, se facilita la determinación periódica del flujo de corriente y se puede estimar el consumo del material anódico.* Los intervalos entre conexiones no deben ser muy grandes debido a que existe una caída de voltaje en la cinta anódica -esta caída de voltaje incrementa al transcurso del tiempo a medida que el área de la sección transversal de la cinta se reduce y que el material activo se consume.

El espaciamiento entre la cinta anódica y la tubería no se considera crítico. Se puede hacer a 1.5 metros (5 pies) en instalaciones de este tipo. La cinta debe quedar bastante profunda para que guarde humedad en forma continua. Se sugiere no menos de 0.61 metro (2 pies) y se recomiendan profundidades mayores en áreas donde los terrenos se encuentren sujetos a resequedad durante los periodos de estío.

Estas cintas se proporcionan desnudas y su uso sin relleno químico alguno involucra el riesgo de la pasivación anódica y, por consiguiente, la obtención inadecuada de la cantidad de corriente. Para resultados más confiables, la cinta se debe sembrar con un relleno especial y una determinación adecuada, suponiendo una dispersión satisfactoria alrededor del ánodo de 0.733 kilos/metro (70 libras/100 pies).

Su uso favorable es en áreas donde las condiciones del terreno permiten la operación de un tractor, mientras que los terrenos rocosos llegan a imposibilitar su aplicación.

Los puntos de medición en las localizaciones de instalaciones de ánodos múltiples se arreglan como se ilustra en las Figuras 5.5, 5.9 y 5.10.

El puente o derivador en la caja hueca del poste, figura 5.10, permite medir la corriente de los ánodos sin perturbar el circuito. El puente de 0.01 ohm no presenta suficiente resistencia para que tenga un efecto sustancial en el drenaje de corriente. No obstante, se recomienda el uso de un ampermetro de resistencia cero para medir la corriente anódica. La conexión a cualquiera de las puntas o terminales del puente,

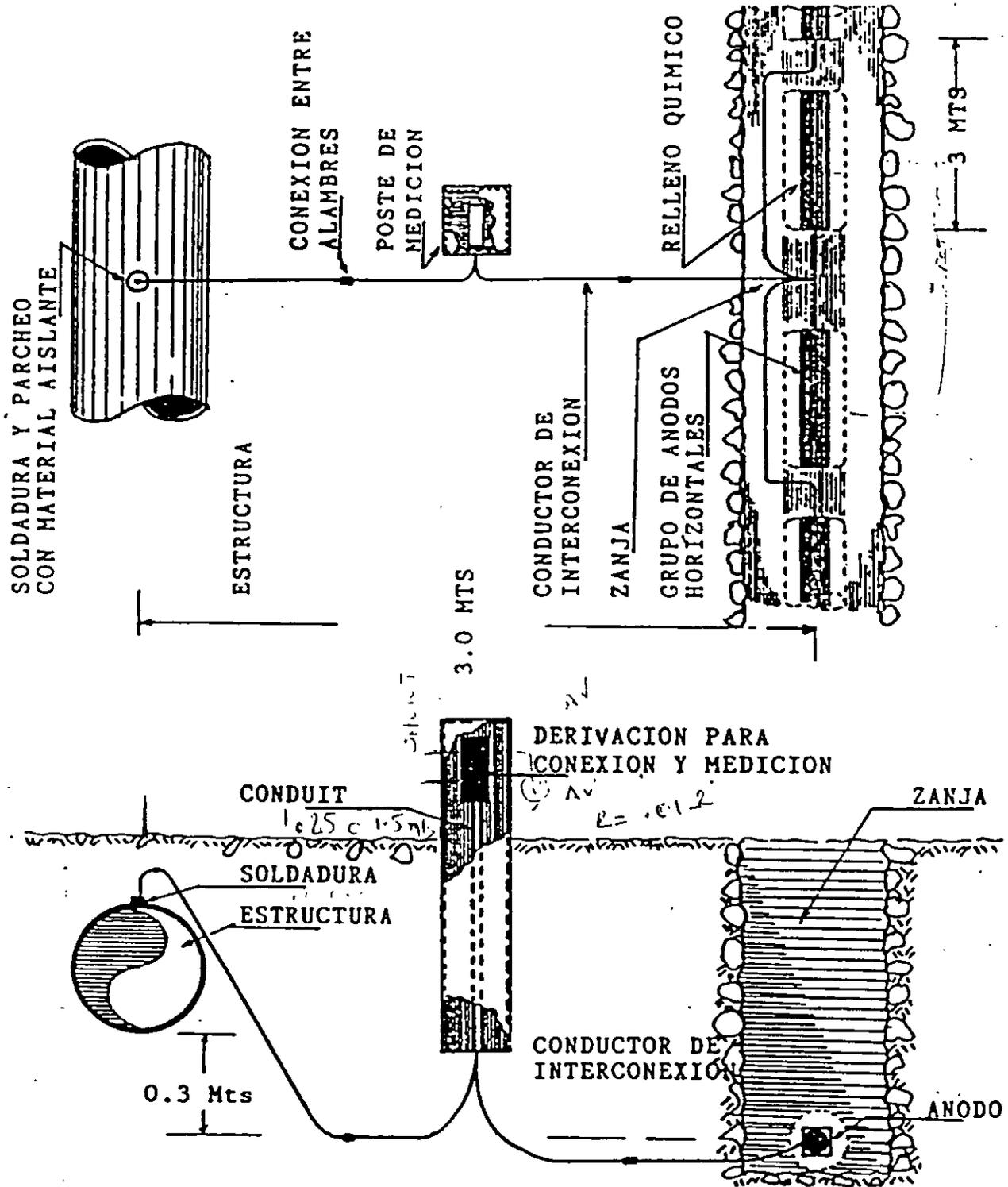


Figura 5.9.- Instalación Anódica Horizontal a través de un Poste de Registro

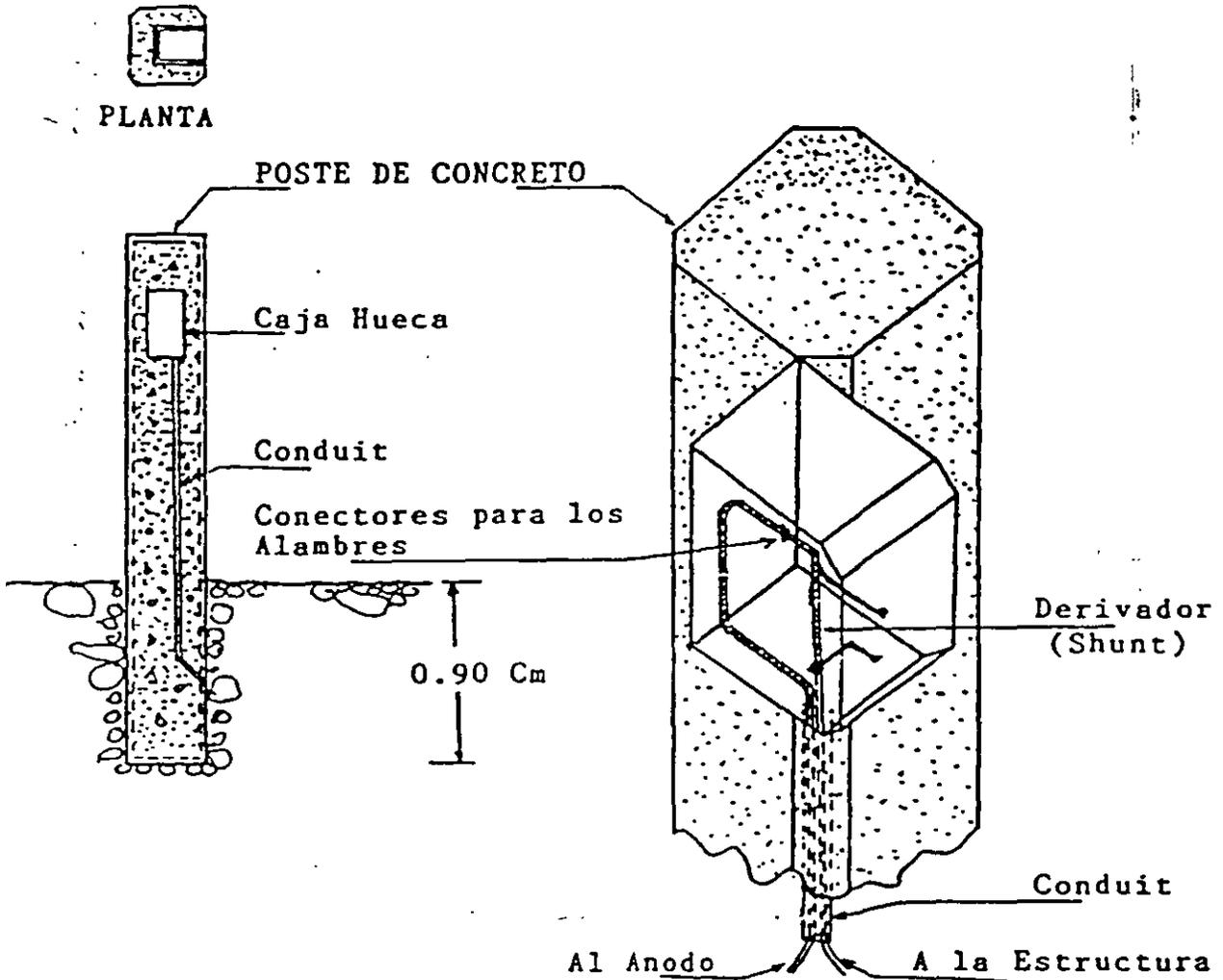


Figura 5.10.- Conexión del Derivador (Shunt) dentro del Poste de Registro

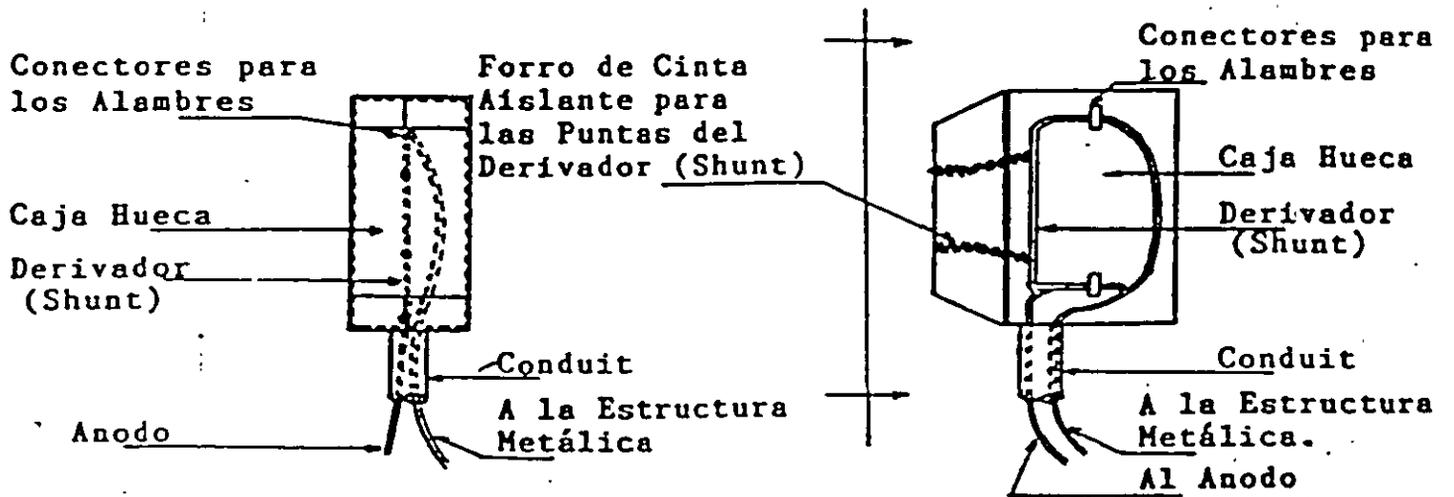


Figura 5.11.- Detalles de la Conexión del Derivador (Shunt)

permite la determinación del potencial de la tubería con el electrodo de cobre/sulfato de cobre. *Las conexiones a la tubería y los ánodos en las instalaciones en grupo se hacen con alambre o cable de cobre AWG No. 8 con aislamiento plástico TW.*

En las instalaciones anódicas galvánicas todo el alambre o cable conectado al ánodo tiende a protegerse. Esto significa que si cualquier pedazo de cobre quedara expuesto, no se corroerá y ni producirá la separación o corte del alambre como sucedería en alguna rotura del aislamiento de los cables conectados a la terminal positiva de la fuente de corriente directa de cualquier sistema de protección catódica con corriente impresa. Debido a esto, el aislamiento de las conexiones enterradas en las instalaciones anódicas galvánicas no es crítico pero, no obstante, se debe hacer lo mejor posible a fin de evitar el desperdicio de corriente. Si se usa cualquier conexión, como una abrazadera, soldadura, etc., ésta debe ser a prueba de agua a fin de evitar el posible desarrollo de una resistencia dentro de la junta. Probablemente, la conexión más importante en un sistema de ánodos galvánicos, desde el punto de vista del aislamiento, es la que se hace entre la tubería y la punta o cola de cobre del ánodo. La acentuada celda de corrosión galvánica formada entre el acero de la tubería y la punta de cobre del ánodo, requiere ser a prueba de agua a fin de evitar cualquier posibilidad de corrosión del acero adjunto a la conexión donde se puede no sobreponer completamente con la protección catódica aplicada. Particularmente, esto se presentan cuando el cobre desnudo cae cerca y paralelo al acero también desnudo, de manera tal, que áquel actúa como sombra y evita que la corriente protectora llegue al acero.

Durante algún tiempo, las instalaciones anódicas galvánicas no alcanzan su drenaje máximo. Esto se debe a que el relleno químico seco toma lentamente la humedad del terreno. A menos que éste se encuentre muy húmedo, se requiere de varios días o semanas para que se alcance el drenaje máximo. Si prevalecen las condiciones secas del terreno, mucho ayudará su humectación por arriba del ánodo después de hecha su instalación. *La solución obvia de mezclar el relleno con agua antes de su instalación no, necesariamente, es correcta debido a que se llegan a producir contracciones y, desde luego, espacios vacíos cuando el exceso de agua deja al relleno. Por otra parte, el relleno seco y bien apisonado tiende a expandirse al tomar agua del terreno y, de esta manera, asegura un buen contacto íntimo.*

Protección Catódica con Corriente Impresa

Se ha dicho que la protección catódica de estructuras metálicas enterradas o inmersas dentro de un electrolito, se puede realizar mediante ánodos de sacrificio o galvánicos o, bien, mediante sistemas de corriente impresa; estos últimos consisten de un rectificador o cualquier otra fuente de energía externa y una cama de tierra apropiada.

Las camas de tierra para estos sistemas de protección catódica son de dos tipos: camas convencionales, que consisten de uno o más ánodos instalados en profundidades superficiales, normalmente de 1.5 a 6 metros (5 a 20 pies); y camas de tierra profundas donde los ánodos se instalan verticalmente en agujeros a profundidades que van de 10 a 150 metros (50 a 500 pies).

En este capítulo se discuten los parámetros de diseño, la selección de los materiales, los procedimientos de instalación y los métodos de prueba para las camas de tierra convencionales.

SISTEMAS ANÓDICOS CON CORRIENTE IMPRESA

Los ánodos para sistemas de corriente impresa pueden ser materiales como: grafito, hierro fundido al alto silicón, aleación plomo-plata, platino o acero. Estos ánodos se instalan dentro del terreno o el agua, sea desnudos o con un material carbónico como relleno. Estos ánodos se conectan a través de un conductor aislado sea de uno en uno o en grupo a la terminal positiva de una fuente de corriente directa

como lo es un rectificador o un generador. La tubería se conecta a la terminal negativa de la misma fuente de corriente directa.

CONSIDERACIONES QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DEL TIPO DE PROTECCIÓN CATÓDICA

- A. Las corrientes parásitas que producen fluctuaciones significativas del potencial entre la tubería y el terreno, llegan a imposibilitar el uso de los ánodos galvánicos.
- B. La carencia de una fuente de energía externa llega a imposibilitar el uso de un sistema de corriente impresa.
- C. Sobre estructuras donde las corrientes parásitas no se encuentran presentes y donde se dispone de una fuente de energía externa, la magnitud de la corriente protectora llega a ser el factor dominante. La posibilidad de la protección mediante ánodos galvánicos se puede establecer cuando, en forma razonable, se han estimado los requerimientos de corriente, la resistividad del electrolito y los potenciales tubería/ánodo.
- D. Se debe considerar el espacio físico disponible, los problemas para obtener facilidades, las condiciones de la superficie, la presencia de calles y edificios, los cruces de ríos y demás construcciones, así como también el mantenimiento.
- E. Los futuros desarrollos del área del derecho de vía es un factor a considerar conforme a los problemas de interferencia anticipados, así como al daño a, o pérdida de, los equipos de protección catódica, la contaminación o cambios en el electrolito debido a desperdicios industriales, campos y futuras expansiones de la tubería.

REVISIÓN DE DIBUJOS Y ESPECIFICACIONES

Se debe conocer en forma aproximada las condiciones de la superficie metálica a proteger. Esto se limita a determinada investigación para saber si la estructura se encuentra o no protegida mecánicamente, el tipo de recubrimiento usado, los años que éste ha estado en servicio, etc.

Las demás estructuras que no se van a proteger catódicamente se deben localizar y aislar eléctricamente de aquella que se pretende proteger. Cualquier tubería abandonada se puede emplear como cama anódica o de tierra.

Se determinará el lugar y tipo de energía con algunas anotaciones sobre la fase, el voltaje y la capacidad.

El análisis de todo lo dicho proporcionará al ingeniero en corrosión las bases para la selección y/o revisión de cualquier lugar tentativo, así como también el arreglo del sistema anódico.

REQUERIMIENTOS PARA LA PROTECCIÓN CATÓDICA

Los requerimientos para la protección catódica de estructuras enterradas o inmersas dentro de un electrolito dependen de los factores siguientes:

1. El área de superficie desnuda de la estructura a proteger.
2. La configuración geométrica de la misma estructura.
3. El efecto de la polarización sobre dicha estructura.

Los estudios realizados por un buen número de investigadores han demostrado que se requiere desde 0.5 hasta 20 miliamperes de corriente para proteger un pie cuadrado de superficie de metal desnudo. La resistividad (resistencia) del terreno en donde la estructura se encuentra enterrada tiene la mayor influencia sobre el requerimiento de corriente. En terrenos de alta resistividad el requerimiento de corriente para la protección catódica será más bajo por pie cuadrado de estructura. En terrenos normales se requerirán de 0.5 a 3.0 mA/pie² de superficie de metal desnudo. En agua de mar, agua dulce y en terrenos de resistividad estremadamente baja, los requerimientos de corriente variarán de 3.0 a 20.0 mA/pie² de metal desnudo, dependiendo de los efectos de la despolarización sobre la superficie a proteger. En áreas altamente aeradas o, bien, en puntos de agitación violenta, como en las zonas de marea y oleaje de una plataforma marina, los requerimientos de corriente serán mayores debido a la rápida velocidad de despolarización de la superficie metálica.

Para la protección catódica completa de estructuras recubiertas o protegidas mecánicamente, los requerimientos de corriente son más bajos que para las estructuras desnudas. Basados en un potencial tubo/suelo de -1.0 volt, los requerimientos

de corriente variarán entre 0.01 a 4.0 $\text{microA}/\text{pie}^2$ sobre tuberías que cuentan con un recubrimiento excelente, de 4.0 a 8.0 $\text{microA}/\text{pie}^2$ para aquellas que tienen un buen recubrimiento, de 8.0 a 15.0 $\text{microA}/\text{pie}^2$ para las que tienen un recubrimiento regular y de 15 $\text{microA}/\text{pie}^2$ en adelante para tuberías cuyo recubrimiento es pobre o, bien, no cuentan con éste.

Un método alternativo de determinar el requerimiento de corriente para la protección catódica de una tubería recubierta consiste en asumir un cierto porcentaje de tubo desnudo (con frecuencia 1.0%). Esto permite la determinación del número equivalente de pies cuadrados de la superficie de tubería que se supone desnuda, los cuales después se multiplican por un valor de densidad de corriente entre 1 y 3 mA/pie^2 para determinar los amperes de corriente requeridos. Obviamente, este método no es muy exacto o confiable como el requerimiento real que a continuación se describe.

PRUEBA DE CORRIENTE

Una vez establecido el sitio para la cama de tierra, se realiza una prueba de corriente empleando una cama de tierra temporal y usando un generador CD portátil o baterías como fuente de corriente. Se hacen pruebas de potencial tubo/suelo en varios puntos con la corriente de prueba proveniente de la cama de tierra encendiéndose y apagándose intermitentemente. El cambio en voltaje por unidad de amperaje proporcionará un indicio aproximado de la corriente requerida para lograr los potenciales de protección deseados.

Mientras todavía se encuentra instalada la cama de tierra temporal, se deben hacer pruebas de interferencia en todas las estructuras ajenas que pudieran llegar a afectarse por la corriente protectora. Si se revelan serias exposiciones para las estructuras ajenas, la cama de tierra se debe relocalizar. Si la exposición de las estructuras ajenas es moderada y se puede relevar mediante uniones de resistencia, se debe determinar la cantidad aproximada de drenaje de corriente requerido por estas estructuras. La suma del drenaje de corriente de las estructuras ajenas, necesario para aclarar la interferencia, y el requerimiento de corriente aparente, determina el requerimiento total aproximado de corriente para la protección de la estructura original.

Mientras se encuentra instalada la cama de tierra temporal, se determinará la resistencia estructura/suelo, particularmente sobre toda tubería recubierta o protegida mecánicamente. Esto se hace interrumpiendo la corriente impresa en la cama de tierra y midiendo el cambio de potencial tubo/suelo en una posición remota y en el pun

to de drenaje. La resistencia estructura/suelo es el cambio en potencial tubo/suelo dividido por la corriente de prueba.

Con el requerimiento de corriente establecido, se diseña la cama de tierra con una resistencia de circuito lo más baja posible. Esto permitirá una cantidad mínima de voltaje para el propósito de impulsar la corriente protectora requerida. También, entre más baja sea la resistencia del circuito, menor será el costo inicial del rectificador y el subsecuente consumo de energía.

La resistencia del circuito de un rectificador se puede determinar de varias maneras. Se encuentran disponibles fórmulas empíricas que permiten la determinación de la resistencia a tierra de la cama anódica cuando se conocen los valores de la resistividad del terreno, el número de ánodos en paralelo, las dimensiones del ánodo y el espaciamiento anódico. Las fórmulas proporcionan meramente una aproximación y solamente se deben usar como guía.

RESISTENCIA DEL CIRCUITO

Se debe considerar la resistencia total del circuito y mantenerla en mente todo el tiempo. Asimismo, todos los componentes críticos que son ajenos a la fuente de energía como:

- A. Interfase ánodo-electrolito.
- B. Interfase estructura-electrolito.
- C. Cable alimentador positivo (terminal positiva de la fuente de energía a los ánodos).
- D. Cable negativo de retorno (terminal negativa de la fuente de energía a la estructura).
- E. Todas las conexiones, empalmes y juntas.

ANÁLISIS DE LOS FACTORES REQUERIDOS PARA EL DISEÑO

La siguiente es una lista de los términos que siempre se analizarán cuando se diseña un sistema de protección catódica con corriente impresa.

RESISTENCIA ÁNODO-ELECTROLITO

Con bastante frecuencia, esta resistencia controla la resistencia total del circuito y, por lo tanto, se debe analizar con mucho detalle. Para lo cual se estudian los factores siguientes:

1. La resistividad del electrolito (terreno, agua, etc.).
2. La resistencia entre un solo ánodo y el electrolito (terreno o agua) que le rodea.
3. La configuración de los ánodos, en particular el espaciamiento.
4. La localización de los ánodos con respecto a la estructura por proteger (negativa) así como también con respecto a las demás estructuras ajenas.
5. La posición de los ánodos, sea vertical u horizontal, manteniendo en mente el deseo de una conducción más uniforme.

Por naturaleza, las consideraciones son generales pero se aplican más específicamente a una cama de tierra. Por ejemplo, las estructuras como son un tanque elevado y un muelle, generalmente presentan un denominador común: (1) un ambiente constante, desde el punto de vista de la resistividad del electrolito. La excepción se encuentra en un área costera donde existe una entrada de agua dulce; (2) la estructura es relativamente compacta en oposición a una tubería, esta última con frecuencia tiene variaciones a través de las condiciones del terreno, (3) los ánodos necesarios se colocan relativamente cerca de la estructura a fin de obtener una distribución igual de corriente, lo cual reduce a un mínimo las interferencias con las estructuras ajenas; (4) el resultado neto de lo dicho anteriormente conduce a poner menos énfasis en factores como es la interferencia entre ánodos, la resistencia del circuito y el relleno carbonáceo. En su lugar se debe poner más énfasis sobre la colocación de los ánodos con el objeto de obtener el potencial negativo deseado y en el montaje de los ánodos para evitar el daño mecánico.

PESO DE LOS ÁNODOS PARA LOGRAR LA VIDA DESEADA

Esto permite el cálculo y la selección de los ánodos para cada trabajo de protección a fin de lograr la vida deseada del sistema de protección catódica.

RELLENO CARBONÁCEO (OPCIONAL) ALREDEDOR DE LOS ÁNODOS

El intento original de este relleno carbonáceo, generalmente de 12" de diámetro es para: (1) disminuir la resistencia total del circuito y, de esta manera, reducir los costos de energía, y (2) proporcionar una superficie relativamente mayor para permitir una corriente total por arriba de la que podría tolerar el ánodo. Esto será aplicable en donde el material anódico tenga alguna limitación en cuanto a la densidad de corriente de acuerdo con el ambiente.

El polvo de coque, sea que provenga del carbón mineral o del petróleo, así como también su tamaño de grano, son consideraciones de suma importancia. Si se emplea coque del petróleo, éste debe ser calcinado. Su especificación siempre incluirá la resistividad máxima y es posible obtener un valor de 50 ohm-cm con una buena calcinación.

Se han probado otros materiales en grado limitado como son las hojuelas de grafito, bentonita, lodos de perforación y compuestos químicos. Estos últimos se han usado tanto para aplicaciones profundas como en camas convencionales y se ha encontrado que el grafito es el único de este grupo que presenta buenos resultados.

Los ánodos se centran cuidadosamente para que el relleno proporcione su utilidad máxima y éste se vuelve obligatorio con los ánodos de fierro fundido al alto silicón. El relleno siempre es ventajoso pero, sin embargo, se puede hacer un gasto no justificado.

RESISTENCIA DE LOS CABLES

La resistencia de los cables positivo y negativo forma parte de la resistencia total del circuito, la cual produce un costo adicional de energía. Por otra parte, se puede gastar más dinero en cables más gruesos que los necesarios.

CONSIDERACIÓN DE LA VULNERABILIDAD AL DAÑO FÍSICO

Los rectificadores, cables y conexiones se deben instalar cuidadosamente para que sea mínima la posibilidad al daño físico. Para que un sistema de protección catódica sea efectivo, éste se debe operar con continuidad. Cualquier daño a los componentes no solo interrumpe la protección suministrada sino que también significa la necesidad de reparaciones costosas.

OBTENCIÓN DE DATOS DE CAMPO

Si se van a efectuar pruebas de corriente en forma práctica con el objeto de determinar la cantidad de corriente requerida, se pueden instalar ánodos temporales dentro del electrolito (terreno o agua) y energizarlos mediante un generador, baterías o cualquier otra fuente de corriente directa. Se deben comprobar los efectos producidos tanto en la estructura a proteger y en las demás que se encuentren en la misma área, incluyendo las porciones aisladas de la estructura por proteger.

Se deben realizar algunas determinaciones físicas para verificar la localización y las dimensiones de la estructura que se va a proteger y, al mismo tiempo, también la posición de las demás estructuras. Se verificará la existencia y la disponibilidad de energía eléctrica.

La determinación de la resistividad del terreno en el campo se hará en el área propuesta. El contenido de cloruros es el elemento más importante dentro del electrolito por lo que se debe determinar mediante la práctica de un análisis. Se llegan a generar cantidades relativamente pequeñas de cloro las cuales llegan a ser muy peligrosas tanto para los ánodos como para los cables. Una resistividad baja no necesariamente indica la presencia de cloruros en el terreno debido a que otras sales llegan a producir el aumento de la conductividad.

El contenido de cloruros en el electrolito servirá para la selección correcta del material anódico. Se recomienda el uso de fierro fundido al alto silicón y cromo cuando el contenido de cloruros exceda de 200 ppm y/o a temperaturas que se encuentren por arriba de la temperatura ambiente. A manera de regla, se aplicará para cualquier otro requisito general que se considere agresivo o poco común como es la inaccesibilidad de las camas de tierra profundas. El fierro fundido normal se usa ampliamente para aplicaciones relativamente dulces como es en tanques de almacenamiento de agua y camas de tierra convencionales donde los electrolitos se pueden clasificar como agua dulce.

ESTUDIO PRELIMINAR

Una vez tomada la decisión de instalar un sistema de protección catódica sobre cualquier estructura enterrada o inmersa dentro de un electrolito, la responsabilidad para conducir todas las pruebas de campo necesarias, recae en el ingeniero en corrosión a quien le corresponde evaluar la información recabada y diseñar la instala

ción para que ésta sea lo más práctica y económica posible bajo las condiciones existentes.

En este capítulo y en otros anteriores se comentan los detalles sobre los requisitos de corriente y los estudios correspondientes tanto de resistividades como de potenciales; sin embargo, este tema se comenta brevemente antes de entrar al diseño de una cama de tierra.

Los métodos de investigación en el campo difieren apreciablemente dependiendo del tipo de estructura bajo consideración. En este caso supóngase que se trata de estructuras o tuberías bien recubiertas.

El procedimiento común de estudio consiste en obtener los potenciales tubo/suelo naturales o estáticos a lo largo de la tubería; se induce una cantidad determinada de corriente directa sobre la estructura a partir de una fuente de energía y una cama de tierra temporal y nuevamente se determinan los potenciales tubo/suelo con la corriente aplicada. Este último procedimiento se repite con cada incremento de corriente hasta que se alcancen los potenciales tubo/suelo que indiquen que la tubería se encuentra bajo protección.

Los criterios de protección más comúnmente aceptados son: un potencial mínimo de -0.85 volt o, bien, un cambio negativo de 0.30 volt referidos ambos a un electrodo de cobre/sulfato de cobre. *Hasta donde sea posible, las camas de tierra temporales para estas pruebas se deben ubicar en o cerca de la localización de las camas de tierra permanentes.*

SELECCIÓN DEL SITIO DE LA CAMA DE TIERRA

Realizadas las pruebas sobre los requerimientos de corriente, la siguiente etapa es la selección final del lugar permanente de la cama de tierra. Algunas consideraciones importantes sobre la selección del sitio de la cama de tierra son:

1. Su localización geográfica,
2. La disponibilidad de energía eléctrica,
3. La resistividad del terreno,
4. Las condiciones de humedad del terreno,
5. El derecho de vía,
6. Los problemas de interferencia, y
7. El acceso al lugar.

Considerando cada uno de estos factores; *idealmente, el lugar de la cama de tierra se debe localizar en el centro geográfico de la tubería o estructura a proteger, suponiendo que la densidad de corriente requerida para la protección es, en esencia, igual a través de la estructura completa.* Cuando se requieren instalaciones múltiples, es deseable que las fuentes de energía se encuentren equidistantes. Desafortunadamente, muchos otros factores con frecuencia llegan a eliminar esta posibilidad.

La disponibilidad de energía eléctrica es esencial para la operación de un sistema de corriente impresa que utilice un rectificador como fuente de corriente directa. Donde no existe corriente alterna disponible, se recomienda el uso de generadores termoeléctricos o, bien, accionados por algún motor; igualmente, cuando los costos de instalación de una línea de extensión para la alimentación de la energía eléctrica son prohibitivos.

La resistividad del terreno es uno de los factores más importantes en la selección de la localidad de una cama de tierra, debido a que el número de ánodos requerido, la capacidad del rectificador y el costo de la energía alterna se ven influenciados por dicho factor. Generalmente, se deben utilizar los terrenos de más baja resistividad para la construcción de las camas de tierra. Cuando es imposible localizar un terreno de baja resistividad (dentro del rango de 0 a 6,000 ohm-cm) a profundidades relativamente superficiales, se debe considerar seriamente el uso de camas de tierra profundas.

Para la operación eficiente de la cama de tierra, se requiere de humedad permanente a la profundidad del ánodo. Cuando se imprime corriente directa entre un ánodo y un cátodo, se desarrollan fenómenos que tienden a remover o reducir la humedad disponible. Entre éstos se encuentra la disociación del agua en iones H^+ y OH^- , y un proceso conocido como electroósmosis que obliga al agua a emigrar a través del terreno, alejándose del ánodo. Con excepción de los terrenos supersaturados, la resistividad del terreno aumenta inversamente proporcional al contenido de humedad del terreno. Figura 7.1.

Por lo tanto, se debe hacer un esfuerzo para localizar la cama de tierra en un terreno apropiado que recoja y retenga tanta agua como sea posible. Algunos lugares... excelentes para camas de tierra, desde el punto de vista de la humedad, son los lechos de arroyos, zanjas, drenajes, riberas, campos irrigados y canales. Cuando no son favorables las características del terreno, algunas veces resulta práctico construir pequeños y bajos terraplenes o, bien, dejar ligeras depresiones sobre los ánodos con el propósito específico de recabar y retener agua.

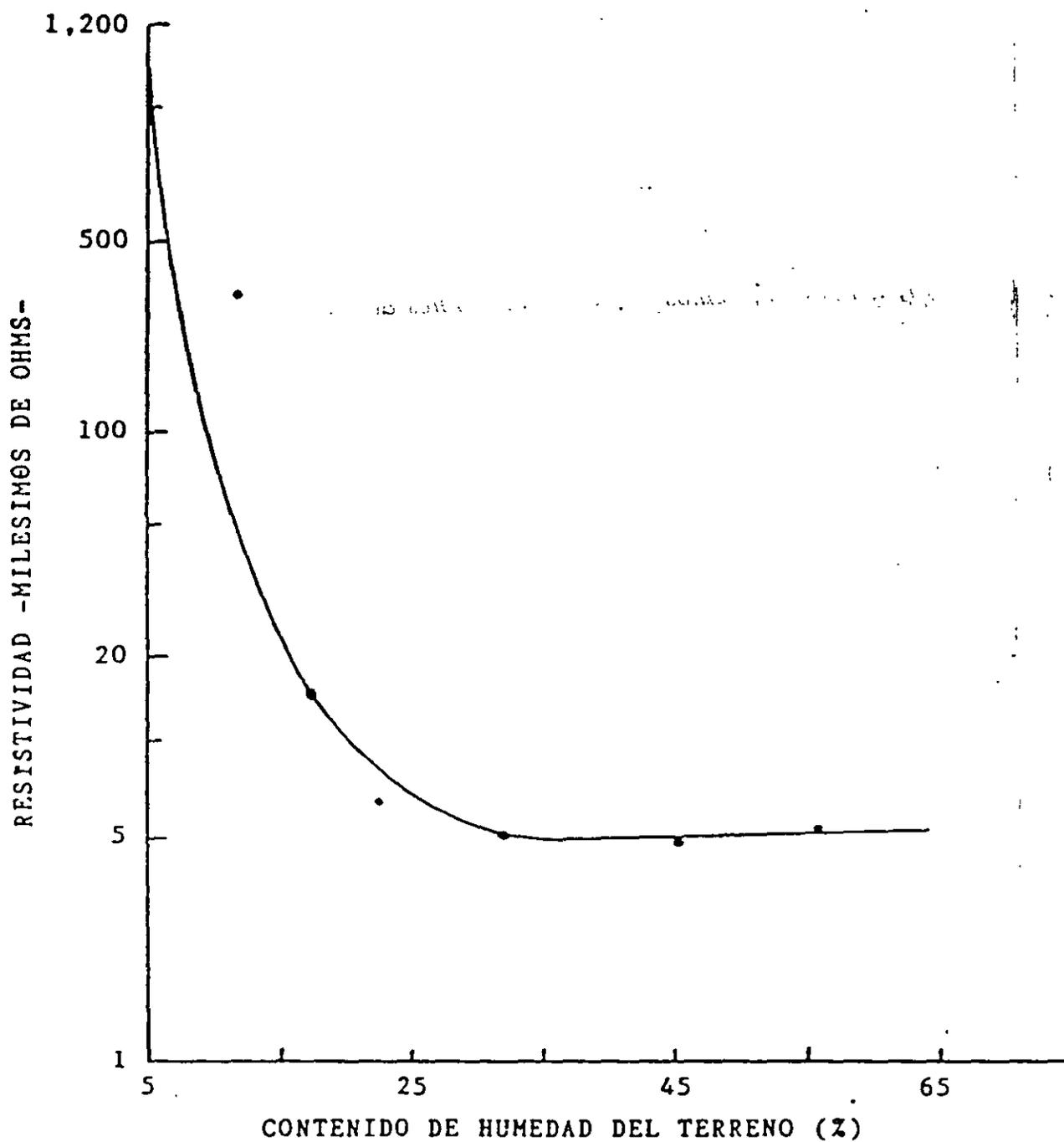


Figura 7.1.- Efecto del Contenido de Humedad sobre la Resistividad

La mayoría de las veces, un sitio aparentemente perfecto para una cama de tierra se debe pasar por alto porque no se encuentra disponible el derecho de vía necesario o, bien, su costo es prohibitivo. Por estas razones, siempre que sea posible, se deben aprovechar las estaciones de compresión o rebombeo para la instalación de una cama de tierra. Cuando se dispone de espacio limitado, se debe considerar la posibilidad de usar ánodos espaciados amplia y cercanamente paralelos a la tubería e instalados sobre el derecho de vía o, bien, se recomienda el uso de camas profundas.

Siempre se debe investigar: la presencia de tuberías extrañas o ajenas al sistema por instalar, los revestimientos de pozos, los cables de energía eléctrica o de telecomunicaciones que se encuentren enterrados y demás estructuras misceláneas que se encuentren en la vecindad inmediata al sitio propuesto para la cama de tierra. Cuando se encuentran presentes estructuras extrañas y no se puede localizar un sitio alternativo para la cama de tierra, el estudio preliminar debe comprender pruebas de interferencia a fin de determinar las corrientes parásitas y tratar de eliminarlas a un costo razonable sin tener un drenaje de corriente excesivo.

Es importante el acceso al lugar de la cama de tierra, sea durante o después de la construcción a fin de comprobar su funcionamiento y proporcionarle mantenimiento. Siempre que sea posible, evitense los terrenos lodosos y arenosos. La localización de una cama de tierra cercana a una carretera facilitará las lecturas del rectificador y su mantenimiento será mucho mejor.

DISEÑO DE LA CAMA DE TIERRA

Después de seleccionar el sitio tentativo de la cama de tierra, la primera etapa en su diseño consiste en determinar el tipo de instalación que mejor se ajuste a las condiciones existentes.

La información completa sobre la resistividad del terreno es de gran valía en la toma de decisión y, si no se condujeron pruebas adecuadas durante el estudio preliminar es muy importante que se obtenga en este momento.

Si el tiempo lo permite, uno de los métodos más exactos, es la conducción de pruebas de resistividad a profundidades de 1.5, 3.0, 4.5 y 6.0 metros (5, 10, 15 y 20 pies). El método preferido para conducir estas determinaciones es aquel donde se usa el Vibroground o el Meger junto con las cuatro puntas o electrodos de contacto. La Figura 7.2, presenta una gráfica típica de la información adquirida durante un estudio de esta naturaleza, con los contornos de igual resistividad dibujados sobre la

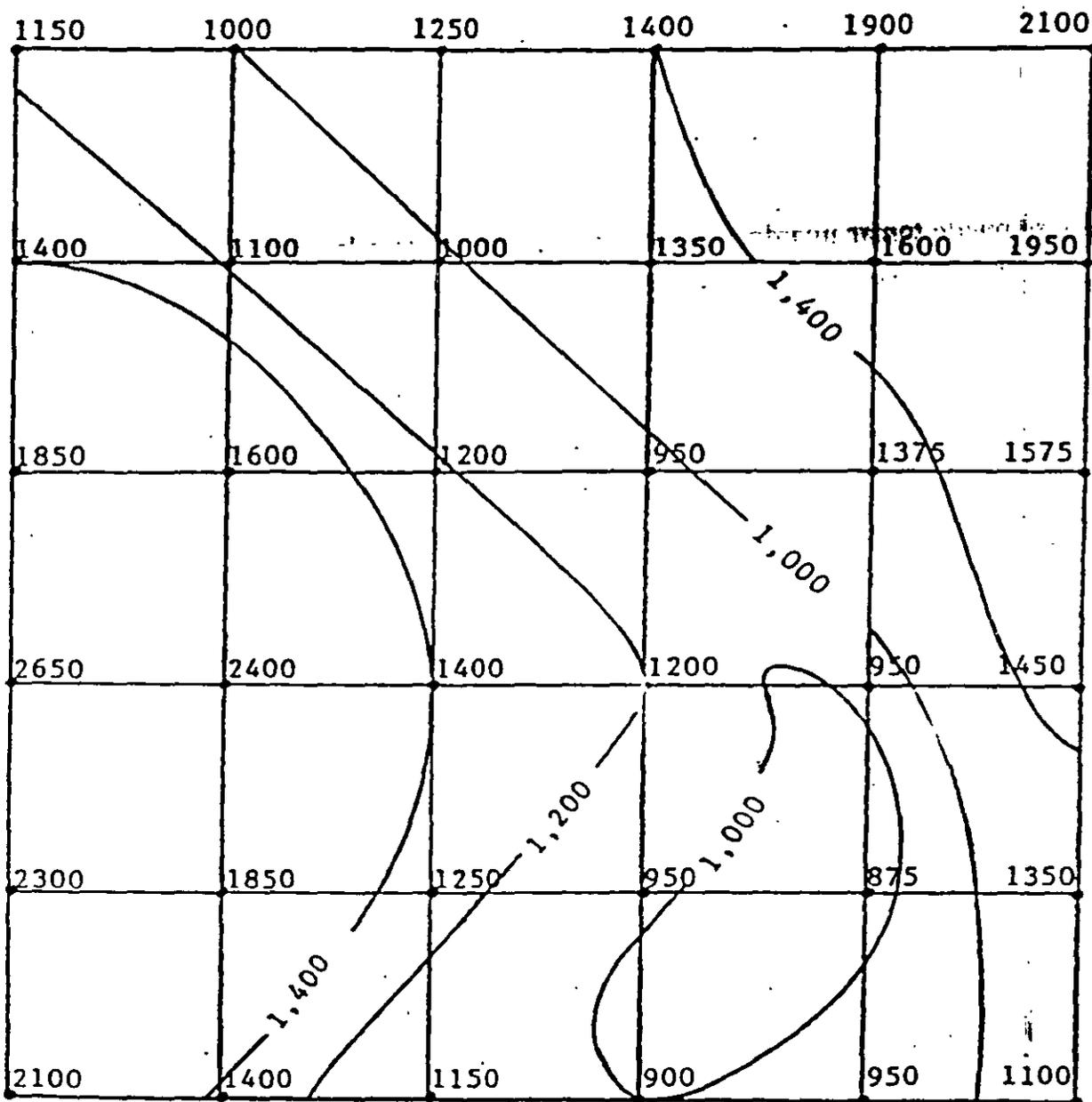


Figura 7.2.- Rejilla Típica sobre la Resistividad del Terreno

misma. La localización más deseable de la cama de tierra se hace aparente mediante el examen de esta información graficada.

Desafortunadamente, esta clase de estudio detallado de resistividades consume demasiado tiempo y, con frecuencia, no se justifica. No obstante, los terrenos son relativamente uniformes sobre un área pequeña y se pueden obtener resultados satisfactorios mediante estudios menos elaborados.

Con base a la información obtenida en el estudio sobre la resistividad del terreno, se puede tomar una decisión inteligente en cuanto a la profundidad óptima de los ánodos, sea que se instalen vertical u horizontalmente. En la Figura 7.3 se presenta una instalación típica de un ánodo vertical y en la Figura 7.4, la instalación horizontal.

Por lo general, si los valores de la resistividad del terreno son relativamente similares, es deseable la instalación vertical por las siguientes razones:

1. La instalación es más rápida y menos costosa, siempre y cuando se tenga el equipo adecuado.
2. Normalmente, la mayor profundidad lograda en la instalación de ánodos verticales, asegura una humedad más permanente en todas las áreas.
3. Existe una posibilidad menor de congelamiento a la profundidad de los ánodos. Se debe tener en cuenta que la resistividad incrementa drásticamente cuando la temperatura del terreno cae entre -6.7 a -3.9 °C (20 a 25 °F); esto es especialmente importante en el norte del país. Los efectos de la temperatura sobre la resistividad del terreno se presentan en la Figura 7.5.
4. Si los ánodos se instalan en espacios iguales, el factor de interferencia para ánodos verticales será menor que para ánodos horizontales debido a la distancia mayor que existe entre los componentes más cercanos de los ánodos adyacentes. Por ejemplo, si se comparan los ánodos verticales instalados en agujeros de 12" de diámetro contra ánodos horizontales instalados en una columna de relleno de 12" x 12" x 8', ambos espaciados a 4.5 metros (15 pies). La distancia entre los componentes más cercanos de los ánodos será:

A) Vertical: $15 \text{ pies} - (1/2 \text{ pie} + 1/2 \text{ pie}) = 14 \text{ pies}$

B) Horizontal: $15 \text{ pies} - (4 \text{ pies} + 4 \text{ pies}) = 7 \text{ pies}$

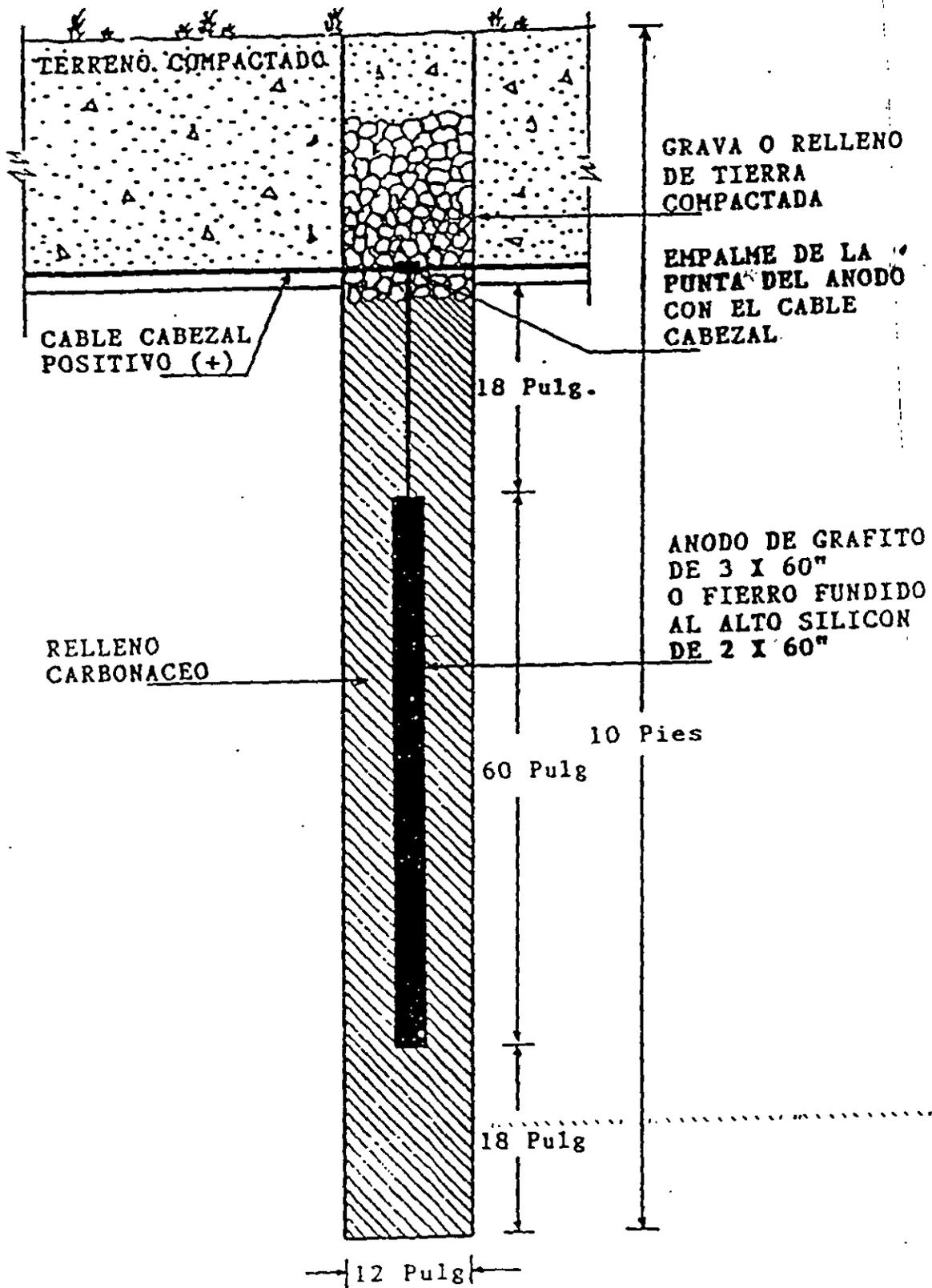


Figura 7.3.- Instalación Vertical de un Ánodo de Grafito

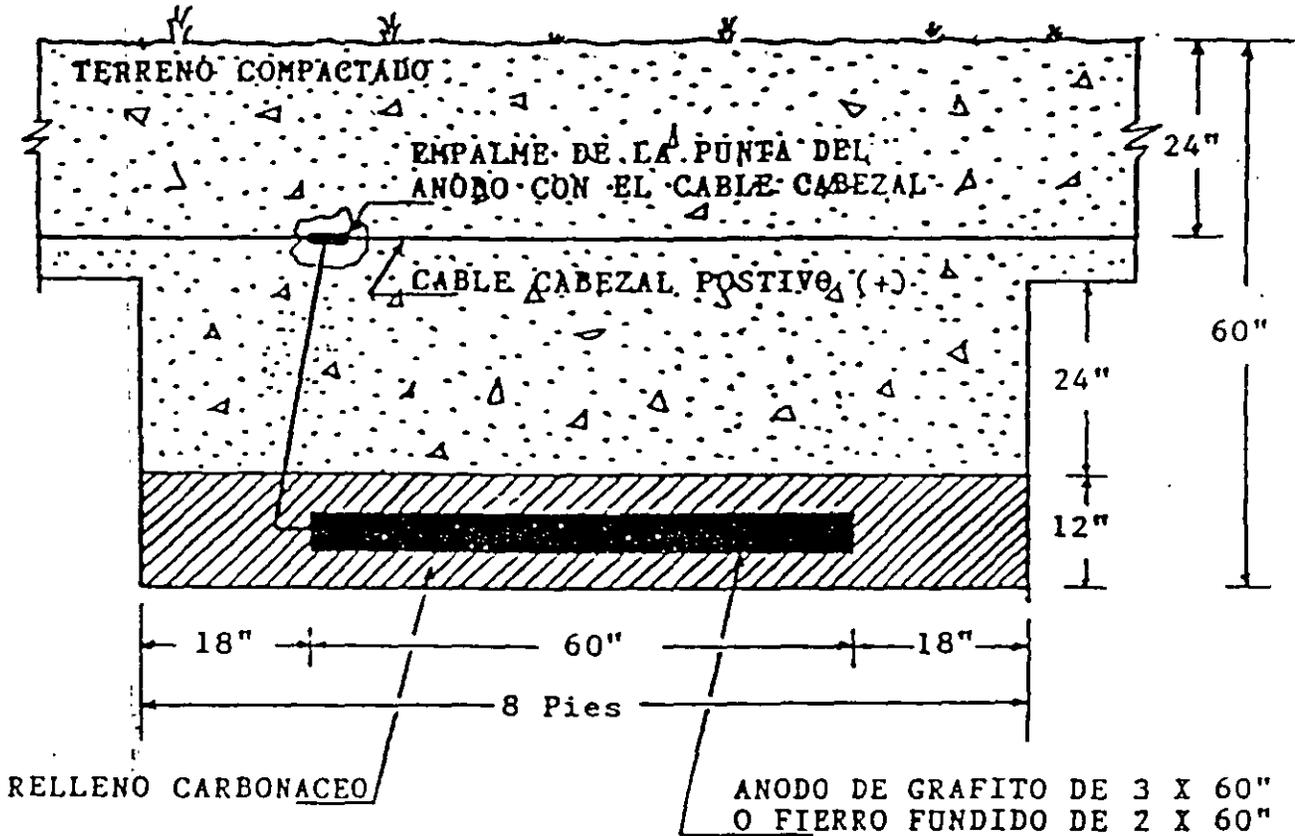


Figura 7.4.- Instalación Horizontal de un Ánodo de Grafito

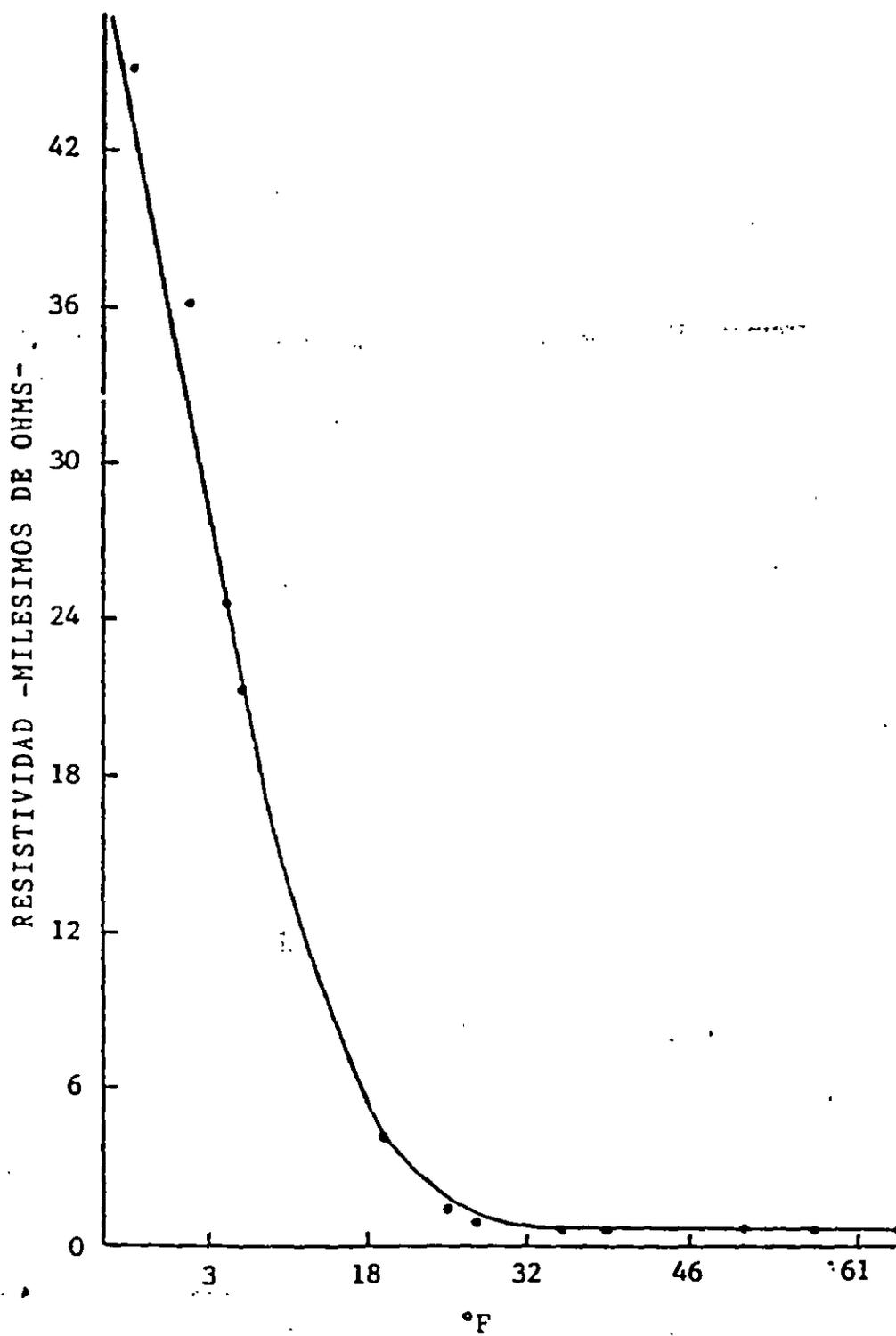


Figura 7.5.- Efecto de la Temperatura sobre la Resistividad

A pesar de las ventajas aparentes de la instalación anódica vertical, existen muchas ocasiones en que los estratos de roca o los terrenos de alta resistividad imposibilitan el uso de ánodos verticales por lo que la cama de ánodos horizontales ofrece la solución más práctica.

Un factor de importancia en el diseño, lo es la ubicación de la cama de tierra con respecto a la estructura a proteger.

Generalmente, en la mayoría de las instalaciones se prefiere una cama de tierra remota o semirremota. En estos casos, por lo general, la cama de tierra se localiza entre 60 a 500 metros (200 a 1,500 pies) alejada de la tubería y se puede instalar paralela, perpendicular o a libertad con respecto a la estructura. Normalmente, *cualquier cama de tierra instalada perpendicularmente a la tubería o estructura, proporcionará una distribución de corriente más uniforme. Como regla general, entre más alto sea el drenaje de corriente y mayor sea el abanico deseado de la misma, más apartada de la tubería se debe localizar la cama de tierra.* Esta práctica es aplicable tanto a tuberías recubiertas como desnudas, pero a fin de evitar potenciales tubo/suelo excesivos en estructuras recubiertas, es más recomendable sobre tuberías desnudas donde es más difícil lograr un abanico de corriente de buena amplitud.

Otro tipo de cama de tierra usado ocasionalmente en la protección de tuberías es la cama de tierra "distribuida", conocida por algunos como cama de tierra en "paralelo" y los métodos de instalación varían apreciablemente.

Una variante de una cama de tierra en paralelo consiste de 50 o más ánodos espaciados a intervalos de 15 a 60 metros (50 a 200 pies) a lo largo del derecho de vía. Comúnmente los ánodos se localizan a 3.0 o 4.5 metros (10 a 15 pies) de la tubería y se pueden instalar vertical u horizontalmente. En algunas instalaciones de este tipo, el cable cabezal o principal se encuentra enterrado y en otras el cable positivo desnudo se soporta arriba del terreno sobre postes y aisladores, bajando en cada poste al ánodo más cercano. Algunas veces se usan rectificadores múltiples para reducir la caída de voltaje en el cable positivo.

Un segundo tipo de cama de tierra en paralelo que se usa en tuberías desnudas y de diámetros grandes, se instala en zanjas de 1.2 a 1.5 metros (4 a 5 pies) de profundidad y paralelas a lo largo del derecho de vía; se instala el número de ánodos horizontales en espaciamientos de 4.5 a 9 metros (15 a 30 pies) dentro de un relleno continuo. Este tipo de instalación también se puede usar con éxito regular sobre tuberías recubiertas donde no se dispone de espacio para una cama de tierra remota.

CUADRO 15. Ventajas y limitaciones de la protección con ánodos galvánicos

<i>Ventajas</i>	<i>Limitaciones</i>
<ul style="list-style-type: none">● Fácil de instalar.	<ul style="list-style-type: none">● Corriente suministrada limitada.
<ul style="list-style-type: none">● No se necesita de una fuente de corriente continua ni de un regulador de voltaje.	<ul style="list-style-type: none">● Ineficaz en ambientes de resistividad elevada.
<ul style="list-style-type: none">● No provoca problemas de interferencia.	<ul style="list-style-type: none">● Costo inicial alto.
<ul style="list-style-type: none">● Bajo costo de mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none">● Alto consumo de ánodos para estructuras enterradas mal revestidas y sin revestimiento en agua de mar.
<ul style="list-style-type: none">● Permite obtener una distribución de corriente uniforme.	
<ul style="list-style-type: none">● Se puede aumentar el número de ánodos, con el sistema en operación.	

CUADRO 17. Ventajas y limitaciones de la protección catódica con corriente impresa

<i>Ventajas</i>	<i>Limitaciones</i>
<ul style="list-style-type: none">● Puede diseñarse para un amplio intervalo de potencial y corriente.● Un ánodo o lecho anódico puede suministrar una gran corriente.● Con una sola instalación se pueden proteger superficies muy grandes.● Potencial y corriente variables.● Se puede utilizar en ambientes de resistividad elevada.● Eficaz para proteger estructuras no recubiertas o mal recubiertas.	<ul style="list-style-type: none">● Puede causar problemas de interferencia.● Está sujeto a rotura de la fuente de corriente.● Requiere de una inspección periódica y de mantenimiento.● Requiere de una fuente de corriente continua.● Posibilidad de condiciones de sobreprotección con daños a recubrimientos y problemas de fragilización por la acción del hidrógeno.● Conexiones y cables sujetos a roturas.● Tiene un costo elevado.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

INSTALACIONES PARA GAS

TEMA:

CONSTRUCCIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

**CONFERENCISTA
ING. ESTEBAN J. OSUNA HERRERA
PALACIO DE MINERÍA
ABRIL 2000**

1. TUBERÍA DE TRANSPORTE (ACERO)

1.1 Normatividad de la construcción (distribución)

Las prácticas y normas propuestas para la construcción de las tuberías principales de acero en una red de distribución están basadas en los lineamientos de la norma NOM-003-SECRE-1997 y en las especificaciones que se describen a continuación; en caso de existir discrepancia, se aplicará lo indicado por la norma Oficial Mexicana.

ANSI/ASME B-31-8

CAP. IV	PARR. – 841-2	Instalación de tubería de acero
	PARR. – 841-3	Prueba después de la construcción.
	PARR. – 845	Control y limitaciones en la presión de gas.
API – Std – 1104 -		Norma para soldadura en tuberías e instalaciones relativas.

GPTC/DOT –

TITLE 49 – PART 192

SUB PART. E –	Soldadura en tuberías de acero.
SUB PART. G –	Requerimientos generales de construcción para tuberías troncales y ramales.
SUB PART. I –	Requerimientos para el control de la corrosión.
SUB PART. J –	Pruebas.

1.2 Clasificación de "localización"

- A. Determinación de la "clase de localización" la "unidad" de "clase de localización" está determinada como el área que se extiende en forma de franja a lo largo de la tubería y teniendo a esta como eje sus dimensiones son de 1600 m. de largo y 400 m. de ancho, es decir 200 m. a ambos lados de la tubería.

CLASE 1. Cualquier "unidad" que tenga diez (10) o menos edificios (casas) para habitación humana.

CLASE 2. Cualquier "unidad" que tenga mas de diez (10) pero menos de cuarenta y seis (46) edificios para ocupación humana.

CLASE 3. Cualquier área con cuarenta y seis (46) o más edificios para ocupación humana; o un área en donde en 100 mts. de tubería estén un edificio o un área recreacional (como un parque de juegos, un teatro o cualquier otro lugar de reunión pública) donde se ocupe con veinte (20) personas o más por lo menos cinco (5) días a la semana durante diez (10) semanas en un periodo de doce (12) meses (los días y semanas no tienen que ser consecutivos).

CLASE 4. Cualquier "unidad" donde existan edificios de 4 pisos o más, en cualquier parte del área.

- B. Máxima presión de operación permisible (M.A.O.P.) ningún segmento del sistema de distribución, puede operarse a una presión que exceda la presión de diseño del sistema.

La máxima presión de operación permitida para todos los segmentos está incluida en la guía del material empleado.

Estas presiones no deben ser excedidas.

C. Cambios en las “clases de localización”.

Cada año (preferentemente en el mes de julio) se debe evaluar el cambio de “clase de localización” causada por el crecimiento de casas y edificios.

Si el segmento en tubería, adyacente a la elevación de “clase de localización” está en condiciones satisfactorias, no requerirá ningún ajuste.

La relación de esta evaluación deberá tenerse por escrito en la oficina.

1.3 Construcción

1.3.1 Disposiciones generales

Al contratista de construcción.

Toda construcción de líneas de tuberías de acero y/o polietileno deberá contratarse con contratistas especializados, con amplio curriculum en tendido de tuberías e instalación de redes de distribución de gas natural. Deberá demostrar amplio conocimiento de las normas mexicanas existentes tanto las emitidas por CRE, como las de PEMEX. En su defecto deberán demostrar conocimiento de las normas americanas ANSI B-31.8, NFPA-51 y API-Std 1104.

El personal de soldadores (acero y/o polietileno) que vaya a utilizar el contratista deberá mostrar su certificado de soldador especialista y en su defecto someterse al examen (es) que se describen en estos procedimientos para poder ser aceptados.

El contratista será el responsable de la protección de la obra en la vía pública con dispositivos de señalamientos tal como lo indique el personal de obras públicas del municipio.

Al solicitante de obra.

El solicitante de obra deberá conseguir los permisos de paso de derechos de vía municipales, estatales o federales que se requieran, entregando a la compañía **gas natural** el original de la documentación ya autorizado.

Al supervisor.

Para la correcta supervisión de la obra el supervisor se apegará al manual de supervisor emitido por la compañía. La obra no se podrá iniciar en los fraccionamientos nuevos hasta que el nivel de terracerías este terminado y terminada la instalación de las tuberías de agua y drenaje.

Para evitar problemas en el desarrollo del trabajo, el supervisor obtendrá de la dirección de obras públicas municipales o del fraccionador, planos que indiquen donde están localizadas las líneas subterráneas de servicio (agua, drenaje, luz y teléfonos) así como la profundidad de las mismas.

1.3.2 Trazo y excavación

El trazo deberá indicarse normalmente con doble línea, excepto cuando una quede ya señalada por algo, por ejemplo la guarnición del cordón de la banqueteta, y deberá hacerse con pintura en casos de pavimentación y banqueteta y con cal o yeso en caso de terracerías.

Las preparaciones de 19 o 25 mm. (3/4" o 1") para los servicios domiciliarios en nuevos fraccionamientos, se instalan cada dos lotes en la colindancia opuesta a donde estén las tomas para agua, excepto cuando la localización de las cocheras en casas ya construidas no lo permita. La obra no se iniciará hasta que en el terreno se fijen las mohoneras de lotificación, así como las líneas de propiedad. En urbanizaciones construidas, las preparaciones se instalan de acuerdo a las necesidades de suministro, tratando de romper el pavimento y/o banqueteta lo menos posible. (El supervisor fijará los trazos de las acometidas).

1.3.2.1 Excavación (rotura de pavimento y banquetas)

El corte de pavimento y banquetas deberá hacerse siempre con cortadora de disco abrasivo y nunca con cuña y mazo.

El ancho normal de las zanjas, ya sea para la tubería principal o para las derivaciones, debe ser igual al diámetro del tubo, más 10 cm. por cada lado, con un mínimo de ancho total de 30 cms., excepto donde se tengan que hacer cajas mayores, por ejemplo para librar obstáculos de servicios existentes o para donde se requiera espacio para conexión y/o desviación o derivación de tuberías o para instalación de anodos de sacrificio.

La profundidad de la zanja como mínimo 0.60 m. de la parte superior del tubo hasta la superficie final del pavimento. De acuerdo al diámetro del tubo y a los obstáculos que se encuentren, el supervisor puede aumentar esta profundidad a su juicio y de acuerdo a NOM-003-SECRE-97, dejando registradas en la bitácora estos casos debidamente razonados.

Si en la excavación se cruza con otra tubería o ducto, debe procurarse un colchón de tierra intermedio de por lo menos 0.30 m.

Si en la excavación resultase roca fija, esta debe de profundizarse 0.10 m. adicionales para colocar un colchón de tierra o arena. Para zamjar la roca se deberá usar pistola neumática con mazo y cuña, pero no únicamente mazo.

Los fondos de las zanjas deben tener superficie aproximadamente plana, evitando curvas verticales de radio corto.

1.3.3 Especificaciones de la tubería

Especificaciones de tuberías

Las tuberías de acero negro para presiones hasta de 7 kgs/cm² y de diámetro menor de 4", deben ser de espesor ced. 40 y los de diámetro de 4" a 12" de espesor 3/16" en ambos casos como mínimo, y cumplir con las normas establecidas. El contratista deberá proporcionar una copia de la factura mencionando al fabricante.

Para presiones superiores de 7 kgs/cm², se especificará la tubería de acero en cada proyecto en especial.

1.3.4 Manejo de tubería (acero)

En el manejo del tubo o la tubería ya protegida, se deberá tener especial cuidado para evitar cualquier golpe o impacto que pueda producir fracturas o lastimaduras en las capas protectoras, debiendo manejarse con banda de hule.

El contratista hará prueba con detector electrónico a un voltaje que fluctúe entre doce y quince mil volts, para determinar la porosidad de las capas protectoras a cada tramo, lingada de tramos ya soldada o conjunto de tramos y derivaciones u que este a punto de bajarse a la zanja. En caso necesario, se harán las preparaciones convenientes para corregir las fallas, volviéndose a hacer nuevamente la prueba.

El supervisor podrá verificar las pruebas de cada tramo, lingada o conjunto que se vaya a bajar o incluso de las que se hayan bajado a la zanja, antes de cubrirlas.

La tubería de acero se transportará y descargará de los camiones y se manejará de tal forma que no reciba abolladuras y que los biseles en sus extremos no se perjudiquen por golpe o cualquier otra causa.

1.3.5 Limpieza de la tubería de acero

Antes de alinear cualquier tramo de tubería, el interior deberá limpiarse cuidadosamente de manera que este libre de estopa, piedras, rebabas, tierra, etc. Esta limpieza podrá hacerse por medio de cualquier dispositivo apropiado, pudiendo ser el siguiente: dos discos de placa de acero que sean menores en 5mm. que el diámetro interior del tubo y cuyo espesor sea cuando menos de 25mm. Estos discos deberán estar separados entre sí por una distancia igual a la del diámetro del tubo, debiendo además tener sus bordes redondeados y en el centro tendrán atornillados perpendicularmente una varilla de acero de 19mm., a

la cual sujetará un cable de acero de longitud un poco mayor a la longitud del tubo, todo tubo que haya sido encorvado accidentalmente deberá admitir que pase libremente a través del dispositivo mencionado, para que pueda aceptarse.

EXTERIOR

El tubo o lingada de tubos ya soldada, debe limpiarse exteriormente de toda sustancia extraña que este adherida a su superficie, debiendo entender por esto: moho, costras de óxido, agua, lodo, grasa, aceites, pintura, tierra, salpicadura de soldadura o cualquier otra sustancia que no sea el tubo mismo. Si como más tarde se especifica la pintura del tubo se hace en el lugar de trabajo, esta limpieza se hará con trapos limpios (no yute, ni estopa), y puede hacerse con cepillos de alambre o solvente inerte en caso de que las materias extrañas lo requieran, si la pintura se ejecuta en un patio o lugar central, se debe usar máquina "rasqueteadora" provista de cuchillas, ruedas de estrella y/o cepillos de alambre de acero, puede usarse chorro de arena (sand blast). Los biseles de los extremos deben limpiarse de oxidados, grasas, tierra, rebabas, etc., para evitar que afecten la soldadura.

1.3.6 Pintura de imprimación (tubería de acero)

Consiste básicamente en pintar la superficie exterior completamente limpia y seca de un tubo de acero o de una lingada de tubos ya soldada con pintura primaria (primer) que se fabrica a base de brea de hulla.

1.3.6.1 Precauciones antes de iniciar el proceso

Los tambores de pintura primaria se deberán agitar antes de extraer su contenido, ya sea rodándolos por el suelo o por otros medios apropiados.

No se deberá aplicar la pintura de imprimación cuando este lloviendo, o el ambiente este arriba del 90% de humedad relativa. Cuando se este pintando, se prohibirá el tránsito de vehículos que levanten polvo que se deposite en la pintura. Deberán evitarse acumulaciones de pintura en cualquier parte del tubo.

La pintura primaria no podrá usarse si se contamina con agua, gasolina u otras sustancias.

La superficie por pintar, deberá estar completamente seca y la pintura se aplicará de preferencia en las horas más calurosas del día.

1.3.6.2 Proceso de pintura

Inmediatamente después de haber sido limpiada la tubería en su superficie exterior, se le aplicará a esta, una capa delgada y uniforme de pintura. Si la pintura se ejecuta en un lugar central, se hace con máquina especial, y con pistola de aire, o brocha de pelo si se hace en el lugar de trabajo.

La cantidad de pintura de imprimación será tal, que cada litro cubra una superficie de 12 mts. cuadrados, mas o menos 15%.

Si se llegase a formar acumulación de pintura en la parte inferior del tubo, esta se emparejará por medio de brocha de pelo, antes de que la pintura se seque.

1.3.6.3 Inspección de la pintura

Se revisará con cuidado toda la tubería ya pintada, con objeto de localizar lugares que se hubieren quedado sin pintura y remediarlos inmediatamente. Además, debe investigarse si las superficies no tienen exceso de pintura o si la pintura se aplicó a una tubería que no hubiera sido correctamente limpiada por

fuera. En este caso se corregirán estos desperfectos raspando o limpiando la superficie hasta dejar expuesto el acero de la tubería y se volverán a pintar. Se tendrá especial cuidado de asegurarse de no aplicar otro recubrimiento hasta que la pintura este seca (no pegajosa). El tiempo para secar puede variar alrededor de las 12 horas dependiendo de las condiciones atmosféricas o en menos tiempo utilizando los aditivos apropiados.

Para juzgar si la pintura esta seca o correcta y seguir el proceso de la aplicación del esmalte, se puede proceder por el siguiente método:

Se raspará un poco de pintura de la superficie inferior de la tubería y se apretará ligeramente entre el pulgar y el índice de la mano por aproximadamente un minuto. Si la pintura no está suficientemente seca, se pegará en los dedos y se sentirá pegajosa; si la pintura está demasiado seca se desmoronará, pero si está correctamente seca, se podrá hacer una bolita con ella, la cual no se pagará a los dedos ni se sentirá pegajosa, se podrá repetir esta prueba con un punto del lado opuesto del tubo sobre la superficie superior.

1.3.6.4 Corrección de pintura

Si la pintura está demasiado seca (muerta) se pintará la tubería de nuevo usando pintura diluida con adelgazador en proporción (por volumen) de una parte del adelgazador y 16 partes de pintura; únicamente una sola vez podrá revisarse de esta manera la pintura.

Si esta segunda mano de pintura llega a resecarse antes de que se aplique el esmalte, entonces deberá quitarse toda la pintura con cepillo de alambre de acero y solventes y el tubo se pintará de nuevo.

Uso del adelgazador se usará solamente en dos casos:

- a) Cuando sea necesario revivir la pintura de un tramo de tubo que se haya resecado, como se aclaró en el punto anterior, y
- b) Cuando por alguna emergencia sea necesario acelerar el secado de la pintura.

1.3.6.5 Secado de la pintura

El tiempo de la pintura de imprimación de la aplicación del esmalte, varía de acuerdo con la temperatura y la humedad relativa del ambiente, desde unas 4 horas en clima cálido y seco a unas 12 horas en clima húmedo y frío.

La tubería pintada no se pondrá en contacto con el suelo, vegetación o cualquier objeto que pueda adherirse a ella, durante el tiempo de secado.

Para este trabajo, se colocará la tubería sobre durmientes de madera o sobre la misma tubería sin pintar, usándolos como largueros.

1.3.7 Proceso de encintado

La cinta se aplica en forma de espiral con traslape de $\frac{1}{2}$ " y 1" y por último se aplica la felpa krafáltica consistente en dos capas de papel kraft crepe de alta resistencia mecánica, aplicadas en forma de espiral con igual traslape, unidas mediante una capa gruesa y uniforme de asfalto. Estas cintas pueden instalarse a máquina o manualmente.

Al instalar la felpa krafáltica se debe evitar que coincidan los traslapes de la felpa con los de la cinta.

Es indispensable mantener el ángulo y la tensión adecuada al aplicar ambas protecciones para evitar los doblamientos y las arrugas.

1.3.8 Soldadura de tubos de acero

1.3.8.1 Equipo y herramientas

Las soldaduras en tubos de acero, se pueden hacer perfectamente con arco eléctrico de corriente continua usando para ello, generadores con capacidad en el rango de 200 a 400 amperes, con propulsión de motores diesel o de gasolina.

También se pueden utilizar equipos especializados de soldadura con electrodo de alambre tubular en rollos y chorro de gas argón sencillo o en doble capa como estabilizador del proceso (proceso semi-automático).

Las herramientas, tales como cepillos de alambre, aletas (lesnas), abrazaderas para alinear el tubo, ya sean internas o externas o cualquier otro equipo, deben estar en buen estado, para que cumplan su función.

En tuberías de diámetros pequeños de hasta 102 mm. (4") tanto el primer cordón de soldadura (fondeo) como los siguientes cordones, se harán con electrodo o varilla de buena calidad, tal como la FLEETWELD #5P, SHIELD-ARC 85P o similar, de 5/32" de diámetro.

Para diámetros superiores de tuberías, puede usarse en los cordones de relleno electrodo o varilla de 3/16" de diámetro. En ciertas ocasiones, principalmente en empates en que entre tubo y tubo es difícil tener la separación adecuada, puede usarse para el primer cordón electrodo o varilla de 1/8" de diámetro. Los electrodos deberán guardarse de tal manera que no absorban o pierdan humedad debiendo desecharse los que se deterioren.

En los casos de soldadura con alambre tubular y gas argón se utilizarán los diámetros especificados por el fabricante para cada tamaño de tubo.

En soldadura o cortes de oxi-acetileno, se utilizan tanques portátiles y mangueras, boquillas y varillas de fierro cobrizado apropiados para el tamaño del tubo y de la operación que se vaya a hacer.

Terminadas las etapas de la soldadura a tope, se marcarán los puntos inicial y de empate de la soldadura, y se deberán cortar del tramo soldado ocho tiras longitudinales con ancho de 3.5 cms. y longitud de 25 cms. de los cuales dos deberán tener cada una de las marcas señaladas.

Estas tiras pueden cortarse con soplete o segueta, y luego emparejarse con cepillo, lima o esmeril, de manera que tengan un ancho uniforme de 2.5 cms. el cordón de soldadura de las caras exteriores e interiores de las probetas se bajarán de paño, y se someterán a las siguientes pruebas.

Las probetas del punto inicial del empate se fijarán a un tornillo de banco y se romperán a cincel, con objeto de hacer fácil la inspección de la estructura y calidad del metal de la soldadura. Las dos probetas localizadas a un cuarto de la circunferencia de las mencionadas, o sea en los costados, si es que se empezó arriba y se terminó abajo, se doblarán a golpes de manera que la probeta tome la forma de una horquilla cerrada y el dobléz quede exactamente en el cordón de soldadura. Una de estas probetas se doblará de manera que la superficie exterior del tubo quede en el exterior de la horquilla y la otra probeta se dobla en forma contraria.

Esta prueba es de ductibilidad y no debe fracturarse el material de la soldadura.

Las otras cuatro probetas se probarán a la tensión hasta llegar a la ruptura y en ningún caso el punto de cedencia debe quedar en la soldadura.

1.3.8.2 Calificación

Se determinarán los puntos malos en la siguiente forma:

Cada poro o inclusión de escoria que se encuentre en las probetas, ya sea del punto inicial o del empate, tendrán un valor de (1) un punto.

Cada una de las dos probetas que sea doblada en horquilla y se agriete en la soldadura o en la junta de soldadura, tendrá valor de (3) tres puntos. Cada una de las cuatro probetas rotas a la tensión que se fracture totalmente en la soldadura o en la junta de la soldadura y el metal del tubo, tendrá un valor de (5) cinco puntos. Cuando la suma total de los puntos malos de las (8) probetas exceda de (10) diez puntos, se considerará rechazado como soldador el operario que las haya ejecutado, y no podrá soldar en las obras.

Prueba destructiva

En un costado de un tramo de unos 70 cms. de tubo de 6" de diámetro taponeado y fijado en posición por algún medio conveniente, se hará un inserto en ángulo recto de un tubo de 4" de diámetro y 50 cms. de longitud, en su forma convencional o sea, con un extremo en forma de boca de pescado y taponeado en el otro extremo.

Sobre el tubo de 4" de diámetro se hará otro inserto a 45 grados en tubo de 2" de diámetro, en la misma forma convencional y también taponeado en el otro extremo.

Todas las soldaduras hasta este paso, se harán con soldadura eléctrica. Enseguida, sobre el tubo de 2" de diámetro, se soldará en forma convencional, pero con soldadura oxiacetilenica, un niple de 1" de diámetro por 6" de largo roscado en el extremo libre para que sirva de conexión de la probeta a una

manguera de aire a presión de 7 kgs/cm², para hacer la prueba de hermeticidad. Si está satisfactoria, se someten algunas soldaduras a pruebas radiográficas y si estas a su vez resultan satisfactorias, se considerará aprobado este examen.

Todas las soldaduras, cortes, biseles, etc., serán ejecutadas delante del técnico especializado para la calificación, en posición fija, para verificar la habilidad del soldador.

Los costos de las pruebas serán absorbidos por el contratista, mediante el pago correspondiente o aportando el equipo necesario.

1.3.8.3 Métodos de soldadura

Cuando ya se tenga hecho el zanjado y se disponga de tramos de tubo protegidos por alguno de los métodos vistos, y con sus extremos biselados correctamente, se procederá a colocarlos sobre cualquier apoyo conveniente a lo largo de la zanja, y se procederá luego como sigue:

Primero se revisa cada tramo, para asegurarse que este limpio en su interior y que sus extremos sean perfectamente circulares y estén sus biseles correctos y sin daños. En caso de que los tubos vayan a durar de un día para otro sin soldarse, se deberán sellar los extremos con capuchas de lámina fijadas con puntos de soldadura.

Una vez que se vaya a iniciar la operación de soldado de una lingada de tubos, se procede a quitarles las capuchas de los extremos, si las tuvieren, y a alinear y espaciar los dos primeros, utilizando de preferencia un alineador mecánico, que normalmente consiste de un ángulo de acero y cinchos para fijar los tubos al mismo.

La distancia entre tubo y tubo, debe ser de entre 1 y 2 mm. y para medir dicho espacio se deberá utilizar un escantillón especial. La alineación debe ser perfecta, sin que haya ningún escalón en la junta por soldar que exceda de 1 mm., ni derivaciones angulares visibles.

Posteriormente, se sigue el mismo procedimiento para ir agregando nuevos tramos de tubo a los tramos ya soldados.

Una vez correctamente alineado y espaciado cada tramo, se procede a iniciar la operación de soldadura, calibrando la máquina eléctrica de soldar al voltaje y amperaje adecuados al espesor y diámetro del tubo y seleccionado el electrodo apropiado.

Una terminal se conecta a tierra y no deberá soldarse al mismo tubo o alguna de sus conexiones, y con la otra se procede a aplicar el primer cordón de soldadura, llamado "fondeo", sobre los biseles, empezando en la parte interior o fondo de los mismos, donde están más cercanos entre sí y empezando también en la parte superior del tubo, y siguiendo luego hacia abajo primero por un lado y luego por el otro.

Hay que tomar en cuenta que los tubos no deberán girarse hasta que el cordón este terminado, cuando menos en un 80%. Este cordón deberá sobresalir entre 1 y 2 mm. en el interior del tubo parejo en toda circunferencia, para asegurar una buena unión, y esta calidad de mano de obra se verificará por muestreo, a juicio del supervisor, cortando algunas de las juntas ejecutadas.

Para proseguir con los demás cordones, se quita el alineador mecánico y se procede a soldar el segundo cordón llamado "paso caliente" y luego los de relleno, en el mismo espesor y con el electrodo que se requiera, según el espesor y diámetro del tubo, según las tablas siguientes:

<u>CORDON</u>	<u>DIAM. DEL ELECTRODO</u>	<u>TIPO DE ELECTRODO (O SIMILARES)</u>
FONDEO Y PASO CALIENTE	0.396 cms. (5/32")	AWS-E-7010, SHIELD ARC 85P O FLEETWELD 5-P
OTROS RELLENOS	0.476 cms. (3/16")	AWS-E-6010, O FLEETWELD 5-P

El número de cordones de relleno se da en la siguiente tabla:

<u>DIAMETRO</u>	<u>No. DE CORDONES DE RELLENO</u>
12", 10" y 8"	3
6", 4" Y 2"	2

La soldadura terminada deberá tener un ancho que sea la suma del espesor de la pared del tubo, mas 4 mm. y deberá sobresalir sobre la superficie del tubo de 1.5 a 3 mm.

Las soldaduras de todos y cada uno de los cordones, deberán ser parejas y no tener grietas, crateres ni protuberancias y deberán limpiarse perfectamente de escoria con martillo especial y cepillo de alambre o cualquier otro método adecuado.

En caso de tubos de 2", 1" y ¾" que puedan hacerse con soldadura autogena, normalmente de oxi-acetileno, se sigue un proceso similar para la alineación y el espacamiento, y solo en 2" y 1" se soldan 2 cordones, uno de

fondeo y uno de paso caliente, mientras que en $\frac{3}{4}$ " con un solo cordón de soldadura, es suficiente.

En estos últimos casos, los tubos se pueden girar para facilitar el trabajo de soldadura.

Todos los cortes en tubos de cualquier diámetro, deberán hacerse con equipo de soldadura autogena, ya sea para cortar tramos a la medida o para cortar los orificios de los insertos, desviaciones y derivaciones. La razón es que el trabajo hecho con equipo de soldadura eléctrica queda irregular y procede muchas rebabas y escorias.

1.3.9 Bajado de tubería de acero 2" dm. y menores

El método de bajado de tubería de acero de estos diámetros, debe tomar en cuenta que su desplazamiento longitudinal dentro de la zanja solo podrá hacerse cargándolo a mano, lo cual limita el número de tramos que se pueden soldar fuera a unos 8 o 10 como máximo, aunque lo más común es limitarse hasta 4 tramos, porque en ningún caso se debe lastimar la protección.

Una ventaja adicional de evitar el desplazamiento longitudinal dentro de la zanja, es que se limitan a soldar fuera solo aquellos tramos que vayan a quedar en su posición definitiva, entonces se podrán también soldar todas las derivaciones incluyendo el "pie derecho" y bajarse todo el conjunto ya soldado y protegido.

Recomendaciones

- 1a. Se recomienda que una vez instalado en su lugar un tramo de unos 100 mts. de tubería principal, ya con todas sus derivaciones soldadas y antes de taparlo, se le haga una prueba de presión a kgs/cm^2 , con objeto de probar la hermeticidad del conjunto.

- 2a. El extremo del primer tubo que se desplace, también deberá de ir taponeado.
- 3a. Si falla en algún punto en las pruebas de verificación de la resistencia eléctrica de la protección que haga el supervisor cuando la tubería ya este instalada en el fondo de la zanja, deberá corregirse el defecto, que probablemente se haya originado en el bajado de la tubería.

Llenado y compactación de la zanja

En caso de tuberías de acero, tanto de estas dimensiones como más grandes, el llenado y compactado de la zanja se podrá hacer en la siguiente forma:

- a) El contratista deberá reparar todos los daños a servicios públicos, ya sea pagando a las empresas involucradas o haciendo la reparación el mismo en los casos previstos, y deberá instalar cuando menos las tres capas de tierra siguientes:

A-1: La de acolchonado bajo las tuberías.

A-2: El primer tapado o acolchonado sobre las tuberías.

A-3: La primer capa de compactación.

De acuerdo con lo estipulado en la Norma NOM 003.

En estos casos el mismo contratista de gas tiene que compactar por completo la zanja hasta el nivel de terracería.

- b) Para la pavimentación deberá retirar el material de relleno y compactar todas las capas faltantes hasta llegar al nivel de la terracería.

Bajada de tubería de acero de 4" y mayores

En estos casos de tubería, sobre todo en aquellos que vayan a ser de alta presión (7 o 14 kgs/cm²) se procurará escoger los tramos y las profundidades más convenientes para evitar la mayoría de los obstáculos.

En caso de que la zanja resulte con muchos obstáculos, se podrán deslizar longitudinalmente con mucho cuidado de no dañar las protecciones hasta unos tres o cuatro tramos de tubos de 4" de diámetro, pero en tamaños mayores, se deben ir evitando estos desplazamientos, y los de 10" en adelante ya solo se podrá desplazar un solo tramo, para librar obstáculos en la zanja.

Se podrán soldar antes de bajar a la zanja lingadas ^{de} en tubos tan largos como la ausencia de obstáculos y la maquinaria para maniobrarlos los permita, incluyendo en su caso, derivaciones y válvulas.

En tuberías para presión de 7 kgs/cm², es recomendable que después de completado un tramo de unos 100 mts. de tubería principal con todas sus derivaciones, y en su caso válvulas, cuando ya este colocado en la zanja en su lugar definitivo y antes de taparlo, se pruebe a dicha presión para verificar la hermeticidad del conjunto.

Las tuberías que vayan a trabajar a 14 kgs/cm², se tomarán radiografías de todas las soldaduras, ya sea afuera o en la zanja, según el caso lo permita, rechazando hasta su reparación o su cambio las que resulten defectuosas y luego se volverán a radiografiar.

Se aplican las mismas recomendaciones números 2 y 3 las de llenado y compactado de la zanja que para el caso de tuberías de acero de 2" de diámetro y menores.

1.3.10 Instalación de válvulas y construcción de registros

Las válvulas se usan primordialmente en las tuberías de acero de los sistemas para 14 y para 7 kgs/cm² y ocasionalmente en baja presión, y se utilizan en la siguiente forma.

Las que en el esquema y proyecto original de alta presión vayan a quedar en una posición tal que en u futuro sea necesario operar un taladro. Todas las demás válvulas del esquema o proyecto serán del tipo macho cónico lubricado. Estas últimas serán del tipo "cremallera" en los sistemas de 14 kgs/cm² y del tipo "cuadro" en los sistemas de 7 kgs/cm² o en los raros casos de que se utilicen en baja presión, tanto en tuberías de acero como de plietileno.

Registros

Es importante que se respete a la longitud de cara a cara, pues su estandarización facilita el cambio de válvulas.

Toda la válvula deberá alojarse en un registro, en el caso de que quede bajo el nivel del piso.

Las características constructivas de estos registros, se dan en el plano adjunto. (dibujo No. 6A-3659)

La profundidad del registro será la que en su punto tenga el centro de la tubería más 60 cms. y las dimensiones horizontales serán como sigue:

1.60 x 1.60 m.

2.00 x 2.00 m.

2.60 x 2.60 m.

→ Haz de 1.0 x 1.0 m p/rietas

¿Por qué?

Los registros de 1.60 x 1.60 m. serán únicamente para los casos de una válvula de 2" o 4" de diámetro. En los casos de una sola válvula de 6", 8", 10" o 12", serán de 2.00 x 2.00 m. y las de 2.60 x 2.60 m. serán para cuando se construya un registro con dos válvulas de cualquier dimensión.

1.3.11 Pruebas de hermeticidad

Tubería de acero

Todas las partes de una tubería principal o de transporte debe ser probada de acuerdo al capítulo 2.4 de la norma, en donde nos indica el uso de agua y aire, al que podemos agregar el uso de gas inerte en lugar del agua para acelerar la prueba, este gas deberá ser no inflamable y compatible con el material de la tubería.

Los injertos de acero (de servicio) que vayan a operar a mas de 2.8 kgs/cm² (40 psig) deberán ser probadas al menos a 6.3 kgs/cm² (90 psig) las tuberías de servicio que vayan a operar entre 0.703 kgs/cm² (1 psig) y 2.8 kgs/cm² (40 psig) pueden probarse a 3.5 kgs/cm² (50 psig). *¿Prueba? - No cumple la norma 003-54116 15:*

Estas pruebas de baja presión deben efectuarse una vez que se haya considerado si no es necesario operar a mayor presión en el futuro.

Durante la prueba, deben tomarse todas las precauciones razonables para proteger a los empleados y al público en general deben emplearse todos los pasos practicables para mantener a las personas que no tengan que ver nada con la prueba fuera del área de la misma.

Después de que la prueba haya sido terminada, los medios de prueba deben irse eliminando procurando minimizar molestias y/o daños al ambiente.

Los registros de la prueba deberán incluir información que se podrá ocupar durante el resto de vida de la línea, como son:

- a) Presión de prueba.
- b) Modo de prueba.
- c) Duración de la prueba.
- d) Personal que efectuó la prueba.
- e) Información de fugas y/o fallas durante la prueba y datos de la reparación.
- f) Gráficos u otros registros de lectura de la prueba.
- g) Y acta de verificación del inspector que certificó que la construcción estuvo de acuerdo a las especificaciones y normas de la compañía y las demás aplicables.

1.3.12 Reposición de pavimento y banquetar

La reposición de los pavimentos y banquetas deberá hacerse con el mismo tipo de material que se afectó al abrir las zanjas, y procurando dejar las mismas condiciones de compactación, dureza y rugosidad existentes.

En el caso de las banquetas se hará lo mismo descrito anteriormente, dejando señalamientos para evitar accidentes, hasta que frague el concreto.

1.3.13 Planos definitivos

Todos los planos de proyecto utilizados para construir las líneas principales y los ramales de distribución deberán ponerse al día una vez terminada la construcción, esto deberá incluir válvulas, accesorios, protección catódica y toda la información posible.

1.4 CONTROL DE LA CORROSIÓN

En este capítulo cubre los requisitos mínimos para la prevención de la corrosión de tuberías de acero al carbono y sus accesorios.

Objetivo.

- a) Prevenir la corrosión exterior en tuberías y sus accesorios, enterrados o sumergidos, inmediatamente después de su construcción o durante ésta.
- b) La prevención de corrosión exterior en tuberías enterradas o sumergidas en instalaciones tales como: trampas de diablos, estaciones de regulación, medición y terminales de distribución, etc., se llevará a cabo mediante la aplicación de recubrimientos anticorrosivos, complementados con sistemas de protección catódica. Se debe poner especial atención para atenuar los efectos de corrientes telúricas y parásitas en caso de confirmar su existencia.

Recubrimiento anticorrosivo.

Los recubrimientos anticorrosivos para las tuberías enterradas o sumergidas deben cumplir con las características siguientes:

- a) Alta resistencia eléctrica.
- b) Impedir el paso de humedad.
- c) El método de aplicación no debe afectar las propiedades de la tubería.
- d) Una vez aplicado no debe manifestar defectos.
- e) Debe tener buena adherencia.

- f) Resistencia a microorganismos.
- g) Resistente al manejo, almacenaje e instalación de la tubería.
- h) Resistente al desprendimiento catódico.
- i) Resistente al ataque químico.
- j) Fácil de reparar.
- k) Deberá conservar sus propiedades físicas a través del tiempo.
- l) No tóxico.
- m) Resistente a efectos térmicos.
- n) Resistencia al impacto.
- o) Resistencia a la fricción.

Selección del sistema de recubrimiento.

Para seleccionar el recubrimiento apropiado deberán considerarse los siguientes factores:

- a) El medio en el que va a estar alojado el tubo.
- b) Accesibilidad al ducto.
- c) Temperatura a la que va a operar el tubo.

- d) Temperatura ambiente durante la aplicación, almacenaje, construcción, instalación y prueba hidrostática.
- e) Localización geográfica y física.
- f) Compatibilidad con el tipo de recubrimiento de las tuberías existentes.
- g) Manejo, almacenaje y método o técnica de instalación de la tubería.

La tubería recubierta deberá protegerse externamente de la corrosión atmosférica y de daños al recubrimiento.

Deberá tenerse especial cuidado de no dañar el recubrimiento al estibar la tubería, usando separadores con apoyos adecuados, al igual de los soportes con almohadillas.

Se usarán bandas para sujetar y bajar los tubos y para el bajado de la tubería en la zanja.

Es conveniente hasta donde sea posible recubrir con papel "kraft" y revisar el recubrimiento antes de tapar en los sitios donde el papel manifieste daños, además de que dicho papel protege el recubrimiento de la degradación originada por los rayos solares.

- h) Requerimientos de preparación de la superficie del tubo.

Inspección.

Solo personal calificado de la compañía será quien supervise todas y cada una de las etapas, desde la preparación de superficie hasta la aplicación del recubrimiento.

Se vigilará la preparación de superficie, aplicación del primario, espesor del recubrimiento, temperatura, adherencia y otros requerimientos particulares para recubrimientos específicos, empleando los procedimientos establecidos en las normas y/o los recomendados por el fabricante.

Se usará el detector eléctrico de poros para localizar defectos que, a simple vista no se aprecian, debiendo operarlo al voltaje indicado de acuerdo a las características dieléctricas del sistema aplicado.

Instalación.

Las uniones, accesorios y conexiones deberán recubrirse con materiales compatibles con los recubrimientos ya aplicados.

Los daños que se detecten deberán ser reparados, preferentemente con material u otros materiales compatibles con los ya aplicados en la tubería. La zanja donde se alojará la tubería deberá estar libre de piedras o materiales que pudiesen dañar a los recubrimientos. En casos donde el terreno sea de material "C" se hará necesario poner un colchón de material suave en el fondo de la zanja y/o alrededor del tubo.

Se deberán usar bandas para el bajado y manejo de la tubería y así evitar daños al recubrimiento del tubo. También deberá tenerse especial cuidado durante el tapado de la excavación, evitando que las rocas o escombros golpeen y dañen al recubrimiento y a la tubería.

También deberán tomarse precauciones, cuando se usa espuma de poliuretano no conductiva o cualquier otro material, alrededor del tubo para protegerlo de daños físicos u otros propósitos que pueden caer el "efecto pantalla", lo cual va en detrimento de la eficiencia de la protección catódica.

Evaluación de los sistemas de recubrimiento.

Se debe realizar una inspección eléctrica y visual directa haciendo registros o excavaciones y así juzgar su comportamiento.

Otro recurso es realizar pruebas de laboratorio antes de decidir su uso, de acuerdo a especificaciones y estándares nacionales e internacionales.

Todo material propuesto para usarse como revestimiento en tuberías enterradas o sumergidas, deberá cumplir con las siguientes etapas:

- a) Pruebas de laboratorio.
- b) Pruebas de campo.
- c) Aplicación de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
- d) La instalación de la tubería con el recubrimiento que se esta probando deberá hacerse siguiendo las recomendaciones del fabricante.

Hacer anualmente durante la vida útil de la tubería las pruebas necesarias, observando los incrementos en el requerimiento de corriente, inspección visual y de ser posible, en combinación con las pruebas de laboratorio, determinar el desprendimiento catódico.

Recubrimientos comerciales.

En el mercado existen diversos sistemas de recubrimientos, debiendo considerarse como guía indicativa mas no limitativa los siguientes:

- a) A base de brea de hulla reforzada con fibra de vidrio y felpa asbástica.
- b) Cintas plásticas.
- c) Epóxicos aplicados por fusión.
- d) Epóxico alquitrán de hulla.
- e) Polímeros (poliester, poliuretano, polietilenos extruidos, etc.).

Sistemas de protección catódica.

- a) Se instalará la protección catódica necesaria por ánodos galvánicos o por un sistema de corriente impresa, debiéndose verificar que con el sistema instalado se alcance la protección total de la instalación.
- b) El sistema de protección catódica se instalará en forma simultánea a la construcción y al concluirse se realizarán los ajustes y refuerzos necesarios.
- c) Las instalaciones eléctricas para la alimentación de los rectificadores de corriente alterna se efectuarán de conformidad con las normas y especificaciones de la Comisión Federal de Electricidad.

Interferencias eléctricas (corrientes parásitas).

a) Las fuentes de interferencias eléctricas típicas son:

- Corriente directa (sistemas de protección catódica con corriente impresa, tranvías, máquinas de soldar, industrias con procesos electrolíticos, etc.).
- Corriente alterna (generadores, torres de transmisión, trenes eléctricos, etc.).
- Corriente telúrica.

Tuberías existentes.

- a) Se procederá a investigar el estado del recubrimiento exterior y de la tubería; condiciones de operación; historia de la tubería; estadística de fugas y condiciones del medio donde se localiza la instalación; con el propósito de definir el sistema de protección adecuado.
- b) En tuberías desnudas o pobremente recubiertas y que no resulte económico recubrirlas, se instalará protección catódica únicamente en las zonas de resistividad baja y en los puntos críticos determinados en el perfil de resistividad baja entre dos lecturas de resistividad alta.
- c) Se analizarán las estadísticas de inspecciones realizadas incluyendo las realizadas con "diablo" instrumentado.

Recubrimiento anticorrosivo.

Inspección.

Para investigar el estado del recubrimiento podrán ser utilizadas cualquiera de las siguientes técnicas: inspección visual, pruebas a la adherencia, detección eléctrica de continuidad, pruebas de requerimiento de corriente, detección de continuidad por señal acústica, detección por gradiente de voltaje, etc.

Rehabilitación.

Cuando se detecten daños de recubrimiento y estos sean de tal magnitud que justifiquen su reposición, deberán aplicarse recubrimientos compatibles con el existente, siguiendo lo especificado en el punto, de esta norma. Para aquellas tuberías recubiertas con el sistema de brea de hulla reforzada con fibra de vidrio deberá cumplirse con lo siguiente:

- a) Preparación de superficie. Esta deberá estar libre de cualquier materia extraña o herrumbre, con este fin no se deberán usar solventes como la kerosina o que contengan plomo. Si el tubo tiene pintura de fábrica se deberá remover, pudiendo utilizar herramienta manual, eléctrica, neumática o abrasivos.
- b) Aplicación de la pintura primaria. La pintura primaria se puede aplicar con brocha, por aspersion o máquina viajera, y debe ser uniforme, libre de chorreaduras, goteo, discontinuidades de espesor, puntos desnudos o cualquier otro defecto que interrumpa dicha uniformidad. Las superficies pintadas deben protegerse contra la humedad, lluvia, polvo o cualquier materia extraña mientras se aplica el esmalte. Los tiempos mínimos y máximos de secado de pintura o el periodo para aplicar el esmalte estará de acuerdo a especificaciones del fabricante. Si el esmalte no se aplica dentro de los límites

de tiempo después de pintar, el tubo deber ser pintado con una nueva capa de pintura primaria ligera.

- c) Aplicación del esmalte de brea de hulla. El esmalte no debe contener asfalto o algún otro derivado del petróleo, además deberá indicarse en sus envases los datos siguientes: esmalte sólido de bre^a de hulla, temperatura máxima de calentamiento, rango de temperatura óptima de aplicación, vida útil del material una vez fundido.

Se debe aplicar una capa de pintura primaria seguida de una de esmalte de brea de hulla, reforzada con una banda de fibra de vidrio de ancho, espesor y constitución uniformes, apropiados para que sus fibras queden embebidas en la capa de esmalte caliente. Al aplicar la fibra de vidrio se deberán evitar burbujas y asegurar la adherencia al esmalte.

Posteriormente deberá aplicarse otra capa de esmalte de brea de hulla vinculada a manera de envolvente con una cinta de fieltro de asbesto saturado de brea de hulla. Tanto la fibra de vidrio como el fieltro de asbesto deben estar secos para que al aplicarlos se evite la producción de gases o vacíos en el esmalte y deben de ser de un ancho apropiado al diámetro del tubo, aplicados en espiral, uniforme y con traslapes no menores de **12.7 mm (0.5 pulg)**.

En función de la longitud del tramo a recubrir podrá aplicarse este sistema de protección en planta, manualmente o con máquina viajera. El espesor mínimo del sistema total deberá ser de **2.38 mm (0.094 pulg)**.

- d) Prueba dieléctrica. Después de ser ejecutadas las diferentes fases del recubrimiento, el supervisor deber de inspeccionar la continuidad del sistema, mediante un detector eléctrico de fallas las cuales deben repararse satisfactoriamente y verificarse inspeccionarlas de nuevo. La tensión de prueba está en función del espesor del recubrimiento.

- e) Bajado y tapado. Cuando se tratae de rehabilitación de ductos por sustitución de tramo deberá cumplirse con lo especificado en incisos anteriores.
- f) Los materiales que se utilizan para este tipo de sistema de protección anticorrosiva deberán cumplir con las siguientes especificaciones.

MATERIAL	ESPECIFICACION
Pintura primaria	ASTM D562
Esmalte de brea de hulla	ASTM D338-64T
Fibra de vidrio	ASTM D146
Fieltro de asbesto saturado	ASTM D1918, ASTM D146, ASTM D689

El esmalte de brea de hulla deberá satisfacer las especificaciones de la tabla anterior.

Inspección de protección catódica.

- a) Se revisarán **semanalmente** los rectificadores de corriente alterna. La frecuencia de revisión de los sistemas de protección catódica automáticos, foto voltáicos, turbogeneradores y los supervisados a control remoto, será definido por los responsables del mantenimiento de estos equipos.
- b) Se medirán potenciales a lo largo de las tuberías troncales y descarga cada seis **meses** y en zonas urbanas **bimestralmente**. En este último caso las lecturas de potencial tubo-suelo deben ser a intervalos cercanos.
- c) Se considera conveniente obtener un perfil integral de potenciales a intervalos cercanos de los sistemas de ductos, de tal forma que se obtenga el registro total en periodos no mayores de cinco **años**.

d) Los criterios de protección catódica para tuberías de acero enterradas o sumergidas son los siguientes:

1. Potencial tubo-suelo de **-0.85 volts** medido entre la superficie de la estructura y un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre en contacto con el electrólito.
2. Modificación en **-0.300 volts** del potencial natural de tuberías desnudas o pobremente recubiertas, medido entre la superficie de la tubería y un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre.
3. Modificar el potencial de polarización en **-0.100 volts**, medido entre la superficie metálica y un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre en contacto con el electrolito. Este voltaje se determina interrumpiendo la corriente de protección y midiendo el decremento instantáneo del potencial de polarización.
4. El potencial tubo-suelo máximo permisible será de **-2.5 volts**, para tuberías con recubrimientos a base de brea de hulla; cuando se utilicen otros recubrimientos el potencial máximo se ajustará de acuerdo a las propiedades de dichos materiales.

e) Deberá evitarse el uso excesivo de potencial de tuberías enterradas, para minimizar los efectos del deprendimiento catódico.

f) Electrodo de referencia.

Los electrodos de referencia típicamente usados son:

Cobre/sulfato de cobre, recomendado para mediciones en tuberías enterradas.

Plata/cloruro de plata, recomendado para mediones en tuberías sumergidas.

Calomel/cloruro de potasio, recomendado su uso en laboratorio.

Las equivalencias de estos electrodos a **25°C** son:

Cobre/sulfato de cobre	- 850 mv
Plata/cloruro de plata	- 800 mv
Calome/cloruro de potasio	- 780 mv

Condiciones especiales

En algunas situaciones donde tengamos la sospecha de actividad microbiológica en el medio ambiente y esta sea confirmada, el criterio de protección para tuberías deberá ser mínimo de **-0.950 volts**, referido a un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre.

En situaciones en que se tenga tuberías a temperaturas elevadas, ambientes ácidos, sulfuros, metales diferentes, tuberías lastradas, etc., no son aplicables los criterios citados en el **inciso d)** del apartado anterior.

CONTROL DE CORROSIÓN INTERIOR.

Objetivo.

En tuberías de acero empleadas en la recolección, transporte y distribución de hidrocarburos, deberá establecerse un programa de evaluación y control para minimizar los daños originados por corrosión en el interior de tuberías.

INSTALACION DE AISLANTES

TEMAS

- Propósito de los aislantes
- Tipos de aislantes
- Instalación de Aislantes de Brida
- Prueba
- Solución de Problemas

PROPÓSITO DE LOS AISLANTES

El aislamiento eléctrico reduce las fugas relacionadas con la corrosión. Los aislantes interrumpen el flujo de la corriente eléctrica en el tubo de metal. Los aislantes al lograr el aislamiento, aumentan la eficacia del sistema de protección catódica. Un programa de control de corrosión activa reduce las fugas.

Se usan estos aislantes en los sistemas de protección por varias razones, ya que aíslan diferentes tipos de metal evitando la corrosión galvánica. Los aislantes pueden separar tuberías recubiertas de la tubería desprotegida. Esto es de suma importancia cuando se extiende una tubería en donde existe corrosión.

Las válvulas subterráneas deben tener una caja de válvulas para que el aislamiento de brida pueda ser probado.

A veces, los aislantes son utilizados para separar físicamente las estructuras ajenas de las tuberías protegidas catódicamente. Las tuberías ajenas que hacen contacto con las protegidas catódicamente drenarán el sistema de protección, si no se rompe el contacto.

Lo que hay que recordar:

- *Los aislantes separan diferentes tipo de metales.*
- *Aisle para separar a la tubería protegida de la desprotegida.*
- *Las estructuras de metal ajenas pueden drenar el sistema de protección catódica.*

TIPOS DE AISLANTES

Al instalar un medidor, puede requerirse la instalación de uno o más aislantes.

Instale siempre una brida suelta aislada en la entrada del medidor. De vez en cuando, se encontrará un buje de nylon aislando a un medidor. Este es un tipo antiguo de aislamiento que ya no se usa. Cambie cualquiera de estos bujes por una brida suelta aislada. Cheque el aislante cada vez que se realice trabajo en el medidor.

En las instalaciones de medidores industriales, aisle la brida de entrada del medidor y del tubo de paso, como se muestra en la Figura 2. El aislamiento de la brida requiere de un empaque, casquillos de plástico para los tornillos y arandelas de acero.

Además, si alguno de los tubos entra en contacto con las otras estructuras metálicas, use una lámina de plástico como aislante para interrumpir el contacto.

Las **uniones aisladas** constituyen otro tipo de accesorios aislados, como se muestra en la Figura 3, los cuales se usan con sistemas de tuberías de diámetro pequeño, tales como líneas reguladoras de ventilación y líneas de control.

Instale uniones aisladas solo por encima de la tierra.

Los coples mecánicos de compresión aislados separan metales diferentes, y aíslan eléctricamente las secciones de la tubería. Estos accesorios también se pueden usar al conectar tuberías de materiales diferentes.

Los coples de compresión se usan en las líneas principales y en las de servicio. Su uso generalmente está especificado por la planeación del control de corrosión. Los accesorios de transición y una sección de tubo de polietileno pueden ser usados para aislar eléctricamente las secciones de la tubería, como se muestra en la Figura 4.

En los trabajos de perforación en tubería en operación (hot tap) a presión, se pueden utilizar medias cañas aislantes. Para aislar el área eléctricamente ese método cuando no puede interrumpirse el flujo de gas. Use el proceso de soldadura de termita y el cable de cobre # 12 para unir la tubería protegida al casquillo divisor.

También existen accesorios de paro eléctrico, pero requieren la interrupción del flujo de gas mientras se instalan.

Consulte las instrucciones del fabricante para instalar estos tipos de accesorios.

Lo que hay que recordar:

- Instale una brida suelta aislante en la parte de entrada de los medidores.
- Debe cambiar los bujes de nylon.
- Instale los aisladores de brida en las entradas y en los tubos de paso.
- Los aislantes de hoja de plástico protegen los tubos de otras estructuras.

- Use uniones aisladas en las tuberías de diámetro pequeño de encima de la tierra.
- Los coples de compresión aislados se usan para controlar la corrosión.
- Los accesorios de transición y la tubería de polietileno pueden aislar la tubería.
- Instale medias cañas de aislamiento cuando no se pueda interrumpir el servicio.
- Instale los accesorios de paro eléctrico cuando no se pueda interrumpir el servicio.

INSTALACION DEL AISLANTE DE BRIDA

El aislamiento de brida requiere la instalación correcta de todos los componentes como se muestra en la Figura 5. Inserte el empaque en medio de las caras de la brida, asegurándose de que este correctamente puesto y alineado. Ponga los casquillos en los tornillos con la arandela de plástico contra la brida. La arandela de acero debe estar arriba de la arandela de plástico, y no en contado directo con la brida. El propósito de la arandela de acero consiste en prevenir daños al casquillo de plástico cuando se apriete el tornillo.

Lo que hay que recordar:

- *El empaque debe estar alienado y puesto entre las caras de la brida.*
- *Los casquillos de plástico van sobre los tornillos.*
- *Las arandelas de acero no deben hacer contacto con la brida.*
- *Las arandelas de acero previene daños a los casquillos de plástico.*

PRUEBA

Pruebe todos los aisladores mientras que los instalan.

Existen diferentes métodos para probar los aisladores. El método más común consiste en llevar a cabo **lecturas del potencial del tubo al suelo (t/s)**. Debe haber una diferencia importante en el voltaje de un aislador a otro. Este método funciona para cualquier tipo de aislador.

Se puede utilizar una luz de prueba de continuidad, como se muestra en la figura 6. Si el aislador está funcionando adecuadamente, no debe haber continuidad a través del rebord.

Existen varios instrumentos para probar aisladores. Los más comunes son el Tinker y Rasor Modelo IT, y el Modelo 601 de Gas Electronics. Cuando utilice estos equipos siga las instrucciones del Fabricante.

Lo que hay que recordar:

- *Pruebe después de instalar.*
- *Las lecturas del voltaje del tubo al suelo pueden usarse para todo tipo de aisladores.*
- *La prueba de continuidad debe indicar que no hay continuidad.*
- *Se utilizan varios tipos de instrumentos.*

LOCALIZACION Y SOLUCION DE FALLAS

La falla del aislador es un problema muy común causado por varias condiciones. Pruebe siempre los aisladores cuando se instalen para evitar esta falla.

El plástico se deteriora con el paso del tiempo cuando esta expuesto al sol, clima y sustancias químicas.

Debe tener cuidado con los aisladores cuando limpie con chorro de arena antes de pintar la instalación, ya que la arena puede dañar los casquillos de plástico y las arandelas, ya que podría ocurrir un corto circuito. Los líquidos y otras impurezas de la tubería pueden causar cortos de alta resistencia por todo el interior del aislador. Ya que los anteriores no se pueden ver desde el exterior, solo pueden detectarse mediante las pruebas. El aislador deber ser removido, limpiado y reinstalado.

Lo que hay que recordar:

- *La instalación puede causar cortos.*
- *Inspeccione en busca de deterioro debido al paso del tiempo.*
- *Proteja los aisladores cuando limpie con chorro de arena.*
- *Los líquidos y otras impurezas pueden causar cortos internos.*

RESUMEN

- Los aisladores rompen el contacto de los metales.
- Hay varios tipos de aisladores.
- Instale apropiadamente los aisladores.
- Pruebe después de la instalación.

GLOSARIO

Protección catódica: Prevención de la corrosión basada en el uso de un ánodo de sacrificio.

Coples de compresión mecánica aislados: Accesorios que se usa para prevenir el flujo de corriente eléctrica.

Corrosión: La tendencia de un metal a regresar a su estado normal.

Aislamiento eléctrico: Separación de dos metales para evitar el flujo eléctrico.

Corrosión galvánica: Corrosión causada por diferencias en voltajes entre metales diferentes.

Uniones aisladas: Accesorio que se usa para evitar el contacto de los metales.

Aislador: Mecanismo usado para separar dos metales y evitar el flujo de corriente.

Potencial del tubo al suelo (p/sp): Medida de la diferencia de voltaje que hay entre el tubo y el suelo.

Soldadura de Termita: Proceso de unión a alta temperatura.

INSTALACION DE AISLADORES

Probador Operado por Baterias

Lista de Chequeo de Medidores Industriales

- Los cables del probador de cortos van juntos. Una luz o sonido indican que el probador está funcionando. Repare o cambie cualquier mecanismo que falle esta prueba.
- Quite el recubrimiento de los cables para contactar el metal.
- Contacte el metal con los cables en cada lado del aislante.
- No se activa ninguna luz o sonido cuando el aislamiento es correcto.
- Utilice el líquido de detección de fugas para probar las bridas aisladas de entrada y de paso.

Continuidad detectada, sin fugas en las bridas:

- ◆ Quite y cambie los aisladores de plástico, uno a la vez.
- ◆ Instale arandelas de acero entre la cabeza del tornillo y el aislante. Asegúrese que la arandela no toque la brida.
- ◆ Apriete completamente cada tornillo antes de aflojar otro.
- ◆ Después de cambiar todos los tornillos, cheque el ajuste uniforme.
- ◆ Vuelva a probar la continuidad.

- ◆ Pruebe la brida con líquido para detección de fugas.

Fugas detectadas en las bridas.

- Comunique al usuario el cierre del servicio por reparación.
- Cierre el gas de la válvula curva de entrada y de la válvula de salida.
- Libere la presión del gas en la válvula de prueba.
- Quite los tornillos, aislantes y empaques con fuga de la brida.
- Cambie los tornillos con asiladores nuevos y empaque nuevo de la brida.
- Apriete los tornillos alternadamente, diametralmente y con uniformidad.
- Pruebe de nuevo la continuidad.
- Pruebe nuevamente con líquido para detectar falla.
- Restaure el servicio.

2. TUBERIA DE DISTRIBUCIÓN (POLIETILENO)

2.1 Normatividad de la Construcción

Las prácticas y normas propuestas para la construcción de ramales secundarios y líneas de distribución y de servicios en una red de distribución de gas natural, están basadas en los lineamientos de la norma NOM-003-SECRE-1997, y en las especificaciones que se describen a continuación, en caso de existir discrepancias se aplicará lo indicado en la Norma Oficial Mexicana.

ANSI/ASME B-31.8 Sistemas de transporte y distribución de gas por tuberías.

CAP IV PARR. 842.4 Instalación de tuberías de plástico.

 PARR. 842.5 Pruebas después de la instalación.

 PARR. 849 Previsiones generales aplicadas a líneas de servicio de acero, cobre y plástico.

GPTC/DOT – Comité de tecnología de gasoductos
 Departamento de transporte

TITLE 49 – PARTE 192

SUB PART – F – Juntas en tuberías de plástico.

2.2 Fusión por calor convencional

Equipo

El equipo principal consiste en calentadores, carro alineador, escuadrador, taladro, probador, prensa interruptora, medidores para inserto, anillo sujetador y pinzas sujetadoras.

Los calentadores que se pueden conseguir localmente son del tipo de resistencias eléctricas aplicadas a superficies metálicas, llamadas planchas que se insertan en la parte interior o exterior del extremo del tubo para unirlos por fusión empalmados o a tope, respectivamente, o bien se aplican en la cara lateral para unir por fusión las silletas de las derivaciones.

Las planchas, inclusive las del propio calentador, deben tener superficies tersas y estar recubiertas de metal especial, que evite que se les pegue el material de polietileno (teflón).

En un mismo calentador se pueden aplicar diferentes planchas, según el diámetro del tubo y el trabajo por ejecutar. Cada calentador debe tener su indicador de temperatura. Las resistencias se diseñan para conectarse a 110 volts de C.A. o C.D. y sus capacidades son de 800, 1,500, y 2,100 watts:

Los carros alineadores son estructuras móviles o portátiles, de acero y de aluminio, que tienen cuatro o más abrazaderas alineadas, la mitad de ellas fijas sobre el carro con las que se cincha el tramo ya soldado de tubería y la otra mitad deslizables sin perder el alineamiento, con las cuales se cincha el tramo de tubo por soldar. La fuerza para deslizar el tubo por soldar puede ser la del propio operario aplicada a una plancha, que a su vez transmite el movimiento mediante un mecanismo de otras palancas o de engranes.

Hay tres modelos de carros, uno para tubos de ½ hasta 2", otro para tubos de 3 a 6" y el más grande para 8 y 10", cada carro tiene juegos de medios anillos para adaptar la abrazadera a cada diámetro de tubo menor, llamados "aumentos".

El escuadrador es una herramienta con una pieza cilíndrica ligeramente cónica en los extremos que se inserta en los extremos de dos tubos alineados para tomar su referencia de alineamiento, y con dos cuchillas de carrera circular montadas sobre la pieza cilíndrica, de manera que deja las superficies de los

extremos cortados a escuadra con la línea longitudinal del tubo. Las cuchillas están montadas sobre una pieza en forma de anillo, las cuales a su vez se hacen girar mediante una palanca aplicada a un mecanismo circular con trinquete, que solo les permite girar en dirección del corte de las cuchillas. La operación de la plancha es manual.

Taladro probador: es una herramienta montada sobre un vástago de 5/8" de diámetro y unos 51 cms. de largo, que en un extremo se les inserta una broca de acero normalmente de 1/2" de diámetro, luego sobre el cuerpo del vástago tiene un sujetador deslizable para fijar todo el mecanismo a la boca de la silleta y en el otro extremo tiene una perilla y una palanca con trinquete para ser operada manualmente.

Esta herramienta sirve para cortar la pared del tubo donde ya se le soldó una silleta de derivación.

Al utilizarse en líneas en servicio, se acopla herméticamente el sujetador deslizable un tramo de tubo sellado sobre el vástago, en el otro extremo, que en la superficie tiene un niple soldado y en él una válvula para detectar presión de gas.

Prensas interruptoras de flujo de gas: estas herramientas se utilizan en tuberías de polietileno de alta densidad ya en servicio, por lo que normalmente solo las opera el personal de la compañía de gas.

Consisten básicamente en un marco de acero desmontable, en el cual un mecanismo de manivela y tornillo se aplica sobre dos piezas rectas en sentido longitudinal y convexas en la cara de cada una de ellas que va a presionar sobre el tubo.

Al ser desmontable el marco, se pueden insertar en cualquier tubería que no tenga los extremos libres, y se montan a escuadra sobre el tubo, y se van cerrando mediante giros manuales de la manivela hasta que el tubo de polietileno se va cerrando y se interrumpe el flujo de gas por completo.

Es imprescindible que no se utilicen mecanismos que multipliquen demasiado la fuerza humana, por ejemplo, mecanismos hidráulicos, porque entonces el operario pierde la noción de la fuerza que está aplicando y puede cortar o aún degollar el tubo. Por esta misma razón, es necesario que la cara convexa de las piezas que presionan sobre el tubo tengan un radio mínimo proporcional al del tubo sobre el que van a aplicar.

Biselador y medidor de distancia de inserto: es una pieza cilíndrica de aluminio, con longitud poco menos que el diámetro, aproximadamente la mitad hueca con la cual señala, embutiéndola en el extremo de un tubo, la distancia que debe insertarse dentro del tubo con el que se va a fundir a empalme, y se aprovecha para hacerle un pequeño bisel en el extremo, con una cuchilla que tiene la herramienta al fondo de la parte hueca, para facilitar su inserción.

Se opera por medio de una varilla atornillada en la periferia, que sirva de palanca.

Anillo sujetador: es una abrazadera de dos partes unidas con bisagra y con cierre de candado y con manerales atornillados en la periferia. Se utiliza para rodear y fijar firmemente el tubo que se vaya a cortar con segueta o con serrucho, a los cuales también sirve de guía una de sus caras.

Pinzas sujetadoras: son pinzas del tipo de presión con las tenazas en forma de media caña, para sujetar tubos.

Equipos integrados: de importación se pueden conseguir equipos integrados de carro alineador, calentadores y su fuente de potencia y escuadradores y biseladores motorizados.

Tubería y conexiones de polietileno

Tubería de polietileno

Se utilizará tubería de polietileno de mediana densidad para la conducción y distribución de gas natural a una presión menor de 7.1 kg/cm^2 (100 lb/pulg^2). La tubería de polietileno deberá, en todos los casos, instalarse enterrada y a una profundidad con respecto al nivel del piso terminado (o terreno natural) suficiente para que el relleno absorba o minimize las cargas producidas por el tráfico de vehículos o de algún otro medio que interactúe con la línea de polietileno.

Toda tubería de polietileno que se instale para el servicio de gas natural será de color amarillo, de conformidad con el código de colores vigente en la República Mexicana. Además, cada tramo o rollo de tubería deberá estar marcado con matriz por el fabricante, indicando los siguientes datos:

- a) Clasificación de la resina de polietileno.
- b) Fecha de fabricación.
- c) Código utilizado para las pruebas de resistencia o de presión de ruptura.
- d) Marca del fabricante.
- e) Diámetro nominal y espesor de la tubería o RD.
- f) Uso.

La tubería de polietileno utilizada por la conducción de gas natural deberá cumplir como mínimo con los siguientes requisitos:

1. Satisfaga los requerimientos del ASTM-D-2513, y ser dimensionalmente compatible para conectar de metal a plástico.
2. Se pueda comprimir con una prensa hasta detener completamente el flujo de gas, conservando sus propiedades físicas una vez retirada la prensa.
3. Su contracción en tramos rectos no deberá exceder de 0.4 cms. por cada 100 mts. por cada grado de diferencia de temperatura.
4. Su flexibilidad permita cambios de dirección de la tubería en un radio de curvatura no menor de 10 veces el diámetro exterior de la tubería.
5. Tenga un rango de permeabilidad despreciable en gas natural. De acuerdo con el manual AGA, este factor de permeabilidad del polietileno es del orden de 0.004 m^3 por km. por día en tubería de 50 mm. de diámetro.
6. No se vea afectada por la corrosión al encontrarse instalada en el subsuelo.
7. Pueda manejarse a cualquier temperatura exterior de trabajo, instalándose en un rango de temperatura entre 30°C a 62°C .
8. Su espesor de pared no deberá ser menor a 2.3 mm. (0.090 pulg)
9. Tenga una pared interior tersa, presente poca resistencia al flujo del fluido, no produzca erosión ni forme oxidación en sus paredes interiores.

Conexiones de polietileno

Las conexiones de polietileno utilizadas en las redes de distribución de gas natural deberán cumplir con los requerimientos de la ATSM-D-2513. Se podrán utilizar conexiones a tope o del tipo de embutir "socket". El primer tipo deberá cumplir con los requerimientos de la ATSM-D-3261 y el segundo con los de la ATSM-D-2683.

El procedimiento que se use para hacer las uniones de la tubería de polietileno con las conexiones podrá ser el de termofusión o por medios mecánicos. No se permitirá unir tubería de polietileno por medio de conexiones roscadas.

Cuando se emplee el procedimiento por termofusión cada unión que se realice en el tubo de polietileno deberá cumplir con lo siguiente:

1. Las uniones a tope deberán efectuarse por medio de un equipo que sostenga la placa de calentamiento y permita escuadrar los extremos de las tuberías, juntarlos y presionarlos, una vez que se alcance la temperatura de fusión y mantener el tubo en una posición de alineamiento durante el tiempo de enfriamiento o endurecimiento del material.
2. La fusión de uniones de tipo "embutir" (socket) deberán efectuarse por medio del calentamiento uniforme y simultáneo a la misma temperatura de las superficies a acoplar, utilizando una placa provista con caras de diferentes medidas según el diámetro de la tubería y conexiones desde 19 mm. hasta 304.8 mm.
3. El calentamiento no deberá suministrarse por medio de soplete o flama abierta.

Cuando se usen juntas mecánicas para unir conexiones con tubería de polietileno, se deberá cumplir con lo siguiente:

1. El material utilizado para el sellado de la junta deberá ser compatible con el polietileno.
2. El acoplamiento de la junta deberá contar con una pieza metálica anular para lograr la sujeción de la tubería de polietileno.

Prueba y calificación de soldadores por termofusión

Se aplican las mismas reglas que en el caso de soldadores de tubos de ~~tubo de~~ acero, en lo que a trámites de examen se refiere, solo que en este caso será necesario que presenten constancia de capacitación y procederán a hacer las siguientes pruebas:

1. Soldar con termofusión los tramos de tubo y conexiones de todos tipos que se le proporcionen, hasta formar un solo conjunto, dejando una toma de 3/4" por conexión de manguera de aire a presión de 7 kgs/cm².
2. El conjunto de tubo y conexiones soldados se tratará de destruir flexionándolo y se hará una prueba de hermeticidad, después se cortarán algunas termofusiones para comprobar la calidad de las mismas.

Calificación:

En caso de que se rompa o desprenda alguna componente del conjunto por defecto de termofusión, o no pase la prueba de hermeticidad, quedará rechazado.

En cuanto a la calidad de la soldadura, según se observe en los cortes, habrá 3 posibilidades:

- a) Si el defecto es grave, se rechazará el solicitante.
- b) Si se refiere solo a la apariencia de los cordones, se condiciona la aprobación a que presente constancia de una nueva capacitación.
- c) Si tanto los resultados de las pruebas como la apariencia de los cordones son buenas, resulta aprobado.

Método de soldadura por termofusión

Los tubos de alta densidad se surten en la siguiente forma:

DIAMETROS	FORMA DE SURTIDO
¾", 1", 1½" y 2"	Rollos de 150 mts.
4" y 6"	Tramos de 10 mts.

Los rollos simplemente se van teniendo en el fondo de la zanja, teniendo en este caso mas cuidado de acolchonar con arena las aristas de las piedras y procurando que el tubo depositado vaya serpenteando, para que tenga margen suficiente para hacer sus movimientos de contracción y dilatación térmicos.

Los tramos de tubos de 4" y 6", se colocan a lo largo de la zanja sobre cualquier apoyo conveniente.

Para tubería de 1½", 2", 4" y 6" se procede como sigue:

Los dos primeros tramos de rollo o de tubo, se cinchan sobre el carro alineador y se procede a hacer la termofusión a tope, como sigue:

a) **Fusión a tope**

Se escuadran los extremos para lograr caras tersas y paralelas utilizando el "escuadrador", enseguida se juntan los extremos verificando y corrigiendo, en su caso, la alineación de los mismos. Luego se juntan los extremos de los tubos a las caras del calentador que deberán estar a 260°C y limpias, aplicando una presión sostenida hasta que un anillo de material fundido se forme alrededor del carro alineador, pero se mantiene el contacto del calentador en la tubería por el tiempo recomendado en la tabla adjunta. Se separan los extremos de la tubería del calentador y este se retira; se juntan los extremos de las tuberías lentamente. Una vez unidos los extremos se aplica presión hasta lograr que la costura o labio de fusión duplique su tamaño; el ancho de esta unión debe ser igual al espesor del tubo y debe mantenerse la presión hasta que haya transcurrido el tiempo de enfriamiento prescrito, antes de transcurrido este no se podrá probar y trabajar en esta unión.

Este tipo de termofusión también se puede utilizar entre tubo y conexión entre conexiones del mismo diámetro.

b) **Fusión de empalme**

Para unir tubos con tubos en el caso de ¾" y 1" en las que se usan cople, y tubos de estos, o de cualesquiera otros diámetros con coples, reducciones, tes, tapones, codos y el extremo de las silletas, se utilizará la termofusión tipo empalme (tipo socket). Para lo cual se procede como sigue:

Se bisela el extremo de la tubería, excepto en el caso de $\frac{3}{4}$ " de diámetro, rebajando menos de la mitad del espesor de la pared; enseguida se determina la distancia de penetración del tubo en la conexión, utilizando un medidor de distancia de inserto y se coloca el anillo sujetador a tope con el medidor y posteriormente se une con firmeza la conexión y la tubería al calentador que debe estar a 260°C de temperatura y tener las caras limpias y se mantienen unidos durante el tiempo recomendado en la tabla adjunta.

Enseguida se separa la conexión del calentador con rapidez y se separa el calentador de la tubería. Luego se introduce suavemente el extremo de la tubería en la conexión, evitando girarlas. Se mantiene firmemente la conexión durante el tiempo recomendado para asegurar la alineación correcta. No se debe trabajar o probar la unión hasta haber transcurrido el tiempo de enfriamiento prescrito.

c) Fusión de silleta

Se seleccionan las dos caras atomillables del calentador, una adecuada al diámetro del tubo principal y la otra al de la superficie concava de la silleta y se calienta a 260°C.

Se instalan dos anillos sujetadores en el tubo principal, a ambos lados y lo más cerca posible al área por trabajar, con objeto de asegurar la redondez del mismo.

Se limpia la superficie por trabajar del tubo con trapo y lija fina, hasta rasparlo ligera y uniformemente en varias direcciones y se le aplica el calentador ejerciendo presión constante por un lapso de 3 a 5 segundos, procurando que toda el área de trabajo quede uniformemente calentada.

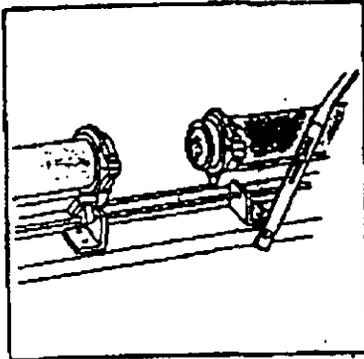
A la silleta se le limpia y se le fija ligeramente la superficie concava de contacto.

Se aplica el calentador conjuntamente a las superficies del tubo por un lado y de la silleta, por el otro, ejerciendo solo una ligera presión sobre ambos, sosteniéndola por el tiempo aproximado descrito como "calentamiento" en la tabla, hasta que se formen sendos anillos de material fundido, uno en la periferia de la silleta y el otro en la periferia del calentador sobre el tubo. En ese momento se separan rápidamente la silleta y el calentador y de inmediato se presiona la silleta sobre el área caliente del tubo y se mantiene esa presión por el tiempo de calentamiento y enfriamiento en soldadura por termofusión en tuberías y conexiones de polietileno de alta densidad utilizando calentador a 260°C.

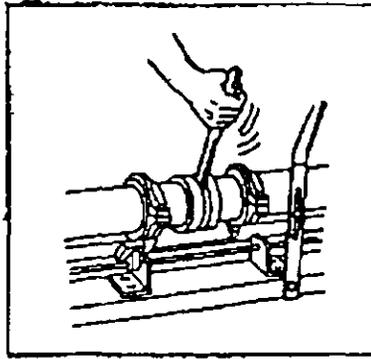
TIPO DE FUSION	DIAMETRO TUB. PULGADAS	TIEMPO CALENTAMIENTO (SEGUNDOS)	TIEMPO ENFRIAMIENTO
EMPALME	¾	8	15
	1	10	15
	1½	14	20
	2	16	25
	4	20	20
	6	60	120
TOPÉ	1½	10	15
	2	15	20
	4	20	30
	6	60	120
SILLETA DE DERIVACIÓN	2	50	70
	4	60	80
	6	60	80
SILLETA DE SERVICIO	1½	45	60
	2	45	60
	4	45	60
	6	45 SILLETA 60 TUBERIA	60

Queda prohibido realizar trabajos de termofusión cuando existan condiciones climatológicas adversas, como son: lluvia, tolvánicas, tormentas de arena, etc. se permitirá soldar la tubería de cualquier diámetro con las dos soldaduras de unión ya descritas.

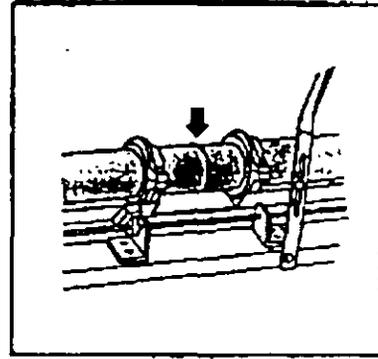
A) FUSIÓN A TOPE



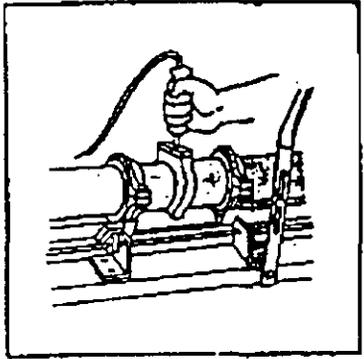
1



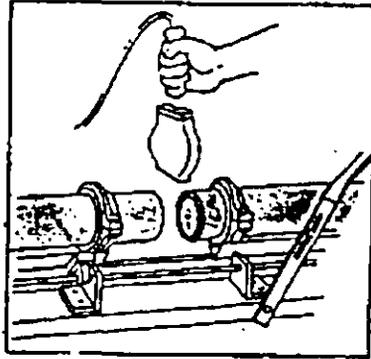
2



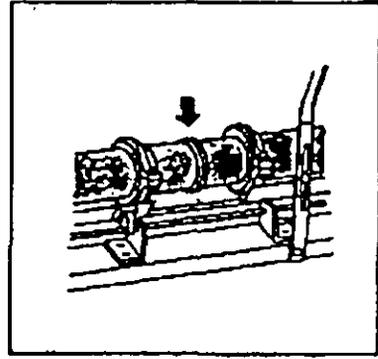
3



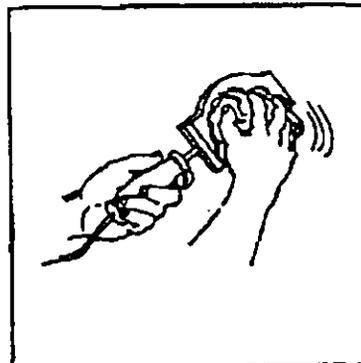
4



5

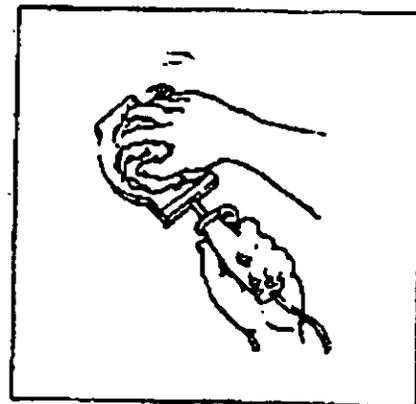
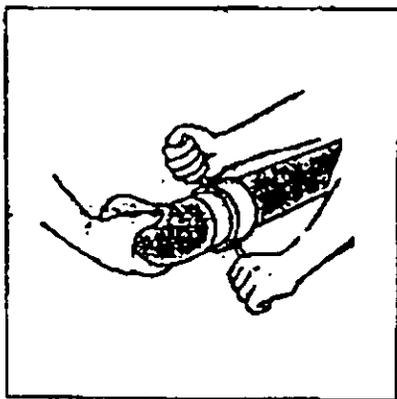
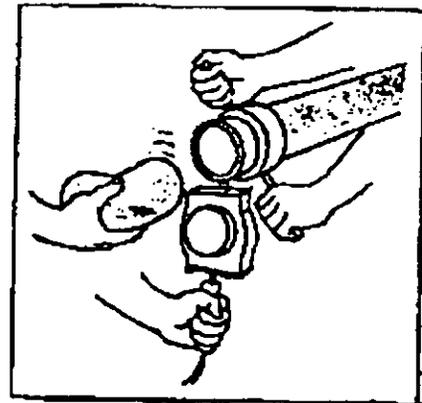
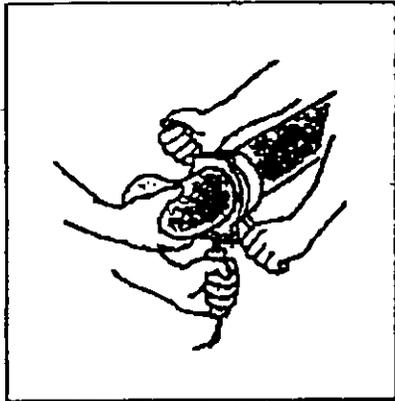
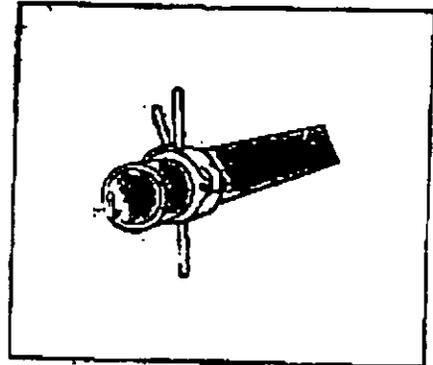
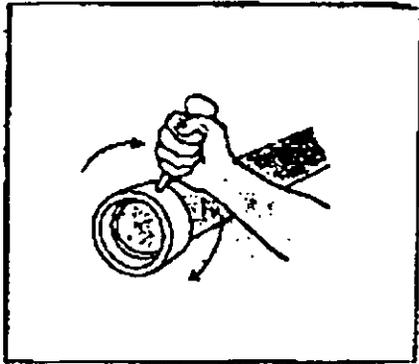


6

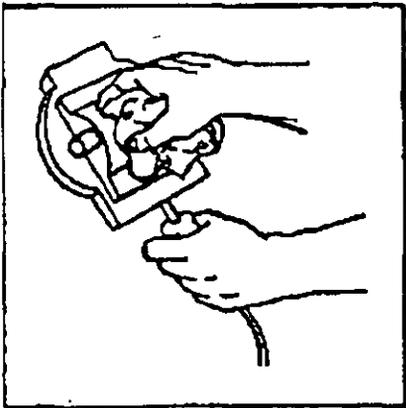
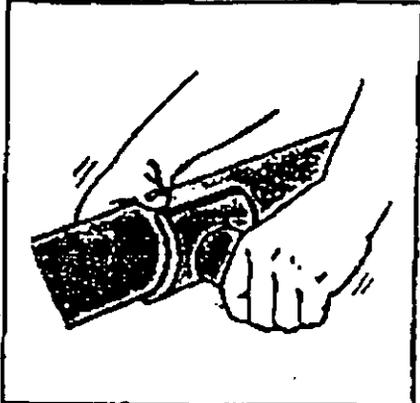
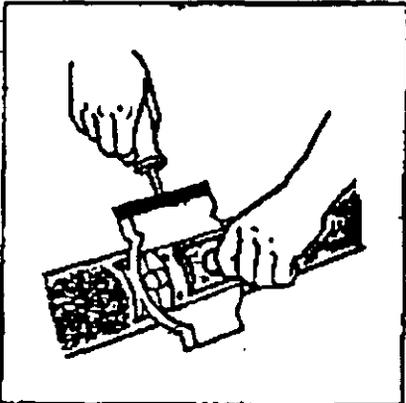
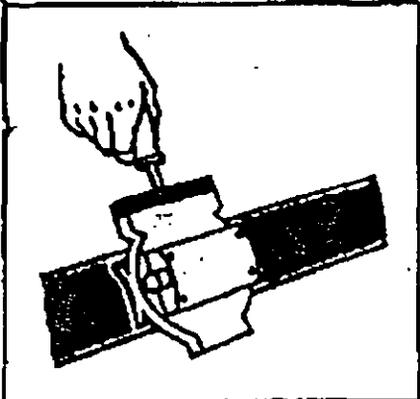
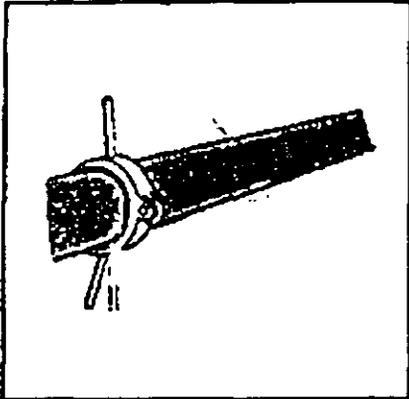


7

B) FUSIÓN DE EMPALME



C) FUSIÓN DE SILLETA



2.3 Electrofusión

Temas

- Herramientas y equipo.
- Tipo Enchufe – Línea de Tubo.
- Tipo Enchufe – Reparación.
- Puntos y Estrechamiento en PE 3306.
- Tubos de diferentes características.
- Tipo Montaje.
- Certificación de Electrofusión.
- Eliminación de problemas.

Herramientas y equipo.

La electrofusión es un proceso de fusión por calor. Una tubería de polietileno o accesorios de electrofusión. La técnica requiere de accesorios especializados con una bobina de cable integrado. La bobina es calentada por corriente eléctrica proveniente de un procesador de electrofusión.

La electrofusión requiere de una fuente de poder, herramientas de corte, artículos de limpieza, un procesador, un limpiatubos, una herramienta sujetadora (clamp) y equipo de protección personal.

Un procesador, mostrado en la figura, calienta por medio de electricidad los accesorios. Se puede suministrar electricidad por medio de un generador de 5000 watts o por medio de un poste utilitario temporal conectado a tierra de 110 voltios. La fuente de poder deberá suministrar suficiente amperaje, 30 amperes aproximadamente, para operar el procesador.

Use un cordón de extensión de tres cables o vías de calibre adecuado – las extensiones de 25 deben ser de calibre 10 – , las extensiones de 50 deben ser de calibre 8. Inspeccione la extensión en busca de daños en la capa aislante o en el conector. Se usa una conexión de 30 amps o 125 v con botón de giro. Siempre use un interruptor conectado a tierra en la fuente de poder.

Cuando se electrofunda en un medio ambiente húmedo o gaseoso, prolongue el cable de salida y coloque el procesador en una área seca y protegida para lograr una fusión segura.

Corte la tubería de polietileno con un cortador de tubería de polietileno de una rueda, con tijeras para tubería de polietileno o con un serrucho.

Use un trapo limpio de algodón para eliminar todos los residuos y la suciedad de los tubos. Para tubos extremadamente sucios, use un trapo limpio de algodón y agua. Siempre seque el tubo antes de usarlo. El alcohol limpia la grasa y el aceite de los tubos. Nunca use solventes a base de petróleo o soluciones a base de jabón pues contaminan los tubos e impiden una unión satisfactoria.

Use un limpiatubos para eliminar el acabado brillante de la superficie de los tubos. Acomode los extremos de los tubos con la herramienta de rebaje. Use una herramienta biseladora para biselar los extremos de los tubos, facilitando la instalación del cople adaptador.

Provea accesorios de electrofusión adecuados para el procesador. Use un marcador no graso sobre el tubo para marcar la posición adecuada del acoplamiento.

Use una herramienta sujetadora (clamp) para alinear y fijar el tubo y el accesorio durante el proceso de electrofusión. Una plantilla sujetadora para fusión a tope puede ser usada previniendo que la manivela esté bien asegurada para impedir movimiento durante el ciclo.

Lo que hay que recordar:

- Provea una fuente de corriente eléctrica segura.
- Provea herramientas de corte de tubo.
- Provea un trapo limpio de algodón y agua.
- Provea un limpiatubos para eliminar el acabado brillante.
- Provea accesorios compatibles.
- Provea una herramienta sujetadora (clamp) para alinear y fijar los tubos.

Tipo enchufe – línea de tubería.

La electrofusión de tipo enchufe, mostrada en la figura 2 une dos piezas de 2 y hasta 8" de tubería de polietileno extremo con extremo. Se usan enchufes de electrofusión en junta de tubo o tubería en espiral. La electrofusión de tipo enchufe puede unir tubo de 3 a 8" con accesorios tales como codos o "Ts".

Puede ser necesario un martillo para acomodar el accesorio dentro del tubo. No dañe el accesorio mientras martilla .

Deslice el paquete de plástico del cople. Instale el otro extremo de tubo dentro del accesorio hasta que los retenes sean contactados. Las marcas que indican una apropiada profundidad de hundimiento deberán ser visibles en cada extremo.

Coloque la herramienta sujetadora alrededor del tubo y del accesorio. El movimiento de los tubos durante la electrofusión causa fallas de unión. Asegúrese de que los tubos penetran completamente dentro del cople y de que las marcas de colocación son visibles.

Fije dos vías de salida del procesador al accesorio de electrofusión. Permita el paso de corriente al procesador. Permita que transcurra el tiempo apropiado de amperaje para la autoprueba si así es requerido. Algunos procesadores de electrofusión identifican el tamaño del accesorio así como el tiempo de calentamiento requerido. Consulte las instrucciones de operación del fabricante para mas detalles.

Si el procesador no reconoce el accesorio, una o ambas vías de salida del procesador pueden no estar en contacto con las terminales del accesorio. Mueva las vías y luego reajústelas. En algunos casos el recortar la chimenea o columna ¼" con una navaja de bolsillo permite a las vías hacer contacto.

Cuando el procesador reconoce el accesorio, presione el botón de arranque. Permita que el procesador complete el ciclo de fusión. Consulte las instrucciones del fabricante en cuanto a tiempos de fusión requeridos.

Tanto los tubos como los accesorios deben mantenerse bien sujetos a lo largo de todo el ciclo.

Los extremos de los tubos deben cuadrar perfectamente al colocarlos juntos. Si los extremos de los tubos no acomodan en forma igual, puede usar un cortador de una rueda para tubería de polietileno, una herramienta de enfrentamiento o un anillo frío o un serrucho para cuadrar los extremos. Elimine todos los residuos de corte de los extremos de los tubos.

El biselado de ambos extremos de los tubos facilita la instalación del cople ADAPTADOR.

Limpie los extremos de los tubos por dentro y por fuera con un trapo de algodón limpio. Mida la mitad de la longitud del accesorio. Marque ambos extremos de los tubos con un marcador no grazo. Esto determina profundidad de hundimiento adecuada del tubo dentro del cople.

Con un marcador permanente dibuje una línea desde el extremo del tubo hasta un punto fuera del área que será DEBASTADA. Use un limpiatubos para eliminar el acabado brillante y el óxido de esta área del tubo. Una diferencia significativa en el diámetro extremo ocurre cuando el tubo es adecuadamente DEBASTADO. Continúe EL DEBASTE hasta que la marca hecha con el marcador permanente no sea visible. No toque los extremos de los tubos con las manos sin protección después de haberlos igualado. Las sustancias oleosas propias del cuerpo pueden interferir con una fusión adecuada.

Abra un extremo del empaque plástico que contiene el cople ADAPTADOR. La superficie del cople está lista para la electrofusión. No toque la parte interna del accesorio.

Deslice el cople dentro del tubo. Continúe hasta que los retenes del accesorio estén contra el extremo del tubo. Nunca gire un accesorio al estar dentro de un tubo. El girar el accesorio puede dañar el anillo del cable integrado.

Funda una vía de servicio a la sección de reparado. Funda suficiente tubería de polietileno de ¾" a la vía de servicio para descargar directamente lejos de los trabajadores. OCLUYA la vía que será usada como respiradero. Mantenga descargado de estática durante todo el proceso.

Use un cortador de tubo de una rueda o un anillo frío y un serrucho para cortar el tubo dañado. Elimine la sección dañada.

Bisele los extremos de los tubos para facilitar la instalación de los coples.

Mida y corte en forma precisa una sección para reparación de tubo probado. No use la sección dañada para medición. Mida entre los extremos del tubo en la excavación, mostrada en la figura 3. Corte el reemplazo 1/8" más corto que esta medición. Mantenga un espacio de 1/16" entre los extremos de los tubos durante el acomodo.

Cuadre ambos extremos de los tubos para brindar un buen acomodo del reemplazo.

Limpie los extremos de los tubos por dentro y por fuera con un trapo de algodón limpio.

Dibuje una línea con un marcador permanente desde el extremo del tubo hasta un punto fuera del área que será DEBASTADA. Use un limpiatubos para eliminar el acabado brillante y el óxido de ambos extremos de la sección de reparación. Iguale los extremos de los tubos por lo menos la longitud del comple. Continúe DEBASTANDO hasta que la marca permanente sea eliminada. No toque los extremos de los tubos con las manos. Las sustancias oleosas propias del cuerpo pueden interferir con una fusión adecuada.

Los acoplamientos por electrofusión requieren de un tiempo de enfriamiento considerable. Permita que transcurra el tiempo de enfriamiento en su totalidad antes de trabajar o de probar el tubo. Vea las instrucciones del fabricante en cuanto a tiempos de enfriamiento requeridos.

Inspeccione la fusión después de enfriarse en busca de defectos visuales.

Lo que hay que recordar:

- Preparar los extremos de los tubos.
- Eliminar el acabado brillante con un limpiatubos.
- Instalar el cople.
- Fijar la herramienta sujetadora.
- Fijar las vías de salida.
- Suministrar energía al procesador.
- Permitir transcurrir el tiempo de enfriamiento.
- Inspeccionar la fusión.

Reparación de tipo enchufe

Para reemplazar una sección dañada de tubo, remueva el área dañada y eletrofunda una nueva sección en su lugar.

Use herramientas de estrechamiento u otros medios adecuados para proveer control de gas. Puede no ser posible detener el flujo de gas con herramientas de estrechamiento. Si se acumula presión de gas en el área de reparación durante la electrofusión, la fusión puede fallar.

Abra un extremo del empaque plástico que contiene el cople ADAPTADOR. Deslice el cople en la sección de reparación. Use un martillo para empujar el cople. Los retenes, si el cople tiene retenes, se romperán y caerán. Asegúrese de que los retenes no se queden en el tubo.

Instale un cople en el otro extremo de la sección de reparación, de la misma manera.

Dibuje una línea con un marcador permanente, desde el extremo del tubo hasta el punto fuera del área que será DEBASTADA. Use un limpiatubos para eliminar el acabado brillante de los tubos. DEBASTE los tubos hasta aproximadamente la mitad de la longitud del cople. Continúe EL DEBASTE hasta que se elimine la marca permanente. No toque los extremos de los tubos con las manos. Las sustancias oleosas propias del cuerpo pueden interferir con una fusión adecuada.

Coloque la sección de reparación y revise que exista una separación de 1/16" entre los extremos de los tubos. La separación excesiva puede ocasionar fallas de fusión.

Deslice con cuidado los coples ADAPTADORES en posición. Las marcas que indican profundidad de hundimiento adecuado deberán ser visibles a ambos extremos de cada accesorio. Coloque la herramienta sujetadora alrededor del tubo y del accesorio. Mantenga la posición del cople mientras se instala la herramienta sujetadora.

Fije dos vías de salida del procesador al accesorio.

Permita la entrada de energía al procesador. Permita que transcurra el tiempo de amperaje para la autoprueba, si es requerido. Algunos procesadores de

electrofusión identifican el tamaño del accesorio que está siendo usado así como el tiempo de calentamiento requerido.

Si el procesador no reconoce el accesorio, una o ambas vías de salida pueden no estar en contacto con las terminales del accesorio. Mueva las vías y reajústelas. En algunos casos, el recortar a chimenea o columna ¼" con una navaja de bolsillo permite que las vías hagan contacto.

Cuando el procesador reconoce el accesorio, presione el botón de arrancado. Permita que el procesador complete el ciclo de fusión. Consulte las instrucciones del fabricante en cuanto a tiempos de fusión requeridos.

Tanto el tubo así como el accesorio deberán mantenerse fijos durante todo el ciclo de fusión. Permita que la fusión se enfríe de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Inspeccione la fusión en busca de defectos visuales. Electrofundea el cople en el otro extremo de la reparación de la misma manera.

Afloje lentamente las herramientas de estrechamiento y purgue aire a través de respiradero. Detenga el flujo de gas. Funda un tapón a la vía de servicio. Cargue el tubo con presión de gas. Pruebe con jabón los accesorios fundidos.

Lo que hay que recordar:

- Establezca el control de gas.
- Instale un respiradero si es requerido.
- Elimine la sección dañada.
- Prepare los extremos de los tubos.
- Corte la sección de reemplazo.
- Marque los extremos de los tubos.

- Elimine el acabado brillante con un limpiatubos.
- Coloque los coples en el tubo de reemplazo.
- Coloque los coples sobre el tubo en elevación.
- Electrofundida los accesorios.
- Inspeccione la fusión.
- Purgue aire del tubo, posteriormente funda un tapón.
- Pruebe con jabón los accesorios.

Puntos de estrechamiento en PE3306

Cuando se reemplace una sección dañada de tubería de polietileno. Identifique la generación del tubo. La generación 1-PE3306 especialmente es objeto de grietas al encontrarse bajo estrés. Ya que el proceso de estrechamiento general estrés considerable, tome sus precauciones y prepárese en caso de daño de tubo.

Enrede un trapo de algodón húmedo alrededor del tubo y ajuste la herramienta de estrechamiento sobre el área requerida. Si el tubo se rompe durante el estrechamiento, el trapo húmedo evita las chispas formadas por estática.

Son requeridos coples extras, mostrados en la figura 4 para electrofundir los puntos de estrechamiento después de retirar las herramientas de estrechamiento. La electrofusión en el punto de estrechamiento refuerza la pared del tubo. Para nuevos puntos de estrechamiento fuera de una excavación, use el montaje de parche R.W. Lyall únicamente. No utilice este montaje en ALDYL "A".

Limpie el tubo completamente desde el punto de reparación hasta la localización del estrechamiento cuando las herramientas de estrechamiento son usadas dentro de la excavación. Se requiere alcohol para eliminar la capa de jabón que elimina la estática.

Saque un cople del empaque plástico. Deslice el cople en el tubo. Use un martillo para empujar el cople hasta pasar los retenes. Si el cople tiene retenes, estos se romperán y caerán. Asegúrese de que los retenes no se queden dentro del tubo. Deslice el cople hasta cerca del área de estrechamiento.

Si es posible, enrede el empaque plástico alrededor del accesorio. Esto mantiene limpia el área de reparación hasta que las reparaciones son completadas.

Después de completar las reparaciones, afloje las herramientas de estrechamiento. Redondee girando la herramienta de estrechamiento 90 grados y ligeramente reestrechado el tubo. Puede ser usado un anillo frío para redondear el tubo. El tubo debe ser bien redondeado para eliminar el acabado brillante con un limpiatubos.

Mida los accesorios. Marque el tubo para centrar el cople sobre el punto de estrechamiento.

Con un marcador permanente, dibuje una línea desde el extremo del tubo hasta un punto fuera del área que será devastada.

Use un limpiatubos para eliminar el acabado brillante y el óxido del tubo en esta área. Una diferencia significativa en el diámetro externo ocurre cuando el tubo es adecuadamente devastando.

Continúe devastando hasta que la marca permanente ya no sea visible. No toque los extremos de los tubos con las manos después de terminar el devastado. Las substancias oleosas propias del cuerpo pueden interferir con una fusión adecuada.

Deslice los coples en posición.

Complete el proceso de electrofusión tipo enchufe.

Inspeccione la fusión en busca de defectos.

Registre los puntos de estrechamiento en la forma 1007 – Reporte de Fuga.

Lo que hay que recordar:

- Electrofundar los puntos de estrechamiento en PE3306.
- Limpiar el tubo desde el área de reparación hasta el punto de estrechamiento.
- Instalar el cople de electrofusión.
- Completar la reparación original.
- Redondear el tubo después de retirar las herramientas de estrechamiento.
- Eliminar el acabado brillante con un limpiatubos. Deslice el cople en posición.
- Electrofundar e inspeccionar el accesorio.
- Registrar los puntos de estrechamiento en la forma 1007.

Electrofusión de tubos de diferentes características.

La electrofusión convencional de tubos de diferentes características no está permitida. Se requieren diferentes tiempos de calentamiento para diferentes clases de tubos. El tubo Dupont 2306 ALDY "A" no debe ser fundido con ningún otro tipo de tubo usando el método de fusión por calor convencional.

Los procesadores y accesorios de electrofusión se ajustan automáticamente a varias condiciones de fusión y a varios tipos de tubería de polietileno. La fusión de tubo Dupont 2306 a tubería de polietileno deberá realizarse únicamente por el método de electrofusión.

La tubería de polietileno de fase 1 (3306) no puede ser fundido en forma convencional. Reemplaza una sección de tubo, instalar una vía de servicio o uniendo a una línea principal o accesoria a tubos 3306 o Dupont 2406, deberá llevarse a cabo por el método de electrofusión.

Lo que hay que recordar:

- Diferentes clases de tubos tienen diferentes tiempos de calentamiento
- El tubo de tipo Dupont 3306 y la tubería de polietileno no pueden ser convencionales fundidos.
- La tubería de polietileno de fase 1 3306 no puede ser convencionalmente fundido.
- Los procesadores de electrofusión se ajustan a diferentes tipos de material.
- La electrofusión es el único método permitido para unir tubos de diferente clase.

Electrofusión de montaje

La electrofusión de montaje, mostrada en la figura 5, une un montaje de servicio a tubería de polietileno.

Siempre utilice electrofusión cuando funda un montaje de servicio sobre tubo PE 3306. La electrofusión es el único método aceptable para fundir un montaje de servicio a tubo Dupont PE 2306 ALDYL "A".

Limpie el área de la fusión con un trapo de algodón.

Use un limpiatubos para eliminar el acabado brillante de la circunferencia del tubo.

Tome el montaje del empaque. No toque las áreas de fusión. El montaje ya está preparado para la fusión.

Coloque el montaje sobre el tubo. Siga las instrucciones del fabricante para sujetar el montaje.

Ajuste las dos vías de salida del procesador al accesorio.

Permita que haya paso de corriente al procesador. Permita también que transcurra el tiempo de amperaje para autoprueba si esto es requerido. Algunos procesadores de electrofusión identifican el accesorio que está siendo usado así como el tiempo de calentamiento requerido.

Si el procesador no reconoce el accesorio que se está usando, una o ambas vías de salida del procesador pueden no estar en contacto con las terminales del accesorio. En ciertas ocasiones, el recortar la chimenea o columna $\frac{1}{4}$ " permite a las vías de salida hacer contacto. Cuando el procesador reconoce el accesorio, presione el botón de arrancado.

Permita que el electroprocesador complete el ciclo de fusión.

Tanto el tubo como el accesorio deberán mantenerse fijos durante todo el ciclo de fusión. Permita que la fusión se enfríe completamente.

Inspeccione la fusión en busca de defectos visuales.

PRECAUCIÓN: No intente tapar el montaje hasta que la fusión se halla enfriado completamente.

Lo que hay que recordar:

- Limpie el área de fusión.
- DEVASTE la circunferencia del tubo en el área de fusión.
- Fije el montaje al tubo.
- Conecte las vías de salida del procesador.
- Electrofundea el montaje.
- Inspeccione la fusión.
- Permita que la fusión se enfríe antes de ocluiria.

Certificación de electrofusión.

Los mecanismos de fusión y los constructores de tubería de polietileno pueden ser certificados en electrofusión enviando una fusión de enchufe o de montaje con una forma 3993, el Registro de Prueba de Calificación de Fusión y completando un examen escrito. Las fusiones de enchufe y de montaje son revisadas por el departamento de ingeniería. Fusiones adecuadas y una calificación aprobatoria en el examen escrito son requeridos para la certificación.

Las muestras de electrofusión de enchufe son enviadas en tubo de 3" y 14" de largo con fusiones al centro del tubo.

Envíe fusiones de montaje en tubo de 3" con montaje de 3/4" por 3". Centre la fusión en alguna sección de las 14" del tubo.

Envíe una muestra de electrofusión para prueba en forma anual para mantener la certificación. Dirija la muestra y la forma 3993 al Departamento de Ingeniería.

Lo que hay que recordar:

- Sólo los mecánicos de fusión y los constructores de tubería de polietileno pueden ser certificados.
- Enviar muestras de fusiones de enchufe o de montaje, el examen y la forma 3993.
- Pasar el examen.
- Enviar muestra junto con la forma 3993 en forma anual para mantener la certificación.

Localización y solución de fallas

La clave para una fusión consistentemente exitosa es una apropiada preparación de las superficies a unir.

El no eliminar suficiente tubo con el DEBASTADO es la causa principal de falla de fusión.

El uso de agua jabonosa u otro tipo de limpiadores en el área de fusión deja un residuo que puede impedir una unión adecuada.

La contaminación del tubo o de los accesorios con sustancias oleosas propias del cuerpo puede interferir con una fusión exitosa.

La contaminación puede no ser detectada. El procesador completa el ciclo de fusión, pero el tubo y el accesorio pueden no estar fusionados. Use alcohol para eliminar aceites y contaminantes.

Si los extremos de los tubos no están adecuadamente cortados, puede quedar un espacio excesivo entre los extremos del tubo dentro del cople, y la fusión puede fracasar.

Corte y cuadre los extremos de los tubos con un cortador de una sola rueda para tubería de polietileno, una herramienta de enfrentamiento o con un anillo frío y una sierra de carpintero.

El no utilizar la herramienta sujetadora o una alineación inapropiada del tubo en el cople puede causar falla en la fusión. Asegúrese de que tanto el tubo como el accesorio están alineados y se mantienen fijos durante los periodos de fusión y de enfriamiento.

Un suministro inadecuado de energía puede impedir que el procesador trabaje apropiadamente. Use un generador de 5000 watts o un poste utilitario temporal de 110 volts conectado a tierra. Asegúrese de que el cordón de extensión sea de tres vías y de grueso calibre.

El acumulo de presión de gas durante la electrofusión envía material derretido hacia afuera del cople, lo cual resulta en falla de fusión. Si las herramientas de estrechamiento no pueden eliminar el flujo de gas, funda una vía de servicio al tubo. Tape el accesorio para usarlo como respiradero.

Lo que hay que recordar:

- La preparación adecuada de las superficies de unión reduce la frecuencia de fallas de fusión.
- No limpie las áreas de unión con jabón u otros limpiadores.
- No toque las áreas de fusión con las manos.
- Cuadre los extremos de los tubos.
- Alinie los tubos apropiadamente.
- Prevea una fuente de corriente adecuada.
- Evite la generación de presión instalando un respiradero.

Resumen:

- Provea de una fuente de corriente adecuada, herramientas de corte, suministros de limpieza y equipo de electrofusión.
- La electrofusión de enchufe une la tubería a la tubería o los accesorios a la tubería.
- Electrofundea los puntos de estrechamiento en la tubería PE3306.
- Electrofundea la tubería disimilar.
- La electrofusión de montaje une al montaje de servicio a la tubería.
- La electrofusión requiere de certificación.

Precauciones:

- No se permitirá calentar directamente las superficies a unir mediante soplete o cualquier otro medio de flama abierta.
- No se permitirá el uso de herramienta que no sea de marca y fabricada especialmente para el proceso de termofusión.
- Se constatará en campo que las placas de calentamiento tengan control de temperatura de fusión y sus superficies deberán calentar uniformemente hasta el punto de fusión de los materiales empleados.
- No se efectuarán uniones en las curvas o cambios de dirección de la tubería.

2.4 Instalación de tubería de polietileno

Acarreo

Los vehículos utilizados para el transporte de tubería de polietileno deberán tener apoyos en número suficiente para prevenir daños a la tubería; esta deberá sujetar para prevenir movimientos durante el traslado con cables de material que no dañe, ni raspe la tubería. No se permitirá llevar herramientas o cualquier otro tipo de material encima de la tubería.

Para cargar o descargar la tubería de plástico, deberá hacerse con el personal suficiente, de tal manera que esta pueda ser colocada en cualquier posición sin dañarla. No se permitirá dejar caer la tubería desde la plataforma del camión hasta el piso.

La tubería se colocará en una superficie libre de aristas que puedan causarle daño.

La tubería deberá protegerse del calor excesivo y de entrar en contacto con sustancias químicas peligrosas tales como thinner, detergentes, solventes, etc.

Inspección

En el lugar de trabajo cada rollo de tubería de polietileno, deberá revisarse cuidadosamente para asegurar que no ha sufrido daño alguno durante el acarreo y manejo del mismo, se deberá revisar por segunda ocasión antes de bajarlo a la zona para su instalación.

Daños, defectos y reparaciones

Cualquier tubería que presente hendiduras, tallones severo cualquier otro daño o defecto que a juicio del supervisor, perjudique la buena operación de la línea, deberá ser reparada eliminando la parte dañada y reemplazándola por una sección nueva de tubería.

Cuando por razones de exceso de carga sobre un rollo de tubo se produzca un ovalamiento de la misma, se procederá de la forma siguiente:

Si es en un extremo del tubo, bastará con la colocación de un "anillo frío", para lograr su recuperación.

Si es dentro del cuerpo del tubo, deberá procurarse su recuperación, mediante la aplicación de uno o dos "anillos fríos" si no se logra, deberá cortarse la sección dañada si no es muy prolongada y aprovechar los extremos.

Los cortes de tubos deberán hacerse con serrucho de diente fino o segueta, pudiendo apoyarse en las caras de los anillos sujetadores, cuidando de no dañarlos, o bien usando corta-tubos o cuchillos especiales para materiales plásticos. Pueden también utilizarse en diámetros de 2" o menores.

Almacenamiento

El almacenamiento de la tubería de polietileno por un tiempo mayor a 120 días, requerirá protección de la luz solar.

Bajado la tubería

Las zanjas preparadas como se indicó en incisos anteriores, deberán revisarse antes de bajar la tubería para limpiarla de piedras y objetos que hayan caído a la misma.

De acuerdo a la cantidad y ubicación de los obstáculos que no puedan eliminarse fácilmente (tubería de acero de gran diámetro, o ductos de servicios que no puedan desalojarse) se procederá a escoger el sistema de tendido que se ejecutará de acuerdo a los métodos que se describen a continuación:

Instalación de rollos de tubería de polietileno hasta 2"Ø

En este caso prácticamente no importa la cantidad y localización de los ductos que atraviesan la zanja porque siempre se puede recurrir al método de "tuneleo", que consiste en colocar el rollo en el comienzo del tramo que se va a tender, e irlo desenrollando pasando el extremo por debajo de todos los obstáculos.

Puede darse de que algún ducto tan bajo de la zanja que ya no sea práctico pasar el tubo de polietileno todavía más abajo, por lo que convenga pasar el tubo por arriba. Esto se aplica para todas las zonas, tanto de la tubería principal como de las derivaciones.

El principio de incisos anteriores indica como debe acolchonarse la zanja y tenderse el tubo, a lo cual añadiremos las siguientes recomendaciones:

- 1o. Antes de manejar el rollo de tubería para su instalación deberá probarse a la presión de 1 kg/cm² como mínimo, sostenida por unos 10 minutos, para descubrir cualquier daño que tenga.

- 2o. En caso de que no se vaya a usar en la zanja cinta magnéticamente detectable, se deberá enrollar en espiral larga sobre el tubo un alambre de cobre desnudo calibre # 10 AWG.
- 3o. El extremo del rollo debe protegerse con un tapón que impida la entrada de tierra o basura y facilite el amarre para jalar la tubería principal. Aún así, es conveniente ir cuidando que la punta no se vaya a atorar en los obstáculos al ir jalando.

El rollo si está en posición vertical, y puede soportarse a mano, deberá tener hacia arriba la punta libre de su hilada superior mas extrema.

- 4o. Si el rollo es muy pesado y no puede soportarse a mano, debe manejarse en un carrete horizontal o vertical o bien una vez colocado frente a la zanja, desenrollarlo todo hacia atrás, y manejar ya toda la extensión de tubo soportando solo su propio peso, evitar en ambos casos que se raspe, se ralle o se ovale el tubo.

Cualquier daño que exceda en profundidad de un tercio del espesor de la pared, será motivo para rechazar a ese tramo, el cual deberá ser cortado. Los ovalamientos deberán corregirse mediante la aplicación de anillos sujetadores y en caso de que no se corrijan de inmediato, deberá cortarse la sección dañada.

Cuando el rollo se maneja en un carrete horizontal o vertical, hay que evitar los jalones demasiado fuertes que lleguen a vencer el límite elástico del material y le produzcan dobleces permanentes y en caso de que se produzcan, también se rechazarán los tramos dañados.

En caso de que no haya obstáculos en tramos largos de la zanja principal ni en las zanjas de derivación, entonces es muy conveniente que antes de bajarlos, se solden las derivaciones a todo el tramo que se pueda y bajar ta todo el conjunto armado.

Las derivaciones serán el diámetro de $\frac{3}{4}$ " o de 1" y muy ocasionalmente de 2" y su extremo para conectarse a la válvula de servicio tiene que ser de tubo de acero del mismo diámetro de la derivación y dejarse debidamente sellado con soldadura o con tapón.

50. Deje que la tubería serpentea a lo largo del fondo de la zanja en lugar de jalarla, esto previene que la tubería tome esfuerzos de tensión cuando se rellene la zanja. Debe procurarse que todo el largo de la tubería quede asentada en el fondo.

La tubería de polietileno es algo flexible, por lo que en algunos casos se pueden hacer cambios de dirección sin la utilización de un codo. La flexión es aceptable cuando el radio es 25 veces mayor que el diámetro externo de la tubería. Si una fusión (junta) se encuentra en el área de flexión el radio debe ser 125 veces mayor que el diámetro exterior de la tubería. Utilice un codo si el cambio de dirección que se requiere no cumple con las especificaciones de flexión del radio.

Cuando se instalan líneas de servicio posicione el tubo ascendente no corrosible de tal manera que el nivel del suelo quede entre las marcas. Instale el tubo ascendente hasta que la llave de paso este a 38 cms. (15") arriba del nivel del suelo.

Actualmente hay tres formas de hacer transición polietileno acero:

- 1a. Al final del tramo horizontal, se utilizará un cople de expansión, que apretará los extremos de la derivación de polietileno, protegido internamente por un casquillo o adaptador de acero, y el principio del "pie derecho" de acero, el cual deberá sobresalir 50 cms. arriba del nivel de banqueteta.
- 2a. El mismo método anterior, solo que en vez de cople de expansión, utilizar cualquier tipo de unión polietileno acero, ya prefabricado y aceptado para su uso.
- 3a. La derivación de polietileno se eleva también en el tramo vertical, hasta el ras de una banqueteta existente, y luego se corta para soldarla por fusión a empalme con una pieza de transición polietileno acero llamada "elevador gas-pak", la cual queda embebida en una base de concreto de cuando menos 20 cms. de diámetro y 20 cms. de largo.

El llenado y compactado de zanjas se hace en varias etapas, como sigue:

- 1o. En todos los casos de tubería de rollos o tramos de tubos de polietileno, el llenado y compactado definitivo de todas las zanjas, tanto de la principal como las de las derivaciones, deben quedar a cargo del contratista que tiende la tubería para gas, y no dejar pendiente la compactación de las partes de arriba de las zanjas al contratista que vaya a pavimentar o a reponer el pavimento, si es que es otro diferente al mismo.
- 2o. Todos los daños hechos a ductos de cables eléctricos, de teléfonos, de alumbramiento público y tuberías de agua, deberán avisar a la empresa y pagar los daños correspondientes.

3o. Se reparan los drenajes pluviales y sanitarios que se hubieran dañado, en la forma siguiente:

a) Drenaje pruvial:

La reparación deberá hacerse con tubo de concreto de 152 mm. (6") y 203 mm. (8") de diámetro de la calidad aprobada por servicios de agua y drenaje de Monterrey y uniéndolos con pasta de cemento.

b) Drenaje sanitario:

Para su reparación de usará un tubo de barro vitrificado de 102 mm. (4") y 152 mm. (6") de diámetro de la calidad aprobada por servicios de agua y drenaje de Monterrey y unidos con pasta de cemento.

4o. El tubo se cubre con tierra inerte libre de piedras o bien con arena, hasta altura de 15 cms. cuando menos, arriba del lomo del tubo. Puede usarse el mismo material de la excavación, solo que quitándole todas las piedras u objetos grandes o con aristas agudas, que puedan dañar la tubería. Esta primera capa no se compacta, para no dañar la tubería.

5o. Se añade una capa de material que estando suave, alcance una altura de 0 a 15 cms., y se compacta con todo cuidado, ya que en esta ocasión también se estará compactando el colchón de la tubería.

6o. Luego se siguen agregando capas de 10 a 15 cms. y se compacta cada una.

7o. Faltando unos 20 cms. para la superficie de la terracería de la calle deberá instalar una cinta preventiva, que indique la existencia de la tubería de gas a quienes en el futuro excaven sobre la misma.

Esta cinta podrá ser del tipo magnéticamente detectable o no, y en el primer caso se evitará el uso de alambre de cobre en la tubería. En ambos casos, las cintas deben ser de material resistente a ataques químicos y a la interperie, de color amarillo, tener un ancho mínimo de 10 cms. y con leyenda alusiva a la proximidad de la tubería y las siglas de la compañía (G.N.A.).

- 8o. La última capa de compactación deberá sobresalir ligeramente sobre la superficie de la terracería, cuando no se vaya a pavimentar por inmediato, para que al consolidarse el terreno, por lluvias o por tránsito de vehículos, no aparezca un hundimiento en la superficie.

Instalación de la tubería de 4" y 6"Ø

Revisar cada tramo de la tubería y todos los accesorios para evitar posibles abolladuras, dobleces o ralladuras que puedan afectar la utilidad. Regresar los accesorios defectuosos a la bodega para cambiarlos. Si se encuentran daños en la tubería, quitar las secciones dañadas, tales como un cilindro y fusionar el resto de la tubería.

Mantener el envío de tapas en la tubería hasta que sea tiempo de fusionar. Mantener la tubería y los accesorios tan limpios como sea posible para reducir el tiempo de limpieza.

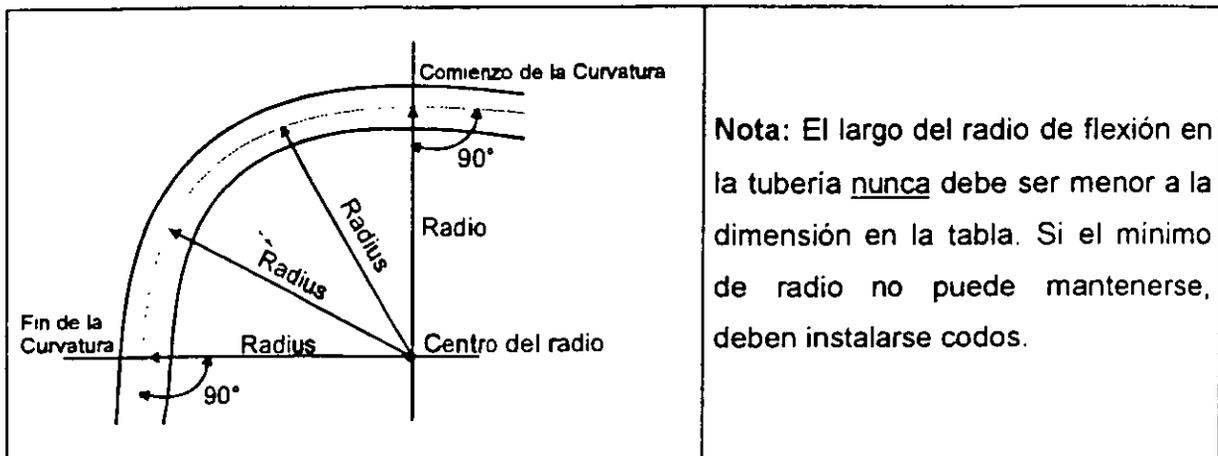
Un fusionador de polietileno certificado fusionará las secciones de la tubería de polietileno de acuerdo con el Módulo Fusión Convencional con Calor. Pruebe destructivamente la primera unión de fusión de cada fusionador para asegurar el control de calidad. Si un inspector no se encuentra en el área de trabajo, presente y conserve la fusión para que el inspector pueda revisarla a su llegada.

Revise visualmente cada unión de fusión a ver si existen posibles defectos. El reborde tamaño y forma de la fusión debe indicar defectos debidos a la presión inadecuada o excesiva aplicada durante la fusión. Las fusiones defectuosas deben cortarse. La tubería debe ser re-fusionada.

Dé suficiente tiempo de enfriamiento para prevenir daños en las fusiones. Baje la tubería cuidadosamente para prevenir daños. Deje que la tubería serpentee a lo largo del fondo de la zanja en lugar de jalarla. Esto previene que se jale la tubería cuando se llene la zanja.

Lo que hay que recordar:

- Revisar la tubería y los accesorios para evitar daños.
- Mantener las tapas en la tubería hasta que sea tiempo de fusionar.
- Fusionar la tubería de acuerdo con el Módulo de Fusión con Calor Convencional.
- Probar destructivamente la primera fusión de cada fusionada todos los días.



Nota: El largo del radio de flexión en la tubería nunca debe ser menor a la dimensión en la tabla. Si el mínimo de radio no puede mantenerse, deben instalarse codos.

TABLA 1
DOBLADO DE LA TUBERÍA DE POLIETILENO

TAMAÑO NOMINAL DE LA TUBERÍA	1/2"	3/4"	1 1/4"	2"	3"	4"	6"	8"
Diam. Ext. la TUBERÍA	.84	1.04"	1.68"	3.52"	3.52"	4.56"	6.64"	8.64"
25 x Diam. Ext. (Sin Fusión)	1'-9"	2'-2"	3'-6"	7'-4"	7'-4"	9'-6"	13'-10"	18'-0"
125 x Diam. Ext. (Con Fusión)	8'-9"	10'-8"	17'-4"	36'-6"	36'-6"	46'-11"	69'-0"	89'-10"

- Inspeccionar fusiones.
- Dar tiempo de enfriamiento.
- Bajar la tubería cuidadosamente.
- El radio de flexión debe ser mayor de 25 veces el Diam. Ext. de la tubería.
- Instalar el tubo ascendente de servicio para la llave de paso quede a 15" sobre el nivel del suelo.

Alambre rastreador.

Instalar cable eléctricamente conductor, calibre 12 a todo lo largo y adyacentemente a la tubería. Colocar un cable de entre 2" y 4" de la tubería a la misma profundidad de la tubería.

No envolver o atar el cable alrededor de la tubería bajo ninguna circunstancia.

Haga empalmes en el alambre rastreador y júntelo en las conexiones de las líneas de servicio doméstico y ramal utilizando un conector a prueba de corrosión aprobado. Revise la continuidad eléctrica del cable.

Extienda el alambre rastreador al nivel del suelo de cada tubo ascendente de los medidores y la de la válvula de seccionamiento o las cajas de entronque especialmente ubicadas. Donde se extienda el alambre rastreador hasta el nivel del suelo a un tubo ascendente de medidor, envuélvalo hasta el tubo ascendente y corte el exceso de cable. Si no existen instalaciones sobre el suelo. En la extensión de la tubería, posicionar una caja de entronques cada (120 m). Se permite una variación del 10% para que puedan hacerse los ajustes para posicionar la caja por medio de un polo de utilidad o alguna otra protección. Registre la medida de la caja de entronques en el croquis completo.

Si el alambre rastreador termina bajo el suelo, soldar con soldadura de termita bajo el suelo, soldar con soldadura de termita el cable a un niple de acero de 1" de diámetro por 8". Forre la soldadura de termita con masilia. No recubra el niple. Colóquela en el suelo al final del extremo.

Lo que hay que recordar:

- Instalar el alambre rastreador de 5 a 10 cms. de la tubería.
- Utilizar conectores a prueba de corrosión.
- Extender el cable al nivel del suelo.
- Colocar cajas de entronques cada 120 m.

Perforación.

Tenga cuidado cuando utilice el equipo de perforación. Sólo se permita que personas entrenadas realicen las operaciones de perforación y la operación del equipo de perforación.

No permita que el agua se estanque en la excavación cuando se esté perforando. Quite el exceso de agua con una bomba. Una Persona Competente debe monitorear la operación de bombeo de agua.

Puede presentarse la falta de oxígeno cuando se utiliza equipo de bombeo operado por gasolina. Utilice un analizador de oxígeno para monitorear el nivel de oxígeno, mientras los empleados estén en el foso. Si es necesario, ventile la excavación durante la operación de perforación.

Excave un área lo suficientemente grande para acomodar el equipo de perforación. La profundidad del hoyo perforado debe cubrir los requerimientos de la cubierta para la instalación de la tubería, excave un hoyo receptor.

Coloque cuidadosamente el equipo de perforación en la excavación y alinee con el hoyo receptor. Utilizando un nivel en la varilla, ajuste la inclinación, para que así la varilla perforadora esté a la profundidad requerida por el hoyo receptor.

Sujete bien el equipo de perforación en las cuatro esquinas. Conecte la manguera abastecedora de agua a una toma de agua para bomberos o a un tanque de agua. Utilice un compresor de agua o una bomba para la utilización del tanque de agua. Revise todos los niveles de fluido en el equipo antes de comenzar.

Gire la broca piloto suavemente hasta la pared de excavación. Encienda del abastecedor de agua y gire la broca piloto lentamente hasta efectuar un hoyo de comienzo. Continúe a paso lento hasta que la primer varilla esté a 1/2 o 3/4 del camino en la pared de excavación. Incremente la velocidad de rotación y el avance de la varilla.

Instale varillas adicionales según se requiera hasta que la broca salga al hoyo receptor agregue un retro-fresa, un eslabón y cable o agarradera de tamaño apropiado a la varilla de perforación. Comience el proceso de retro-fresado. El eslabón, cable o agarradera serán arrastrados a través del hoyo perforado Detenga el equipo de perforación cuando aparezca el escalador. Desprenda las varillas de perforación y retire el equipo de la excavación.

Jale del hoyo aproximadamente 5' de cable adicional. Fije un succionador o tubería al cable y jale la tubería hasta el hoyo de comienzo, tal como se muestra en la Figura 4. Examine como se encuentra la nueva tubería en el hoyo excavado. Quite cualquier sección dañada.

Una perforación más grande requiere de enlechado en el hueco después de que se instale la tubería.

Lo que hay que recordar:

- Se requiere de entrenamiento para usar el equipo de excavación.
- No permita que el agua se acumule.
- Monitorear el nivel de oxígeno.
- Excavar la fosa y el hoyo receptor con el equipo de perforación.
- Asegurar el equipo y alinear para perforar.
- Comience a agujerar lentamente.
- Jalar la tubería por el hoyo perforado.
- Quitar las secciones dañadas.

Tubería de revestimiento

Las tuberías de revestimiento, tal como las mostradas en la Figura 5, proporciona protección extra a la tubería. La orden de trabajo de construcción, proporciona la información del tipo de tubería de revestimiento, la ubicación donde se requiere, en caso de que se requiera del sellado de las terminaciones de la tubería de revestimiento o de protección catódica. Ver el Dibujo Estándar 200-07-01. Verificar que la tubería de revestimiento tenga el tamaño adecuado para instalar el sostén de cable. Ver tabla 2.

TABLA 2	
TAM. DE LA TUBERÍA	TAMAÑO DE LA TUB. DE REVESTIMIENTO
1-1/4"	2"
2"	3" o 4"
3"	4" o 6"
4"	6"
6"	8" o 10"
8"	10" o 12"

Una tubería usada de acero con o sin revestimiento puede ser reutilizada como tubería de revestimiento. Se permite la tubería de polietileno o de PVC como tuberías de revestimiento, ya puesta la tubería de revestimiento, puede aguantar la carga.

Cuando se instala una tubería de polietileno en una tubería de revestimiento de acero, tome sus precauciones para prevenir daños a la tubería. Quite cualquier borde filoso o con rebabas. Utilice un escariador en una tubería de 2" o menor. Utilizar una lima para tuberías de diámetro mayor.

Instalar una punta de metal ahusado o encinte el extremo de la tubería de polietileno cerrada. Esto evita que entre polvo a la tubería durante el proceso de inserción. Quitar el agua y las basuras de la tubería de revestimiento antes de instalar el sostén de cable de la tubería. Corte un casquillo reductor, una sección corta de la tubería de polietileno, aproximadamente de 1-2" de largo. Instálelo, alrededor de los extremos de la tubería de revestimiento para permitir que el sostén de cable de la tubería corra por el borde de la tubería de revestimiento. Empuje la tubería sólo en caso de que se hayan tomado las precauciones para reducir la tensión a la tubería. Examine que la tubería no tenga daños mientras se encuentra en la tubería de revestimiento (TR).

Prevenir cualquier esfuerzo de corte en los extremos de la TR después de que se instale la tubería. Divida una pequeña sección de la tubería de polietileno al menos del mismo tamaño del Diam. Ext. de la tubería de polietileno en la tubería portadora.

Deslice una parte de la manga de protección dividida, hasta la mitad del extremo de la TR, entre la TR y la tubería, tal como se muestra en la Figura 6.

Esto proporciona soporte extra y protección contra la abrasión para la tubería portadora.

Instale el alambre rastreador en la TR con la tubería o fíjelo a la TR. Instale una estación de ubicación de alambre rastreador cerca del derecho de vía. Instale marcadores de línea de carsonita para identificar las estaciones. En caso de que se necesite protección catódica, instale una estación de prueba catódica y un ánodo de 17" en cada extremo de la TR de acero.

Compacte el suelo que esté debajo de los extremos de la TR para proporcionar soporte y minimizar el esfuerzo de corte.

En algunos casos, la tubería de polietileno puede instalarse bajo cruces de trenes. Se requiere permiso del Departamento de Carreteras para instalar tuberías de polietileno mayores a las 6" bajo las carreteras.

Lo que hay que recordar:

- La TR (tubería de recubrimiento) proporciona protección extra.
- La orden de trabajo enlista los requerimientos de TR.
- Proteger la tubería de polietileno cuando se inserte en la TR de acero.
- Proteger la tubería de polietileno del esfuerzo de corte.
- Instalar el alambre rastreador dentro de la TR o fijarlo a la TR.
- Instalar una estación de ubicación del alambre rastreador y marcadores en el derecho vía.
- Instalar un ánodo y una estación de prueba en cada extremo de la TR de acero, si se requiere; y marcadores en el derecho de vía.
- En algunos casos, la tubería de polietileno se puede instalar bajo cruces de vías.
- No utilizar una tubería de polietileno mayor de 6", bajo carreteras.

Limpieza de la tubería.

Limpie la tubería de 2" de diámetro o menor dejando salir el aire a uno de los extremos mientras el otro extremo está abierto. Mantener alejada a la gente del extremo de descarga durante toda la operación. Continuar soplando hasta que el polvo y materiales extraños se hayan salido.

Limpie tuberías de 2" o más pasando una escoba de goma o una vara ("pig") con hule espuma por la tubería. Cierre las aberturas laterales en la línea. Inserte un conducto de vara en la línea.

Conecte una fuerza de presión de aire al final de la línea. Conecte un receptor o una trampa lo suficientemente fuerte para detener el conducto de vara en la descarga final. Mantener a la gente alejada del extremo de la descarga. Aplicar suficiente presión de aire para forzar a la vara de limpieza a través de la tubería, en el receptor o trampa.

Repetir la limpieza, si es necesario, para asegurarse de que se quitó todo el material extraño.

Lo que hay que recordar:

- Limpiar tuberías de 2" o menores con aire.
- Mantenerse alejado del extremo de descarga.
- Soplar hasta que se quite todo el material extraño.
- Limpiar las tuberías mayores de 2" con una escoba de goma o con una vara.
- Conectar un receptor o trampa.
- Aplicar presión.
- Repetir el proceso si es necesario.

Pruebas.

Pruebe todas las tuberías o líneas de servicio después de la construcción, antes de ser puestas en servicio. Las tuberías no deben tener vibraciones ni fugas.

Mantengan a la gente que no tenga que ver con la prueba lejos del área durante la misma. No deje el funcionamiento de la tubería sin atención mientras esté sujeta a la **prueba de presión**.

Cuando la Presión de Operación Máxima Permitida (POMP) exceda los 60 psig., pruebe a 1-½ veces esa presión (POMP). Si el sistema de presión es menor a 60 psig., probar a 90 psig.

Cuando se pruebe una línea de servicio, quite el regulador de la boca-toma de la tubería ascendente y conecte la llave de paso.

Cierre la tubería para probarla.

La presión en los extremos de cerramiento de los accesorios puede ser peligrosamente alta. Una presión de 100 PSI en una tubería de 6" produce una fuerza mayor a las 3000 lbs. en los accesorios. Si un accesorio se desprende mientras este sujeto a presión, puede ser impulsado a una gran distancia. Fije los cerramientos de los extremos muy bien.

Cuando se pruebe a una presión de 100 PSI o menor, los acoplamientos de compresión pueden utilizarse para fijar los accesorios una tubería de 1-¼" o menor. Tome precauciones para restringir el movimiento.

Utilice un atiesador interno con un acoplamiento de compresión en una tubería de polietileno. Nunca utilice un acoplamiento de compresión para cerrar el extremo de la tubería mayor de 1¼". Fusionar una tapa en una tubería de 2" o más.

Conecte un compresor de aire a una tubería de 1¼" o menos con un acoplamiento de compresión. Utilice un atiesador interno. Conectar una fuente de presión de prueba a una tubería mayor de 1¼ fusionando un montaje de servicio en la tubería.

Instale un pasador de seguridad en todos los acoplamientos rápidos de manguera. Pruebe con conectores de presión de prueba o con una tabla, si se detecta alguna fuga, deje salir la presión de prueba. Repare la fuga y comience con la presión de prueba de acuerdo a la duración completa requerida en la orden de trabajo.

Lo que hay que recordar:

- Las fuerzas en los cerramientos de los extremos pueden ser peligrosas.
- Utilizar acoplamientos de compresión no mayores de 1¼ cuando la prueba sea menor de 100 PSI.
- Utilizar un atiesador interno.
- Fusionar una tapa en las tuberías de 2" o más.
- Instale pernos fijadores.
- Utilice conectores de prueba o una tabla.

Prueba a la presión de prueba.

Normalmente se utilizan aire o gases inertes en pruebas mayores a 100 PSIG. Colocar la tubería en una zanja y cubrirla con al menos 6" de material relleno. Esta cubierta proporciona protección si la tubería de quiebra. El cubrir la tubería también permite que la misma comience a estabilizarse con la temperatura del suelo en la profundidad de la instalación. La estabilización es particularmente importante con la tubería de polietileno. Tiende a perder fuerzas a altas temperaturas. Nunca pruebe la presión mientras que la temperatura de la tubería de polietileno sea mayor de 100 grados F (38°C). Permita que se estabilice la temperatura.

Registre la prueba a prueba de presión de levantamiento utilizando un manómetro. Utilice un medidor de elasticidad para medir la presión de prueba. El manómetro debe indicar los pequeños cambios de presión. Debe conocerse la presión con exactitud.

Presurice la tubería tal como se especifica en la orden de trabajo o calcular la duración de prueba de acuerdo a la tabla 3.

TABLA 3	
PRUEBA DE FUGAS Y PRUEBA DE PRESIÓN	
TAMAÑO DE LA TUBERÍA	TIEMPO DE PRUEBA POR 100'
2" y menos	5 min.
3" y 4"	10 min.
6"	20 min.
8"	50 min.
10"	1hr., 20 min.
12"	2 hr.
14"	2 hrs., 30 min.
16"	3 hrs., 30 min.
18"	4 hrs.
20"	5 hrs.

Aislar el sistema de la fuente de presión. Mantener la prueba de presión por al menos el tiempo mínimo especificado en la orden de trabajo. La prueba no debe exceder las 8 horas. Debe ser lo suficientemente larga como para detectar fugas.

Puede darse un cambio en presión estática debido al cambio de temperatura de la prueba y la tubería. Agregue aire si es necesario. No comience a regular hasta que la temperatura y la presión sean estables.

Deje salir completamente la presión de prueba antes de quitar los accesorios de conexión.

Lo que hay que recordar.

- Probar con aire o gas inerte.
- Cubrir la tubería antes de probarla.
- No pruebe la tubería de polietileno a más de 100 grados F (38°C).
- Revisar la exactitud del manómetro.
- Mantener la presión de prueba durante el tiempo especificado.
- La prueba no debe exceder las 8 horas.
- Deje salir completamente la presión de prueba.

Registros y Reportes.

Registre los resultados de la prueba exactamente y de manera legible en la sección del reporte de prueba de la orden de trabajo. Firme y ponga fecha al reporte. Agregue la orden de trabajo con el reporte de prueba para tuberías y el cuadro del manómetro de registro, si se utilizó uno, al reporte completo de la construcción.

Mantenerlos como un registro permanente. Mantenga la orden de trabajo para las líneas de servicio que contienen el reporte de prueba como un registro permanente.

Lo que hay que recordar:

- Registrar los resultados de la prueba.
- Registrar los resultados en la orden de trabajo.
- Firmar y poner fecha a la orden de trabajo.
- Mantener como un registro permanente.

PURGADO.

Una vez que se ha probado la tubería y unida, se debe purgar el aire del sistema.

Coloque un extinguidor de fuego para químicos secos en el lado contraviento de la válvula de purga durante las operaciones de purga. Asegurarse de que no hay humo, llamas abiertas, dispositivos que generen chispas u otras fuentes de ignición en el área a purgar. Colocar tantas barreras o estaciones de vigilancia como sean necesarias para evitar que gente sin autorización entre en el área de purgar.

Utilice protección para los oídos cuando el nivel exceda los 85 dB. Utilizar lentes de seguridad para evitar daños en los ojos causado por partículas flotantes.

Permita que la temperatura de la tubería se estabilice con el suelo que la rodea, en los proyectos de construcción antes de purgar.

Descargue la electricidad estática con solución jabonosa antes de purgar. -

Extienda el purgado de la tubería para que la mezcla de aire y gas de descargue arriba del nivel del suelo. Dirija la corriente a donde el movimiento de aire normal se disperse. Puede ser necesario construir una pila de purga. No dirija el gas hacia las líneas eléctricas superiores o hacia otras estructuras. No permita que el gas se acumule en edificios o en espacios limitados.

Instalar válvulas u otros dispositivos para controlar el flujo de gas. Continuar sin interrupción, hasta que el aire salga de la línea. Utilice el CGI para determinar si el aire está completamente purgado.

Detenga el flujo de gas en la tubería. Cierre el extremo de la descarga mientras decrece el flujo para prevenir la entrada de aire. Deje entrar lentamente el aire a la tubería para cargar la tubería.

Si el servicio o ramificaciones están conectadas, purgarlas al extremo de abajo, instalar conexiones, si el servicio no va a abrirse inmediatamente.

Quitar la válvula de purga una vez que la operación esté completa. Cortar la tubería al largo final. Haga una unión o instale un extremo de cerramiento, según se requiera.

Si se hace una unión final a otra tubería después de haber purgado, purgue el aire atrapado entre el dispositivo de control de gas y la unión. El fusionar una tapa proporcione una purga para quitar el gas y la mezcla de aire.

Pruebe con jabón la unión final y cualquier otro accesorio no incluido en la prueba de levante de presión.

Lo que hay que recordar:

- Proporcionar un extinguido de fuego manual.
- Asegurar la protección de área de trabajo.
- Utilice equipo de protección personal.
- Dejar que se estabilice la temperatura de la tubería.
- Controlar la estática.
- Extender la purga tanto como sea necesario para la descarga.
- Proporcionar control de gas.
- Purgar el aire atrapado.
- Hacer la prueba del jabón a las uniones y accesorios finales.

RELLENO.

Una vez que la tubería se ha probado, aprobado y purgado, puede comenzarse con el relleno. Fijar los lados y la parte superior de la tubería con al menos 6" de material granular estable. Compactar el suelo para evitar el movimiento lateral y proteger la parte superior de la tubería del material de relleno.

Debe prestarse especial atención cuando la tubería esté colocada en hoyos en forma de campana, en zanjas excesivamente profundas y en ubicaciones de servicio o en ramal.

Después de fijar, dé tiempo para que la temperatura de la tubería se estabilice con la del suelo que la rodea. Esto evita la contracción de la tubería a causa de tensión excesiva.

Las ordenanzas locales pueden regular los materiales utilizados para el relleno, métodos de compactar y grado de compactación.

Quitar cualquier sistema de soporte protector utilizado en la excavación.

El relleno debe estar libre de rocas grandes y de basura. No utilizar piezas grandes de pavimento o de concreto en el relleno o en la zanja. No colocar materiales de desecho en el relleno.

Allanar o apisonar mecánicamente el relleno. Trate de cumplir con la densidad original, para prevenir cualquier hundimiento posterior. Si se requiere hundir con chorro de agua, tener cuidado de que la tubería no flote en el fondo de la zanja. Asegurarse de que el material de relleno no se ha quitado de la tubería.

Después de rellenar, revisar la continuidad del alambre rastreador con un localizador electrónico de tuberías y repare si es necesario. Reparar el cable que se encuentre dañado, quebrado o con empalmes defectuosos.

Quitar el exceso de relleno y de escombros del lugar de trabajo cuando se haya terminado el trabajo. Si la excavación se encuentra en la propiedad del cliente o en la curva de una instalación en frente de una casa, restaurar la propiedad a las condiciones originales tanto como sea posible. Restaurar el pavimento, las banquetas y cordones a condiciones al menos tan buenas como las originales.

Lo que hay que recordar:

- La tubería debe ser aprobada.
- Fijar la parte superior y las laterales con 6" de material granular.
- El relleno no debe tener rocas ni basura.
- Dar atención especial a los hoyos en forma de campana, zanjas profundas y uniones.
- Allanar o apisionar mecánicamente la zanja.
- Quitar todo el exceso de relleno.
- Restaurar el pavimento, las banquetas y cordones.

RESUMEN.

- Ordenar los materiales de acuerdo al avance de la construcción del proyecto.
- Ubicar las tuberías y otras instalaciones de utilidad.
- Hacer la zanja de acuerdo a la orden de trabajo, dejando al menos 60 cms. de cubierta para las tuberías.
- Las zanjas para líneas de servicio deben tener al menos 45 cms. de profundidad en la calles.

- Las zanjas en líneas de servicio en propiedades privadas deben tener 25 cms. de profundidad.
- Dejar 15 cms. de espacio libre entre tuberías y estructuras subterráneas.
- Rellenar el fondo de la zanja con 10 cms. de suelo granular.
- Asentar cuidadosamente la tubería en la zanja.
- Instalar el alambre rastreador.
- La perforación requiere de entrenamiento personal.
- Instalar la tubería de revestimiento de acuerdo a la orden de trabajo.
- Limpiar la tubería.
- Probar la tubería para que no presente fugas.
- Rellenar y restaurar el pavimento.

GLOSARIO

Retro-fresa. Un dispositivo adaptado a la varilla de perforación utilizada para agrandar el hoyo piloto.

Material de relleno. Tierra granular libre de rocas o material orgánico utilizado para evitar que se dañe la tubería.

Implemento de Perforación. Máquina hidráulica o impulsada por gasolina que taladra debajo de vías ferroviarias para instalar la tubería.

Varilla perforadora. Un agregado largo para el implemento de perforación. Pueden utilizarse varias en sucesión.

Persona competente. Clasificación OSHA para una persona que está entrenada y es capaz de identificar y de precedir peligros y está autorizada para tomar medidas de corrección.

Cal viva. Químico utilizado en construcciones en la calle que reacciona en el agua para causar calor y que daña una tubería sin protección.

Vara (pig) de Espuma. Dispositivo de limpieza operado por la presión de aire colocado en tuberías de gas.

Enlechado. Material utilizado para llenar huecos causados por una perforación más grande.

Gas inerte. Cualquier grupo de gases raros que presentan gran estabilidad e índices bajos de reacción.

Atiesador Interno. Cilindro insertado en el extremo de la tubería de polietileno para proporcionar fuerza interna.

POMP. Presión de Operación Máxima Permitida.

Broca piloto. Broca al carbón adaptable a la varilla perforadora que permite taladrar a través del polvo y la roca.

Manómetro. Dispositivo utilizado para determinar visualmente la presión interna de la tubería.

A prueba de presión. Prueba de presión de 1½ veces POMP, verifica que la tubería no tenga fugas.

Agarradera. Dispositivo adaptado a la tubería o a la tubería de revestimiento que deja que sea jalada a través de la perforación o de la tubería de revestimiento.

Pila de purga. Tubería adaptada a la tubería utilizada para descargar el gas del área de trabajo.

PSI. Libras por pulgada cuadrada.

PSIG. Libras por pulgadas cuadradas del manómetro.

Manómetro de registro. Un manómetro especializado que registra la presión en una tabla.

Esfuerzo de corte. Fuerza inferior suficiente para dañar las estructuras subterráneas.

Presión interna. Presión dentro de la línea de prueba.

Manómetro de resorte. Un manómetro que opera en la presión de resorte.

Escoba de goma. Limpiador de tubería.

Prueba de presión de fuga. Prueba de presión de una tubería de un periodo de tiempo mayor para determinar si hay fugas.

Succionador. Dispositivo utilizado para quitar la suciedad que queda en el hoyo de perforación con la retro-fresa.

Eslabón giratorio. Dispositivo que indica la rotación de la varilla perforadora, y de la retro-fresa que evita la rotación de la tubería o cable adaptados.

Temperatura estabilizada. Tubería que se ha dejado ajustarse a la temperatura del suelo.

Contracorriente. La dirección en que el gas fluye de la tubería.

CONSTRUCCIÓN CON TUBERÍAS DE POLIETILENO

Lista de Chequeo del Doblamiento de la Tubería de Polietileno

- Marque la ruta potencial de la zanja.
- Encuentre el radio mínimo de la curvatura en la Tabla 1.
- Localice el centro del radio.
- Marque las distancias mínimas de los radios desde el centro del radio.
- Haga la zanja curva a como sea necesario, pero no menor que la curvatura mínima.

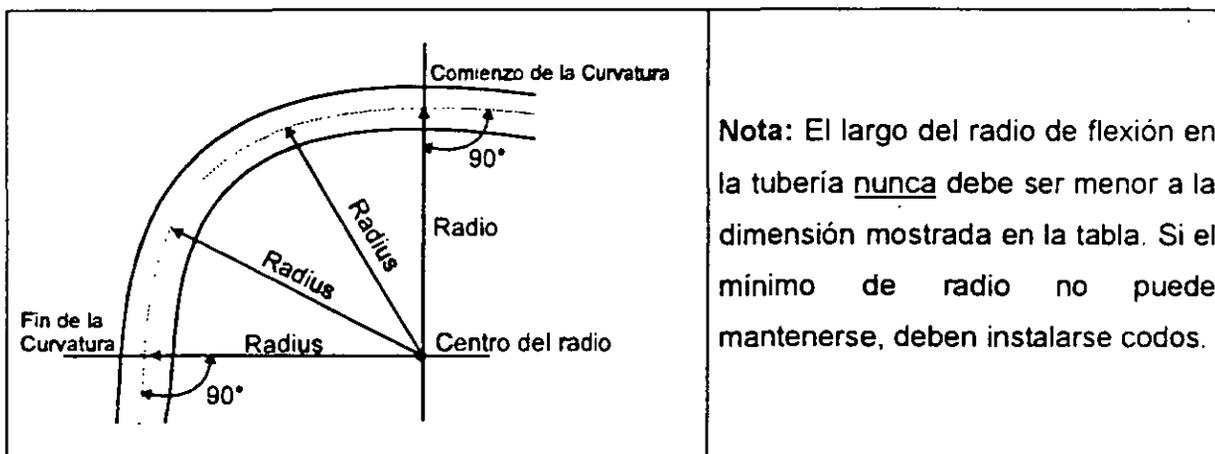


TABLA 1

DOBLADO DE LA TUBERÍA DE POLIETILENO

TAMAÑO NOMINAL DE LA TUBERÍA	1/2"	3/4"	1 1/4"	2"	3"	4"	6"	8"
Diam. Ext. la TUBERÍA	.84	1.04"	1.68"	2.4"	3.52"	4.56"	6.64"	8.64"
25 x Diam. Ext. (Sin Fusión)	1'-9"	2'-2"	3'-6"	5'-0"	7'-4"	9'-6"	13'-10"	18'-0"
125 x Diam. Ext. (Con Fusión)	8'-9"	10'-8"	17'-4"	24'-9"	36'-6"	46'-11"	69'-0"	89'-10"

CONSTRUCCION DE TUBERÍAS DE POLIETILENO

Lista de chequeo de las Operaciones de Perforación

- Haga la excavación para el equipo de perforación y el agujero receptor.
- Coloque el equipo de perforación y asegúrelo.
- Nivele el soporte de perforación.
- Ponga el suministro de agua.
- Coloque la bomba de agua para eliminar el exceso de agua.
- Monitoree el nivel de oxígeno, si es necesario.
- Ventile la excavación, si es necesario.
- Encienda el flujo de agua.
- Inicie la perforación lentamente, usando la broca piloto.
- Revise la alineación y agregue soportes, según sea necesario.
- Agrande el agujero piloto.
- Una el "swab" o el tubo al cable.
- Jale el tubo a través de la perforación.
- Revise si la tubería tiene defectos, quite cualquier sección dañada.
- Tape con mezcla los huecos, si es necesario.

CONSTRUCCION DE TUBERIAS DE POLIETILENO

Lista de chequeo de Instalación de la Tubería dentro de Revestimiento

- Verifique los requerimientos de la orden de trabajo.
- Elimine los bordes puntiagudos o rebabas de la tubería de revestimiento.
- Elimine el agua y los escombros de la tubería de revestimiento.
- Utilice casquillos cuando lo inserte en la tubería de revestimiento de acero.
- Instale el cono adelgazado de punta de metal o encinte la tubería transportadora cerrada.
- Empujar la tubería dentro de la tubería de revestimiento.
- Revise si la tubería tiene defectos, quite cualquier sección dañada.
- Instale la manga protectora de división.
- Compacte la tierra bajo extremos de la tubería de revestimiento.
- Una el alambre rastreador, si no está instalado con la tubería.
- Instale las estaciones de localización y las marcas de derecho de vía.
- Instale el ánodo y la estación de prueba, si es necesario.

TAMAÑOS DEL REVESTIMIENTO	
Tamaño del Tubo	Tamaño de Revestimiento
1-1/4"	2"
2"	3" o 4"
3"	4" o 6"
4"	6"
6"	8" o 10"
8"	10" o 12"

CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍAS DE POLIETILENO

Lista de chequeo de la Prueba de Presión en la Tubería de Polietileno

Cierre la tubería para realizar la prueba.

- Aísle al sistema de la fuente de presión.
- Utilice un cople de compresión y un atezador en tubos de 1-¼" y menores cuando realice la prueba bajo 100 psi.
- Fusione una tapa en tubos de 2" y mayores.
- Instale un montaje (silleta) de servicio doméstico en tubos de 2" y mayores para conectar la fuente de presión de prueba.
- Una la fuente de prueba de presión.
- Instale los pasadores sujetadores en todas las conexiones de unión rápida.
- Instale un medidor de presión de resorte de precisión o una tabla con valores.

Cierre la tubería para realizar la prueba.

- Coloque el tubo de 6" en la curvatura y cúbralo con material de recubrimiento.
- Permita que la temperatura del tubo se estabilice. No realice la prueba si la temperatura del tubo excede los 100°F (38°C).
- Presurice el tubo para la prueba de presión.
- Permita que el aire estabilice la temperatura del tubo.
- Mantenga la prueba de presión por el tiempo especificado en la Tabla, pero no exceda las 8 horas.
- Si se detecta una fuga, libere la presión, repare la fuga y realice otra vez la prueba.
- Después de realizar la prueba, libere completamente la presión.
- Quite las conexiones de prueba.
- Registre los resultados en la orden de trabajo.

TABLA 1	
PRUEBA DE PRESIÓN Y FUGA	
Tamaño del tubo	Tiempo de Prueba por cada 100' (30m)
2" y menor	5 min.
3" y 4"	10 min.
6"	20 min.
8"	50 min.
10"	1 hr., 20 min.
12"	2 hr.
14"	2 hr., 30 min.
16"	3 hr., 30 min.
18"	4 hr.
20"	5 hr.

INJERTO EN CALIENTE EN TUBERIA DE POLIETILENO

Temas:

- Herramientas y Equipo.
- Preparación del Sitio de Trabajo.
- Control del Gas.
- Acoplamiento de la Extensión Principal.
- Acoplamiento de la Herramienta para los injertos.
- Injerto en caliente para los Ramales.
- Certificación de los injertos en caliente.
- Detección y Solución de Fallas.

Introducción

El acoplamiento mostrado en la Figura 1, permite que una línea principal nueva o de servicio sea cargada con gas natural, para después este sea suministrado al cliente.

Un injerto en caliente se usa para conectar ramales de 2" y mayores a la línea viva principal de polietileno.

Para la realización de los injertos en caliente se requiere de entrenamiento y certificación. Tenga precaución cuando haga este trabajo en tubería de polietileno ya que la electricidad estática puede ser una fuente de ignición del gas natural. Tenga todas las instalaciones en la vecindad, localizadas antes de la excavación.

Herramientas y equipos

Los injertos en caliente y acoplamientos sobre tuberías de polietileno requieren de fusión caliente convencional. Provea una fuente de poder, herramientas de corte de tubería, suministros de limpieza y herramientas de fusión para las fusiones tipo de montaje y enchufe. La fusión a tope convencional, también puede ser usada en algunos acoplamientos. La fusión con calor convencional no puede ser usada para unir tuberías disímiles tal como Poly I PE 3306 o Dupont 2306 (ALDYL-A).

La electrofusión es el único método aprobado para unir tubería disimilar. Antes de realizar un injerto en caliente, determine el origen de la tubería de polietileno, la tubería Poly I PE 3306 o Dupont 2306 (ALDYL-A) requieren de especial consideración, tanto para el control del gas y la fusión.

Provea electricidad con un generador de 1500 a 5000 watts, una soldadora de salida CA aterrizada, o una instalación temporal de polos, esta última, debe contar con medidor y una salida CA.

Con una extensión de cordón de tres alambres conecte la fuente de poder al sitio de trabajo. Inspeccione que el cordón no tenga roto el aislamiento o que tenga los conectores dañados. Siempre use un interruptor de falla en la tierra de la fuente de poder. Cuando fusione tubería en medio ambiente húmedo o gaseoso, precaliente el hierro en un lugar no gaseoso y seco y después desconéctelo antes de usarlo.

Corte la tubería de polietileno con un serrucho de carpintero o con tijeras para tuberías de polietileno.

Con un crayón sensible al calor o con un termómetro termopar digital calibrando cheque que los hierros estén a la temperatura adecuada. Use crayón de 438°F y 450° para la fusión y de 488°, 500° y 525° para los hierros de fusión de enchufe y silleta. Siga las instrucciones del fabricante para el uso del crayón.

Una tabla de enfriamiento y calentamiento previene el sobrecalentamiento de la tubería e indica así mismo el tiempo apropiado de enfriamiento. El tiempo real requerido para desarrollar la fusión adecuada para la unión depende de la temperatura del aire y de las condiciones del viento.

Se requiere de una indicación visual una fusión aceptable para que esta sea aceptable. Se puede requerir de mas tiempo que el indicado en el ciclo.

Tenga precaución cuando maneje hierros y tubería calientes.

Use un trapo limpio y una cubeta con agua limpia para quitar todos los rastros de suciedad del tubo. En algunas áreas el agua destilada provee de una superficie más limpia para la unión. El alcohol limpia la grasa y aceite del tubo, nunca use solventes a base de petróleo o soluciones jabonosas ya que pueden interferir para la obtención de una buena unión.

Una lija de agua o rebajador quitan el brillo de la tubería para la fusión de la silleta.

La fusión a tope requiere de un implemento de unión para alinear y asegurar al tubo. Una herramienta para las caras, escuadra los extremos de la tubería para la obtención de un acople apropiado. Las caras de calor de la fusión a tope recubiertas de teflón provienen que la tubería se pegue al hierro.

Una herramienta biseladora en la fusión de silleta bisela al extremo del tubo para que embone en el accesorio. Un medidor de profundidad mide la penetración de la tubería en la cara de calentamiento. Un aro frío mantiene la redondez del tubo y limita la penetración del tubo en la cara de calentamiento, las caras de calentamiento tipo fusión de enchufe, requieren de calor simultáneo al tubo y al accesorio.

La fusión de silleta requiere de un implemento de fusión lateral y de caras de calor de fusión de montaje. NO se permiten las fusiones sostenidas a mano.

La electrofusión requiere de un procesador para controlar el flujo de corriente al accesorio.

Use un limpiatubos para eliminar el acabado brillante de los tubos. Una herramienta sujetadora alinear y fijará los tubos durante el proceso de electrofusión.

Las herramientas de estrechamiento brindan control de gas.

Una herramienta para injerto y de prueba puede ser usada para hacer el injerto en caliente. Esta herramienta debe ser inspeccionada antes de cada tapa.

Los acoples de las líneas de servicio requieren una llave allen en forma de T con un tope integrado para extraer la T.

El aire comprimido o el nitrógeno prevén presión para pruebas.

Use agua jabonosa para controlar la electricidad por estática.

Provea equipo de seguridad personal. Siempre use ropa 100% de algodón, protección para ojos y oídos y guantes en áreas con emergencia de gas.

Un respirador de aire, o un aparato de respiración autocontenida con armés de cuerpo completo puede ser requerido si el nivel de oxígeno está por debajo del 19.5%.

Lo que hay que recordar:

- Provea una fuente de energía segura.
- Provea herramientas para corte de tubo.
- Provea un crayón de sensibilidad térmica y una tarjeta de toma de tiempos.
- Prevea un trapo de algodón y agua limpia.
- Provea equipo para fusión con calor convencional.
- Provea equipo para electrofusión.
- Provea herramientas de estrechamiento para control de gas.
- Provea una herramienta de taladro y de prueba para líneas accesorias.
- Provea aire comprimido o nitrógeno para pruebas.

- Use agua jabonosa para controlar la estática.
- Provea equipo de protección personal.

Preparación del sitio de trabajo.

Establezca control de tráfico en el sitio de trabajo. Prevea espacio suficiente para el manejo de equipo pesado.

Asegúrese de que el trabajo realizado no interferirá con el tráfico a pie o reacomode la ruta de este tráfico. Vea el módulo 40-00-06 de control de tráfico.

Revise la orden de trabajo y croquis para obtener la localización del injerto. Consulte los mapas de la compañía para consultar la localización de la tubería.

La persona encargada de hacer el injerto en caliente deberá tener un mapa de trabajo. Informe a todos los trabajadores sobre sus obligaciones de trabajo y sobre las rutas de evacuación.

Antes de iniciar la excavación, determine la localización exacta del injerto. Localice la tubería principal usando un localizador de tubería. También localice cables y tubos de las áreas circunvecinas, si es que no han sido localizados previamente.

Coloque un extinguidor de 30 libras de manejo manual sobre el sitio de excavación.

Excave el lugar del injerto.

Examine el tubo para determinar el origen de la tubería de polietileno.

Lo que hay que recordar:

- Establecer control de tráfico.
- Revisar el ordn del trabajo.
- Revisar los mapas de la compañía.
- Establecer un plano de trabajo.
- Determinar la localización del injerto.
- Localizar líneas enterradas si es necesario.
- Colocar el extinguidor.
- Excavar la localización del injerto en caliente.
- Determinar si la tubería es de otro tipo.

Control de gas.

Logre el control del gas en la tubería de polietileno estrechando las paredes del tubo para sellar o substancialmente restringir el flujo de gas. Use una herramienta de estrechamiento especialmente diseñada para impedir un exceso de fuerza o daño sobre la tubería.

Un corte total de flujo se puede lograr en tubos de diámetro pequeño utilizando la técnica de estrechamiento.

Una interrupción total del flujo de gas es menos probable en tubos de 3" o mas grandes debido a que estos tienen paredes más gruesas y menos flexibles.

Cuando el flujo permanezca muy elevado después de estrechar la tubería, es conveniente colocar tubos de respiradero flujo abajo.

El estrechamiento está permitido en tubos de menos de 8". Use este método para controlar el flujo de gas en tubos de 8" o en tubos más grandes solo en situaciones de emergencia.

Estreche tubería de polietileno 1 de cualquier medida solo en situaciones de emergencia.

PRECAUCION: El estrechamiento de tubo PE 3306 puede causar suficiente estrés como para lograr agrietar el tubo. Envuelva el tubo en un trapo de algodón previamente inmerso en agua para eliminar la electricidad por estática en el caso de que el tubo se agriete. Vea el módulo 40-70-02 acerca de Reparación por electrofusión y puntos de estrechamiento en tubo 3306. Estos puntos de estrechamiento son tratados como reparación temporal. Deberán ser monitoreados cada tres meses hasta ser electrofundidos.

Si es necesaria una electrofusión en tubería de 8" o más grande, o en tubo 3306, reemplace el segmento que contenga puntos de estrechamiento en la primera oportunidad.

Las herramientas de estrechamiento mecánico diseñadas para su uso en tubería de polietileno de 2" o más grande, así como las herramientas de estrechamiento hidráulica de toda medida están equipadas con retenes mecánicos para evitar estrechamientos excesivos. Las caras circulares de las barras de estrechamiento también son diseñadas con suficiente diámetro para ampliar el punto de estrés de presión por estrechamiento controlando y previniendo daño a la tubería.

Lo que hay que recordar:

- Estreche buscando formar un sello tipo burbuja en tubería de diámetro pequeño.
- Un sello total es más difícil de lograr en tubería de 3" o más grande.
- Pueden ser necesarios los respiraderos.
- Estreche tubería de 8" o tubos PE 3306 sólo en casos de emergencia.

- Las herramientas de estrechamiento de 2" o más grandes están equipadas con retenes.
- Las superficies circulares extienden los puntos de presión.

Operación de herramientas de estrechamiento

Escoja un punto donde la tubería sea relativamente fuerte para colocar la herramienta de estrechamiento. El punto de estrechamiento deberá estar a tres veces el diámetro del tubo o a 12", lo que sea mayor, del área de estrés causada por un cambio en dirección o una fusión.

Descargue la electricidad estática con agua jabonosa.

Centre las barras de la herramienta de estrechamiento sobre la tubería y ajústela. Esto permite que el tubo se aplane libremente conforme se aplica presión, sin golpear contra la moldura de la herramienta.

Opere la herramienta de estrechamiento permitiendo el relajamiento del tubo. Estreche el tubo, deténgase y permita la relajación del tubo. Estreche en forma ascendente para detener o disminuir el flujo de gas.

Reduzca el índice de estrechamiento en clima frío. El punto de estrechamiento adecuado es alcanzado cuando una de tres cosas ocurren:

El flujo de gas es completamente controlado.

La herramienta de estrechamiento mecánico no puede apretar mas girando la graduación de esta con las manos. (no use extensiones para obtener mayor nivelación).

Los topes mecánicos de la herramienta de estrechamiento están en contacto plenamente. Una vez alcanzado el punto de estrechamiento, engarce el implemento de candado mecánico, si la herramienta cuenta con uno, con lo anterior se previene que escape el gas sin control en el caso de falla mecánica o hidráulica.

Lo que hay que recordar:

- Escoja el punto de estrechamiento lejos del área de esfuerzos de la tubería.
- Descargue la electricidad estática.
- Centre la herramienta en el tubo.
- Estreche la tubería lentamente.
- Deténgase cuando el gas está controlado. La manguera no gira o los topes son contactados.
- Engarce el implemento de candado cuando se haya alcanzado el punto de estrechamiento.

Herramientas de Liberación del Estrechamiento

Una vez terminado el acoplamiento quite la herramienta de estrechamiento de la tubería levantándola lentamente y de manera controlada. Evite cualquier liberación repentina de la presión hidráulica o mecánica.

Marque los puntos de estrechamiento con dos tiras de cinta de envolver fría alrededor del tubo, dejando un claro de 2" en el punto de estrechamiento. Con lo anterior se identifican los puntos de estrechamiento. Los puntos de estrechamiento temporales en la tubería de 8" deben ser re-redondeados para reducir el potencial de fractura, hasta que la tubería sea reemplazada.

Nunca estreche la tubería de polietileno dos veces en el mismo sitio ya que pueden acumularse en el punto de presión escamas y otras partículas de metal. Un segundo estrechamiento en el área cercana al primer estrechamiento podría forzar a dichas partículas a penetrar la pared de la tubería.

Registre la localización de los puntos presionados en la orden de trabajo.

Lo que hay que recordar:

- Retire lentamente la herramienta de estrechamiento, levantándola.
- Marque los puntos de estrechamiento en el tubo.
- Vuelva a redondear los puntos de estrechamiento en el tubo de 8".
- Fusione eléctricamente los puntos presionados en PE 3306.
- Nunca estreche en el mismo sitio dos veces.
- Registre la localización de los puntos estrechados en la orden de trabajo.

Conexión de la extensión de la tubería principal

Una extensión de la tubería principal se lleva a cabo haciendo una conexión desde la recién instalada tubería de polietileno hacia la tubería principal de polietileno existente. La conexión puede ser fusionada de manera convencional o eléctricamente. Vea el Modulo 40-70-01, Fusión Convencional por Calor, para más información sobre fusión convencional térmica. Vea el Modulo 40-70-02, Electrofusión para más información sobre electrofusión.

Después de completar la preparación del sitio de trabajo exponga el extremo de la tubería principal existente. Verifique el origen de la tubería de polietileno.

Proporcione el control de gas usando el método de estrechamiento. Coloque la herramienta de estrechamiento lo suficientemente lejos de la tapa final para permitir la distorsión del tubo.

Descargue la electricidad estática usando agua jabonosa.

Use un cortador de tubo de una vuelta o una sierra para cortar y quitar la tapa final de la tubería principal viva.

Limpiar completamente los extremos del tubo un trapo de algodón limpio y agua. Use alcohol para eliminar la contaminación generada por el agua jabonosa

PRECAUCIÓN: No utilice la herramienta de revestimiento eléctrica en un ambiente gaseoso. Utilice la llave del adaptador manual el cual opera mecánicamente la herramienta. Quite también los cepillos del motor de la herramienta de revestimiento, girando los dos enchufes negros de cada lado con un destornillador ranurado. Incline la herramienta de revestimiento hacia un lado y quite cada cepillo.

Fusione de manera convencional a tope, enchufe o eléctricamente la conexión final.

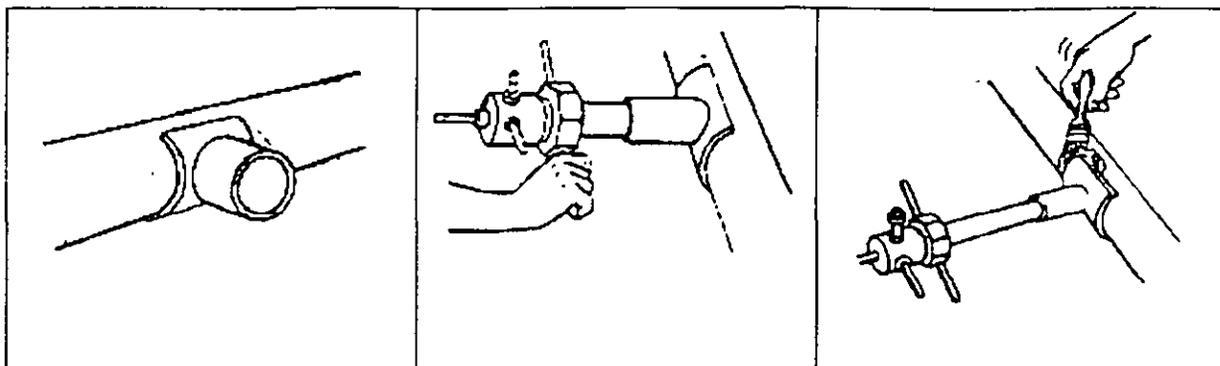
Libere lentamente la herramienta de estrechamiento. Saque el aire de la tubería principal. Para más información, vea el Modulo 40-70-05, Construcción de una Tubería de Polietileno.

Inspeccione y haga la prueba con jabón a la conexión. Una un nuevo alambre indicador al alambre existente usando un conector a prueba de corrosión.

Apisone cuidadosamente material granuloso libre de rocas alrededor de la conexión. Compáctela lo más parecido posible a la densidad original.

PROCEDIMIENTO DE TALADRO Y PRUEBA

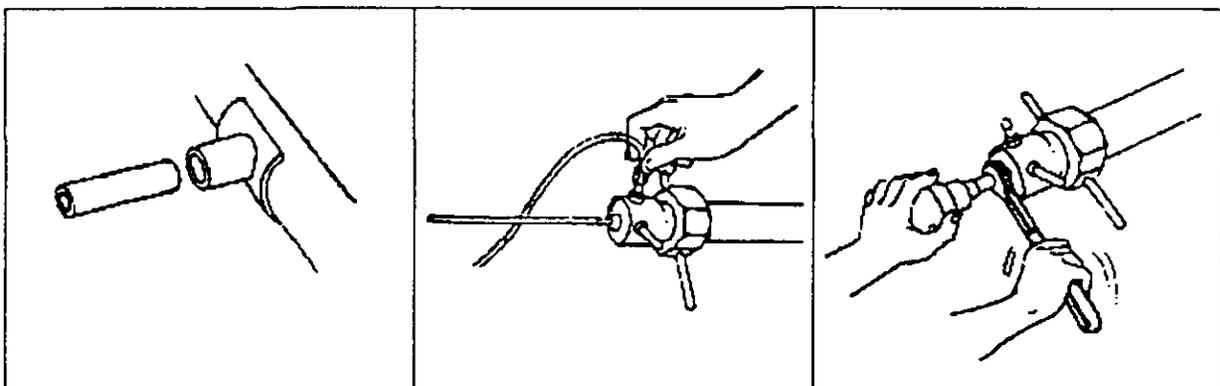
Al trabajar con líneas vivas



1. La silleta de servicio es fusionada a la tubería de acuerdo con el procedimiento detallado anteriormente.

3. Colóquese el taladro probador sobre el niple de la misma forma que un cople de compresión.

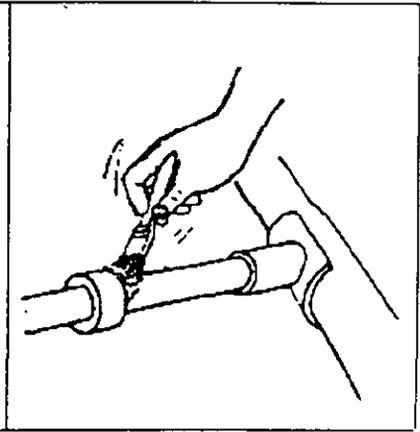
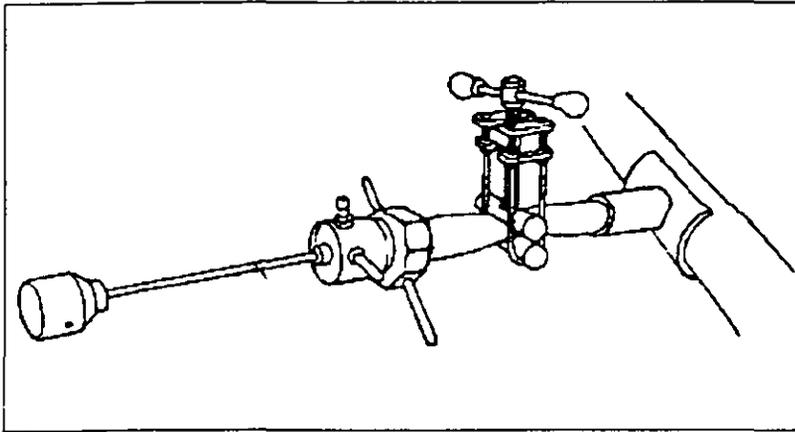
5. Pruebe la unión de la silleta a la tubería y al niple con agua de jabón para comprobar que no existen fugas.



2. Fusióñese un niple de polietileno de 20 cms. a la silleta de servicio.

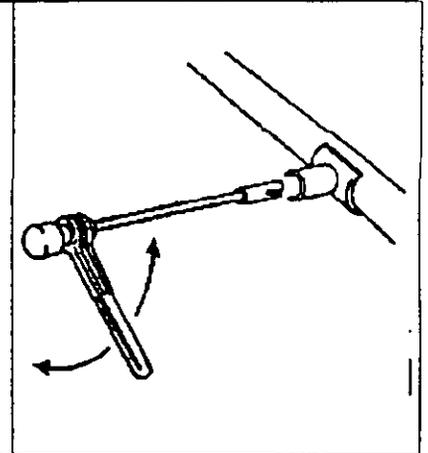
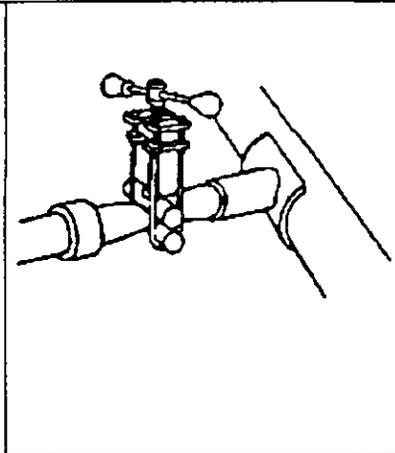
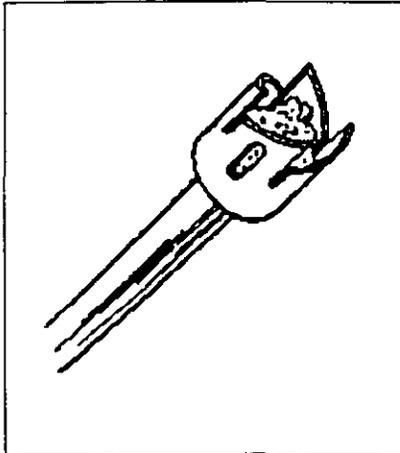
4. Retire la broca al máximo posible. Inyéctese aire al tanque de prueba, a través del taladro probador (1 kg x cm²)

6. Una vez efectuada esta prueba, déjese escapar el aire por la válvula, presionando el taladro, perforo la línea, girando la broca en el sentido de las manecillas del reloj por medio de la herramienta correspondiente.



7. Si se trabaja con una línea viva (en servicio) se requiere que una vez efectuada la perforación se retire la broca al máximo y se coloque la preña. Estrangúlese el niple de polietileno con la prensa y abra la válvula del taladro probador. Comprobar la interrupción total del flujo.

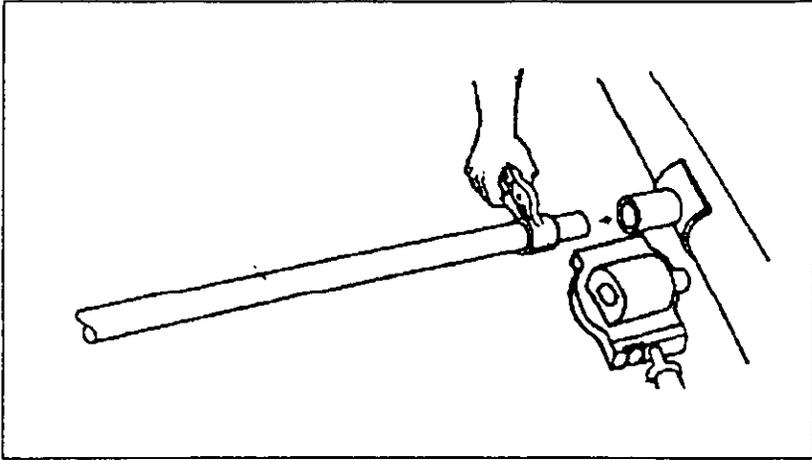
8. Reanude el flujo, eliminando la presión en la preña y pruebe la unión de la línea de servicio al niple, utilizando agua con jabón.



9. Retírese el taladro probador y revise la broca para verificar si la penetración en la línea fue la correcta.

10. Una vez probada la línea de servicio, únala al niple por medio de un cople.

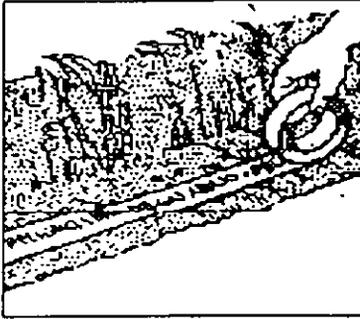
11. Al trabajar con líneas nuevas, no es necesario utilizar el taladro completo, basta con el maneral y broca.



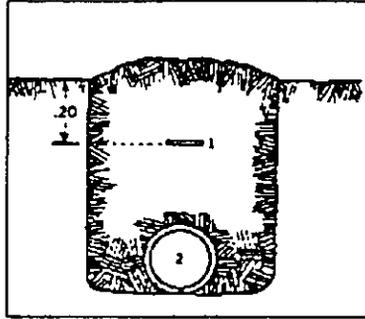
12. Seguidamente se une por socket la longitud requerida de tubería directamente sin cople.

SEÑALAMIENTO PREVENTIVO

Como medida adicional de protección a una red de gas, es conveniente recurrir al uso de una cinta de material plástico de 3 cms. ancho y color llamativo que contiene impreso señales de "peligro, línea de gas abajo" que colocada 20 cms. arriba de la tubería puede evitar un golpe de la herramienta de excavación por el operario que, de otro modo, no sabría que existe una línea que puede dañar.



Colocación de la cinta que viene en rollo.



Disposición en la zanja.

1. Cinta
2. Tubería

CONTROL DE TRÁFICO

Temas:

- Propósito
- Banderero
- Dispositivos de Canalización
- Señalamientos
- Iluminación
- Colocación del Control de Tráfico
- Quitar el Control de Tráfico
- Sitios de Trabajo sin Atención

Propósito

El trabajo de construcción y mantenimiento puede interferir con los peatones y el tráfico vehicular. El control de tráfico protege a los trabajadores y al público.

Cuando sea posible, programe el trabajo para minimizar el contacto con el público. Planee los trabajos a corto plazo para cuando el tráfico sea más ligero, evitando las horas pico, si es posible visite el sitio de trabajo antes de la construcción para determinar que equipo se requiere y planee como se procederá con el trabajo. Coloque los vehículos y equipo para proveer protección para los empleados y minimizar la obstrucción de flujo de tráfico.

Establezca un área de control de tráfico mediante la combinación de barricadas, conos y señalamientos, los cuales son usados para indicar el área de trabajo.

Use señalamientos, una pantalla naranja de plástico para encerrar el área de trabajo. Mantenga dentro de dicha área protegida a todas las herramientas, materiales y equipo. Se podrán requerir pantallas cuando se trabaje con martillos neumáticos, dichas pantallas ayudarán a prevenir que las partículas voladoras golpeen a los vehículos o peatones.

Los empleados deben recordar que los dispositivos de control de tráfico pueden no ser considerados por los conductores por lo cual se necesita de mucha precaución para prevenir accidentes.

Lo que hay que recordar:

- El control de tráfico protege a los trabajadores y al público.
- Cuando sea posible, programe los trabajos para minimizar el contacto público.
- Establezca un área de control de tráfico.
- Manténgase un área de control de tráfico.
- Manténgase alerta al flujo de tráfico

Banderero

Los trabajadores responsables del control de tráfico debe ser visible para el público. Antes de empezar a colocar los dispositivos de control de tráfico, debe habilitarse a un banderero para guiar al control de tráfico alrededor del área de trabajo.

Los bandereros deben vestir ropa anaranjada o roja, usualmente un chaleco. Durante la noche o cuando la visibilidad sea reducida dicha ropa deberá ser reflejante.

Use una bandera para captar la atención de los conductores, dicha bandera debe ser roja y no menor a 60 cms.

Para uso nocturno, el dispositivo debe ser reflejante y se deberá usar una luz intermitente. Vea en la figura 1, los ejemplos de las señales de bandera.

No haga que la operación de establecimiento de control o de movimiento de tráfico resulte en una operación peligrosa. Una vez que los dispositivos están en su lugar, puede no ser necesario el tener un banderero en el lugar, sin embargo, se debe usar uno cuando se quiten los dispositivos una vez terminado el trabajo

Lo que hay que recordar:

- Los bandereros guían el tráfico.
- Use ropa anaranjada o roja de precaución.
- Use una bandera roja para captar la atención de los conductores.
- No se convierta en un peligro cuando establezca el dispositivo control.
- Ponga un banderero cuando quite los dispositivos de control de tráfico.

Dispositivos de canalización

Un dispositivo de canalización indica el reruteo del tráfico, se usan cono y barricadas como dispositivos de canalización.

No trate de cerrar un carril de tráfico con señalamientos y dispositivos de canalización, cree un encintado gradual que de manera segura guiará al tráfico alrededor del sitio de trabajo. Si la calle va a ser bloqueada completamente, las autoridades ciudadanas correspondientes deberán ser notificadas.

Lo que hay que recordar:

- Los dispositivos de canalización sirven para dirigir el flujo del tráfico.
- Use conos de al menos 45 cms. de alto.
- Use barricadas Tipo 1.
- Las franjas de las barricadas indican la dirección del flujo de tráfico.
- En la noche use barricadas con reflejante.
- Use bolsas con arena para agregar peso a las barricadas.

Señalamientos

Cuando use dispositivos de canalización, las señales de precaución le permite a los conductores prepararse a las obstrucciones por venir. Los señalamientos generalmente tienen la forma de diamante, son de color naranja con letreros o símbolos en color negro. Los requerimientos de tamaño están basados en la velocidad de manejo.

En las calles de área residencial con límites de velocidad de 40 km/hr o menores, los señalamientos son de al menos 24 x 24" (61 x 61 cm). Los señalamientos en carreteras principales y autopistas con límites de velocidad de 93 km/hr deben de ser de al menos de 1.22 x 1.22 m.

Se pueden usar señalamientos de flechas rectanguladas para dirigir el tráfico a través de los obstáculos. Coloque los señalamientos para una máxima visibilidad en base a la velocidad anticipada de los conductores. En las calles residenciales, donde los conductores se mueven a menos de 50 km/hr, 15 metros pueden darle suficiente espacio al conductor para que ajuste su velocidad. En una autopista donde las velocidades son mayores, se podrán requerir 90 metros o más.

Conos

Los conos anaranjados para el tráfico están entre los dispositivos de canalización más comunes. Todos los conos deben tener 45 cms. de alto, los conos que se usen en vías de tráfico veloz deben ser al menos de 70 cms. de alto. Para su uso durante la noche, los conos deben contar con dos bandas de material reflejante. Use los conos de tráfico de control cuando el volumen de tráfico, la velocidad y la visibilidad no requieren barricadas Tipo 1. Coloque conos cada 3 5 m.

Asegúrese de que los conos no sean tirados por el aire, por lo cual se requerirá que se usen bolsas de arena en la base en las zonas de tráfico de alta velocidad.

Inspeccione los conos periódicamente para asegurarse de que se encuentren en su lugar.

Barricadas

Las barricadas marcan delimitaciones específicas o proveen dirección a la canalización. Use barricadas móviles tipo burro del Tipo 1, cuando las condiciones de volumen de tráfico, velocidad y visibilidad no permitan el uso de conos. Dichas barricadas tienen dos caras rayadas reflejantes con franjas de 15 cms. de color naranja.

Las franjas en las barricadas indican la dirección que el tráfico debe seguir ya que están posicionadas a un ángulo de 45° que va hacia abajo en dirección del flujo del tráfico, lo cual se muestra en figura.

Se pueden usar bolsas con arena para darle peso al fondo de la barricada, no coloque dichas bolsas a través de los rieles ya que interferirán con las franjas.

COLOCACIÓN DE CONTROL DE TRÁFICO

Al arribo al sitio de trabajo, determine si se necesitan señalamientos precautorios adelantados, colóquelos en este momento. En la figura 3 se muestra un escenario típico para control de tráfico.

Encienda las luces intermitentes preventivas del vehículo para prevenir a los demás conductores de que disminuyan su velocidad por estar su vehículo parado. Ponga a un banderero a dirigir el tráfico, dicho banderero debe usar un chaleco y bandera precautoria.

Otros miembros de la cuadrilla deberán colocar los dispositivos de control de tráfico tal como se requiera. Trabaje de la parte trasera del camión hacia el área de trabajo.

Coloque los conos de tráfico a intervalos de 3 a 4.5 mts. Las barricadas deben tener las franjas apuntando hacia la misma dirección para orientar el tráfico a través del área de trabajo.

Cuando coloque los dispositivos de control de tráfico este alerta del paso de los vehículos, use tantas luces, señalamientos, conos y barricadas a como sea necesario para promover la protección al área de trabajo.

Recuerde proveer de control de tráfico para los peatones, si es necesario.

Lo que hay que recordar:

- Determine si se necesitan señalamientos en avanzada.
- Use las intermitentes del vehículo.
- Ponga un banderero que use chaleco y bandera.
- Coloque los dispositivos de control de tráfico.
- Provea dispositivos de control para los peatones.

Use tantos señalamientos como sea necesario para prevenir a los automovilistas y proteger a los trabajadores. Asegúrese de que los señalamientos sean consistentes e indiquen claramente las direcciones al automovilista.

Lo que hay que recordar:

- Use señalamientos de precaución con los dispositivos de canalización.
- Los señalamientos precautorios le permiten al conductor que se prepare para las obstrucciones.
- Coloque los señalamientos con un máximo de visibilidad.
- Coloque los señalamientos en base a los límites de velocidad.
- Use tantos señalamientos como sean necesarios para seguridad del público.

Luces

Las luces precautorias proveen de visibilidad extra cuando son usadas con dispositivos de canalización. Las luces pueden ser colocadas sobre barricadas o señalamientos y, deben de ser de color amarillo y de intermitencia rápida.

Las luces se usan normalmente cuando se requiere de control nocturno.

Revise las luces diariamente cuando las barricadas son dejadas en sitio por largos periodos! Reemplace las baterías y luces defectuosas a como se requiera.

Lo que hay que recordar:

- Las luces proveen visibilidad extra.
- Las luces deben ser de color amarillo y de intermitencia rápida.
- Inspeccione las luces diariamente.

QUITANDO EL CONTROL DE TRÁFICO

El mismo cuidado que se tuvo en la colocación de los dispositivos se debe tener en su remoción. Deje los señalamientos en sitio hasta terminar el trabajo.

Use un banderero para dirigir el tráfico alrededor de los trabajadores. Quite los dispositivos empezando en el sitio de construcción y alejándose de él. Encienda las luces intermitentes precautorias del vehículo.

Asegúrese que todos los dispositivos sean quitados prontamente una vez terminado el trabajo. No deje ningún señalamiento que haga que se confundan los carriles.

Lo que hay que recordar:

- Deje los dispositivos en el sitio hasta que el trabajo haya sido terminado.
- Use un banderero para proteger a los trabajadores.
- Quite todos los dispositivos de control de tráfico.

SITIOS DE TRABAJO SIN ATENCIÓN

Si la excavación debe permanecer abierta por un periodo largo de tiempo, por la noche o más, se deben tomar las precauciones para prevenir a los peatones o vehículos de lesiones o daños.

Use barricadas en lugar de conos para identificar los peligros de una construcción especial o excavación. Coloque las barricadas apretadamente alrededor de la excavación para disuadir a los peatones de entrar.

Los señalamientos pueden ser asegurados a las barricadas encerrando la excavación. Las barricadas deben tener luces precautorias operacionales. Inspeccione las luces diariamente, hasta que la excavación sea cerrada o los escombros removidos:

Lo que hay que recordar:

- Tome precauciones extras en las excavaciones que se van a dejar abiertas en la noche.
- Use barricadas alrededor de la excavación.
- Ponga luces en las barricadas.

RESUMEN

- Los bandereros dirigen el tráfico.
- Los conos y las barricadas son dispositivos de canalización.
- Los señalamientos anaranjados le permiten al conductor que se prepare.
- Las luces proveen visibilidad adicional.
- Tenga precaución cuando coloque y quite los dispositivos de control de tráfico.
- Tome precauciones extras si la excavación se deja abierta por la noche.

CONTROL DE TRÁFICO

Establecimiento de Control de Tráfico

Lista de Chequeo

COLOCACIÓN DEL CONTROL DE TRÁFICO

- Utilice las luces de emergencia del camión mientras se establece el control de tráfico.
- Proporcionele un chaleco y una bandera al banderero.
- Empiece a colocar las señales por delante del camión y avance hacia el área de trabajo.
- Asegúrese de que las rayas de las barricadas sean uniformes y que la porción mas baja de las franjas de 45° señale hacia la dirección que debe seguir el tráfico.
- Utilice todas las luces, letreros, conos, barricadas y barriles que sean necesarios para darle al área de trabajo la protección adecuada.

INSPECCIÓN

- Revise todos los dispositivos hasta que se haya finalizado el trabajo. Reponga conos y luces de ser necesario.
- Cheque las luces de las barricadas diariamente cuando se dejen en el sitio de trabajo por un periodo largo.

RETIRO DEL CONTROL DE TRÁFICO

- Coloque al banderero para que haga señales para desviar al tráfico, mientras se quitan las señales.
- Utilice las luces de emergencia del camión como advertencia adicional.
- Recoja los conos y barricadas empezando en el sitio de trabajo y luego alejándose de este.
- Deje el sitio de trabajo, inmediatamente después de haber quitado las señales de control de tráfico.