



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN"

TENDIDO DE LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DE GAS NATURAL
EN LA CIUDAD DE MÉXICO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RUBEN NAVA BERMUDEZ

ASESOR: ING. ABEL ANGEL LOPEZ MARTINEZ

la Dirección General de:
ndir en formato electrónico
de mi trabajo:

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la
UNAM a difundir en formato electrónico e imprimir
contenido de mi trabajo recepción

NOMBRE: RUBEN NAVA
BERMUDEZ
FECHA: 07/AGOSTO/2003
FIRMA: Rubén Nava Bermúdez

JULIO, 2003.

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PAGINACION

DISCONTINUA



A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**POR DARME LA OPORTUNIDAD DE REALIZARME
PROFESIONALMENTE ASI COMO POR PERMITIRME UN
DESARROLLO COMO SER HUMANO**

GRACIAS

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



OBJETIVO GENERAL

Describir los métodos y procedimientos del tendido de líneas subterráneas de gas natural con base en las recomendaciones y reglamentos vigentes destacando sus aplicaciones y ventajas.

METODOLOGÍA

Cada capítulo contiene en su inicio un objetivo a través del cual se pretende visualizar paso a paso lo relacionado con la construcción y utilización de gas natural.

El primer capítulo contiene material gráfico, cuadros e información que proporciona al lector una visión sobre las condiciones a partir de las cuales se pretende la construcción del sistema de distribución de gas natural al interior de la zona delimitada como Zona Metropolitana de la Ciudad de México

En el capítulo dos se comentan los documentos que han sido empleados para la creación de la normatividad nacional, en ésta se involucra todo lo relacionado con el diseño, los materiales, el mantenimiento y operación del sistema de distribución de gas natural, además se presenta la norma NOM-003-SECRE-2002 en lo referente a las condiciones en que debe realizarse la construcción de la red.

El capítulo tercero presenta el procedimiento que debe ser aplicado en construcción del sistema apoyado por esquemas, gráficos y fotos que facilitan la comprensión de la norma NOM-003-SECRE-2002, además tiene algunas secciones en donde se realizan ejemplos de cálculo sobre cuestiones que deben tomarse en cuenta al presentarse una situación distinta a la especificada, provee al encargado de la construcción, la técnica necesaria para la supervisión de procedimientos y así evitar accidentes producto de una mala construcción.

El capítulo cuarto contiene gráficos y tablas que ayudan a comprender de manera sencilla las características del gas natural que deben tenerse en cuenta en todo momento por el constructor, así también se presenta información sobre posibles usuarios y ventajas que representa a los mismos y a la sociedad en general la utilización de este combustible.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES.	
1.1.- HISTORIA.	2
1.2.- INFRAESTRUCTURA EXISTENTE DE PEMEX.	7
1.3.- CONDICIONES DEL TENDIDO DE LAS INSTALACIONES DE PEMEX.	10
CAPÍTULO 2: NORMAS Y ESPECIFICACIONES.	13
2.1.- PETRÓLEOS MEXICANOS. (NORMAS FUNDAMENTALES)	14
2.2.- SECRETARÍA DE ENERGÍA. (NORMAS FEDERALES)	15
2.3.- NORMATIVIDAD NACIONAL.	15
2.4.- NORMATIVIDAD TÉCNICA GENERAL.	16
2.5.- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-SECRE-2002.	17

**CAPÍTULO 3: PROCESO PARA EL TENDIDO.**

3.1.- TRAZO Y NIVELACIÓN.	41
3.2.- OBRAS INDUCIDAS. (UBICACIÓN DE INSTALACIONES EXISTENTES)	43
3.3.- PROTECCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.	44
3.4.- DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LA INSTALACIÓN.	52
3.5.- EXCAVACIÓN.	61
3.6.- TUBERÍA DE ACERO.	65
3.6.1.- TENDIDO DE TUBERÍA.	67
3.6.2.- SOLDADURA.	70
3.6.3.- BAJADO DE TUBERÍA.	71
3.6.4.- PRUEBAS DE HERMETICIDAD.	73
3.7.- TUBERÍA DE POLIETILENO.	74
3.7.1.- TENDIDO DE TUBERÍA.	78
3.7.2.- TERMOFUSIÓN Y ELECTROFUSIÓN.	81
3.7.3.- BAJADO DE TUBERÍA.	97
3.7.4.- PRUEBAS DE HERMETICIDAD.	98
3.8.- RELLENOS	
3.8.1.- ANÁLISIS DE LOS MATERIALES DE RELLENO.	99
3.8.2.- MEJORAMIENTO DE MATERIALES.	102
3.8.3.- APLICACIÓN DE CONCRETOS FLUIDIZANTES.	108
3.9.- PAVIMENTOS.	112
3.9.1.- MEZCLA ASFÁLTICA CALIENTE.	113
3.9.2.- CONCRETO HIDRÁULICO.	115
3.10.- LIMPIEZA.	124

CAPÍTULO 4: VENTAJAS, BENEFICIOS Y USOS DEL GAS NATURAL.

4.1.- EL GAS NATURAL Y SUS USOS.	126
4.2.- VENTAJAS Y BENEFICIOS.	134

CONCLUSIONES.**BIBLIOGRAFÍA.****GLOSARIO.**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



INTRODUCCIÓN

México es el quinto productor de petróleo en el mundo y el decimotercero de gas natural. Petróleos Mexicanos (PEMEX) hasta no hace mucho tiempo, era la única empresa responsable de la extracción, construcción de ductos y distribución tanto de hidrocarburos como de gas natural en el país.

El Gobierno Mexicano, con una visión a largo plazo de esta área de la industria, durante 1995 y 1996 emprendió una reforma estructural en el sector del gas natural a fin de asegurar una oferta suficiente, oportuna y competitiva de combustibles limpios que satisfagan la demanda de la planta productiva.

Con el propósito de generar un Marco Regulatorio que permitiera la participación del sector privado en licitaciones internacionales para intervenir en la distribución, transporte o almacenamiento de gas natural, fue necesario que el Gobierno Federal realizara cambios en la ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional.

De esa forma fue expedida la Ley de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) en 1995, con lo que se crea un órgano desconcentrado de la Secretaría de Energía y que se encarga de la regulación del gas natural, gas L.P. y energía eléctrica. Al mismo tiempo, esta ley vino a limitar las facultades de Pemex Gas y Petroquímica Básica (PGPB), al no permitirle ser transportistas y distribuidores de gas natural al mismo tiempo.

Sin embargo, PGPB optó por conservar el negocio del transporte debido a la infraestructura con que cuenta para la operación y mantenimiento del Sistema de Ductos en la República Mexicana, con más de 10,000 Km. de ductos de transporte, estaciones de compresión y 14 superintendencias de campo.

De igual forma se tiene contemplado a mediano plazo, almacenar gas natural en puntos estratégicos del país. Las reformas legales emprendidas, han abierto la posibilidad para que el sector privado construya, opere y tuviere en propiedad sistemas de transporte, distribución y almacenamiento de gas natural y realice actividades de importación, explotación y comercialización.

Desde el establecimiento del Marco Regulatorio, se han comprometido mil millones de dólares, para el desarrollo de 37 proyectos de infraestructura de gas natural y se encuentran en proceso de licitación 380 millones de dólares adicionales, previéndose que para el final de la administración actual se hayan comprometido aproximadamente tres mil millones de dólares.

La CRE, es la entidad que regula las actividades de los operadores públicos y privados de la industria del gas natural, mediante el otorgamiento de proyectos de infraestructura y de transporte a empresarios, en cuyo renglón se ha comprometido el desarrollo de 25 proyectos de transporte que suman mil seiscientos kilómetros de ductos, con una inversión de 515 millones de dólares.

El nuevo Marco Regulatorio ha promovido el uso del gas natural, ello ha implicado la construcción de nuevos ductos por parte de los distribuidores o ductos de transporte por parte de particulares.



CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

OBJETIVO

PROPORCIONAR DE MANERA GENERAL UNA VISIÓN DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES DE LAS QUE SE DERIVA GAS NATURAL.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.1 HISTORIA

El gas natural se ha utilizado como combustible desde hace más de 150 años; sin embargo su demanda se ha incrementado notoriamente en el siglo pasado, debido principalmente a que se superaron las dificultades de transporte y almacenamiento que presentó en los inicios, en comparación con los combustibles líquidos. Inicialmente el gas natural solo se utilizaba en las áreas en que se producía, liberando a la atmósfera los excedentes de producción. El desarrollo de compresoras y tubería de alta presión, aunado al avance logrado en las técnicas de almacenamiento subterráneo de gas, han promovido la utilización en gran escala de este recurso natural y el desarrollo de tecnologías para su explotación y transporte.

FUENTE DE ABASTECIMIENTO. (1)

El gas natural que se consume en el Valle de México proviene principalmente de la región sur y sureste del país, a través de una red de 987 kilómetros de gasoductos y 10 estaciones de compresión que se originan en PEMEX, Tabasco, pasando por Nuevo Teapa y Cosoleacaque, Veracruz, hasta llegar a Venta de Carpio en el Estado de México. Además, en este lugar se recibe gas natural que proviene de Poza Rica Veracruz, mediante un gasoducto de 206 kilómetros de longitud.

Gasoducto: Sistema de tubería a través de la cual se transporta gas.

(1) Información realizada con base en datos proporcionados por Subdirección de Ductos, Gerencia Comercial y de Transporte, PEMEX, 2002



Este sistema de abasto está integrado por los tres ductos siguientes:

1. Gasoducto de 36" de diámetro que va de Santa Ana, Veracruz, a Venta de Carpio, Estado de México, con una capacidad de 105 mmpcd, operando a 25 Kg / cm² de presión.
2. Gasoducto de 30" de diámetro que va de Cd. Pemex, Tabasco, a Venta de Carpio, Estado de México, con una capacidad de 130 mmpcd, operando a 30 Kg / cm² de presión.
3. Gasoducto de 18" de diámetro que va de Poza Rica, Veracruz, a Venta de Carpio, Estado de México, con una capacidad de 65 mmpcd y operando a 17.5 Kg / cm² de presión.

La capacidad de transporte de este sistema de ductos es de 300 mmpcd, equivalente a 8'495,040 mcd.

A través de Venta de Carpio se abastecen las ciudades de Tlaxcala, Tlax., Toluca, Estado de México, Tula, Hidalgo, San Juan del Río, Querétaro, San Luis Potosí, SLP, Celaya y Salamanca, Guanajuato, Guadalajara, Jalisco y el Valle de México.

RED DE GASODUCTOS EN EL VALLE DE MÉXICO. (2)

La distribución del gas natural en el Valle de México se lleva a cabo mediante una red de 206 Kilómetros de gasoductos de diferentes diámetros (24", 22", 20", 16", 14", 12" y 10"), que recorren 18 zonas: San Cristóbal Ecatepec; Cerro Gordo; San Pedro Xalostoc; Valle de Aragón; Azteca Boturini; San Juan Ixhuatepec; Los Reyes-Puente de Vigas; Tlalnepantla; Lechería-Tultitlán; Cuautitlán; Industrial Vallejo; Azcapotzalco; Naucalpan de Juárez; Nonoalco; Anáhuac-Col. Irrigación; San Pedro de los Pinos; Villa Álvaro Obregón y Coapa. (ver mapa 2).

En la década 1963-1973 la red de gasoductos creció, en promedio, un 11.8 % anual, gracias a este esfuerzo en 1973 se contaba ya con una longitud de 42,477 metros en ramales de gasoductos. (tabla # 1)

CONSTRUCCIÓN DE LA RED DE GASODUCTOS EN EL VALLE DE MÉXICO

AÑO	METROS	AÑO	METROS	AÑO	METROS	AÑO	METROS
1953	1.127	1964	18.548	1974	43.173	1984	65.460
1954	1.646	1965	24.031	1975	44.373	1985	65.775
1955	1.741	1966	25.201	1976	50.548	1986	65.870
1957	2.612	1967	28.999	1977	53.287	1987	65.991
1958	2.809	1968	31.657	1978	56.400	1988	66.703
1959	3.259	1969	32.855	1979	56.880	1989	66.724
1960	4.141	1970	38.308	1980	57.298	1990	66.876
1961	8.119	1971	38.963	1981	58.657	1991	67.526
1962	11.108	1972	40.928	1982	60.142	1992	68.222
1963	13.817	1973	42.477	1983	65.118	1993	69.335

TABLA # 1 FUENTE: PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA. SUBGERENCIA ZONA CENTRO, JULIO 1993.

mmpcd: mil millones de pies cúbicos diarios.

mcd.: metros cúbicos diarios.

(2) Información realizada con base en datos proporcionados por Subdirección de Ductos, Gerencia Comercial y de Transporte, PEMEX, 2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



En el periodo 1973-1983, el ritmo de crecimiento fue menor que en las décadas pasadas, tanto en la infraestructura de distribución como en la capacidad de suministro. En este lapso, el crecimiento medio anual de la red alcanzó el 4.4 %, por lo que, en 1983 se alcanzaron un total de 65 Kilómetros de longitud los ramales de gasoductos para consumidores finales. En los últimos diez años, el crecimiento en la longitud de la red de gasoducto fue prácticamente nulo, ya que sólo llegaría a crecer el 1 % en promedio anual. La red actual de gasoductos registra un total de 69.3 kilómetros de longitud. En términos generales, esta longitud, actualmente está distribuida en los diámetros indicados. (tabla # 2)

**ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO
DISTRIBUCIÓN DE LA RED DE GASODUCTOS
POR DIÁMETRO Y LONGITUD.**

DIÁMETRO (CM)	LONGITUD (KM)
OTROS	243.00
14.00	302.00
12.00	255.00
6.00	7,442.00
4.00	11,364.00
3.00	13,390.00
2.00	36,339.00
TOTAL	69,336.00

TABLA # 2
FUENTE: PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA. SUBGERENCIA ZONA CENTRO, JULIO 1993.

Durante este periodo de siete años, se registró un crecimiento medio de 6.4 % anual; no obstante, en 1988 y 1989 se observaron descensos en el consumo, respecto a 1987 y de 1990 en adelante vuelve a presentarse una tendencia creciente. Cabe resaltar que el consumo de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) es aproximadamente el 20 % del total nacional durante el periodo citado.

DELIMITACIÓN DEL ÁREA GEOGRÁFICA.

Para delimitar la zona geográfica en la que se incluirá el servicio de distribución de gas natural a la Ciudad de México (ZMCM), se consideraron los criterios que tuvieran mayor importancia para la realización de este servicio, tales como las características físicas y los procesos de transformación económica, política y social.

Estos criterios se describen en los documentos siguientes:

- El Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal.
- El Plan de Desarrollo del Estado de México 1993-1999.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



- Los Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano.
- Los Planes de los Centros de Población Estratégicos de los Municipios del Estado de México.
- Las propuestas de divisiones del área metropolitana de la Ciudad de México. Las instituciones que se destacan en dichas propuestas son: SEDESOL y el INEGI.
- Adicionalmente, se analizaron la política urbana y los lineamientos principales de acción de los planes y programas gubernamentales. Tales planes han regido en la materia desde 1987.

Uno de los elementos más importantes que se tomó en cuenta para delimitar esta zona (ZMCM) fue con respecto a las características de la infraestructura de distribución existentes en la Ciudad de México. Esto es, la partición del área geográfica consideró los efectos sobre el sistema existente de distribución.

Por lo anterior la zona geográfica denominada ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO que para fines de distribución de gas natural, queda delimitada por la totalidad del Distrito Federal y 28 municipios del Estado de México como se muestra en el siguiente mapa:

MUNICIPIOS COMPRENDIDOS EN EL ESTADO DE MÉXICO

1.- ACOLMAN	15.- MELCHOR OCAMPO
2.- ATENCO	16.- NAUCALPAN
3.- ATIZAPAN DE ZARAGOZA	17.- NEZAHUALCOYOTL
4.- CHALCO	18.- NEXTLALPAN
5.- CHICOLOAPAN	19.- NICOLAS ROMERO
6.- COACALCO	20.- TECAMAC
7.- CUAUTITLAN	21.- TEOLOYUCAN
8.- CUAUTITLAN IZCALLI	22.- TEPOTZOTLAN
9.- CHIMALHUACAN	23.- TEXCOCO
10.- ECATEPEC	24.- TLALNEPANTLA
11.- HUIXQUILUCAN	25.- TULTEPEC
12.- IXTAPALUCA	26.- TULTITLAN
13.- JALTENCO	27.- VALLE DE CHALCO SOLIDARIDAD
14.- LA PAZ	28.- ZUMPANGO

TABLA # 3

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TESIS CON
FALLA EN ORIGEN



1.2 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE DE PEMEX

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA. (3)

La red de distribución de Pemex Gas y Petroquímica Básica (PGPB) que suministra gas natural a la industria de la Zona Geográfica del Distrito Federal y a la Zona Geográfica del Valle de Cuautitlán – Texcoco, (ZMCM) comprende, casetas de regulación y medición, tuberías, válvulas, accesorios y sistema de protección catódica.

La red de distribución tiene una longitud total de tubería de troncales de 147.910 Km. y 23.720 Km. de subtroncales, la red de distribución del Distrito Federal, considera los ramales troncales de 14" y 24" cabe mencionar que los diámetros varían a lo largo del trayecto como se puede apreciar en el mapa 2, los cuales forman un circuito, el de 14" inicia en la terminal Venta de Carpio, pasa por Nonoalco y termina en el punto de interconexión con la línea de 22" llamado Camarones, el de 24" que inicia en Venta de Carpio (24") pasando por San Pablo II (22"), Camarones (punto de interconexión con la línea de 14"), San Pedro de los Pinos (14"), Cuemanco (10"), Chalco (24") y cerrando el circuito en Altavilla (24"), la red está ubicada en el área centro del Sector Valle de México de distribución de gas natural, dicha red cuenta con 16 rectificadores que constituye el sistema de protección catódica de toda la red del Valle de México, válvulas de seccionamiento y accesorios correspondientes. (tabla # 4)

TABLA DE DIAMETROS Y LONGITUDES DEL SISTEMA DE GASODUCTOS DEL DISTRITO FEDERAL

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

RAMAL DEL SISTEMA	DIAMETRO	LONGITUD
ALTAVILLA A SAN PABLO	60.96 cm. (24")	13.800 Km.
VENTA DE CARPIO A ALTAVILLA	60.96 cm. (24")	16.867 Km.
CAMARONES A NONOALCO	35.56 cm. (14")	1.950 Km.
VENTA DE CARPIO A NONOALCO	35.56 cm. (14")	29.257 Km.
ALTAVILLA A CUEMANCO	60.96 cm. (24")	38.009 Km.
CAMARONES A SAN PEDRO DE LOS PINOS	35.56 cm. (14")	11.207 Km.
SAN PEDRO DE LOS PINOS A CUEMANCO	25.40 cm. (10")	28.313 Km.
SAN PABLO A CAMARONES	55.88 cm. (22")	8.507 Km.
TOTAL =		147.910 Km.

TABLA # 4 FUENTE: PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA. SUBGERENCIA ZONA CENTRO, 2000.

La red de distribución de la zona del valle de Cuautitlán – Texcoco tiene una longitud total de tubería de troncales de 90.707 Km. y 36.761 Km. de subtroncales, los troncales consideran los gasoductos de 12", 14", 20" y 22", los ductos de 12", 20" y 22" inician en la terminal Venta de Carpio, el trayecto del de 12" concluye en el punto llamado desfogue Tultitlán, de donde inicia el ducto de 14" hasta el punto llamado La Romana, de este punto hasta Los Remedios es un ducto de 20", éste forma un circuito con el ducto de 22", que es el troncal de Venta de Carpio - San Pablo. (tabla # 5)

Existe un segundo circuito formado por el ducto de 20" que inicia en Venta de Carpio y termina en el punto llamado Barrientos, hasta este punto termina la red del Valle Cuautitlán - Texcoco, para las longitudes de esta red, ver la tabla correspondiente a la relación de ductos. (ver mapa 2).

(3) Información realizada con base en datos proporcionados por Subdirección de Ductos, Gerencia Comercial y de Transporte, PEMEX, 2002



La red está ubicada en el área centro del Sector Valle de México de distribución de gas natural, dicha red cuenta con 11 rectificadores que constituye el sistema de protección catódica, válvulas de seccionamiento y accesorios correspondientes.

TABLA DE DIÁMETROS Y LONGITUDES DEL SISTEMA DE GASODUCTOS DEL VALLE DE CUAUTITLÁN -TEXCOCO.

Troncales del Valle de Cuautitlán - Texcoco	Diámetro	Longitud
VENTA DE CARPIO A CAMARONES (PUNTO SAN PABLO)	55.88 cm. (22")	27.160 Km.
VENTA DE CARPIO A BARRIENTOS	50.80 cm. (20")	25.945 Km.
VENTA DE CARPIO A DESFOGUE TULTITLÁN	30.48 cm. (12")	21.503 Km.
DESFOGUE TULTITLÁN A LA ROMANA	35.56 cm. (14")	11.624 Km.
LA ROMANA A LOS REMEDIOS	50.80 cm. (20")	4.825 Km.
TOTAL =		98.787 Km.

TABLA # 5 FUENTE: PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA. SUBGERENCIA ZONA CENTRO, 2000.

La red inició operaciones: Zona del Distrito Federal de 1961 a 1972.

Toda la red tiene tubería de acero, subterránea y su antigüedad es aproximadamente de 29 a 40 años. La red es alimentada desde la Terminal de Venta de Carpio, donde llegan tres ductos de transporte de PGPB, uno llega de Poza Rica de 45.72 cm. (18") de diámetro y cuya presión de operación es de 18 Kg /cm². (256 lb / pulg²), otro tiene su origen en Cd Pemex y tiene un diámetro de 76.20 cm. (30") y una presión de operación de 30 Kg /cm² (426.60 lb / pulg²), y el tercer gasoducto tiene su origen en Santa Ana y tiene un diámetro de 91.44 cm. (36") y una presión de operación de 25 Kg /cm² (355.50 lb / pulg²), en el Sector Venta de Carpio.

La zona del Distrito Federal, es alimentada por los troncales de 35.56 cm. (14") y una presión de operación de 35 Kg / cm² (497.7 lb / pulg²) Venta de Carpio - Nonoalco, 60.96 cm. (24") y una presión de operación de 30 Kg /cm² (426.6 lb / pulg²) Venta de Carpio - Altavilla, perteneciendo al Sector Valle de México.

Este sistema tiene una capacidad de diseño de 1,508 mmpcd, 42'702,796.03 m³/ hr y un consumo pico de 1'565,808 m³ / hr

En el Valle Cuautitlán - Texcoco la red inició operaciones: de 1961 a 1984.

Toda la red tiene tubería de acero, subterránea y su antigüedad es de aproximadamente de 17 a 40 años. La zona geográfica del Valle Cuautitlán - Texcoco, es alimentada por los troncales de 30.48 cm. (12") de diámetro y una presión de 17 Kg /cm² (241.74 lb /pulg²) Venta de Carpio - Desfogue Tultitlán, el de 50.80 cm. (20") de diámetro y una presión aproximada de 24 Kg /cm² (341.28 lb /pulg²) Venta de Carpio - Barrientos, de 55.88 cm. (22") de diámetro y una presión de 17 Kg /cm² (241.74 lb /pulg²) de Barrientos a la Romana y el de 50.80 cm. (20") de diámetro y una presión de 17 Kg /cm² de la Romana a los Remedios.

Actualmente la red abastece a 141 usuarios. Para cada usuario se cuenta con una estación de regulación y medición (caseta), ubicada en sus propios terrenos. PGPB ha operado y mantenido desde su construcción estas estaciones, así como los ramales específicos que alimentan a cada usuario.

El sistema tiene una capacidad de diseño de 3,919 mmpcd, 4'624,012.42 m³/ hr, 110'976,298.70 m³/día y un consumo pico de 159,475 m³/ hr.

PGPB: Pemex Gas y Petroquímica Básicas.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



1.3 CONDICIONES DEL TENDIDO DE LAS INSTALACIONES DE PEMEX

Los ductos que transportan el gas natural son diseñados y construidos bajo las más estrictas especificaciones técnicas como es la NORMA OFICIAL MEXICANA (NOM-007-SECRE-1999), y se someten a programas de mantenimiento que reducen la posibilidad de accidentes por desgaste o cualquier otra anomalía en los materiales o instalaciones.

Debido a la peligrosidad manejada, PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA cuenta con procedimientos específicos de mantenimiento como se presenta a continuación: (tabla # 6).

PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO (4)

ORDEN	TÍTULO	ORDEN	TÍTULO
1	APLICACIÓN DE SOLDADURA DE ALUMINOTERMIA EN CONEXIONES ELÉCTRICAS DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CATÓDICA	24	MEDICIÓN DE POTENCIALES TUBO-SUELO A INTERVALOS CORTOS POR CIS
2	PROTECCIÓN ANTICORROSIVA CON ESMALTE DE ALQUITRAN DE HULLA	25	SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES
3	INSTALACIÓN DE ANODOS DE SACRIFICIO	26	APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO A BASE DE CINTA WAX-TAPE No 1
4	REVISIÓN Y PRUEBAS DEL BANCO DE DIODOS	27	DETECCIÓN DE CORRIENTES PARÁSITAS EN DUCTOS METÁLICOS ENTERRADOS
5	MEDICIÓN CONVENCIONAL DE POTENCIALES TUBO/SUELO	28	REVISIÓN Y REPARACIÓN DE CAMAS ANÓDICAS
6	REVISIÓN Y AJUSTE DE RECTIFICADORES CONVENCIONALES	29	SUPERVISIÓN E INSPECCIÓN DEL RECUBRIMIENTO EN DUCTOS ENTERRADOS POR LA TÉCNICA DCVG
7	REVISIÓN Y AJUSTE DE RECTIFICADORES AUTOMÁTICOS	30	CONTROL Y REPARACIÓN DE FUGAS
8	RETIRO E INSTALACIÓN DE CUPONES CORROSIMÉTRICOS EN DUCTOS EN OPERACIÓN	31	VACIADO DE DUCTOS EN OPERACIÓN CON DIABLOS DE SELLO
9	REVISIÓN DE CONTINUIDAD DE PÉLCULA DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS	32	SOLDADURA DE NIPLES DE INYECCIÓN A LINEAS EN OPERACIÓN
10	APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS EN INTERFASES	33	INSPECCIÓN INTERIOR DE DUCTOS CON EQUIPO INSTRUMENTADO
11	MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL SUELO	34	PRUEBA HIDROSTÁTICA EN TUBERÍA FUERA DE ZANJA PARA REPARACIÓN DE DUCTOS DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS
12	REVISIÓN DE LA POLARIDAD DE UN RECTIFICADOR	35	TRABAJOS DE SOLDADURA A TOPE EN TUBERIAS DE ACERO AL CARBÓN
13	PREPARACIÓN DE SUPERFICIES METÁLICAS A RECUBRIR	36	CORRIDAS DE DIABLOS DE LIMPIEZA INTERIOR DE DUCTOS
14	PRUEBA DE REQUERIMIENTO DE CORRIENTE DE PROTECCIÓN CATÓDICA	37	RELLENO O TAPADO DE ZANJA CON HERRAMIENTA MANUAL Y/O MAQUINARIA
15	VERIFICACIÓN DE AISLAMIENTO ENTRE ENCAMISADO Y DUCTO	38	INSTALACIÓN DE ENVOLVENTES METÁLICAS
16	INSTALACIÓN DE JUNTAS AISLANTES DE MICARTA	39	SUSTITUCIÓN O RECORRIDO DE ESPARRAGOS
17	MANIOBRAS DE LIBRANZA Y RETORNO A OPERACIÓN DE LINEAS Y EQUIPOS DE ALTA TENSIÓN	40	EXCAVACIÓN CON HERRAMIENTA MANUAL Y/O MAQUINARIA DENTRO DEL DIOV
18	INSPECCIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO EN ZONAS DE CONTACTO DUCTO / SOPORTE.	41	MANEJO Y TENDIDO DE TUBERIAS
19	LOCALIZACIÓN DE TUBERÍA SUBTERRÁNEA POR MEDIO DEL EQUIPO RADIODETECCIÓN	42	PROCEDIMIENTO PARA ALINEADO DE TUBERIAS
20	LIMPIEZA QUÍMICA DE UN TESTIGO Y CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN.	43	BAJADO Y TAPADO DE TUBERÍA
21	PERFORACIÓN DE DUCTOS EN OPERACIÓN UTILIZANDO EQUIPO HOT TAP ROHRBACK COSASCO	44	TRANSPORTE DE TUBERÍA
22	APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS	45	MANTENIMIENTO Y LUBRICACIÓN DE VÁLVULAS
23	INSTALACIÓN DE JUNTAS AISLANTES TIPO MONOBLOCK	46	SUPERVISIÓN DE INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA

TABLA # 6

FUENTE: PEMEX, MANTENIMIENTO, 2002.

(4) Información realizada con base en datos proporcionados por Subdirección de Ductos, Gerencia Comercial y de Transporte, Mantenimiento, PEMEX, 2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

NUMERO	TITULO	NUMERO	TITULO
47	MANTENIMIENTO A CRUZAMIENTOS FLUVIALES	73	REPARACIÓN DE DEFECTOS EN DUCTOS CON ENVOLVENTES TIPO CLOCK SPRING
48	CERTIFICACIÓN DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS Y DE HERMETICIDAD A VÁLVULAS	74	EVALUAR LA CALIDAD DE LOS PROCEDIMIENTOS O INSTRUCCIONES
49	ALMACENAMIENTO DE TUBOS	75	EVALUAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS PROCEDIMIENTOS O INSTRUCCIONES
50	INSTALACIÓN DE POSTES	76	ANÁLISIS DE RIESGO EN DUCTOS
51	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	77	EVALUAR LA COMUNICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS O INSTRUCCIONES
52	REPARACIÓN O CAMBIO DE ESTRUCTURA EN CRUCES AÉREOS	78	VERIFICAR EL CUMPLIMIENTO DE LOS PROCEDIMIENTOS O INSTRUCCIONES
53	PINTURA A OBRA CIVIL	79	AUDITORÍA DE DISCIPLINA OPERATIVA
54	INSTALACIÓN DE ACCESORIOS PLIDCO-FLANGE-REPAIRS EN DUCTOS CON FUGA	80	EVALUAR EL PROCESO DE DISCIPLINA OPERATIVA
55	INTALACIÓN DE SILETAS SOLDABLES STOPPLE FITTING	81	PROCESO DE CAPTURA DE SOLICITUD DE PEDIDO DE BIENES EN EL SISTEMA SAP
56	INSTALACIÓN DE NIPLES SOLDABLES THREAD-O-RING	82	ELABORACIÓN DEL PLAN GENERAL DE RESPUESTA A EMERGENCIA
57	EXTRACCIÓN DE INDICADORES DE PASO DE DIABLO TDW INTALADOS EN NIPLES DE 2"Ø	83	INSPECCIÓN DE SEGURIDAD A VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO Y TRONCALES
58	BARRENOS EN TUBERÍAS Y TANQUES CON MÁQUINAS TAPPING MACHINE T-101	84	INSPECCION DE SEGURIDAD EN ESTACIONES DE BOMBEO
59	INSTALACIÓN Y DESINSTALACIÓN DE TAPONES THREAD-O-RING CON MÁQUINA TAPPING MACHINE 101	85	INSPECCIÓN DE SEGURIDAD A ESTACIONES DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL
60	BARRENOS EN TUBERÍAS Y TANQUES CON MÁQUINA TAPPING MACHINE 360	86	MEDICIÓN DE ESPESORES EN LAS INSTALACIONES SUPERFICIALES
61	BARRENOS EN TUBERÍAS Y TANQUES CON MÁQUINA TAPPING MACHINE 660	87	DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA PRESIÓN PERMISIBLE DE OPERACIÓN EN DUCTOS QUE TRANSPORTAN GAS NATURAL
62	REPARACIÓN DE DUCTOS Y TUBERÍAS SIN INTERRUPCIÓN DE FLUJO	88	ACTUALIZACIÓN DE LAS CLASES DE LOCALIZACIÓN EN DERECHOS DE VÍA
63	BARRENOS EN TUBERÍAS Y TANQUES CON MÁQUINAS TAPPING MACHINE 1200	89	CELAJE TERRESTRE EN DERECHOS DE VÍA
64	BARRENOS EN TUBERÍAS Y TANQUES CON MÁQUINA TAPPING MACHINE 760	90	CALCULO DEL INDICE DE ACTOS SEGUROS
65	PROCEDIMIENTO PARA OBTURAR DUCTOS CON STOPPLE	91	INCREMENTO DE LA PRESIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN DE DUCTOS
66	INSTALACIÓN PROVISIONAL Y DEFINITVA DE GRAPAS CIRCULARES ATORNILLABE (SPLIT-SLEEVE)	92	AUDITORÍAS A LOS PROGRAMAS DE SEGURIDAD EN LOS CENTROS DE TRABAJO
67	TRABAJOS DE SOLDADURA DE CÓPLE DE ALTA PRESIÓN PARA TRABAJOS DE BARRENAMIENTO EN TOMAS DE SEÑALES DEL SISTEMA SCADA	93	INVESTIGACIÓN, ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE ESTADÍSTICAS DE ACCIDENTABILIDAD, IDENTIFICACIÓN Y DIFUSIÓN DE CAUSA - RAÍZ
68	COLOCACIÓN DE GRAPAS SMITH-CLAMP PARA CORRECCION DE FUGAS EN DUCTOS QUE CONDUCCEN HIDROCARBUROS GASEOSOS O LIQUIDOS	94	EVALUAR Y ASESORAR EN LA IMPLANTACIÓN DEL PROSSPA EN LAS SUPERINTENDENCIAS GENERALES DE LA SUBDIRECCIÓN DE DUCTOS
69	INSTALACIÓN Y DESINSTALACIÓN DE TAPONES LOCK-O-RING CON MÁQUINA TAPPING MACHINE 360	95	CERTIFICACIÓN DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS A VÁLVULAS
70	INSTALACIÓN Y DESINSTALACIÓN DE TAPONES LOCK-O-RING CON MÁQUINA TAPPING MACHINE 660 Y 760	96	CERTIFICACIÓN DE PRUEBA DE OPERACIÓN A VÁLVULAS DE SEGURIDAD (PSV)
71	INSTALACIÓN Y DESINSTALACIÓN DE TAPONES LOCK-O-RING CON MÁQUINA TAPPING MACHINE 1200	97	MANEJO A LA DEFENSIVA
72	APRIETE DE TUERCAS EN BRIDAS Y ACCESORIOS CON EQUIPO HYTORC	98	PLANEACIÓN DE SIMULACROS

TABLA # 6

FUENTE: PEMEX, MANTENIMIENTO, 2002.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

TÍTULO		TÍTULO	
99	DETECCIÓN DE NIVELES DE RUIDO	103	INSPECCIÓN DE SEGURIDAD A TRAMPAS DE DIABLOS
100	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE EXTINTORES PORTÁTILES	104	ELABORACIÓN DE ATLAS DE RIESGO EN SALUD OCUPACIONAL
101	USO DE ESCALERAS Y ANDAMIOS	105	DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA PRESIÓN PERMISIBLE DE OPERACIÓN EN DUCTOS QUE TRANSPORTAN HIDROCARBUROS LÍQUIDOS
102	ACCESO A INSTALACIONES DE LA SUBDIRECCIÓN DE DUCTOS POR PERSONAL COMISIONADO, VISITANTES, CONTRATISTAS Y VEHÍCULOS	106	CÁLCULO DEL ÍNDICE DE ACTOS SEGUROS AMBIENTALES

TABLA # 6

FUENTE: PEMEX, MANTENIMIENTO, 2002.

Los programas de mantenimiento a los cuales es sometido el sistema son de tres tipos:

1. PREDICTIVO
2. PREVENTIVO
3. CORRECTIVO

Para lo cual se cuenta con programas en los cuales:

- Se investigan y determinan fallas y se implementan medidas preventivas.
- Se lleva un registro de fugas y rupturas en donde se observa el comportamiento del sistema y que servirá para tomar decisiones como reparar o cambiar instalaciones.
- El personal que realiza estas labores recibe capacitación continuamente.

Para garantizar la seguridad, los gasoductos son operados a presiones mucho menores que las presiones máximas que son capaces de soportar, de acuerdo con su diseño mecánico.

En áreas con grandes concentraciones de población, los gasoductos operan a menos de la mitad de sus presiones de diseño.

En cuanto a la distribución, dado que la presión a la que se maneja el gas natural en las redes es relativamente baja, la probabilidad de que ocurra un accidente se reduce de manera significativa, y al ser más ligero que el aire, se disipa fácilmente en caso de existir una fuga, reduciendo de igual manera, la probabilidad de una conflagración.

Inspecciones Periódicas al Sistema. (CELAJE TERRESTRE EN DERECHOS DE VÍA)

Se realizan recorridos a las instalaciones para verificar el estado en que se encuentran y se reporta cualquier anomalía, de manera que éstas puedan ser corregidas. Se verifica el derecho de vía, las señales y las instalaciones (tubería, soportería y/o anclajes, purgas y/o desfuegos, enchaquetamientos o encamisados, válvulas, conexiones, trampas de diablos, cabezales, ramales, casetas de medición, etc.)

Diariamente se prepara un balance para el sistema que permite verificar que no existan fallas en el mismo, ya que se compara el gas inyectado, con los registros de consumo de los clientes y con las presiones registradas en los ductos.

De esta forma en caso de detectar inconsistencia, de inmediato se procede a inspeccionar físicamente el tramo en donde se presenta el problema y es reparado, por lo cual se puede decir que el sistema se encuentra en óptimas condiciones de operación.



CAPÍTULO 2

NORMAS Y ESPECIFICACIONES

OBJETIVO

DAR A CONOCER LAS NORMAS Y ESPECIFICACIONES EXISTENTES EN MATERIA DE INSTALACIONES DE GAS NATURAL.

NORMATIVIDAD UTILIZADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA

Dado que en el país no existían normas oficiales para el diseño, construcción, mantenimiento y operación de ductos para el transporte y distribución de gas natural; y de estaciones de medición, regulación y control. Petróleos Mexicanos y Pemex Gas y Petroquímica Básica desarrollaron normas internas para autorregularse en estos temas. Estas normas internas están basadas y son consistentes con normas internacionales y con las prácticas comunes de esta industria.

A continuación se presentan las normas aplicadas a este sistema de distribución en lo conducente.



2.1 PETRÓLEOS MEXICANOS (NORMAS FUNDAMENTALES)

Las normas siguientes enmarcan los requisitos mínimos de seguridad para el diseño, construcción, operación, mantenimiento e inspección de tuberías de transporte.

- Manual de prevención de accidentes.
- Procedimiento para el desalojo del derecho de vía.
- Derechos de vía en tuberías de transporte de fluidos
- Dictamen normativo sobre colores para identificación de fluidos en tuberías.
- Registro, control administrativo e investigación técnica, administrativa y jurisdiccional de siniestros.
- Procedimiento para la realización de auditorías en derechos de vía en construcción de ductos.
- Requisitos mínimos de seguridad para la localización, diseño, construcción, mantenimiento e inspección de estaciones de regulación y medición de gas para uso doméstico y/o uso industrial.
- Prevención de corrosión en tuberías destinadas al transporte de gas natural hidratado con o sin gas ácido.
- Aplicación y uso de protección catódica en tuberías enterradas y sumergidas.
- Señalización de seguridad.
- Clasificación de áreas peligrosas y selección de equipo eléctrico en las instalaciones en que se manejan, transportan, almacenan o procesan líquidos o gases inflamables.

En la actualidad existen normas oficiales para el diseño, construcción, mantenimiento y operación de ductos para el transporte y distribución de gas natural; y de estaciones de medición, regulación y control.

En la siguiente lista se presentan las normas que aplican además de las de PEMEX, para la ampliación del sistema de distribución de gas natural en lo conducente.

COMENTARIO: Las normas de Pemex fueron escritas partiendo de la base de la normatividad Americana, pero adaptándolas a las condiciones y experiencia obtenida en instalaciones del territorio Mexicano.



2.2 SECRETARÍA DE ENERGÍA (NORMAS FEDERALES)

1. Reglamento de Trabajos Petroleros.
2. Calidad del Gas Natural (NOM-001-SECRE-1997).
3. Instalaciones para el Aprovechamiento del Gas Natural (NOM-002-SECRE-1999).
4. Norma Oficial Mexicana (NOM-003-SECRE-2002) distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos. (cancela y sustituye a la NOM-003-SECRE-1997 Distribución de gas natural).
5. Norma Oficial Mexicana NOM-004-SECRE-1997, Gas natural licuado-estaciones vehiculares.
6. Norma Oficial Mexicana NOM-014-SECRE-1997, Medidores de desplazamiento positivo tipo diafragma para gas natural o L.P.
7. Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-007-SECRE-1998, Transporte de gas natural.
8. Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-008-SECRE-1998, Protección catódica de tuberías de acero para la conducción de gas natural.

2.3 NORMATIVIDAD NACIONAL.

- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-B 177-1990, Tubos de acero al carbón con o sin costura, negros o galvanizados por inmersión en caliente.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-008-SCFI-1993, Sistema general de unidades de medida.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-s-pc-1-1992, Señales y avisos para protección civil; Colores, formas y símbolos a utilizar.
- DGN-E-43-1977, Tubos de polietileno para conducción de gas natural y gas licuado de petróleo.

COMENTARIO: La normatividad generada a partir de la licitación sobre distribución de gas natural, tiene el fin de generar la seguridad en todas las instalaciones pertenecientes a las redes de gas natural, además son diseñadas, construidas y operadas de manera que tanto el usuario final como el distribuidor tienen la garantía de haber invertido de manera correcta.



2.4 **NORMATIVIDAD TÉCNICA GENERAL.**

1. Specification for pipeline valves, API-6D, American Petroleum Institute, 20th edition, 1991.
2. Pipe flanges and flange fittings, ASME B-16.5, American Society of Mechanical Engineers, 1988.
3. Measurement Techniques Related to Criteria for Cathodic Protection of underground or Submerged Steel Piping Systems, RPO169-83, National Association of Corrosion Engineers, 1983.
4. Welding of Pipelines and Related Facilities, API Standard 1104, American Petroleum Institute, 1988.
5. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, ASTM D-638, American Society for Testing and Materials, 1991.
6. Code of Federal Regulation for the Transportation of Natural and other Gas by Pipeline U.S. Department of Transportation, October, 1992.
7. Welding and Brazing Qualification, ASME Section IX, American society of Mechanical Engineers, 1990.
8. Gas Transmission and Distribution Piping Systems, ANSI-b-31.8 American National Standard Institute, 1990.
9. Gas Engineers Handbook, the Industrial press, 1965.
10. Explosion Prevention Systems, NFPA-69, National Fire Protection association, 1989.
11. Manholes, Sewers and Similar Underground Structures, NFPA-328, National Fire Protection association, 1992.
12. Cutting and Welding Processes, NFPA-5113, National Fire Protection Association, 1989.
13. API Specification 5L, API, American Petroleum Institute, 38th Edition 1990.
14. Standard Specifications for Thermoplastic Gas Pressure Pipe, Tubing and Fittings, ASTM-D-2513, American Society for Testing and Materials, 1996.
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, 1995.
16. Oil and Gas Pipeline Systems, Z662-96, Canadian Standards Association, 1996.

COMENTARIO: Las normas anteriores (en su mayoría americanas) han servido de apoyo parcialmente a las autoridades encargadas de la generación de la normatividad nacional, pero estas son estudiadas y modificadas de manera que correspondan a la diversidad de condiciones de la República Mexicana.

**SECRETARÍA DE ENERGÍA****2.5****NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-SECRE-2002₍₅₎**
DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL Y GAS LICUADO DE PETRÓLEO POR DUCTOS
(CANCELA Y SUSTITUYE A LA NOM-003-SECRE-1997, DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL)

ÍNDICE

0. Introducción
 1. Objetivo
 2. Campo de aplicación
 3. Referencias
 4. Definiciones
 5. Criterios de diseño de tuberías
 - 5.1 Generalidades
 - 5.2 Tubería de acero
 - 5.3 Tubería de polietileno
 - 5.4 Tubería de cobre
 6. Materiales y equipo
 - 6.1 Generalidades
 - 6.2 Tuberías, válvulas y conexiones de acero
 - 6.3 Tuberías, válvulas y conexiones de polietileno
 - 6.4 Tuberías, válvulas y conexiones de cobre
 7. Instalaciones
 - 7.1 Estaciones de regulación y estaciones de regulación y medición
 - 7.2 Registros
 - 7.3 Válvulas de seccionamiento y control
 - 7.4 Medidores
 8. Construcción de la red de distribución
 - 8.1 Obra civil
 - 8.2 Separación de tuberías
 - 8.3 Procedimiento
 - 8.4 Excavación de zanjas
 - 8.5 Reparación de pisos terminados
 - 8.6 Señalización en los sistemas de distribución
 - 8.7 Instalación de tuberías de acero
 - 8.8 Protección contra corrosión en tuberías de acero
 - 8.9 Instalación de tuberías de polietileno
 - 8.10 Instalación de tubería de cobre
 9. Tomas de servicio
 10. Inspección y pruebas
 11. Puesta en servicio
 12. Mantenimiento del sistema distribución
 13. Programa interno de protección civil
 14. Distribución de gas licuado de petróleo
 15. Bibliografía
 16. Concordancia con normas internacionales
 17. Vigilancia
 18. Vigencia
- Apéndice I. Odorización del Gas Natural
Apéndice II. Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas
Apéndice III. Monitoreo, detección y clasificación de fugas de gas natural y gas LP en ductos
Apéndice IV. Procedimiento de Evaluación de la Conformidad

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

(5) Norma Oficial Mexicana NOM-003-SECRE-2002, Publicada el día 12 de Marzo de 2003, en el Diario Oficial de la Federación y que entra en vigor a partir del 12 de Mayo de 2003.

NOTA: Para efecto de ésta tesis solo se presentan los puntos del índice del 0 al 18 ya que los apéndices no contienen información necesaria para los capítulos siguientes.



0. Introducción

La apertura de la industria del gas natural a la iniciativa privada, en lo relativo al transporte, almacenamiento y distribución de gas natural ha hecho necesario establecer las bases bajo las cuales se debe garantizar la confiabilidad, la estabilidad, la seguridad y la continuidad de la prestación del servicio de distribución, en un entorno de crecimiento y cambios tecnológicos en esta industria. Asimismo, el transporte y distribución de gas L.P. por ductos, deben ser actividades que se realicen bajo un mínimo de requisitos de seguridad. Por lo anterior, resulta necesario contar con una Norma que establezca y actualice permanentemente las medidas de seguridad para el diseño, construcción, operación, mantenimiento y protección de los sistemas de distribución.

De conformidad con la NOM-008-SCFI-1993, Sistema general de unidades de medida, en su Tabla 21 "Reglas para la escritura de los números y su signo decimal, se señala: "El signo decimal debe ser una coma sobre la línea (.). Si la magnitud de un número es menor que la unidad, el signo decimal debe ser precedido por un cero.

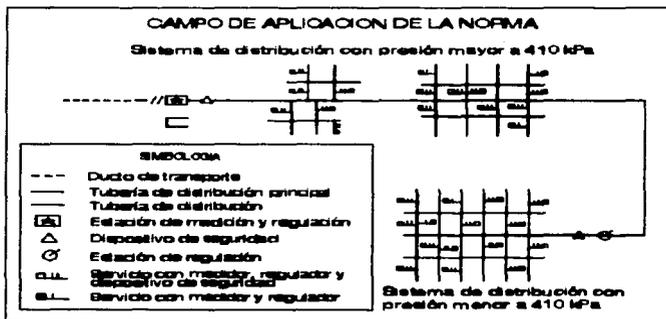
1. Objeto

Esta Norma establece los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir los sistemas de distribución de gas natural y gas Licuado de Petróleo por medio de ductos.

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 LP por medio de ductos (en lo sucesivo gas), 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. No pretende ser un manual de ingeniería. En lo no previsto por la presente Norma, se deberán aplicar las prácticas internacionalmente reconocidas.



3. Referencias

La presente Norma se complementa con las normas oficiales mexicanas y normas mexicanas siguientes:

- | | |
|---------------------|--|
| NOM-001-SECRE-1997. | Calidad del gas natural. |
| NOM-014-SCFI-1997. | Medidores de desplazamiento positivo tipo diafragma para gas natural o LP con capacidad máxima de 16 metros cúbicos por hora con caída de presión máxima de 200 Pa (20.4 mm de columna de agua). |
| NOM-026-STPS-1998. | Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías |



NMX-B-177-1990	Tubos de acero al carbón con o sin costura, negros y galvanizados por inmersión en caliente.
NMX-E-043-2002	Industria del plástico. Tubos de polietileno (PE) para la conducción de Gas Natural (GN) y Gas Licuado de Petróleo (GLP), Especificaciones (Canosita a la NMX-E-43-1977).
NMX-W-018-1995	Productos de cobre y sus aleaciones -Tubos de cobre sin costura para conducción de fluidos a presión - Especificaciones y métodos de prueba.
NMX-W-101/1-1995	Productos de cobre y sus aleaciones - Conexiones de cobre soldables - Especificaciones y métodos de prueba.
NMX-W-101/2-1995	Productos de cobre y sus aleaciones - Conexiones soldables de latón - Especificaciones y métodos de prueba.

El contenido de las normas oficiales mexicanas NOM-006-SECRE-1999, Odorización del gas natural; NOM-008-SECRE-1999, Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas, y NOM-009-SECRE-2002, Monitoreo, detección y clasificación de fugas de gas natural y gas LP en ductos, se incorporan a la presente Norma en las Apéndices I, II y III, respectivamente.

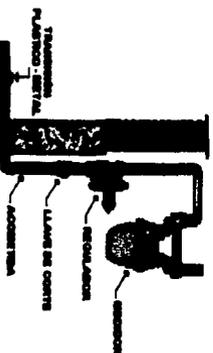
4. Definiciones

Para efectos de la aplicación de esta Norma se establecen las definiciones siguientes:

- 4.1 **Área unitaria:** Porción de terreno que teniendo como eje longitudinal la tubería de gas, mide 1600 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 de las tuberías, localizadas en esa área.
- 4.5 **Combustión:** Proceso químico de oxidación entre un combustible y un comburente que produce la generación de energía térmica y luminosa acompañada por la emisión de gases de combustión y partículas sólidas.
- 4.6 **Comisión:** Comisión Reguladora de Energía.
- 4.7 **Corrosión:** Destrucción del metal por acción electroquímica de ciertas sustancias.
- 4.8 **Dispositivo de seguridad:** Elemento protector contra sobrepresión o baja presión en un sistema de distribución, por ejemplo válvulas de seguridad, reguladores en monitor, entre otros.
- 4.9 **Distribuidor:** El titular de un permiso de distribución en los términos del Reglamento de Gas Natural o del Reglamento de Gas Licuado de Petróleo.
- 4.10 **Ducto de ventilación:** Ducto 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 a la salida de la instalación dentro de límites previamente definidos.
- 4.14 **Estación de regulación y medición:** Instalación destinada a cuantificar el flujo de gas y controlar la presión de éste dentro de límites previamente definidos.
- 4.15 **Explosión:** Reacción física y química de una mezcla combustible de gases 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.
- 4.16 **Franja de desarrollo del sistema (antes derecho de vía):** Franja de terreno donde se alojan las tuberías del sistema de distribución.
- 4.17 **Gas:** Gas natural o gas Licuado de Petróleo.
- 4.18 **Gas inerte:** Gas no combustible ni tóxico ni corrosivo.
- 4.19 **Gas Licuado de Petróleo (gas LP):** Mezcla de hidrocarburos compuesta primordialmente por butano y propano.
- 4.20 **Gas natural:** Mezcla de hidrocarburos compuesta primordialmente por metano.
- 4.21 **Gravedad específica:** Relación de la densidad de un gas con la densidad del aire seco a las mismas condiciones de presión y temperatura.
- 4.22 **Instalación para el aprovechamiento:** El conjunto de tuberías, válvulas y accesorios apropiados para conducir gas desde la salida del medidor hasta los equipos de consumo.
- 4.23 **LFMN:** Ley Federal sobre Metrología y Normalización.



- 4.24 **Límites de especificidad:** Valores, superior e inferior, de la concentración de gas combustible disperso en el aire, entre los cuales se presenta una mezcla explosiva.
- 4.25 **Línea de escape o puertec:** Tubería que rodea a un instrumento o aparato para desviar el flujo de gas, con el objeto de repararlo o reemplazarlo.
- 4.26 **Máxima presión de Operación Permitida (MOP):** Es la máxima presión a la cual se puede permitir la operación de una tubería o segmento del sistema de distribución.
- 4.27 **Medidor:** Instrumento utilizado para cuantificar el volumen de gas natural que fluye a través de una tubería.
- 4.28 **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.
- 4.29 **Polietileno:** Plástico basado en polímeros hechos con etileno como monómero esencial.
- 4.30 **Prácticas internacionales reconocidas:** Especificaciones técnicas, metodologías o lineamientos documentados y expeditos por autoridades competentes u organismos reconocidos en el país de origen del producto, que tienen relevancia en el mercado internacional de la industria del gas natural y/o del gas Licuado de Petróleo.
- 4.31 **Presión atmosférica:** Suma de la presión manométrica más la presión atmosférica del lugar.
- 4.32 **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 101,33 kPa.
- 4.33 **Presión de diseño:** Es el valor de la presión que se utiliza para determinar el espesor de pared de las tuberías. Esta presión debe ser igual o mayor que la MOP de dichas tuberías.
- 4.34 **Presión de operación:** Presión a la que operan normalmente los segmentos de la red de distribución.
- 4.35 **Presión de prueba:** Presión a la cual es sometido el sistema antes de entrar en operación con el fin de garantizar su hermeticidad.
- 4.36 **Presión manométrica:** Presión que ejerce un gas sobre las paredes del recipiente que lo contiene.
- 4.37 **Presión:** Fuerza de un fluido ejercida perpendicularmente sobre una superficie.
- 4.38 **Prueba de hermeticidad:** Procedimiento utilizado para asegurar que un sistema de distribución o una parte de él, cumple con los requerimientos de no fuga y resistencia definidos en esta Norma.
- 4.39 **Ranuel:** 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.
- 4.40 **Residualmente:** 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.
- 4.41 **Registre:** Espacio subterráneo en forma de caja diseñado a elegir válvulas, accesorios o instrumentos, para su protección.
- 4.42 **Regulador de presión:** Instrumento para disminuir, controlar y mantener a una presión de salida deseada.
- 4.43 **Regulador de servicio:** Regulador de presión instalado en la toma de servicio del usuario para el suministro de gas a la presión controlada con el distribuidor.
- 4.44 **Regulador en monoval:** 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 debida a una falla del regulador principal.
- 4.45 **Resistencia mínima de cadena (RMC):** Valor mínimo de resistencia a la cadena o fluencia especificado por el fabricante de la tubería.
- 4.46 **SDR:** En tubos de polietileno, es la relación del diámetro exterior promedio especificado entre el espesor de pared mínimo especificado.
- 4.47 **Sistema de distribución:** El conjunto de ductos, compresores, reguladores, medidores y otros equipos para recibir, conducir, entregar gas por medio de ductos.
- 4.48 **Toma o acomoda de servicio:** Tramo de tubería a través del cual el distribuidor suministra gas a los usuarios, de acuerdo con el esquema siguiente:



TESIS CON
FALLA DE CUBIEN



4.40 Trazo: La trayectoria de la tubería destinada a la conducción de gas natural.

4.50 Tubería principal de distribución: Tubería a través de la cual se abastecen los ramales del sistema de distribución de gas.

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

4.52 Válvula de bloqueo: Dispositivo de cierre rápido para suspender el flujo de gas.

4.53 Válvula de accionamiento: Dispositivo instalado en la tubería para controlar o bloquear el flujo de gas hacia cualquier sección del sistema.

4.54 Válvula de seguridad: Válvula de cierre por sobre o baja presión.

5. Criterios de diseño de tuberías

5.1 Generalidades.

5.1.1 La tubería se debe seleccionar con el espesor de pared suficiente para soportar la presión de diseño de la red de distribución, y en su caso, para resistir cargas externas previstas.

5.1.2 La presión mínima de operación de una red de distribución debe ser aquella a la cual los usuarios reciben el gas a una presión suficiente para que sus instalaciones de aprovechamiento operen adecuada y eficientemente en el momento de máxima demanda de gas.

5.1.3 Cada componente de una tubería debe de resistir las presiones de operación y otros esfuerzos previstos sin que se afecte su capacidad de servicio.

5.1.4 Los componentes de un sistema de tuberías incluyen válvulas, bridas, accesorios, cabezales y ensamblajes especiales. Dichos componentes deben estar diseñados de acuerdo con los requisitos aplicables de esta Norma, considerando la presión de operación y otras cargas previstas.

5.1.5 Los componentes de un sistema de tuberías deben cumplir con lo siguiente:

- Las normas oficiales mexicanas, las normas mexicanas y en lo no previsto por ellas, con las prácticas internacionalmente reconocidas aplicables, y
- Estar libres de defectos que puedan afectar o dañar la resistencia, hermeticidad o propiedades del componente.

5.2 Tubería de acero.

5.2.1. Los tubos de acero que se utilicen para la conducción de gas deben cumplir con la Norma Mexicana NMX-B-177-1990. El espesor mínimo de la tubería se calcula de acuerdo con la fórmula siguiente:

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

Donde:

- t espesor de la tubería en milímetros;
 P presión manométrica de diseño en kPa;
 D diámetro exterior de la tubería en milímetros;
 S resistencia mínima de cedencia (RMC) en kPa;
 F factor de diseño por densidad de población;
 E factor de 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 393K.

5.2.2 Factor de diseño por densidad de población "F" El factor de diseño se selecciona en función de la clase de localización, el cual se debe emplear en la fórmula del inciso 5.2.1 de esta Norma. Dicho factor se encuentra en cuadro 2.

FACTORES DE DISEÑO POR DENSIDAD DE POBLACIÓN (F)

Clase de localización	F
1	0.72
2	0.60
3	0.50
4	0.40

CUADRO 2

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



5.2.2.1 Localización clase 1. El área unitaria que cuenta con diez o menos construcciones para ocupación humana.
 5.2.2.2 Localización clase 2. El área unitaria con más de diez y hasta cuarenta y cinco construcciones para ocupación humana.
 5.2.2.3 Localización clase 3. El área unitaria que cuenta con cuarenta y seis construcciones o más para ocupación humana.
 El tramo de una tubería clase 1 o 2 será reclasificado como clase 3 cuando el eje de dicho tramo se encuentre a una distancia igual o menor a 100 metros de:

- Una construcción ocupada por veinte o más personas, al menos 5 días en la semana, en 10 semanas en un periodo de 12 meses. Los días y las semanas no tienen que ser consecutivos. Por ejemplo: escuelas, hospitales, iglesias, salas de espectáculos, cuarteles y centros de reunión;
- Un área al aire libre definida que sea ocupada por veinte o más personas, al menos 5 días a la semana, en 10 semanas en un periodo de 12 meses. Los días y las semanas no tienen que ser consecutivos, por ejemplo: campos deportivos, áreas recreativas, teatro al aire libre u otro lugar público de reunión, o
- Un área destinada a fraccionamiento o conjunto habitacional o comercial que no tenga las características de la clase 4.

5.2.2.4 Localización clase 4. El área unitaria en la que predominan construcciones de cuatro o más niveles incluyendo la planta baja, donde el tráfico vehicular es intenso ó pesado y donde pueden existir numerosas instalaciones subterráneas.

5.2.3 El cuadro 3 presenta los valores de E para varios tipos de tubería.

FACTOR DE EFICIENCIA DE LA JUNTA LONGITUDINAL SOLDADA "E"

TIPO DE JUNTA	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

CUADRO 3

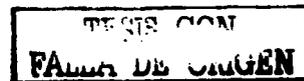
5.3. Tubería de polietileno

5.3.1 Los tubos de polietileno que se utilizan para la conducción de gas deben cumplir con la Norma Mexicana NMX-E-043-2002.

5.3.2 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 alguna de las fórmulas siguientes:

$$P = 2 \times S_h \times \left(\frac{t}{D-t} \right) \times 0.32$$

$$P = 2 \times S_h \times \left(\frac{1}{SDR-1} \right) \times 0.32$$



Donde:

- P presión manométrica de diseño en kPa;
 Sh resistencia hidrostática a largo plazo en Kpa, determinada a una temperatura de 296K; 311 K; 322 K ó 333 K. Para gas L.P. se debe aplicar el valor determinado a 333 K.
 t espesor de la tubería en milímetros, y;
 D diámetro exterior de la tubería en milímetros.
 SDR relación del diámetro exterior promedio especificado entre el espesor de pared mínimo especificado.



5.3.3 Limitaciones de diseño de la tubería de polietileno:

- a) La presión de diseño no debe exceder la presión manométrica de 689 kPa, y
- b) No se debe usar tubería de polietileno cuando la temperatura de operación del material sea menor de 244 K. o mayor que la temperatura a la cual se determinó el valor resistencia hidrostática largo plazo (S_w) que se aplicó en la fórmula del inciso 5.3.2 para calcular la presión de diseño. En ningún caso puede exceder 333 K.
- c) El espesor de pared de los tubos de polietileno no debe ser menor de 1.57 mm.

5.4 Tubería de Cobre

5.4.1 Los tubos de cobre que se utilicen en la red de distribución deben ser estirados en frío y deben cumplir con la Norma Mexicana NMX-VV-018-1995.

5.4.2 El espesor de pared de los tubos de cobre utilizados en la red debe cumplir con lo siguiente:

- a) Los tubos de cobre utilizados en tuberías principales y ramales deben tener un espesor mínimo de 1.65 mm, y
- b) Para tomas de servicio, se debe utilizar tubería de cobre de diámetro mayor o igual de 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ ") y cumplir con lo establecido en la Norma NMX-VV-018-1995.

5.4.3 La tubería de cobre usada en líneas de distribución y tomas de servicio no puede ser usada bajo presiones que excedan los 689 kPa manométrica.

6. Materiales y equipo

6.1 Generalidades.-Los materiales y equipo que forman 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 estén 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) Ser diseñados, instalados y operados de acuerdo con las especificaciones contenidas en esta Norma.

6.2 Tuberías, válvulas y conexiones de acero.

6.2.1 Los tubos de acero que se utilicen para la conducción de gas deben cumplir con la Norma Mexicana NMX-B-177-1990.

6.2.2 Se permite utilizar conexiones de acero al carbono, de acero forjado, con extremos soldables, bridados o rascados 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 bridadas o rascadas no deben utilizarse en tuberías enterradas.

6.2.3 Las válvulas deben cumplir con los requisitos mínimos de seguridad establecidos en esta Norma, y en lo no previsto por ésta, deben cumplir con las prácticas internacionalmente reconocidas. No se deben utilizar válvulas bajo condiciones de operación que superen los regímenes de presión y temperatura establecidas en las especificaciones aplicables.

6.2.4 Las válvulas se deben probar de acuerdo con el desarrollo del sistema y antes del inicio de operaciones de una instalación, de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

6.2.5 Las válvulas se deben probar conforme con lo siguiente:

- a) Cuerpo de la válvula. Con la válvula en posición "totalmente abierta", se debe probar a una presión mínima de 1.5 veces la MPOP del sistema. Durante la prueba la válvula debe cumplir con las especificaciones del fabricante;
- b) Asiento de la válvula. Con la válvula en posición "totalmente cerrada" se debe probar a una presión mínima de 1.5 veces la MPOP del sistema. Durante la prueba la válvula debe cumplir con las especificaciones del fabricante. y
- c) Operación de la válvula. Después de completar la última prueba de presión, la válvula se debe operar para comprobar su buen funcionamiento.

6.2.6 Las bridas y sus accesorios deben cumplir con las normas oficiales mexicanas, normas mexicanas, en lo no previsto por éstas, con las prácticas internacionalmente reconocidas aplicables.

6.2.7 Las bridas y elementos 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.

6.3 Tuberías, válvulas y conexiones de polietileno.

6.3.1 Los tubos de polietileno que se utilicen para la conducción de gas deben cumplir con la Norma Mexicana NMX-E-043-2002.

6.3.2 Las válvulas deben ser de cierre rápido, herméticas y con extremos soldables por termofusión o electrofusión y deben cumplir con las normas oficiales mexicanas, normas mexicanas, y en lo no previsto por éstas, con prácticas internacionalmente reconocidas aplicables.



6.3.3 Conexiones.

6.3.3.1 La pieza de transición acero-poliétileno, es una conexión constituida por un extremo de poliétileno y otro extremo de acero, y su diseño debe estar de conformidad con la normatividad internacional aplicable.

6.3.3.2 Las conexiones y accesorios que se utilicen en tubería de poliétileno (tapones, coples, reducciones, tées) deben ser soldables por termofusión o electrofusión y cumplir con las normas oficiales mexicanas, normas mexicanas, y en lo no previsto por éstas, con prácticas internacionalmente reconocidas aplicables.

6.3.3.3 Las conexiones mecánicas pueden ser de unión roscada a compresión, o a compresión para utilizarse de acuerdo con lo indicado por el fabricante y certificado para su uso a las condiciones de operación, de conformidad con las normas oficiales mexicanas, normas mexicanas, y en lo no previsto por éstas, con prácticas internacionalmente reconocidas aplicables.

6.3.3.4 El permisionario debe tener registros de que los accesorios que se utilicen en la red cumplen con las normas oficiales mexicanas, normas mexicanas o prácticas internacionalmente reconocidas aplicables.

6.4 Tuberías, válvulas y conexiones de cobre.

6.4.1 Los tubos de cobre que se utilicen para la conducción de gas deben cumplir con la Norma Mexicana NMX-W-018-1995.

6.4.2 En las tuberías de cobre se deben utilizar conexiones que cumplan con las normas mexicanas NMX-W-101/1-1995 o NMX-W-101/2-1995.

6.4.3 Las válvulas que se utilicen en tuberías de cobre deben cumplir con las normas oficiales mexicanas, normas mexicanas, y en lo no previsto por éstas, con prácticas internacionalmente reconocidas aplicables.

7. Instalaciones

7.1 Estaciones de regulación y estaciones de regulación y medición.

7.1.1 La capacidad de las estaciones se debe determinar con base a la demanda máxima y en las presiones de entrada y salida del sistema.

7.1.2 Las estaciones se deben instalar en sitios que cumplan con las condiciones siguientes:

- a) En lugares abiertos en ambiente no corrosivo y protegidos contra daños causados por agentes externos, por ejemplo, impactos de vehículos y objetos, derrumbes, inundación, tránsito de personas o en registros subterráneos que cumplan con los requisitos del párrafo 7.2 de esta norma.
- b) A una distancia mayor de tres metros de cualquier fuente de ignición.
- c) Estar protegidos contra el acceso de personas no autorizadas por medio de un cerco de tela ción, gabinete u obra civil con ventilación cruzada cuando tengan techo y espacio suficiente para el mantenimiento de la estación.
- d) Ser accesible directamente desde la vía pública con objeto de que el distribuidor pueda realizar sus tareas de operación y mantenimiento. En todo caso, el distribuidor podrá pactar con el usuario la forma de acceso.

7.1.3 No está permitido instalar estaciones en los lugares siguientes:

- a) Bajo líneas de transmisión o transformadores de energía eléctrica. Como mínimo deben estar a una distancia de tres metros de la vertical de dichas líneas; si esta distancia no se puede cumplir se debe proteger la estación.
- b) En lugares donde el gas pueda migrar al interior de edificios, por ejemplo: bajo alguna ventana de planta baja o tomas de aire de ventilación o acondicionamiento de aire o en cubos de luz, de escaleras, de servicios de los edificios. Como mínimo deben estar a una distancia de un metro al lado de puertas y ventanas.
- c) En lugares cubiertos o confinados junto con otras instalaciones.

7.1.4 Las estaciones deben estar compuestas al menos por una línea de regulación y una línea de desvío. Estas líneas deben cumplir con los requisitos siguientes:

- a) La línea de regulación debe contar con el regulador de presión y válvulas a la entrada y a la salida para aislar dicha línea.
- b) Si la presión de operación de entrada a la línea de regulación es menor o igual a 410 kPa, dicha línea debe tener un elemento de seguridad por sobrepresión.
- c) Si la presión de operación de entrada de la línea de regulación es mayor de 410 kPa, el distribuidor es responsable de determinar los elementos de protección contra sobrepresión y baja presión de dicha línea; estos elementos pueden ser uno o más, entre otros, válvulas de corte automático, válvulas de alivio o regulador monitor.
- d) La línea de desvío debe contar al menos con una válvula de bloqueo o de regulación manual.



7.1.5 La estación debe tener válvulas de bloqueo de entrada, fácilmente accesibles a una distancia que permita su operación segura para aislar dicha estación en una emergencia.

7.1.6 Las estaciones deben contar con un dispositivo de desfogue que cumpla con lo siguiente:

- a) Estar construido en sus interiores con materiales anticorrosivos.
- b) Estar diseñado e instalado de manera que se pueda comprobar que la válvula no está obstruida.
- c) Tener válvulas con asentos que estén diseñados para no obstaculizar la operación del dispositivo.
- d) Contar con una tubería de salida con un diámetro no menor al diámetro de salida del dispositivo de desfogue, y de altura adecuada para conducir el gas a una zona segura para su dispersión en la atmósfera. Dicha tubería debe ser diseñada de manera que no permita la entrada de agua de lluvia, hielo, nieve o de cualquier material extraño que pueda obturarla y debe quedar sólidamente soportada.

7.1.7 La instalación de la estación debe estar protegida con recubrimientos anticorrosivos adecuados al entorno.

7.1.8 La estación debe estar aislada eléctricamente de las tuberías de entrada y salida, si éstas cuentan con protección catódica.

7.1.9 El aislamiento de los elementos metálicos de las estaciones, debe cumplir con lo establecido en el párrafo 3.4 del Apéndice II de esta norma, "Control de la corrosión externa en tuberías enterradas".

7.1.10 Las tuberías de las estaciones deben de someterse a una prueba de hermeticidad, según se indica en el párrafo 10.6 de esta norma, antes de entrar en operación.

7.1.11 Las estaciones deben tener colocado en un lugar visible, un letrero que indique el tipo de gas que maneja, el nombre de la compañía distribuidora, el número telefónico de emergencia y la identificación de la estación.

7.2 Registros.

7.2.1 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 pueden estar sujetos.

7.2.2 El tamaño de los registros debe ser adecuado para realizar trabajos de instalación, operación y mantenimiento de los equipos.

7.2.3 Se pueden instalar válvulas alojadas en registros las cuales se accionen desde el exterior o en el interior del mismo.

7.2.4 En los registros se deben anclar y soportar las válvulas o utilizar tubería de acero a fin de soportar el peso de la válvula y el esfuerzo de torsión que provoca el accionar ésta, sólo se podrá utilizar tubería de polietileno cuando se usen válvulas del mismo material.

7.2.5 Los registros se deben localizar en puntos de fácil acceso, debidamente protegidos y deben ser para uso exclusivo del servicio de gas.

7.2.6 Los registros con un volumen interno mayor a seis metros cúbicos deben contar con ventilación que evite la formación de atmósferas explosivas en su interior. La ventilación para que los gases descargados se disipen rápidamente debe ser instalada en sitios donde no pueda dañarse.

7.2.7 Los ductos de ventilación se deben instalar en sitios seguros para evitar ser dañados con el fin de que los gases descargados se dispersen rápidamente. El distribuidor debe mantener funcionando el sistema de ventilación.

7.2.8 Los registros deben contar con drenaje propio, y éste puede ser un pozo de absorción o cárcamo. Asimismo, no deben estar conectados a la red de drenaje público.

7.2.9 Cada registro de válvula desactivado se debe llenar con un material compacto adecuado, por ejemplo, arena, tierra fina, entre otros.

7.3 Válvulas de seccionamiento y control.

7.3.1 En los sistemas de distribución se deben instalar 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 distribuidor debe determinar estratégicamente el espaciamiento de las válvulas con el objeto de controlar las diversas áreas del sistema.

7.3.2 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 se deben actualizar conforme a los cambios realizados al sistema y estar disponibles para su consulta e inspección por parte de la Comisión.

7.3.3 La instalación de válvulas es obligatoria en los casos siguientes:

- a) Cuando exista una línea de puenteo;
- b) A la entrada y salida de las estaciones de regulación y de regulación y medición, y
- c) Cuando se instalen manómetros.

7.3.4 Las válvulas de seccionamiento se deben localizar en lugares de fácil acceso que permitan su mantenimiento y operación en caso de emergencia.

7.4 Medidores

7.4.1 Los medidores que se utilicen para el suministro de gas a los usuarios deben cumplir con lo estipulado por la LFMN.

7.4.2 Los medidores que el distribuidor instale en el domicilio de los usuarios de servicio residencial para suministrar gas deben cumplir con la NOM-014-SCFI-1997.

7.4.3 Los medidores de gas deben contar con un certificado de calidad emitido por el fabricante.

7.4.4 Los medidores deben operarse de acuerdo con las condiciones indicadas del fabricante. No se debe exceder la presión de operación máxima indicada por el fabricante.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



- 7.4.5 Los medidores deben colocarse en lugares con ventilación adecuada para evitar que se acumule gas en caso de fuga y de fácil acceso para atención de emergencia, revisión, lectura, reemplazo y mantenimiento.
- 7.4.6 Se debe instalar una válvula de corte de servicio en la entrada de gas de cada medidor.
- 7.4.7 Se deben realizar pruebas de hermeticidad de las tuberías antes de instalar los medidores.
- 7.4.8 Los medidores que se instalen en líneas que operen a una presión de 410 kPa o mayor, se deben proteger 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 se puede utilizar un regulador con válvula de seguridad integrada.
- 7.4.9 Los medidores deben contar con un soporte que evite deformaciones en la tubería de entrada y/o de salida, en caso necesario.
- 7.4.10 Cuando existan varios medidores, en un espacio reducido cada uno se debe identificar con el usuario correspondiente.
- 7.4.11 Calibración. Se debe programar y llevar a cabo la calibración de los medidores utilizados en el sistema de distribución, de acuerdo con lo establecido en la LFMN.

8. Construcción de la red de distribución

8.1 Obra civil

8.1.1 La red de distribución se debe construir enterrada a las profundidades establecidas en el cuadro 5:

PROFUNDIDAD MÍNIMA DEL LOMO DE LA TUBERÍA AL NIVEL DE PISO TERMINADO

Descripción	Profundidad mínima (cm)	Profundidad mínima (cm)
TUBERÍA HASTA 508 mm (20 pulgadas) de diámetro.	60.00	45.00
TUBERÍA > 508 mm (20 pulgadas) de diámetro.	45.00	45.00
EN DERECHOS DE VÍA, DE CARRETERAS O FERROCARRILES	75.00	60.00
CRUZAMIENTO DE CARRETERAS	120.00	90.00
CRUZAMIENTO DE FERROCARRILES	VER 8.1.2	VER 8.1.2
TUBERÍA ENCAMISADA	120.00	120.00
TUBERÍA SIN ENCAMISAR	200.00	200.00
CRUCES DE VÍAS DE AGUA	120.00	60.00
BAJO CANALES DE DRENAJE O IRRIGACIÓN	75.00	60.00

CUADRO 5

8.1.2 En el caso de cruzamientos de ferrocarril, carreteras u obras especiales, la instalación de las tuberías se debe sujetar a las normas oficiales mexicanas o, en ausencia de éstas, a las especificaciones técnicas aplicables que haya emitido la autoridad competente. Cuando no existan tales especificaciones, se deberá cumplir con las prácticas internacionalmente reconocidas.

8.2 Separación de tuberías

8.2.1 Las tuberías principales y ramales de distribución deben estar separadas como mínimo a 30 cm. del límite de propiedad. Para tuberías mayores de 254 mm, la distancia debe ser 50 cm.

8.2.2 La separación mínima entre la tubería y otras estructuras subterráneas paralelas o cruzadas, debe ser de 30 cm. como mínimo para prevenir daños en ambas estructuras. En el caso de estructuras preexistentes a las tuberías de gas, o cuando no sea posible conservar dicha separación entre la tubería y otras estructuras subterráneas, o bien cuando la experiencia y las prácticas prudentes de ingeniería aconsejen un incremento cauteloso de la protección entre las tuberías y conductos subterráneos, deberán instalarse conductos, divisiones o protecciones constituidas por materiales de adecuadas características técnicas, dieléctricas e impermeabilizantes que brinden la protección más viable y segura. En último caso, las partes podrán solicitar la intervención de las autoridades competentes para determinar la solución más factible.

8.2.3 Para tuberías de polietileno, la separación mínima debe ser suficiente para mantener la temperatura de operación de dicha tubería dentro del límite permitido, en caso de que la otra estructura emita calor (ductos con conductores eléctricos, vapor y agua caliente). En particular, se deben tomar precauciones para aislar la tubería de gas de cualquier fuente de calor a través del método que resulte más idóneo en función del riesgo que represente la instalación. En el caso de estructuras preexistentes a las tuberías de polietileno, se debe observar lo establecido en el inciso 8.2.2 anterior.

8.3 Procedimiento

8.3.1 El distribuidor es responsable de aplicar el método adecuado para enterrar la tubería cumpliendo con todas las medidas de seguridad requeridas por esta norma y por las autoridades competentes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



8.3.2 Antes de iniciar las obras de construcción de la red, el distribuidor se debe comunicar con la autoridad local competente, con el objeto de obtener el permiso aplicable e 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 disponer de la información de los servicios existentes.

8.3.3 Si durante la excavación para el tendido de la tubería del sistema de distribución se encuentran en el subsuelo derrames 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.

8.4 Excavación de zanjas.

8.4.1 La excavación de la zanja que aloja la tubería principal de distribución y sus ramales, debe cumplir con los requerimientos de ancho, profundidad y separación de la tubería para su debida instalación.

8.4.2 Antes de colocar la tubería en la zanja, ésta debe estar limpia, libre de basura, escombros, materiales rocosos o cortantes que pudieran ocasionar daños a las tuberías.

8.4.3 La superficie del fondo de la zanja se debe emparejar y afinar de tal manera que permita un apoyo uniforme de la tubería.

8.4.4 El distribuidor es responsable de aplicar el método adecuado para rellenar las zanjas y proteger la tubería contra daños mecánicos, para que el nivel de piso original permanezca sin alteración.

1.4.5 En caso de suelo rocoso, la zanja se debe rellenar inicialmente con una capa de 10 cm. de cualquiera de los materiales siguientes:

- Material producto de la excavación; éste debe estar limpio, libre de basura, escombros, materiales rocosos o cortantes que pudieran ocasionar daños a las tuberías, o
- Material procedente de banco de materiales como arena, tierra fina o cualquier otro material similar que proteja la tubería.

8.5 Reparación de pisos terminados.

Los pisos terminados como: pavimento asfáltico, concreto hidráulico, empedrados, adoquinados, banquetas, guarniciones y andadores, que hayan sido afectados por las actividades realizadas para enterrar la tubería, se deben reparar de manera que el piso reparado tenga la misma apariencia y propiedades que tenía el piso original.

8.6 Señalización en los sistemas de distribución.

8.6.1 Señalización de tuberías de distribución.

- Tuberías enterradas en vía pública: Estos señalamientos se deben efectuar sobre el trazo de las tuberías que trabajan a más de 689 kPa a una distancia máxima de 100 metros, los señalamientos seleccionados no deben interferir la viabilidad de vehículos y peatones, dichos señalamientos en tuberías enterradas en los cruces de carreteras o vías de ferrocarril, se deben colocar en ambos lados del trazo de la tubería;
- En caso de tuberías enterradas en localización clase 1 y 2, éstas podrán señalizarse por medio de postes de concreto o acero y con letreros alusivos al contenido de la tubería "Gas Natural" y precautorios como "No excavar o hacer fuego" y con el número telefónico de emergencias de la compañía distribuidora. La compañía distribuidora debe tener planos definitivos de construcción actualizados de la red referenciados a puntos fijos de la ciudad o a sistemas de ubicación electrónica;
- Tuberías o instalaciones superficiales deben estar señalizadas de acuerdo con la NOM-026-STPS-1998 y con letreros de advertencia con las características indicadas en el inciso b);
- Señalamientos de advertencia. Se deben instalar 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 de la franja de desarrollo del sistema", "Teléfonos, código del área y nombre de la instalación para casos de emergencia" y el "Nombre y logotipo del Distribuidor"; y
- Cinta de advertencia: a una distancia sobre la tubería enterrada y antes de tapado total de la zanja se debe colocar una banda o cinta de advertencia que indique la presencia de una tubería enterrada de gas bajo ésta.

8.6.2 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 existencia de la zanja y de la tubería de gas, los letreros deben indicar el nombre del distribuidor y/o del constructor, los números telefónicos para atender quejas. El distribuidor debe acordar el área para prevenir al público en general sobre dichos trabajos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



8.7 Instalación de tubería de acero

8.7.1 Tendido. La tubería y materiales empleados en la construcción se deben manejar cuidadosamente, tanto en la carga como en la descarga para evitar daños, especialmente, al bisel de la tubería y al recubrimiento anticorrosivo de la misma.

8.7.2 Doblado. El procedimiento mecánico para doblar la tubería se debe efectuar por medio de un proceso en frío para evitar una deformación en la sección circular del tubo.

8.7.3 Al efectuar un doblado en el tubo es necesario observar lo siguiente:

- a) El diámetro exterior del tubo no se debe reducir en cualquier punto más del 2.5 % 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 del doblado del eje de la tubería debe ser igual o mayor a 18 veces el diámetro exterior de la tubería;
- e) La tubería no se debe doblar en un arco mayor de 90°;
- 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.

8.7.4 Limpieza. El cuerpo y los biselados de los tubos se deben inspeccionar antes de iniciar los trabajos de soldadura y aplicación del recubrimiento, los biselados de los tubos se deben limpiar para eliminar cualquier material extraño a éstos. Durante esta operación se debe verificar que el tubo no presente fisuras u otros defectos. Aquellos tubos que se encuentren dañados se deben reparar o, en su caso reemplazar. Durante la alineación de la tubería y antes de iniciar la soldadura, se debe limpiar el interior de cada tramo para eliminar residuos y objetos extraños.

8.7.5 Soldadura. El personal que realice trabajos de soldadura se debe calificar de conformidad con lo establecido en las normas oficiales mexicanas o, en caso de no existir éstas, en la normatividad aplicable.

8.7.6 Procedimientos. Los procedimientos de aplicación de soldadura se deben realizar de conformidad con lo establecido en las normas oficiales mexicanas o, en caso de no existir éstas, en la normatividad aplicable.

8.7.7 Requisitos generales para realizar trabajos de soldadura:

- a) Los trabajos de soldadura se deben realizar por un soldador calificado que tenga conocimiento y experiencia en los procedimientos de soldadura de conformidad con la normatividad aplicable, la calificación de los procedimientos de soldadura se debe determinar con pruebas destructivas establecidas en dicha normatividad, y
- b) Cada procedimiento de soldadura se debe registrar con todo detalle en la bitácora de construcción del distribuidor, incluyendo los resultados de las pruebas de calificación del técnico soldador. Dicho registro se debe llevar a cabo y conservar siempre que se utilice cualquiera de los procedimientos seleccionados de soldadura.

8.7.8 Calificación de técnicos soldadores:

- a) Un técnico soldador se calificará de acuerdo con la normatividad aplicable;
- b) Un técnico soldador se podrá calificar para realizar soldaduras en tubos que van a operar a una presión que produce un esfuerzo tangencial menor al 20 % de la RMC, si realiza una prueba de soldadura y ésta es aceptable de acuerdo con el procedimiento de soldadura seleccionado, de conformidad con lo establecido en la normatividad aplicable. 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 personal competente que tenga 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:
 - Se haya recalificado, por lo menos una vez cada año, o
 - Que dentro de los siete y medio meses anteriores, pero por lo menos dos veces al año, haya realizado:



- i. Trabajos de soldadura que hayan sido probados y encontrados aceptables de acuerdo con las pruebas de calificación, o
- ii. 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.

8.7.9 Restricciones a las actividades de los soldadores:

1. 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
2. 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 de conformidad con la normatividad aplicable.

8.8 Protección contra corrosión en tuberías de acero.

8.8.1 Para el control de la corrosión externa en sistemas de tuberías de acero que estén enterradas, sumergidas, o expuestas a la intemperie, se debe cumplir con lo establecido en el Apéndice II de esta norma.

8.8.2 El recubrimiento aplicado para evitar la corrosión externa debe cumplir con lo establecido en el Capítulo 3 del Apéndice II de esta norma.

8.8.3.) El distribuidor debe elaborar planos en los que se indique el tipo de elementos utilizados en la protección catódica.

8.9 Instalación de tubería de polietileno.

8.9.1 Generalidades.

8.9.1.1 Se debe utilizar la tubería de polietileno de acuerdo con la NMX-E-043-2002.

8.9.1.2 En el lugar de trabajo, cada rollo o tramo de tubería de polietileno se debe revisar visualmente para verificar que no tenga defectos que puedan afectar sus propiedades funcionales, la tubería se debe revisar antes de bajarla a la zanja para su instalación final.

8.9.1.3 La tubería de polietileno debe de estar enterrada o protegida de los rayos ultravioleta y daños mecánicos, durante el almacenamiento e instalación.

8.9.1.4 Daños, defectos o reparaciones. Las tuberías que presenten hendiduras o rayones mayores del 10 % del espesor de pared o cualquier otro daño deben ser reparadas eliminando la parte dañada.

8.9.2 Uniones

8.9.2.1 Conexiones de polietileno. Los procedimientos que se deben utilizar para efectuar las uniones de la tubería de polietileno con las conexiones son termofusión, electrofusión o medios mecánicos. No se debe unir tubería de polietileno por medio de uniones roscadas o fusión por flama abierta. 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.

8.9.2.2 Cuando se realicen trabajos de fusión en condiciones climatológicas adversas tales como lluvia, tolvenera o tormenta de arena, se deben utilizar cubiertas o medios de protección adecuadas.

8.9.2.3 En la electrofusión se pueden soldar dos SDR diferentes o dos resinas diferentes.

8.9.2.4 En la termofusión no se pueden soldar dos SDR diferentes o dos resinas diferentes.

8.9.2.5 Debe estar disponible una copia de los procedimientos para realizar las uniones en tuberías de polietileno para las personas que las efectúan e inspeccionan.

8.9.3 Capacitación. El personal que realice uniones en tuberías y conexiones de polietileno debe demostrar su capacidad y experiencia en este campo en conformidad con prácticas internacionalmente reconocidas.

8.9.4 Recalificación. Un técnico soldador de tubería y conexiones de polietileno se debe recalificar si:

- a) No ha realizado ninguna unión en los seis meses anteriores;
- b) Tiene tres fallos consecutivos que resulten inaceptables, y
- c) Cuando termine la vigencia de su certificado.

8.10 Instalación de tubería de cobre.

8.10.1 La tubería de cobre se puede instalar enterrada o arriba de la superficie del suelo. No se debe utilizar tubería de cobre cuando exista riesgo de daño mecánico en el lugar donde se va a instalar.

8.10.2 Las uniones de tubería de cobre rígido deben ser enchufadas y soldadas por capilaridad con soldadura fuerte de aleaciones de plata o de cobre fosforado.



- 8.10.3 La aleación utilizada debe tener un punto de fusión arriba de 811 K y no debe contener más de 0.05% de fósforo.
- 8.10.4 El personal que realice uniones en tuberías de cobre debe demostrar su capacidad y experiencia en ese campo en conformidad con prácticas internacionalmente reconocidas.
- 8.10.5 No están permitidas las uniones a tope ni roscadas.
- 8.10.6 Para conectar válvulas o accesorios roscados se puede utilizar tubo de cobre rascado, siempre que el espesor de pared del tubo utilizado sea equivalente al tubo de acero cédula 40 de tamaño comparable.
- 8.10.7 En tuberías enterradas deben tomarse las medidas necesarias para prevenir la corrosión por acción del par galvánico cuando el cobre es unido al acero u otro metal con menor potencial.
- 8.10.8 En su caso, las tuberías de cobre deben protegerse, contra la acción de agentes corrosivos agresivos (ácidos o alcalinos).

9. Tomas de servicio

- 9.1 Las tomas de servicio se deben conectar en la parte superior o a un costado de la tubería del ramal de suministro, pero nunca en la parte inferior.
- 9.2 Las tomas de servicio se deben instalar enterradas a 60 cm. de profundidad como mínimo en propiedad privada y banquetas. Cuando esto no sea posible, la toma de servicio se debe proteger mediante una camisa resistente a las cargas externas previstas.
- 9.3 No se permite la instalación de tomas de servicio que pasen por debajo de una construcción.
- 9.4 La salida de la toma de servicio debe quedar en un lugar determinado por el distribuidor de manera que los equipos de medición, regulación y corte sean accesibles para el distribuidor.
- 9.5 Cuando una toma de servicio no quede conectada a la instalación de aprovechamiento se debe colocar en su extremo una válvula con un tapón hermético que no dañe la tubería al colocarlo ni al quitarlo.
- 9.6 Las tomas de servicio pueden ser de tubería de acero, cobre rígido o polietileno.
- 9.7 Las tomas de servicio de acero se deben proteger de la corrosión de acuerdo con el párrafo 8.8 de esta Norma.
- 9.8 Las tomas de servicio de polietileno deben cumplir con lo siguiente:
- Se deben conectar al ramal de suministro mediante una junta mecánica diseñada e instalada para soportar los esfuerzos causados por la contracción y expansión de la tubería y por cargas externas.
 - Se debe proteger del esfuerzo cortante causado por asentamiento del suelo.
 - Para conectarse a la estación de medición y regulación del usuario arriba de la superficie del suelo, se debe cambiar por tubería metálica o proteger la tubería de polietileno contra daños mecánicos y rayos ultravioleta con una camisa desde su nivel enterrado hasta la conexión con la estación de medición y regulación.

9.9 Las tomas de servicio para edificios con múltiple de medición en azoteas deben cumplir con lo siguiente:

Se puede usar tubería de acero y/o de cobre adosada en forma visible a las paredes del edificio en posición vertical y horizontal. No se permite la instalación de tomas de servicio ocultas en las paredes ni que pasen por debajo ni por el interior de edificios.

Las tuberías verticales que salen del piso deben ser de acero o de cobre protegido contra daños mecánicos al menos 2 metros sobre el nivel del piso.

Deben tener una válvula de corte a la entrada del gas junto al edificio dentro de un registro enterrado o en la tubería vertical a una altura máxima de 1.8 metros del nivel de piso.

Las tuberías verticales se deben sujetar con abrazaderas con material aislante, espaciadas como máximo a 3 metros.

Las tuberías horizontales deben quedar soportadas para evitar flambéo o flexión. El máximo espaciamiento entre soportes debe ser de acuerdo al cuadro 6.

CUADRO 6

Ø (mm)	Espaciamiento máximo entre soportes (m)	
	Horizontales	Verticales
12.7	(1/2)	1.2
15.9	(5/8)	1.8
19.0	(3/4)	1.8
25.0	(1)	2.4

CUADRO 6

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



10. Inspección y pruebas

10.1 Inspección. Se debe realizar una inspección visual durante el desarrollo de los trabajos en todos los frentes, como son: excavación, alineado y soldado, recubrimiento y bajado y relleno de zanja de acuerdo a los procedimientos y a la normatividad existente. Esta inspección la debe realizar el personal calificado del distribuidor. El personal calificado del distribuidor debe ordenar la corrección y reparación de las anomalías encontradas durante esta inspección.

10.2 Las pruebas no destructivas para comprobar la integridad de una soldadura se deben realizar por métodos radiográficos, que muestren los defectos que puedan afectar dicha integridad.

10.3 En casos especiales se podrán utilizar otros métodos no destructivos tales como: partículas magnéticas, ultrasonido y líquidos penetrantes.

10.4 Cuando se requieran pruebas no destructivas de las uniones soldadas durante el día, el supervisor de la obra seleccionará, aleatoriamente, un porcentaje de las soldaduras que se deben probar, 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 clase de localización 3 por lo menos el 40 %;
- d) En clase de localización 4 el 75 %;
- e) En cruces con ferrocarriles, carreteras, cuerpos de agua e instalaciones superficiales el 100 %, y
- f) Todo lo anterior aplica para tuberías de diámetro mayor a 50 mm.

10.5 Una soldadura se aprueba cuando ha sido inspeccionada visualmente o probada de manera no destructiva, por personal calificado, de acuerdo a la normatividad aplicable.

10.6 Prueba de hermeticidad.

10.6.1 Generalidades.

- a) Toda tubería que conduzca gas debe ser objeto de una prueba de hermeticidad antes de ser puesta en servicio, dicha prueba debe ser realizada por personal capacitado;
- b) Para efectuar las pruebas de hermeticidad se debe utilizar agua, aire o gas inerte. Sólo el distribuidor puede autorizar a realizar estas pruebas a la presión de operación con gas natural. Se prohíbe el uso de oxígeno como elemento de prueba;
- c) La prueba de hermeticidad para la unión de conexiones a las ampliaciones del sistema con las tuberías existentes o por reparaciones a las mismas, se podrá probar a la presión de operación con la unión descubierta y mediante la aplicación de jabonadura en la misma, y
- d) 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.

10.6.2 Se debe de llevar un registro de las pruebas de hermeticidad realizadas, con el objeto de dejar constancia escrita de las mismas con ayuda de los registradores gráficos adecuados de presión y temperatura.

10.6.2.1 Los equipos utilizados para determinar la variación de la presión y temperatura deben tener un certificado de calibración vigente para la prueba.

10.6.2.2 Al término de la prueba no debe existir cambio en la presión, por lo que se considera que la instalación es hermética. La variación de presión admisible es la atribuible a una variación en temperatura al cerrar la gráfica, esta variación debe demostrarse mediante el cálculo matemático correspondiente. En caso contrario, el sistema se debe revisar hasta eliminar las fugas repletiendo la prueba hasta lograr la hermeticidad del mismo.

10.6.2.3 La gráfica debe ser firmada por el representante del distribuidor, el representante de la constructora y la unidad de verificación, al reverso de la misma se debe indicar, el resultado, hora y la fecha en que se realizó la prueba, así como la identificación del tramo de línea y material o sistema de distribución probado.

10.6.2.4 Para tomas de servicio (residenciales), en cobre, acero o polietileno, la prueba de hermeticidad puede no ser avelada por la unidad de verificación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



10.6.2.5 Las pruebas se harán en las condiciones que se describen en las tablas siguientes:

PRUEBAS DE HERMETICIDAD

P.E.D. DE ACERO				
PRESIÓN DE OPERACIÓN	PRUEBAS A SOLDADURA Y/O CONEXIONES	FLUIDO DE PRUEBA	DURACIÓN Y PRESIÓN DE PRUEBA	INSTRUMENTO
PARA ESTA CLASIFICACIÓN DE DEBE CUMPLIR CON: * MENOR O IGUAL A 410 Kpa * DIÁMETRO IGUAL O MENOR A 100 mm * LONGITUD IGUAL O MENOR A 100 metros, EN TUBERÍA NO ENTERRADA	RADIOGRAFÍA: 100 % Y APLICACIÓN DE JABONADURA	SEGÚN 10.1, (ver b)	1.5 VECES LA PRESIÓN DE OPERACIÓN POR EL TIEMPO QUE DURE LA VERIFICACIÓN DE LAS SOLDADURAS CON JABONADURA	MANÓMETRO
IGUAL O MENOR A 410 Kpa	RADIOGRAFÍA SEGÚN PUNTO 10.4	SEGÚN 10.1, (ver b)	24 hrs. A 1.5 VECES LA PRESIÓN DE OPERACIÓN	MANÓMETRO Y TIEMPO
MAYOR A 410 Kpa	RADIOGRAFÍA SEGÚN PUNTO 10.4	AGUA	24 hrs. A 1.5 VECES LA PRESIÓN DE OPERACIÓN	MANÓMETRO Y TIEMPO

CUADRO 7

P.E.D. DE POLIESTIRENO				
PRESIÓN DE OPERACIÓN Y DIÁMETRO	PRUEBAS A UNIÓN Y/O CONEXIONES	FLUIDO DE PRUEBA	DURACIÓN Y PRESIÓN DE PRUEBA	INSTRUMENTO
PARA ESTA CLASIFICACIÓN SE DEBE CUMPLIR CON: * MENOR O IGUAL A 410 Kpa * DIÁMETRO IGUAL O MENOR A 110 mm * LONGITUD IGUAL O MENOR A 100 METROS, A TUBERÍA DESCUBIERTA DURANTE EL TIEMPO DE PRUEBA	APLICACIÓN DE JABONADURA	10.1, (ver b)	1.5 VECES LA PRESIÓN DE OPERACIÓN POR EL TIEMPO QUE DURE LA VERIFICACIÓN DE LAS SOLDADURAS CON JABONADURA	MANÓMETRO
IGUAL O MENOR A 410 Kpa	APLICACIÓN DE JABONADURA	AIRE O GAS NIEVE	24 hrs. A 1.1 VECES LA PRESIÓN DE OPERACIÓN	MANÓMETRO Y TIEMPO
MAYOR A 410 Kpa E IGUAL O MENOR A 685 Kpa	APLICACIÓN DE JABONADURA	10.1, (ver b)	24 hrs. A 1.5 VECES LA PRESIÓN DE OPERACIÓN Y CON AIRE O GAS NIEVE A 1.1 VECES LA PRESIÓN DE OPERACIÓN	MANÓMETRO Y TIEMPO

CUADRO 7

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



MATERIAL, PRESIÓN DE OPERACIÓN Y DIÁMETRO	PRUEBAS A SOLDADURA Y/O CONEXIONES	FLUIDO DE PRUEBA	DURACIÓN Y PRESIÓN DE PRUEBA	INSTRUMENTO
ACERO IGUAL O MENOR A 410 KPa * DIÁMETRO MAYOR A 50 mm (2") * LONGITUDES MAYORES A 20 m	RADIOGRAFÍA SEGUN PUNTO 10.4	AIRE O GAS INERTE	8 hrs. A 1.1 VECES LA PRESIÓN DE OPERACIÓN	MANÓGRAFO Y TERMÓGRAFO
* KVAL QUE EL ANTERIOR PERO CON LONGITUDES MENORES A 20 m	APLICACIÓN DE JARABONERA	AIRE, GAS INERTE O GAS NATURAL DE ACUERDO CON 10.6.1	8 hrs A LA PRESIÓN DE OPERACIÓN	MANÓMETRO
ACERO IGUAL O MENOR A 410 KPa, DIÁMETRO MENOR A 50 mm. (2").	RADIOGRAFÍA SEGUN PUNTO 10.4	AIRE O GAS INERTE	15 MINUTOS A 1.1 VECES LA PRESIÓN DE OPERACIÓN.	MANÓMETRO
ACERO MAYOR DE 410 KPa	RADIOGRAFÍA SEGUN PUNTO 10.4	10.6.1, Punto b)	8 hrs. A 1.5 VECES LA PRESIÓN DE OPERACIÓN	MANÓGRAFO Y TERMÓGRAFO
POLETILENO IGUAL O MENOR DE 410 KPa	APLICACIÓN DE JARABONERA	AIRE O GAS INERTE	15 MINUTOS A 1.1 VECES LA PRESIÓN DE OPERACIÓN	MANÓMETRO
POLETILENO MAYOR A 410 KPa E IGUAL O MENOR A 50 KPa	APLICACIÓN DE JARABONERA	10.6.1, Punto b)	8 hrs. A 1.5 VECES LA PRESIÓN DE OPERACIÓN	MANÓGRAFO Y TERMÓGRAFO
COPRE IGUAL O MENOR A 410 KPa	APLICACIÓN DE JARABONERA	AIRE O GAS INERTE	15 MINUTOS A 1.1 VECES LA PRESIÓN DE OPERACIÓN	MANÓMETRO

CUADRO 7

10.6.3 Las pruebas de hermeticidad de las tuberías de estaciones de regulación y de regulación y medición se harán sin instrumentos de control y medición y de acuerdo con el cuadro 7 anterior, según aplique, para detección de fallas en las uniones o en soldaduras. Una vez que se conectan los instrumentos de control y medición, se deberá hacer una prueba de hermeticidad del conjunto a la presión de operación para la detección de fugas por medio de jabonadura a las uniones bridas o roscadas y eliminación de las mismas, antes de que sea entre en operación.

10.6.4 Los resultados de las pruebas de hermeticidad deben estar disponibles a la Unidad de Verificación y, a falta de ésta, a una empresa declaradora autorizada por la Comisión. El resultado de las pruebas de hermeticidad del sistema o parte de éste debe estar a disposición de la Comisión Reguladora de Energía.



10.6.5 Cuando el sistema de distribución se desarrolle por etapas, se debe realizar una prueba de hermeticidad a la etapa correspondiente antes de que ésta entre en operación.

11. Puesta en servicio.

- a) Antes de iniciar la operación del sistema de distribución, o de cualquier ampliación, extensión o modificación del sistema, se deberá:
- b) Dictaminar el sistema de distribución, ampliación, extensión o modificación de la sección correspondiente por una Unidad de Verificación, considerando lo establecido en los capítulos 5 al 10 de esta Norma, e Integrar el dictamen, como parte de la verificación del párrafo 11.1.

11.1 Verificación anual. El permisionario debe presentar anualmente ante la Comisión un dictamen de una Unidad de Verificación que compruebe el cumplimiento de esta norma en lo relativo a la operación, mantenimiento y seguridad. Asimismo debe integrar los dictámenes de las ampliaciones, extensiones, o modificaciones del sistema de acuerdo con lo establecido en el capítulo 11.

12 Mantenimiento del sistema de distribución

12.1 Generalidades. El distribuidor debe contar con un manual de procedimientos 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:

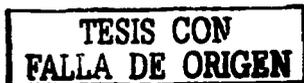
- a) Descripción de los procedimientos de operación y mantenimiento del sistema de distribución durante la operación normal, puesta en operación y paro. Dichos procedimientos deben incluir los relativos a las reparaciones del equipamiento de la red (estaciones, instrumentación, entre otros);
- b) Identificación de las instalaciones de mayor riesgo para la seguridad pública;
- c) Programa de inspecciones periódicas para asegurar 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 operación por trabajos de mantenimiento;
- 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, y
- h) El distribuidor debe elaborar un programa de mantenimiento del sistema de protección catódica basado en una revisión sistemática de los potenciales eléctricos del sistema, en la localización de contactos que elimine las salidas o pérdidas de corriente del sistema y en la revisión de la resistencia eléctrica para determinar el estado que guardan los aislantes que delimitan los circuitos de protección catódica configurados.

12.2 Calidad del gas.

El gas que se inyecte en el sistema de distribución y que se entregue a los usuarios debe cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-1997, Calidad del gas natural, o la norma que la sustituya.

12.3 Odorización.

El distribuidor es responsable de la odorización del gas y el monitoreo, se deben realizar de acuerdo con el apéndice I, Odorización del gas natural de esta Norma. Así como el monitoreo del nivel de odorización.





12.4 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 los 365 días del año, entre el centro de control y las cuadrillas encargadas de realizar las labores de operación, mantenimiento, atención a fugas, atención a clientes y supervisión del sistema de distribución.

12.5 Prevención de accidentes.

12.5.1 Si se determina mediante inspección que un tramo de tubería no se encuentra en condiciones satisfactorias, pero no existe peligro inmediato el distribuidor debe iniciar un programa para reacondicionamiento o reemplazo del tramo.

12.5.2 Durante la inspección o la instalación de tuberías donde pueda haber presencia de gas, se debe observar 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) Antes de proceder a cortar o soldar la tubería de gas, se deben suspender el suministro, purgar dichas tuberías y detectar que no hay presencia de gas con un detector de gas combustible;
- c) La tubería de acero se debe conectar a tierra antes de hacer algún trabajo en la línea (si se tiene protección catódica por corriente impresa, desconectar el rectificador de corriente). La tubería de polietileno se debe descargar de electricidad estática;
- d) La iluminación artificial se debe producir con lámparas y sus interruptores a prueba de explosión;
- e) Se debe tener en el sitio de trabajo personal de seguridad y extintores de incendio;
- f) Se deben evitar las concentraciones de gas en recintos confinados;
- g) Establecer ventilación inmediata en lugares donde se haya acumulado el gas, y
- h) Se debe utilizar equipo, herramienta y utilería de seguridad antichispa.

12.6 Suspensión de servicio.

12.6.1 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 se debe apagar a lo establecido en los artículos 76, 77 y 78 del Reglamento de Gas Natural y 84 fracción II del Reglamento de Gas Licuado de Petróleo.

12.7 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.

12.8 Interrupción de trabajos de mantenimiento.

En caso de que un trabajo de mantenimiento en el sistema de distribución se requiera suspender, el sistema se debe dejar en condiciones seguras para su operación y aplicar las medidas establecidas en el manual de operación y mantenimiento

12.9 Servicio de emergencia.

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 detectores de fugas, explosímetros, herramientas, accesorios, y personal capacitado para atender cualquier emergencia en el sistema y controlar las fugas de manera eficiente.

12.9.1 Todo reporte de fuga debe ser atendido de acuerdo al Apéndice III. "Monitoreo, detección y clasificación de fugas de gas natural y gas LP en ductos" normativa vigente, hasta dejar el sistema en condiciones normales de operación. Después de haber reparado la fuga, el tramo de tubería correspondiente se debe probar a la presión de operación para verificar que la fuga fue eliminada.

12.9.2 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.

12.10 Programa de monitoreo de fugas. El distribuidor debe cumplir con lo establecido en el Apéndice III.

12.11 Mantenimiento de 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.

12.12 Mantenimiento de estaciones de regulación y de regulación y medición.

Las estaciones se deben someter a un programa anual de inspección y pruebas que cubra lo siguiente:

- a) Objetivos (de la instalación) del programa;
- b) Especificaciones técnicas y características;

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



- c) Pruebas mecánicas de operación;
- d) Pruebas específicas de instrumentación (reguladores, medidores, manómetros, termómetros, entre otros);
- e) Prueba de los dispositivos de seguridad, y
- f) Programa de operación y mantenimiento (de acuerdo a resultados).

12.13 Mantenimiento de registros y válvulas de seccionamiento.

Los registros que contengan válvulas de seccionamiento se deben inspeccionar periódicamente para verificar que éstos permanezcan libres de basura, agua o cualquier otra sustancia extraña al sistema. Las Válvulas se deben lubricar y proteger con un recubrimiento anticorrosivo de acuerdo con el capítulo 3 del Apéndice II de esta Norma. Asimismo, se debe revisar el funcionamiento de las válvulas, los accesorios que tenga la instalación, y los aislantes de las bridas para verificar la continuidad eléctrica de la tubería.

12.14 Desactivación de tuberías.

El distribuidor debe elaborar un procedimiento para desactivar las tuberías que considere lo siguiente:

- a) Cada tubería desactivada se debe desconectar de la fuente de suministro de gas y purgarse;
- b) Si se utiliza aire para el purgado, el distribuidor se debe asegurar que no exista una mezcla combustible después del purgado;
- c) La tubería se debe obturar utilizando bridas ciegas o tapones;
- d) El distribuidor debe mantener un registro de las tuberías desactivadas;
- e) La tubería que vaya a ser reactivada se debe probar con el propósito de demostrar su integridad para el servicio que se requiera; en este caso, las tuberías de acero se deben haber mantenido protegidas contra la corrosión, y
- f) Cada registro de válvulas desactivado se debe llenar con un material compacto adecuado por ejemplo: Arena, tierra fina, entre otros.

12.15 Reclasificación de tuberías.

12.15.1 Esta sección establece los requisitos mínimos que se deben cumplir para la reclasificación de tuberías en operación que se van a someter 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.

12.15.2 Requisitos generales.

12.15.2.1 Incrementos de presión. Cuando se requiera modificar las condiciones de operación de una tubería por aumento de la presión, ésta se debe incrementar gradualmente, de tal manera que pueda ser controlada y 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 se debe reparar antes de realizar un nuevo incremento de presión;
- c) Cuando se someta un tramo de tubería a condiciones de operación más exigentes, se debe llevar 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, se debe registrar por escrito el procedimiento llevado a cabo para verificar el cumplimiento de esta Norma, y
- e) A excepción de lo previsto en el párrafo 12.15 de esta Norma, 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 con el cuadro 2 de esta norma.

12.15.2.2 Reclasificación. Ninguna tubería de acero se puede operar 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;

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



- b) Realizar una investigación histórica de fugas (si no se ha realizado una investigación de fugas en más de 1 año) y reparar aquellas que se localicen en la tubería;
- c) Realizar las reparaciones, reemplazos o adecuaciones que sean necesarias para que opere con seguridad cuando se incrementa 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, se debe instalar un regulador debidamente probado para verificar la nueva presión de operación;
- g) El aumento de la MPOP se debe hacer en incrementos graduales de 70 kPa o 25 % del total de la presión que se aumentará, aquel que produzca el menor número de incrementos. Se deben hacer 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 midiendo el espesor de cada pieza en cuatro puntos a 90°. El promedio de todas las medidas tomadas nos indicará cual es el espesor nominal de la tubería.

12.15.3 Reclasificación de la tubería por clase de localización.

12.15.3.1 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 se deben sujetar 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.

12.15.3.2 Cuando por medio de la evaluación técnica se determine que el espesor de pared de la tubería no es el adecuado por el cambio de clasificación de zona urbana, la tubería se debe reemplazar a la brevedad posible, o evaluarse técnicamente para determinar su MPOP. El nuevo espesor de pared de la tubería se debe calcular de acuerdo a lo establecido en el inciso 5.2.1

13.- Programa interno de protección civil.

13.1 El distribuidor debe tener previsto el programa interno de protección civil en el cual se establezcan las acciones preventivas de auxilio y recuperación 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 programa interno de protección civil consta de:

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

13.2 Programa de prevención de accidentes

13.2.1 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) Tener 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 de mantenimiento y pruebas 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;
 - iv) El sistema de administración de la integridad del sistema de distribución, y la
 - v) 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. Se debe tener 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.

13.3 Programa de auxilio

13.3.1 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 sistemas de comunicación, teléfonos o cualquier otro medio que determine;
- 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 en 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:
 - Un responsable de la operación y un suplente;
 - Establecimiento de un centro de comando identificado e intercomunicado para emergencias;
 - Creación de un sistema de comunicación y alerta entre el distribuidor 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;
 - Determinación de zonas de emergencia y reglas de actuación en cada una de ellas,
 - 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.

13.3.2 En caso de siniestro, se deberá dar aviso a la Comisión en un plazo no mayor de 24 hrs.



13.4 Programa de recuperación

13.4.1 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.

14. Distribución de gas licuado de petróleo por medio de ductos

14.1 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, en estado gaseoso, 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 el aprovechamiento.

14.2 Esta Norma es aplicable en su totalidad al sistema de distribución de gas licuado de petróleo por medio de ductos.

15. Bibliografía

- 15.1 NOM-008-SCFI-1993, Sistema General de Unidades de Medida.
- 15.2 American Gas Association (AGA).
- 15.3 AGA Technical report No. 10, Steady Flow in gas pipelines fluid flow model
- 15.4 American Petroleum Institute (API).
- 15.4.1 API 1104 - 1999, Welding of pipelines and related facilities.
- 15.4.2 API 5L 2000, Specification for line pipe.
- 15.4.3 API RP 5L1-1996, Recommended practice for railroad transportation of line pipe.
- 15.4.4 API RP 5LW -1996, Recommended practice for transportation of line pipe on barges and marine vessels.
- 15.4.5 API 60 -1994, Specification for pipe line valves.
- 15.5 American Society of Mechanical Engineers (ASME).
- 15.5.1 ASME B 31.8 -1999, Gas transmission and distribution piping systems y ASME B 31.4 P: Pipeline Transportation Systems for liquid Hydrocarbons and other liquids
- 15.5.2 ASME BPV - 2001, Boiler and Pressure Vessel code, section 1, section VIII division I, section VIII division 2, section IX.
- 15.5.3 ASME B 16.1-1998, Cast iron pipe flanges and flanged Fittings
- 15.5.4 ASME B 16.5 -1996, Pipe flanges and flanged fittings.
- 15.5.5 ASME B 16.9 - 2001, Factory made wrought steel butt welding fittings.
- 15.5.6 ASME B 16.18 -1984 / Reaffirmed 1994, Cast copper alloy solder joint pressure fittings.
- 15.5.7 ASME B 16.22 -1995, Wrought copper and copper alloy solder joint pressure fittings.
- 15.5.8 ASME B 16.25 -1997, Buttwelding ends.
- 15.5.9 ASME B 16.33 -1990, Manually operated metallic gas valves for use in gas piping systems up to 125 psig. size ½ " - 2 ".
- 15.5.10 ASME B 16.34 -1996, Valves flanged, threaded and welding end.
- 15.5.11 ASME B 16.38 -1985 / Reaffirmed 1994, Large metallic valves for gas distribution (manually operated NPS 2 ½ " to 12 ", 125 psig max.).
- 15.5.12 ASME B 16.40 -1985 / Reaffirmed 1994, Manually operated thermoplastic gas shut-offs and valves in gas distribution systems.
- 15.6 American Society for Testing and Materials (ASTM).
- 15.6.1 ASTM B 32; Standard specification for solder metal
- 15.6.2 ASTM A 53 -1996, Standard specification for pipe, steel, black and hot dipped, zinc coated welded and seamless.
- 15.6.3 ASTM A 106 -1995, Standard specification for seamless carbon steel pipe for high temperature service.
- 15.6.4 ASTM A 333 / A 333 M -1994, Standard specification for seamless and welded steel pipe for low temperature service.
- 15.6.5 ASTM A 381-1993, Standard specification for metal arc welded steel pipe for use with high pressure transmission systems.
- 15.6.6 ASTM A 671-1994, Standard specification for electric fusion welded steel pipe for atmospheric and lower temperatures.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



- 15.6.7 ASTM A 672-1994, Standard specification for electric fusion welded steel pipe for high pressure service at moderate temperatures.
- 15.6.8 ASTM A 691-1993, Standard specification for carbon and alloy steel pipe, electric fusion welded for high-pressure service at high temperatures.
- 15.6.9 ASTM B 813; Standard specification for liquid and paste fluxes for soldering of copper and copper alloy tube.
- 15.6.10 ASTM B 828; Standard practice for making capillary joints by soldering of copper and copper alloys tube and fittings.
- 15.6.11 ASTM B 837-1995, Standard specification for seamless copper tube for natural gas and liquefied Petroleum (LP) gas distribution systems.
- 15.6.12 ASTM D 1988 -1991 (Reapproved 1995), Standard test method for Mercaptans in natural gas using length-of -stain detector tubes.
- 15.6.13 ASTM D 2513-1999, Standard specification for thermoplastic gas pressure pipe, tubing and fittings.
- 15.6.14 ASTM D 2657; Standard practice for heat fusion joining of polyolefin pipe and fittings.
- 15.6.15 ASTM O 3261-1997, Standard specification for butt heat fusion polyethylene (PE) plastic fittings for polyethylene (PE) plastic pipe and tubing.
- 15.6.16 ASTM D 2683 -1995, Standard specification for socket type polyethylene fittings for outside diameter controlled polyethylene pipe and tubing.
- 15.6.17 ASTM F 905 -1996, Standard practice for qualification of polyethylene saddle fusion joints.
- 15.6.18 ASTM F 1055 -1995, Standard specification for electrofusion type polyethylene fittings for outside diameter controlled polyethylene pipe and tubing.
- 15.7 Government of the United States of America, Code of Federal Regulations (CFR), Title 49 Department of Transportation (DOT), Chapter 1. - Research and special programs administration Part 192.
- 15.7.1 CFR 49 DOT 192 - 2000, Transportation of natural gas by pipeline: Minimum safety standards.
- 15.8 Manufacturers standardization society of the valve and fittings industry (MSS),
- 15.8.1 MSS SP- 44 - 1996 (R 2001), Steel pipe flanges.
- 15.8.2 MSS SP- 75 -1998, Specification for high test wrought welding fittings.
- 15.9 National Association of Corrosion Engineers (NACE)
- 15.9.1 NACE RP 0169 -1996, Standard Recommended Practice, Control of external corrosion on underground or submerged metallic piping systems.
- 15.9.2 NACE TM 0497 - 1997, Standard Test Method. Measurement techniques related to criteria for cathodic protection underground or submerged metallic piping systems.
- 15.10 SEDIGAS, S.A.
- 15.10.1 Recomendación SEDIGAS RS -T - 01 -1991, Odorización de gases combustibles.

16. Concordancia con normas internacionales

Esta Norma no tiene concordancia con ninguna norma internacional, por razones particulares del país.

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

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

México, D.F., a 6 de febrero de 2003.- El Presidente de la Comisión Reguladora de Energía, Dionisio Pérez Jácome.- Rúbrica.- Los Comisionados: Rubén Flores, Raúl Noodal, Adrián Roji y Raúl Monteforte, este último también como Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Medio de Ductos.- Rúbricas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CAPÍTULO 3

PROCESO PARA EL TENDIDO

OBJETIVO

DESCRIBIR EL PROCESO Y RECOMENDACIONES QUE IMPLICA EL TENDIDO Y ACABADO DE LAS INSTALACIONES DE GAS NATURAL.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.1 TRAZO Y NIVELACIÓN

Antes de iniciar el trazo de la red deberá ser limpiado y acondicionado el lugar por donde pasará el trazo, además de considerar que en la excavación se requerirá espacio suficiente y libre de cualquier obstáculo para maniobrar.

El trazo de la red para las tuberías de distribución de gas natural se realizará en el arroyo de las avenidas o calles, así también en las banquetas. (Vía Pública)

El constructor deberá tomar las medidas necesarias para despejar la zona de trabajo en toda la trayectoria de la línea, además tener en cuenta la estabilidad del suelo, proteger los materiales y evitar daños (en lo posible) a la infraestructura existente.

El ancho mínimo del trazo para las tuberías de acero que conducirán gas natural será de 30 cm. a cada lado del paño exterior de la tubería, en el caso de tuberías de polietileno será el ancho necesario para permitir su instalación.

El trazo deberá indicarse con doble línea, excepto cuando una quede ya señalada por alguna referencia como por ejemplo la línea de la guarnición. (foto # 1)



Los trazos, podrán ejecutarse por cualquier método que sea necesario para obtener la precisión indicada en el proyecto según el caso y la correcta ejecución de los trabajos, esto es:

- Se realizará con pintura en los casos en que la superficie se encuentre pavimentada.
- Utilizando yeso, cal o cualquier otro material que permita distinguir el trazo cuando la superficie sea de terracería.

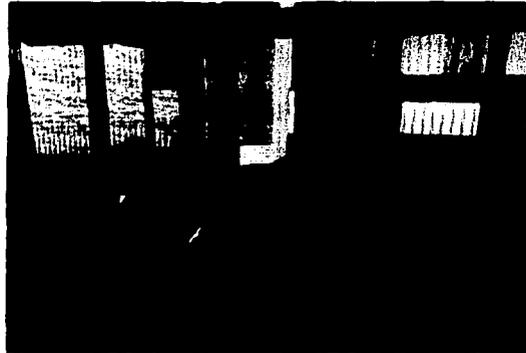


FOTO # 1 Personal realizando el trazo sobre pavimento flexible.

Los trazos de los ejes de las instalaciones superficiales, deben estar sobre el terreno de acuerdo con los planos del proyecto. Su ubicación estará referida a los linderos de terreno, construcciones ya existentes o mojoneras reconocidas.

La nivelación del proyecto se podrá realizar utilizando manguera de nivel o elementos topográficos según se presente la situación, pero siempre garantizando los espesores de zanja especificados en la Norma (NOM-003-SECRE-2002).

Las preparaciones de $\frac{3}{4}$ " o 1" para los servicios domiciliarios en fraccionamientos nuevos, deberán ser instaladas a cada 2 lotes procurando (en lo posible) sea en la colindancia opuesta a donde se encuentren ubicadas las tomas de agua, excepto cuando ahí se encuentren localizadas las cocheras.

La obra no se iniciará cuando en urbanizaciones nuevas aún no se halla realizado la lotificación, esto es, que no existan:

- Líneas de propiedad
- Mojoneras de lotificación
- Alguna referencia que indique la lotificación.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



3.2 OBRAS INDUCIDAS.

Debido a que la línea de gas natural se instala en el subsuelo y tiene que compartir espacio en la mayoría de las veces en calles o cualquier otro derecho de vía con líneas de agua potable, alcantarillado sanitario, drenaje pluvial, líneas telefónicas, cable de televisión, líneas de alta tensión (fig. # 1), la empresa (constructora) deberá comunicarse con la autoridad competente (obras públicas) con el objeto de obtener información referente a otros servicios públicos y verificar posiciones de otras instalaciones y anticipar la ruta de todas las instalaciones existentes en el lugar para evitar afectaciones y en su caso contactar a todas las compañías encargadas de proveer esos servicios para así planear conjuntamente el tendido de la red de distribución por la vía pública de la localidad y en un futuro contar con una base de datos, que en este momento no existe sobre todas las instalaciones en la Ciudad de México.

INSTALACIONES EXISTENTES EN LA VÍA PÚBLICA

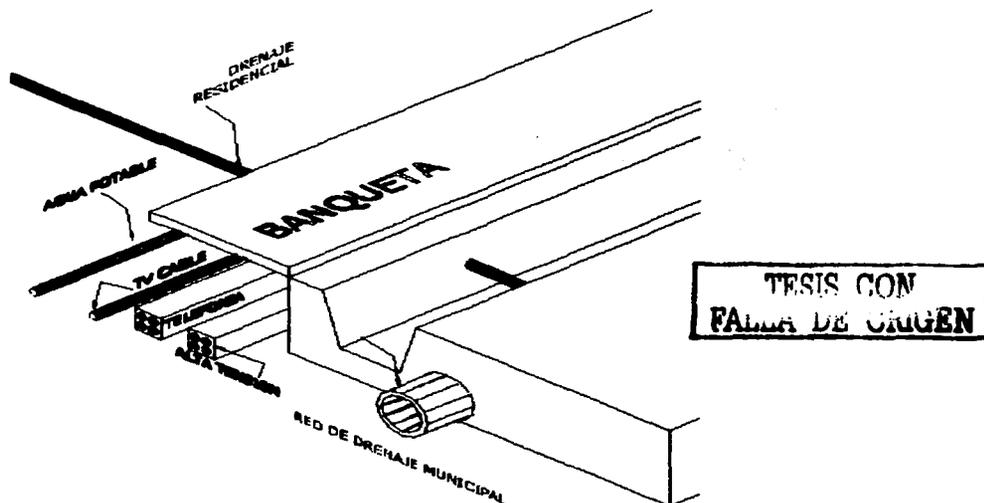


fig. # 1 Posibles instalaciones que se encuentran en el suelo de la Ciudad de México.

COMENTARIO: La infraestructura de servicios ya existente, en la realidad representa un verdadero problema para todos los involucrados con los servicios instalados, ya que ninguna empresa o institución cuenta con información sobre la ubicación exacta de sus instalaciones, por lo que debería existir un control sobre esta problemática para evitar que las empresas que construirán en un futuro sobre la vía pública desconozcan totalmente con qué instalaciones se encontrarán y así planear de una manera más eficiente sobre los espacios ocupados.



3.3 PROTECCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO. (6)

Debido a que los trabajos de instalaciones de tuberías para gas natural se realizan en la vía pública, es necesario proteger todo el entorno de la obra, esto es: automovilistas, peatones, trabajadores, equipo, etc. mediante la señalización indicada en el "Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Calles y Carreteras" emitido por la S.C.T.

La señalización empleada para éste fin debe ser clasificada en cuanto a su función:

INFORMATIVOS: Estos tendrán por objetivo guiar a los peatones y/o conductores de forma ordenada y segura, de acuerdo con los cambios temporales necesarios durante el desarrollo de las tareas de recuperación. Las señales informativas se colocarán dentro del área de influencia de la obra en proceso.

RESTRICTIVOS: Se utilizan para indicar a los automovilistas y peatones que existen ciertas prohibiciones de acceso a determinados puntos de la vía pública. Estas son colocadas en el perímetro de la zona de trabajo donde se restringe el paso.

PREVENTIVOS: Se utilizan para alertar a los usuarios sobre la existencia de una situación peligrosa, motivada por una situación de contingencia, así como proteger a peatones, trabajadores y equipo de posibles accidentes. Este tipo de señalización se localiza a una distancia prudente de acuerdo al lugar o vialidad en cuestión.

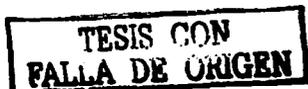
CANALIZADORES

Estos elementos son utilizados para dirigir a peatones y vehículos a lo largo del tramo en que se esté trabajando.

BARRERAS (tipo tijera o barricada): Estos se colocarán aislados o en serie, en los límites y dentro de la zona de riesgo con el fin de prevenir al conductor de un cierre o estrechamiento en los cuerpos de la vialidad.

CONOS: Se colocarán en serie sobre superficies uniformes para delimitar zonas de trabajo y encauzar el tránsito hacia el carril adecuado, su número y ubicación depende del tipo de vía y de la naturaleza de los trabajos que se estén realizando.

SEÑALES MANUALES: Son lámparas y banderas operadas manualmente que sirven para controlar el tránsito de vehículos y peatones en las zonas de trabajo, los encargados de esta tarea deben estar equipados con chalecos y cascos que los hagan más visibles a los conductores.





BANDERERO

Los trabajadores responsables del control de tráfico deben ser visibles para el público. Antes de empezar a colocar los dispositivos de control de tráfico, debe habilitarse a un banderero para guiar el control de tráfico alrededor del área de trabajo. (fig # 2)

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.

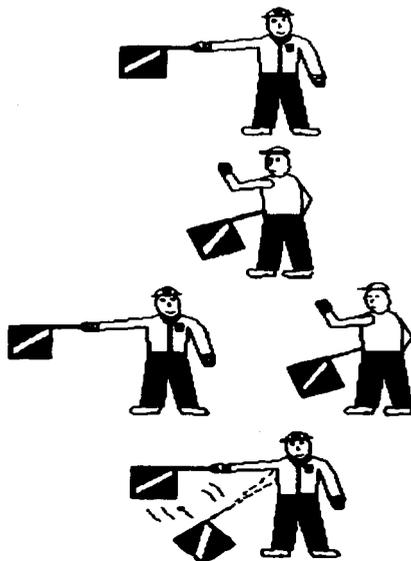
La bandera deberá ser anaranjada y como mínimo medir 60 cm.

Para uso nocturno, el dispositivo debe ser reflejante y deberá usar una luz intermitente.

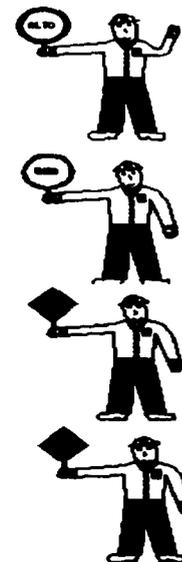
Al finalizar el trabajo se deberán retirar todos los dispositivos, para esto se deberá permanecer el banderero hasta el retiro del último elemento.

FORMAS REPRESENTATIVAS PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO

BANDERA



SEÑAL DE MANO



PARA DETENER
EL TRÁNSITO

PARA
DEJAR
PASAR EL
TRÁNSITO

PARA
DISMINUIR LA
VELOCIDAD DE
TRÁNSITO

PARA
ALERTAR
AL
TRÁNSITO

fig. # 2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



DISPOSITIVOS DE CANALIZACIÓN

El dispositivo de canalización indica la ruta alterna a la que deberá dirigirse el tráfico, para esto se usan conos y barricadas como dispositivos de canalización.

Se debe crear un encintado gradual, el cual de manera segura guiará al tráfico alrededor del sitio de trabajo, en el caso de bloquear por completo alguna calle se deberá notificar a la autoridad correspondiente.



Los CONOS anaranjados son los dispositivos de canalización más comunes. Todos los conos deben tener una altura de 65 cm. y 80 cm. con base ensanchada ya sea de hule u otro material que resista el impacto sin dañarse, cuando se usen en vías rápidas. Además para uso nocturno los conos deben contar con dos bandas de cinta reflejante.

Los conos se colocarán a una distancia no mayor de 3.5 metros.

Cuando el volumen de tráfico, la velocidad y visibilidad son tales que las barricadas no son requeridas se pueden utilizar de manera efectiva los conos para delimitar el área de trabajo e inducir el tráfico.

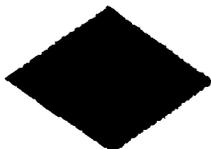


Las BARRICADAS marcan delimitaciones específicas o proveen dirección a la canalización. Utilice barricadas tipo burro, cuando las condiciones de tráfico, velocidad y visibilidad no permitan el uso de conos. Dichas barricadas tienen dos caras rayadas reflejantes con franjas de 15 cm. de color naranja.

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.

Se pueden usar bolsas con arena para darle peso al fondo de la barricada y evitar de esta forma que se caigan.

Las barricadas móviles son tipo "burro", las cuales son rígidas de tijera o desarmables. El riel superior debe tener franjas visibles de color anaranjado y negro. Las barricadas no deben ser diseñadas con mucho reforzamiento y serán colocadas de tal manera que el tráfico sea desviado alrededor del área de trabajo.



Los SEÑALAMIENTOS son de color naranja con letreros o símbolos en color negro.

Se pueden usar señalamientos de flechas rectangulares para dirigir el tráfico a través de los obstáculos.

Los señalamientos serán colocados en donde se proporcione la máxima visibilidad y a tal distancia que el vehículo pueda ajustar su velocidad o cambiar de carril.





Los requerimientos de tamaño serán determinados de acuerdo a la velocidad de manejo. (tabla # 7)

TAMAÑO DE LA SEÑALIZACIÓN

CATEGORÍA	LÍMITE DE VELOCIDAD	TAMAÑO DE SEÑALIZACIÓN	TAMAÑO DE SEÑALIZACIÓN
ÁREA RESIDENCIAL	40 Km./hr	24 x 24	61 x 61
CARRETERAS PRINCIPALES	90 Km./hr ó más	48 x 48	122 x 122

TABLA # 7 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA con base en:
"Manual de Dispositivos para el Control de tránsito en Calles y Carreteras" emitido por la S.C.T.

En los señalamientos de advertencia deben usarse cintas de plástico reflejantes color naranja con un ancho mínimo de 15 centímetros y con una leyenda "Precaución – Zanja abierta." Deben instalarse al menos 2 cintas de advertencia a una altura de 50 y 100 centímetros del piso, debidamente fijados por postes provisionales, de tal manera que rodeen y limiten toda el área de trabajo. (fig. # 3)

SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA PARA LA PROTECCIÓN PEATONAL

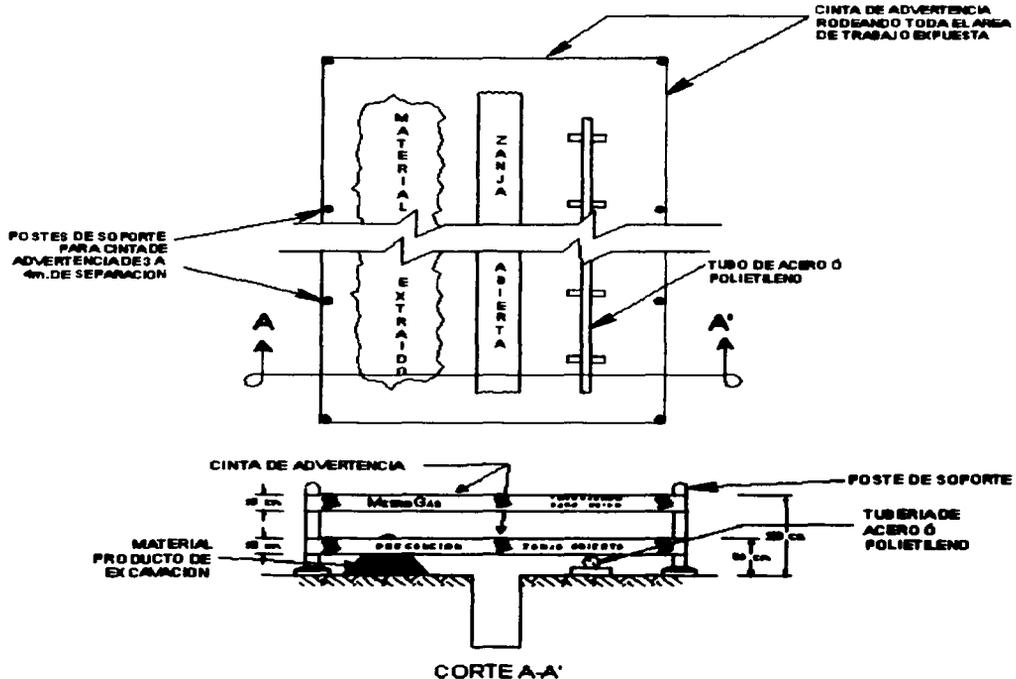


fig. # 3

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



En zona residencial en que el límite de velocidad es bajo (40 Km. / hr) los señalamientos se pueden colocar a una distancia de 15 m.

En autopistas en donde las velocidades son mayores de 90 Km. / hr se deberán colocar a 90 m. o más de la zona de trabajo.

Los señalamientos deberán ser colocados en número y distancia que se considere necesaria según el criterio y condiciones presentes en el lugar. (ejemplo fig. # 4 y fig. # 5)

Estos deben ser consistentes en la información contenida para proporcionar al conductor las direcciones del flujo vehicular.

SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA PARA LA PROTECCIÓN VEHICULAR

COLOCACIÓN DEL AVISO EN UNA CALLE DE ALTA VELOCIDAD DE DOBLE SENTIDO

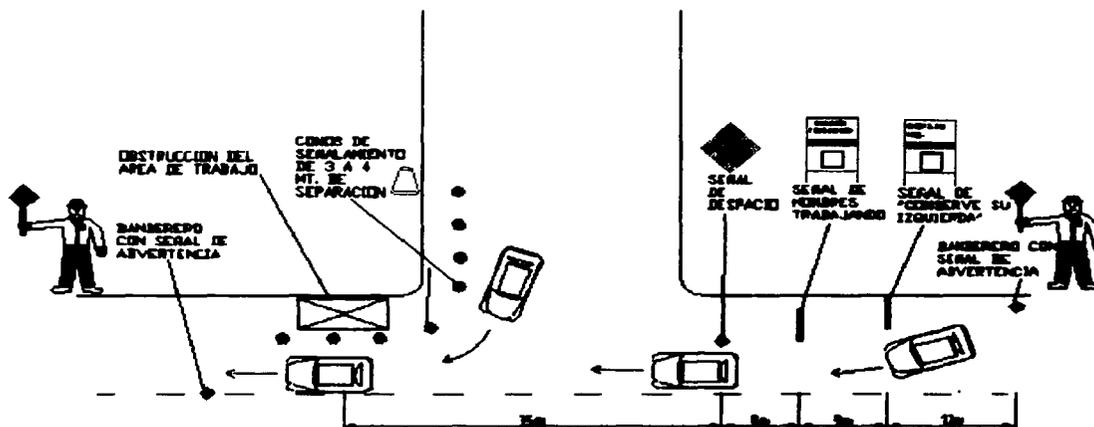


Fig. # 4

NOTA: LAS DIMENSIONES SON APROXIMADAS Y DEBERÁN SER AJUSTADAS A LAS CONDICIONES REALES

COMENTARIO: La señalización en ningún caso debe ser menor a la indicada y necesaria ya que es la única manera con la que se puede dar cierto grado de protección al trabajador como la parte más importante de nuestra empresa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



OBSTRUCCIÓN LATERAL EN UN CRUCERO

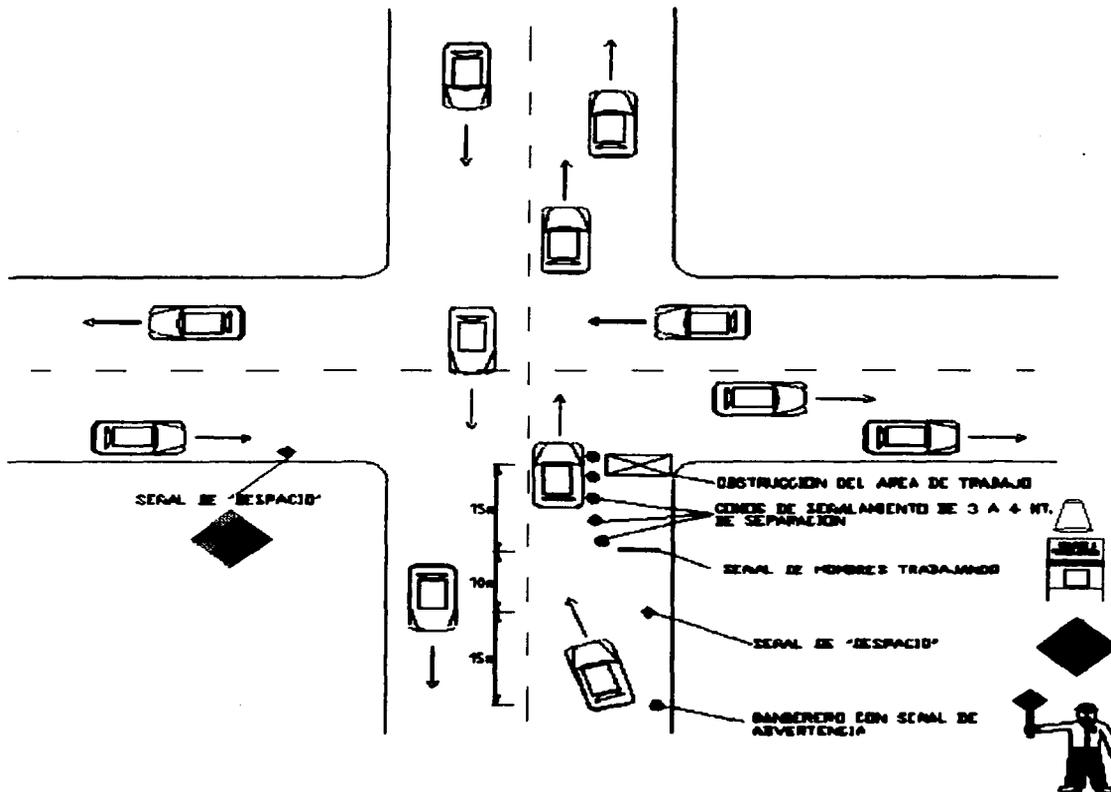


fig #5

Las **LUCES PRECAUTORIAS** generarán visibilidad extra al ser usadas conjuntamente con dispositivos de canalización, éstas deben ser amarillas e intermitentemente rápidas.

Estas son utilizadas para proveer control nocturno o de baja visibilidad y deberán ser revisadas continuamente para realizar el mantenimiento que se requiera para mantener en buenas condiciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CONTROL DE TRÁFICO

Durante el trabajo de construcción y mantenimiento se interfiere con los peatones y el tráfico vehicular.

Se deben programar los trabajos para minimizar el contacto con el público, por lo tanto se debe hacer una correcta planeación en la que se tomen en consideración las horas en las que sea mas ligero el tráfico, también es recomendable realizar en este lapso una visita a la zona de trabajo, para así prever que equipo será requerido, tener en cuenta los recursos a utilizar para proteger a los empleados, la zona de trabajo, el equipo y minimizar de esta forma la obstrucción del tráfico.

El plan deberá establecer un área de control de tráfico mediante la combinación apropiada y oportuna de señalamientos, barricadas y conos, los cuales delimitarán la zona de trabajo. (Obligatorio)

Se debe mantener dentro de la zona protegida todas las herramientas, materiales, equipo de trabajo y personal, se requerirá de pantallas cuando se trabaje con martillos neumáticos las cuales ayudarán a prevenir que las partículas volátiles ocasionen daños a vehículos y/o peatones.

La persona encargada de la obra está obligada a recordar a los trabajadores que aunque se encuentren "protegidos" por un dispositivo de control de tráfico deben permanecer alerta en todo momento para de esta forma prevenir accidentes.

COLOCACIÓN DE CONTROL DE TRÁFICO

Se debe verificar si serán necesarios señalamientos precautorios adelantados.

Al colocar los señalamientos debe prevenir a los conductores con las intermitentes para enterarlos que el vehículo esta parado.

Inmediatamente después un banderero debidamente equipado deberá dirigir el tráfico.

Los demás miembros del equipo deberán colocar el dispositivo de seguridad y control de tráfico tal y como se planeo.

- Los conos de tráfico deben ser colocados en intervalos de 3 a 4.5 m.
- Las barricadas deben tener franjas de dirección para orientar el tráfico a través del área de trabajo.

Al realizar el plan de control de tráfico, este debe contener tantas luces, señalamientos, conos y barricadas como sea necesario e incluir también el control de tráfico para peatones en caso de ser necesario

RETIRO DEL CONTROL DE TRÁFICO

Forzosamente un banderero debe dirigir el tráfico antes de iniciar la remoción.

Se deben recoger los dispositivos empezando por el sitio de construcción y alejándose de él.

Una vez terminado el trabajo se asegurará de que no quede un señalamiento que pueda confundir el tráfico.



SITIOS DE TRABAJO SIN ATENCIÓN

Cuando una excavación permanezca abierta por un periodo largo de tiempo se debe prevenir a los peatones o vehículos de lesiones o daños, usando barricadas y luces precautorias alrededor de la excavación para indicar los peligros.

ACCESO AL ÁREA PROTEGIDA.

Solo se permitirá acceso libre al área de riesgo a:

- Personal de la empresa que intervenga directamente en la atención de la contingencia:
 1. Personal operativo.
 2. Miembros de las distintas brigadas de la Unidad Interna de Protección Civil.
- Personal de los cuerpos de atención de emergencias civiles que participan activamente en el manejo de la situación.
 1. Protección Civil.
 2. Bomberos.
 3. Policía y Vialidad.
 4. Miembros del Comité Local de Ayuda Mutua.

**TESIS CON
FALTA DE ORIGEN**

(6) Información basada en el Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Calles y Carreteras emitido por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.



3.4 DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LA INSTALACIÓN (7)

La excavación de la zanja que aloja la tubería debe cumplir con los requerimientos de ancho y profundidad apropiados para su debida instalación y ésta debe estar separada como mínimo a 50 centímetros del limite de propiedad.

El ancho normal de las zanjas para alojar tubería de acero, debe ser igual al diámetro del tubo, más 10 cm. hacia los lados y siempre considerando que el ancho mínimo es de 30 cm.(en tubería de acero), excluyendo de lo anterior cuando se pretenda librar servicios existentes o cuando se requiera espacio para conexión y/o desviación de tuberías o para instalación de ánodos de sacrificio.

TUBERÍA DE ACERO			
Ancho de zanja		Ancho del tubo	Profundidad mínima requerida
Profundidad	Ancho de zanja		
1-3	2.54 - 7.62	22.54 - 27.62	30cm
4	10.16	30.16	31cm
5	12.7	32.7	33cm
6	15.24	35.24	36cm
7	17.78	37.78	38cm

TABLA # 8

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Las profundidades mínimas de zanja son como lo indica la norma:

PROFUNDIDAD MÍNIMA DEL FONDO DE LA ZANJA AL NIVEL DEL FOND TENDIDO		
Descripción	Profundidad mínima (m)	Profundidad mínima (m)
TUBERÍA HASTA 508 mm (20 pulgadas) de diámetro.	60.00	45.00
TUBERÍA > 508 mm (20 pulgadas) de diámetro.	45.00	45.00
EN DERECHOS DE VÍA, DE CARRETERAS O FERROCARRILES	75.00	60.00
CRUZAMIENTO DE CARRETERAS	120.00	90.00
CRUZAMIENTO DE FERROCARRILES	VER 8.1.2	VER 8.1.2
TUBERÍA ENCAMSADA	120.00	120.00
TUBERÍA SIN ENCAMISAR	200.00	200.00
CRUCES DE VÍAS DE AGUA	120.00	60.00
BAJO CANALES DE DRENAJE O IRRIGACIÓN	75.00	60.00

FUENTE: NOM-003-SECRE-2002

De acuerdo con el diámetro del tubo, los obstáculos y las condiciones que se presenten en el lugar, el supervisor puede aumentar esta profundidad a su juicio y de acuerdo a la norma y siempre registrando en la bitácora estos casos debidamente razonados.

(7) La presente información se basa en la norma NOM-003-SECRE-2002 punto 8 "Construcción de la red de distribución"



Procedimiento, extraído del "APENDICE G-15 DE LA GUÍA PARA SISTEMAS DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE GAS" provee un método probado y aceptable para el diseño de cruzamientos de caminos y carreteras de tubería de acero sin encamisado. Este procedimiento utiliza factores de diseño, junto con varios factores aplicables a la determinación de las cargas externas en la tubería que resultan tanto de las cargas muertas como de las cargas vivas.

VALORES DE SEGURIDAD PARA EL DISEÑO DE PARA EL CÁLCULO DE CARGAS DE TENDIDO EN ZANJA

H/B _d	CONDICIONES DE SUELO		CONDICIONES DE SUELO		CONDICIONES DE SUELO	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
0.5	0.456	0.461	0.484	0.489	0.494	
1.0	0.830	0.852	0.864	0.831	0.893	
1.5	1.140	1.183	1.208	1.242	1.278	
2.0	1.395	1.464	1.504	1.560	1.518	
2.5	1.606	1.702	1.764	1.838	1.923	
3.0	1.780	1.904	1.978	2.083	2.196	
3.5	1.923	2.075	2.167	2.298	2.441	
4.0	2.041	2.221	2.329	2.487	2.660	
4.5	2.136	2.344	2.469	2.650	2.858	
5.0	2.219	2.448	2.590	2.798	3.032	
5.5	2.286	2.537	2.693	2.928	3.190	
6.0	2.340	2.612	2.782	3.038	3.331	
6.5	2.386	2.675	2.859	3.137	3.458	
7.0	2.423	2.729	2.925	3.223	3.571	
7.5	2.454	2.775	2.982	3.299	3.673	
8.0	2.479	2.814	3.031	3.368	3.784	
8.5	2.500	2.847	3.073	3.424	3.845	
9.0	2.518	2.875	3.109	3.476	3.918	
9.5	2.532	2.898	3.141	3.521	3.983	
10.0	2.543	2.918	3.167	3.560	4.042	
11.0	2.561	2.950	3.210	3.626	4.141	
12.0	2.573	2.972	3.242	3.678	4.221	
13.0	2.581	2.989	3.266	3.718	4.285	
14.0	2.587	3.000	3.283	3.745	4.336	
15.0	2.591	3.009	3.296	3.783	4.378	
Más grande	2.599	3.030	3.333	3.846	4.545	

TABLA #9

FUENTE: GUIDE FOR GAS TRANSMISSION AND DISTRIBUTION SYSTEMS 1990-91 pp. 321

De la relación H/B_d se obtiene el valor del coeficiente "Cd" directamente de las columnas 1,2,3,4 si se tiene un estudio de mecánica de suelos que soporte que las condiciones de suelo son una de las especificadas en estas columnas. Si no se tiene un estudio de mecánica de suelos obtendremos el coeficiente "Cd" de la columna 5 ya que en esta columna se presentan las condiciones más desfavorables.

H: Altura de la zanja a lomo de tubo (obérvase fig. # 7).

B_d: Ancho de zanja (obérvase fig. # 7).

Los datos sombreados se utilizarán en el ejemplo de la página # 59

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



PROCESO PARA EL TENDIDO DE TUBERÍAS DE GAS NATURAL EN LA CIUDAD DE MÉXICO
 CONTROL DE CALIDAD DEL TENDIDO DE TUBERÍAS DE GAS NATURAL EN LA CIUDAD DE MÉXICO
 TUBERÍAS DE GAS NATURAL EN LA CIUDAD DE MÉXICO
 CONTROL DE CALIDAD DEL TENDIDO DE TUBERÍAS DE GAS NATURAL EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Ángulo de Soporte	Tipo de Suelo	Deflexión	
		K _z	K _b
0°	ROCA CONSOLIDADA	0.110	0.204
30°	ZANJA ABIERTA	0.108	0.235
60°	ZANJA ABIERTA	0.103	0.189
90°	AGUJERO	0.096	0.157
120°	AGUJERO	0.089	0.138
150°	AGUJERO	0.085	0.128
180°	AGUJERO	0.083	0.125

TABLA # 10 FUENTE: GUIDE FOR GAS TRANSMISSION AND DISTRIBUTION SYSTEMS 1990-91 pp. 320

La anchura de apoyo se obtiene como sigue:

ÁNGULO DE SOPORTE UNIFORME BAJO LA TUBERÍA

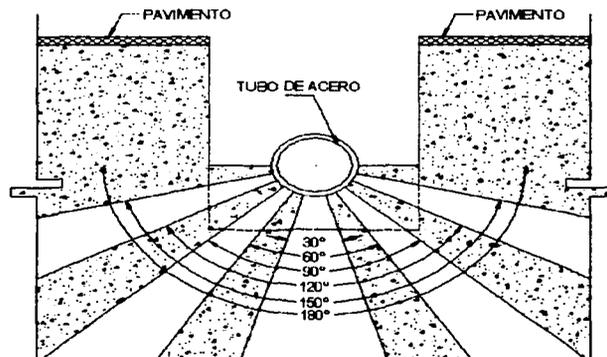


fig. # 6

Para el caso de las tuberías enterradas el apoyo siempre será de 180° y tomaremos el parámetro de deflexión "K_z" correspondiente a este renglón, pero el parámetro de momento "K_b" se tomará el correspondiente a roca consolidada debido a que las condiciones son variables a lo largo de la zanja y por ser el más desfavorable.

Los factores usados para el cálculo de las cargas externas son variables y permiten al diseñador la flexibilidad de considerar varios tipos de suelos y condiciones de carga en las carreteras.

K_z: Parámetro de deflexión que se considera según el ángulo de soporte del suelo y para el caso de tubería enterrada se considera de 180°, es adimensional.

K_b: Parámetro de momento que se considera según las condiciones del cruce, es adimensional. (Para el caso de condiciones distintas en la base de soporte seleccionar la más desfavorable que corresponde a "roca consolidada" donde se presenta un valor más alto).

NOTA: Los dos parámetros se obtienen de la tabla # 9.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



PROCESO PARA EL TENDIDO DE LINEAS SUBTERRANEAS DE GAS NATURAL EN LA CIUDAD DE MEXICO

Profundidad (m)	Carga (kg/m ²)	Presiones (kg/cm ²)				
		0.035	0.065	0.065	0.068	0.095
1/8	0.450	0.035	0.065	0.065	0.068	0.095
1/4	0.540	0.037	0.065	0.065	0.088	0.119
3/8	0.675	0.041	0.065	0.065	0.091	0.126
1/2	0.840	0.046	0.065	0.065	0.109	0.147
3/4	1.050	0.048	0.065	0.065	0.113	0.154
1	1.315	0.053	0.065	0.065	0.133	0.179
1 1/4	1.660	0.061	0.065	0.065	0.140	0.191
1 1/2	1.900	0.065	0.065	0.065	0.145	0.200
2	2.375	0.075	0.075	0.075	0.154	0.218
2 1/2	2.875	0.083	0.085	0.085	0.203	0.203
3	3.500	0.083	0.098	0.098	0.216	0.216
3 1/2	4.000	0.083	0.108	0.108	0.226	0.266
4	4.500	0.083	0.116	0.116	0.237	0.237
5	5.560	0.083	0.125	0.125	0.258	0.250
6	6.625	0.083	0.134	0.156	0.280	0.250
8	8.625	0.104	0.134	0.172	0.322	0.280
10	10.750	0.104	0.164	0.188	---	0.250
12	12.750	0.104	0.164	0.203	---	0.250
14	14.000	0.134	0.164	0.210	---	0.250
16	16.000	0.134	0.164	0.219	---	0.250

TABLA # 11

FUENTE: GUIDE FOR GAS TRANSMISSION AND DISTRIBUTION SYSTEMS 1990-91 pp. 337

Si el peso unitario del suelo "δ" es conocido por medio de un estudio de mecánica de suelos, este será evaluado, pero si "δ" se desconoce se podrá sustituir por alguno de los siguientes según se considere.

TABLA DE PESOS DE ALGUNOS MATERIALES

Material	Peso unitario (kg/m ³)		Peso unitario (lb/ft ³)	
	Seco	Mojado	Seco	Mojado
CHILUCAS Y CANTERAS SECAS	1,750	2,450	109	153
CHILUCAS Y CANTERAS SATURADAS	2,000	2,500	125	156
BASALTOS (PIEDRA BRAZA)	2,350	2,600	147	162
TEPETATE (SECO)	750	1,600	47	100
TEPETATE (SATURADO)	1,300	1,950	81	122
ARENA DE MINA (SECA)	1,400	1,750	87	109
ARENA DE MINA (SATURADA)	1,850	2,100	115	131
GRAVA	1,400	1,600	87	100
ARCILLA TÍPICA DEL VALLE DE MÉXICO	1,200	1,500	75	94

TABLA # 12

FUENTE: ELABORACION PROPIA CON BASE EN EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DEL D.F.

δ : Peso unitario del suelo que se considerará de la tabla # 12 según sean los materiales predominantes en la zona de la instalación, en lb/ft³.

**CARGAS MÁXIMAS PERMITIDAS POR RUEDA PARA LOS VEHÍCULOS**

CARGAS MÁXIMAS LEONLES POR EJE (TON)	TIPO DE EJE	TIPO DE RUEDA	Cargas por Rueda (TON)	Cargas por Rueda (Kilogramos)
5.5	EJE SENCILLO	SENCILLA	2,750	6,063
10.5	EJE SENCILLO	DOBLE	2,625	5,788
18.0	EJE TANDEM	DOBLE	4,500	9,921
27.0	EJE TRIPLE	DOBLE	6,750	14,882

TABLA # 13 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN "VÍAS DE COMUNICACIÓN, CAMINOS, FERROCARRILES, AEROPUERTOS, PUENTES Y PUERTOS, FERNANDO OLIVERA BUSTAMANTE, EDITORIAL CECSA.

Si se desconoce el tipo de transporte que transitará la zona se debe considerar la máxima carga por rueda permitida.

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE DEFECTO

TIPO DE PAVIMENTO	FACTOR DE DEFECTO "F"
PAVIMENTO RÍGIDO	1
PAVIMENTO FLEXIBLE	1.5

TABLA # 14 FUENTE: GUIDE FOR GAS TRANSMISSION AND DISTRIBUTION SYSTEMS 1990-91 pp. 339

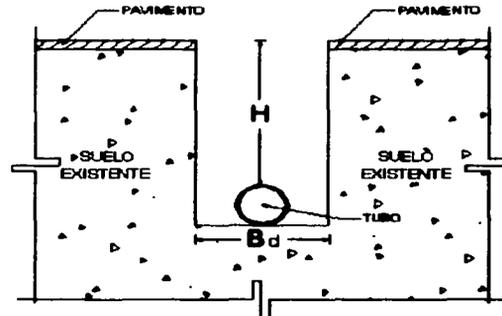
SECCION TRANSVERSAL TÍPICA DE ZANJA

fig. # 7

El cálculo del esfuerzo total de anillo puede utilizarse para confirmar que la tubería sin encamisar en servicio, no está sujeta a niveles excesivos de esfuerzo. El cálculo de la combinación total de esfuerzos "St" (total stress), no debe exceder al 100 % del (SMYS) esfuerzo mínimo especificado a la cedencia (RMEC).

SMYS: Stress Minimum Yield Strength, (Esfuerzo Mínimo Especificado a la Cedencia).

RMEC: Resistencia Mínima Especificada a la Cedencia.

NOTA: Estas dos anotaciones son equivalentes.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



**ANEXO A LA LEY DE INICIATIVA DE LEY PARA LA CIUDAD DE MÉXICO, LEY DE ASESORIA
COMERCIAL Y TÉCNICA EN SISTEMAS DE GASES**

ESPECIFICACIONES	CLASE	TIP. DE GASES	VALOR
API 5L	A25	BW, ERW, S	25,000
API 5L	A25	ERW, S, DSA	33,000
API 5L	B	ERW, S, DSA	35,000
API 5L	x42	ERW, S, DSA	42,000
API 5L	x46	ERW, S, DSA	46,000
API 5L	x52	ERW, S, DSA	52,000
API 5L	x56	ERW, S, DSA	56,000
API 5L	x60	ERW, S, DSA	60,000
API 5L	x65	ERW, S, DSA	65,000
API 5L	x70	ERW, S, DSA	70,000
API 5L	x80	ERW, S, DSA	80,000
ASTM A 53	tipo F	8W	25,000
ASTM A 53	A	ERW, S	30,000
ASTM A 53	B	ERW, S	35,000
ASTM A 106	A	S	30,000
ASTM A 106	B	S	35,000
ASTM A 106	C	S	40,000
ASTM A 135	A	ERW	30,000
ASTM A 135	B	ERW	35,000
ASTM A 139	A	EFW	30,000
ASTM A 139	B	EFW	35,000
ASTM A 139	C	EFW	42,000
ASTM A 139	D	EFW	46,000
ASTM A 139	E	EFW	52,000
ASTM A 333	1	S, ERW	30,000
ASTM A 333	3	S, ERW	35,000
ASTM A 333	4	S	35,000
ASTM A 333	6	S, ERW	35,000
ASTM A 333	7	S, ERW	35,000
ASTM A 333	8	S, ERW	75,000
ASTM A 333	9	S, ERW	46,000
ASTM A 381	clase y-35	DSA	35,000
ASTM A 381	clase y-42	DSA	42,000
ASTM A 381	clase y-46	DSA	46,000
ASTM A 381	clase y-48	DSA	48,000
ASTM A 381	clase y-50	DSA	50,000
ASTM A 381	clase y-52	DSA	52,000
ASTM A 381	clase y-56	DSA	56,000
ASTM A 381	clase y-60	DSA	60,000
ASTM A 381	clase y-65	DSA	65,000

TABLA # 15

FUENTE: APPENDIX D GAS TRANSMISSION AND DISTRIBUTION SYSTEMS 1999 pp. 127

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**FÓRMULAS:**

$S_t = S_I + S_E$ Esto es:

$$S_t = \left[\frac{P \times D}{2 \times t} \right] + \left[\frac{3 \times K_b \times W \times E \times D \times I}{(E \times t^3) + (3 \times K_z \times P \times D^3)} \right] \leq RMEC$$

$$\text{Donde } W = 83.3 \times C_d \times \delta \times B_d^2 \times 10^{-3} + \left[\frac{10.4 \times L \times D \times I}{\pi \times H^2 \times 10^3} \right] =$$

S_t = Esfuerzo total combinado calculado, en psi. ($S_t \leq 100\%$ RMEC)

S_I = Esfuerzo de anillo debido a la presión interna, en psi.

S_E = Esfuerzo de anillo debido a la carga externa, en psi.
(Basado en el procedimiento desarrollado por el Dr. M. G. SPANGLER).

P = Presión interna de la tubería, en Psi.

D = Diámetro exterior de la tubería, en pulgadas.

t = Espesor nominal del tubo, en pulgadas.

K_b = Parámetro de momento flexionante, adimensional. (ver tabla # 10)

W = Carga total externa, en libras / pulgada lineal de tubería
(Incluye carga muerta del suelo y carga viva vehicular).

E = Módulo de elasticidad del acero (30×10^6 PSI).

K_z = Parámetro de deflexión, adimensional. (ver tabla # 10)

C_d = Coeficiente de carga, adimensional. (ver tabla # 9)

δ = Peso unitario del suelo, en lb/ft^3 . (ver tabla # 12)

B_d = Ancho de la zanja o diámetro del agujero perforado, en ft. (ver fig # 7)

L = Carga de la rueda, en lb. (La máxima carga por rueda autorizada por el gobierno). (ver tabla # 13)

I = Factor de impacto, adimensional. (ver tabla # 14)

H = Altura o profundidad del suelo sobre la tubería, en ft. (ver fig # 7)

**EJEMPLO:**

A continuación se analiza una tubería de acero que se pretende colocar en la red de distribución de gas natural de la ZMCM concretamente en el Distrito Federal la cual estará sometida a las siguientes condiciones:

PRESIÓN DE TRABAJO:	300 psi.
PROFUNDIDAD A LOMO DE TUBERÍA:	60 cm. ó 2 ft.
ANCHO DE ZANJA:	45cm. ó 1.5 ft.
EL DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA:	8.00 in.
EL ESPESOR NOMINAL DE LA TUBERÍA:	0.250 in.
CARACTERÍSTICAS DEL PAVIMENTO:	FLEXIBLE.
ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS:	NINGUNO.
TIPO DE CARGAS QUE TRANSITAN LA ZONA:	SE DESCONOCE.
ESPECIFICACIÓN DE TUBERÍA:	API 5L GRADO "B".

NOTA: los datos utilizados para el desarrollo de esta fórmula se encuentran sombreados en cada una de las tablas del punto 3.4 de éste capítulo, además algunos valores que se desconocen se deberán suponer como los más críticos, con el propósito de garantizar la seguridad del sistema ante las condiciones más severas.

DESARROLLO DE FÓRMULA:**CÁLCULO DE LA PRESIÓN INTERNA DEL TUBO**

Si el diámetro nominal del tubo es 8", el diámetro exterior de la tubería es 8.625

$$Si = \left[\frac{P \times D}{2 \times t} \right] = \left[\frac{300 \times 8.625}{2 \times 0.250} \right] = \left[\frac{2587.50}{0.50} \right] = 5,175 \text{ Psi}$$

CÁLCULO DE LA PRESIÓN EXTERNA DEL TUBO.

$$\frac{H}{B_d} = \frac{2 \text{ ft}}{1.5 \text{ ft}} = 1.333 \approx 1.5 \therefore Cd = 1.278$$

El peso unitario del suelo considerado es el máximo para "Arcillas típicas del valle de México" $\delta = 94 \text{ lb/ft}^3$ ya que se localiza en el D.F.

El valor para la máxima carga permitida por rueda es $L = 14,882 \text{ lb}$ debido a que se desconoce la carga máxima que transitará la zona.

El factor de impacto considerado debido a que es un pavimento flexible es $I = 1.5$

El diámetro exterior de la tubería es 8.625"

La altura a lomo de tubería es: 2 ft.

**CÁLCULO DE W**

$$W = 83.3 \times 1.278 \times 94 \times 1.5^2 \times 10^{-3} + \left[\frac{10.4 \times 14,882 \times 8.625 \times 1.5}{3.1416 \times 2^2 \times 10^3} \right] =$$

$$W = 22.516 + \left[\frac{2,002,373.1}{12,566.40} \right] = 22.51 + 159.34 = 181.85$$

CÁLCULO DE LA PRESIÓN EXTERNA

Todos los datos utilizados para el desarrollo de esta fórmula ya son conocidos dado lo anteriormente explicado.

$$K_z = 0.083$$

y

$$K_b = 0.294$$

$$S_E = \left[\frac{3 \times K_b \times W \times E \times D \times t}{(E \times t^3) + (3 \times K_z \times P \times D^3)} \right] = \left[\frac{3 \times 0.294 \times 181.85 \times 30 \times 10^6 \times 8.625 \times 0.250}{(30 \times 10^6 \times 0.250^3) + (3 \times 0.083 \times 300 \times 8.625^3)} \right] =$$

$$S_E = \left[\frac{10,375,338,093.8}{(468,750) + (47,928.95)} \right] = \left[\frac{10,375,338,093.8}{516,678.95} \right] = 20,080.82$$

POR LO TANTO

$$S_t = S_i + S_E = 5,175 + 20,080.82 = 25,255.82$$

$$25,255.82 \leq 35,000 \therefore O.K.$$

Considerando que de las tablas del punto 3.4 de este capítulo se utilizaron factores máximos posibles, la tubería se encuentra sometida a un esfuerzo máximo de 25,255.82 psi y la especificación del tubo API 5L GRADO B resiste 35,000 psi., lo cual significa que aún en las peores condiciones la profundidad establecida por la norma es suficiente y la tubería tendría un factor de seguridad F.S de 1.38.

Esto indica que las tuberías de gas natural, están construidas con bastante seguridad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



3.5 EXCAVACIÓN

Los cortes de pavimento en asfalto o concreto deben efectuarse con equipo mecánico (cortadora de disco abrasivo) y retirar el producto del área antes de proceder a la excavación.



FOTO # 2 Personal realizando el corte al pavimento



FOTO # 3 Corte de pavimento con disco abrasivo

La excavación puede ejecutarse manualmente o por medios mecánicos (pala mecánica o zanjadora), tomando en cuenta el frente de ataque y la naturaleza del material y cumpliendo con los requerimientos de ancho y profundidad para la correcta instalación del sistema.



FOTO # 4 Máquina realizando zanja para una derivación domiciliar.

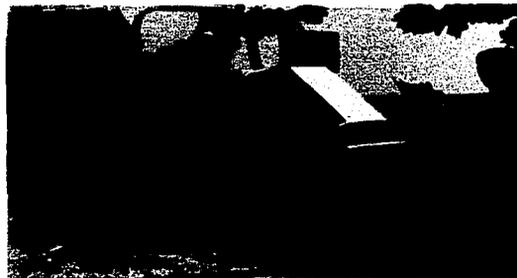


FOTO # 5 Zanjadora realizando el corte a la profundidad indicada.

Se debe notificar al distribuidor, si en el transcurso de las excavaciones se encuentra alguna interferencia o sea necesario hacer exploraciones previas (calas), para determinar la localización de interferencias.

Cuando el tipo de suelo y/o la profundidad sea tal que no permita paredes verticales en la excavación, se pueden formar taludes o ademar según se requiera.



Quando sea necesario cruzar una instalación de servicio existente, la separación mínima entre la tubería y las otras instalaciones debe ser mínimo de 30 cm., de lo contrario se deberá interponer algún material entre estas instalaciones para proteger la tubería de gas natural.



FOTO # 6

Cruce con una instalación de drenaje.



FOTO # 7 Enchasetamiento de tubería de gas para protección en el cruce.

Quando la excavación en cepas se ejecute en terreno rocoso, en arcilla compactada o piedras angulares que impidan el apoyo uniforme de la tubería en el fondo de la cepa, se debe colocar una plantilla con un espesor mínimo de 10 cm. o el necesario para cubrir imperfecciones, el material puede ser producto de la excavación o material procedente de banco como: arena, tierra fina o cualquier otra similar que proteja la tubería.



FOTO # 8

Superficie con piedras que pueden dañar la tubería.

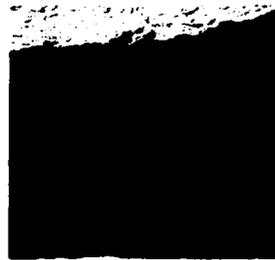


FOTO # 9

Pared deopera.

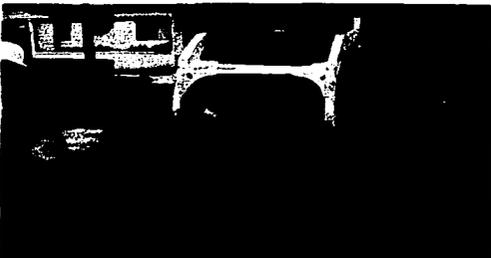


FOTO # 10

Aportación de material de banco para plantilla de soporte.



FOTO # 11 Personal dando espesor de plantilla.



Para las excavaciones de cepa de materiales rocosos no se autorizará el uso de explosivos, solo rompedoras neumáticas.



FOTO # 12 Rompedora neumática demoliendo roca en el interior de la zanja.

Si el material se encuentra saturado, se deben formar en el fondo de la cepa drenes y cárcamos para bombear el agua a la superficie del terreno.

El producto de la excavación se debe depositar solo en un costado de la cepa con una separación suficiente de la misma, dejando libre el lado contrario para las maniobras de tendido de tubería.

La cepa debe conservarse libre de basura, escombros, materiales rocosos o materiales que puedan ocasionar daño a la tubería.

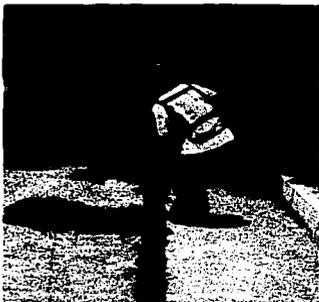


FOTO #13 Personal realizando limpieza de zanja.



FOTO # 14 Preparación de la superficie de soporte de tubería.

La superficie del fondo de la zanja se debe emparejar y afinar de tal manera que se permita un apoyo uniforme de la tubería.

En las cepas abiertas donde sea necesario el tránsito vehicular y peatonal, el constructor debe proporcionar planchas de acero que garanticen las condiciones de seguridad.



El constructor debe proteger el material producto de la excavación depositado a un costado de la zanja cuando se presenten días con viento o lluvia, que puedan provocar daños a terceros y a instalaciones adyacentes.

No se permitirá abrir una nueva zanja en tanto no se hayan bajado las tuberías y rellenado completamente la zanja inicial. Este trabajo se debe realizar en el transcurso de la jornada de trabajo.

Las cepas excavadas para tubería de polietileno con diámetro menor a 152 mm. (6") en una vía pública no deben abrirse en una longitud mayor de 200 metros si así lo permite el tipo de terreno o en la distancia comprendida entre dos calles transversales, adelante del extremo del frente instalado de la tubería como se indica en la fig # 8. En campo abierto esta longitud puede incrementarse hasta 500 metros si así lo permite el tipo de suelo.



Fig # 8

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para tubería de polietileno con diámetro mayor a 152 mm. (6"), así como para cualquier diámetro de tubería de acero el tramo máximo será de 100 metros.

Si por alguna razón se modifica el trazo del proyecto, debe asentarse en la "bitácora" de la obra con un croquis que indique la longitud, profundidad y dirección del trazo modificado, referenciado a instalaciones fijas cercanas, con el objeto de pasarlo a planos definitivos (as built) una vez terminada la obra.

AS BUILT: Se refiere a los planos definitivos de la instalación.

NOTA: El personal encargado de la ejecución de los trabajos de instalación es el responsable de generar este tipo de planos, en éstos se indica la ubicación precisa de las instalaciones de acuerdo con lo realizado en el lugar, proporcionando de esta manera la información que posteriormente servirá para la generación del banco de datos correspondiente a la línea de distribución de gas natural de la Ciudad de México.



3.6 TUBERÍA DE ACERO. (8)

Antes de iniciar alguna actividad se debe prevenir al personal sobre los posibles riesgos involucrados en el desarrollo de la misma.

Todo el personal sin excepción, utilizará el equipo de protección personal que el constructor proporcionará, esto es:

- Guantes de camaza
- Lentes de protección con ventilación.
- Ropa de trabajo de algodón
- Llevar y contener un botiquín de primeros auxilios que contenga principalmente medicamentos y / o equipo contra lesiones por golpes o aplastamiento.
- Casco con barbiquejo
- Calzado tipo industrial con casquillo de acero.

TRANSPORTE DE LA TUBERÍA

Para las actividades de carga de la tubería se deberá contar con estrobos o eslingas en buenas condiciones y la capacidad adecuada al peso de la tubería a maniobrar, con el fin de evitar posibles accidentes al soltarse la tubería que se está maniobrando.

Se deberá mantener estricta supervisión de personal calificado en el manejo de tubería, válvulas, conexiones y demás componentes para evitar dañarlos con el conocimiento adecuado en maniobras y almacenaje.

El equipo de carga y el equipo de transporte deberán ser iguales o superiores a la capacidad requerida y no se deberá sobrepasar sus límites.

Deberá equiparse el equipo de transporte con señales suficientes para el tránsito en carretera de acuerdo a las disposiciones de las autoridades correspondientes.

Es recomendable que el operario siempre transite en compañía de su ayudante, el cual deberá estar siempre alerta para comunicar a su operario de cualquier riesgo no advertido por él en tránsito.

No deberá transitarse con tubería que se encuentre sucia o con material adherido, superficialmente con el fin de evitar que en carreteras se desprendan éstas con el viento y puedan causar problemas a los demás vehículos.

Para el caso de tubería desnuda, se deberán utilizar estrobos de cable o cadenas que tengan una longitud suficiente para sostener en los extremos a la tubería y con la grúa sujetándolo en el centro del estrobo deberá contar con un aditamento en el que el gancho de la grúa pueda sujetarse y de ninguna manera se intentará la carga de la tubería sin este aditamento evitando el riesgo de algún accidente.

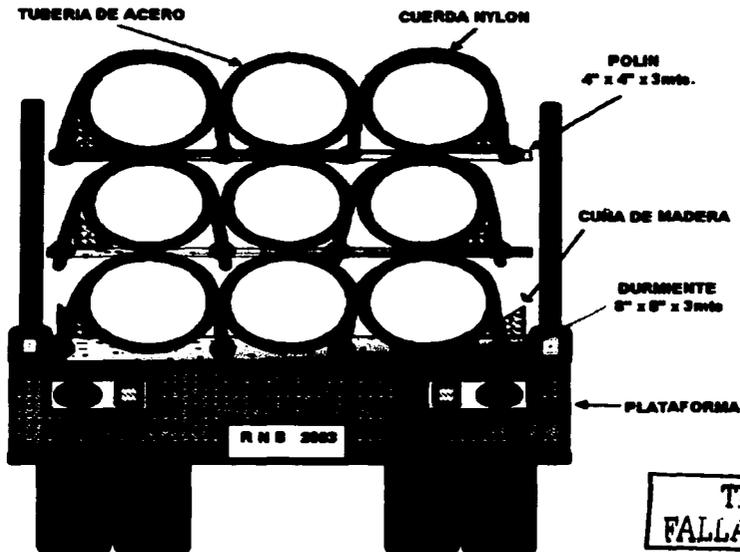
Si es tubería con recubrimiento mecánico, la maniobra anterior deberá hacerse con eslingas de algodón o con bandas de lona de la capacidad adecuada para evitar daños al citado recubrimiento.

En el trayecto o parábola que describe la tubería al ser cargada y puesta sobre la plataforma no deberá estar ubicado personal que pudiese ser lastimado en caso extremo de que la carga se suelte de sus amarres.

(8) Procedimiento basado en información otorgada por PEMEX, Subdirección de Ductos, Gerencia Comercial y de Transporte, Mantenimiento.



Las estibas sobre la plataforma se efectuarán en pirámides de camas con la cantidad de tubos suficientes para que no queden holgados y serán de acuerdo al diámetro de la tubería a transportar.



La cama inferior se asentará sobre protecciones o calzas de madera a base de polin (de preferencia de 8"x8"x3.00 m.), colocándose tres apoyos perpendiculares al eje de la tubería, acufiándose en los extremos con secciones de madera (se recomienda 3 1/2" x 3 1/2" x 0.20 m) clavadas a la base de madera.

Como separadores entre las tuberías se podrán utilizar gasas de madera, pero se recomienda utilizar cuerda de nylon de 1 1/4", la cual deberá "atarse" al tubo en todo su perímetro, cortándose y reflejándose en el empalme para garantizar que esta protección permanecerá en su sitio todo el tiempo, dicha protección se colocará a 1.50 m. de cada extremo del tubo y al centro del mismo.

Debe sujetarse y fijarse a la plataforma con el fin de que no estén sueltas durante el transporte. Para el caso de tubería desnuda se podrá usar cadenas y tensores para darle la tensión requerida, pero es recomendable siempre utilizar bandas de lona para la sujeción y utilizando carretes tensores. En el caso de tubería con recubrimiento solo se permitirá el uso de bandas para no dañar la protección y en ningún caso se permitirá el uso de cadenas.

Cuando por condiciones de longitud de la tubería ésta sobresalga del largo de la plataforma, será necesario efectuar maniobras de abanderamiento del vehículo de acuerdo a las disposiciones de las autoridades correspondientes.



TENDIDO DE TUBERÍA

Para la manipulación y tendido de tuberías debemos asegurarnos que la zanja esté acondicionada adecuadamente, que se tenga libre acceso al derecho de vía, que el equipo utilizado para el tendido sea el adecuado y se encuentre en buenas condiciones.

Posteriormente se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

El tendido de la tubería se deberá efectuar cuando se haya concluido con los trabajos de construcción de la zanja.

Los tubos se acomodarán a un lado de la zanja, a lo largo de ésta, sin causarle daños. Debiendo traslaparse entre cinco y diez centímetros y se instalarán a una distancia tal, que el peso de la tubería no ocasione derrumbes. (foto # 15)

La tubería puede tenderse desnuda, recubierta o lastrada. La tubería recubierta deberá tenderse protegiéndola con soportes en los extremos donde no hay recubrimiento.



FOTO # 15 Tubería soportada por polines para su protección y colocada a un costado de la zanja.

El equipo utilizado para las maniobras de tendido será exclusivamente de descarga y deberá contar con estrobs confiables, seguros y en buen estado. Los extremos deberán ser adecuados para la sujeción de los tubos.

En lugares donde por lo inaccesible para el equipo ligero, no se pueda llevar a cabo el tendido de tubería, será necesario estibar la tubería para que posteriormente con tractor-pluma u otro equipo pueda llevarse hasta el lugar donde se requiera.

Cualquier daño causado al tubo es susceptible de que sea sustituido por otro a criterio del supervisor.

En todo momento todos los supervisores o encargados tienen la obligación de observar la tubería para detectar posibles daños, producto de la transportación, maniobra o tendido.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



ALINEADO DE TUBERÍAS

Revisar y asegurar que la herramienta, materiales, equipo y accesorios requeridos para efectuar esta actividad se encuentren en condiciones óptimas de funcionamiento y uso.

Los tubos y elementos prefabricados deben inspeccionarse antes de su instalación. El pandeo, las abolladuras, aplastamientos, ranuras y todos los defectos de este tipo deben ser eliminados de acuerdo a lo que indica el API Spec. 5L.

Verificar que el equipo utilizado para el alineado sea el adecuado así como asegurarnos que las maniobras del tendido no dañen la tubería. Posteriormente se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

El alineado se realizará utilizando alineadores externos, internos, neumáticos y manuales a fin de que los tubos queden alineados circunferencial y colinealmente.

El alineamiento significa que estando los dos tubos frente a frente con sus correspondientes biseles, limpios (libres de suciedad, aceites, óxido, y materiales extraños) y separados circunferencialmente con la misma distancia, están listos para ser unidos mediante el proceso de soldadura. El espacio que se recomienda entre biseles es de $1/16"$ o $0.063"$. (ver foto # 16 y fig # 10).

PREPARACIÓN DE LA UNIÓN DEL TUBO



FOTO # 16 Tubería alineada y limpia lista para aplicación de soldadura.

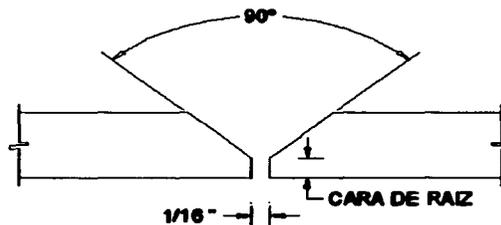


Fig. # 10 Indicando el ángulo del bisel y el espesor de la cara de raíz.

NOTA: El espesor de la cara de raíz puede variar de acuerdo con el espesor del tubo

Dependiendo del diámetro y del espesor de pared del tubo, puede ser necesario emplear varias pasadas como se presentan a continuación:

PASADA SENCILLA

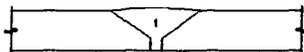
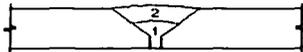


Fig. # 11

PASADA DOBLE



Esquema que representan el número de pasadas de soldadura que se aplicarán según el espesor de la tubería.

PASADAS MÚLTIPLES





No se permite mover el alineador exterior durante la aplicación de los punteos necesarios para fijar los dos tubos a unir. Estos punteos deben de aplicarse uniformemente espaciados alrededor de la circunferencia del tubo.

Se deberá tener la precaución de verificar en el momento del alineado que el ovalamiento de los tubos no sea mayor al 2 % de su diámetro. No se recomienda corregir el ovalamiento mayor al 2 % con la canastilla alineadora, ya que la junta soldada quedaría con una concentración de esfuerzos que podría producir una fractura.

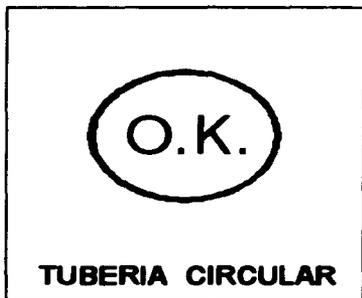


fig. # 12 Tubería en buenas condiciones para soldar.



Fig. # 13 Tubería no apta para su unión.

El constructor debe verificar el espesor del recubrimiento mediante un medidor de profundidad de hoyos y la continuidad del mismo mediante un detector eléctrico de fallas.

El detector eléctrico debe producir un arco que salte un espacio cuando menos igual al espesor del revestimiento. Se debe disponer de un potencial de 2400 volts, para cada treintaidosavo de pulgada de espesor (0.032").

Se deberá efectuar la limpieza del lugar, asegurándose de dejarlo libre de residuos y basura.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



SOLDADURA

Para facilitar el entrenamiento del personal en esta actividad se requieren conocimientos de soldadura con arco eléctrico manual y estar certificado de acuerdo como lo especifica la última edición del Estandar API Std. 1104 "Welding of Pipelines and Related Facilities" para desarrollar esta actividad.

El personal que ejecute estos trabajos deben ser soldadores calificados y presentar su certificado con una semana de anticipo al inicio de los trabajos. Dicho certificado debe tener fecha de emisión anticipada no mayor de 12 meses. (API Std. 1104)

Para realizar la soldadura convencional de tuberías se requiere lo siguiente:

Materiales y Herramienta

- Tubería
- Electroodos para soldar E7010 de 1/8"Ø, 5/32"Ø y 3/16"Ø.
- Discos abrasivos de 1/8" y 1/4"
- Equipo de corte oxi-acetileno
- Lote de herramientas para soldador.
- Pulidor.
- Máquina para soldar SAE 500 equipada con cables eléctricos para tierra y porta electrodo.
- Careta protectora para soldador.
- Biseladora eléctrica completa.
- Corta tubos rotatorio manual.
- Recipiente con agua
- Formato de reporte y bolígrafo.

Equipo y accesorios:

- Equipo de maniobra para alinear la tubería.
- Vehículo de transporte de personal y equipo, incluye caja de herramienta debidamente sujeta a la unidad.

Nota: el equipo antes mencionado deberá estar en condiciones óptimas de trabajo.

Los procedimientos de soldadura a utilizarse deben ser presentados a la empresa distribuidora con una semana de anticipación para su aprobación y/o modificación.

Se pueden soldar antes de bajar a la zanja lingadas de tubos tan largas como la ausencia de obstáculos y la maquinaria para maniobras lo permita, incluyendo en su caso derivaciones y válvulas.

Con equipo adecuado se realizarán maniobras para introducir el tramo de tubería ajustando y colocándolo mediante alineadores tipo canasta en ambos lados manteniéndolos hasta aplicar el 50 % de fondeo a la circunferencia para poder retirarlos.

Lingada: Se considera cuando varios tramos de tubos han sido unidos (soldados) con el fin de evitar soldar cada tramo dentro de la zanja.



Se inicia el proceso de soldadura aplicando el primer cordón (fondeo) utilizando electrodo E7010 de 1/8"Ø. Al término de la soldadura se aplicará una limpieza con pulidor eléctrico manual, equipado con disco abrasivo o carda de alambre trenzado para el retiro de impurezas o defectos.

Se sigue el proceso de soldadura aplicando el segundo cordón (paso caliente) utilizando electrodo E7010 de 1/8"Ø. Al término de la soldadura se aplicará una limpieza con pulidor eléctrico manual, equipado con disco abrasivo o carda de alambre trenzado para el retiro de impurezas o defectos.

Se sigue el proceso de soldadura aplicando el tercer cordón (relleno) utilizando electrodo E7010 de 5/32"Ø. Al término de la soldadura se aplicará una limpieza con pulidor eléctrico manual, equipado con disco abrasivo o carda de alambre trenzado para el retiro de impurezas o defectos.

Se sigue el proceso de soldadura aplicando el cuarto cordón (vista) utilizando electrodo E7010 de 5/32"Ø. Al término de la soldadura se aplicará una limpieza con pulidor eléctrico manual, equipado con disco abrasivo o carda de alambre trenzado para el retiro de impurezas o defectos.

BAJADO DE TUBERÍA

Previo a iniciar la actividad, se deberá verificar:

- Que el área de trabajo esté delimitada y acordonada.
- Que la cepa tenga las dimensiones adecuadas.
- Que exista un colchón de material suave en el fondo de la cepa (10 cm. como mínimo).

DESARROLLO

Amarrar la tubería con eslingas o estobos adecuados, colocándolos en las distancias adecuadas, distribuidos a intervalos regulares a lo largo del tramo de ducto.

Sujetar los estobos o eslingas a los winches o tripies a utilizar, tensándolos suavemente.

Levantar la tubería aproximadamente 5 cm. del suelo con ayuda del equipo, evitando los "estirones".

Desplazar la tubería a la cepa, centrándola adecuadamente.

Bajar lentamente el ducto, depositándolo suavemente en el fondo de la cepa.

NOTA: si el tramo de ducto es largo, deberá repetirse esta secuencia tantas veces como sea necesario, hasta completar la longitud requerida.



TAPADO DE TUBERÍA.

Se iniciará el tapado de tubería realizando a intervalos regulares burros de material suave, con altura media hasta el lomo de tubo y un ancho de corona de 50 cm.

El material se compactará con pisón de mano en capas no mayores a 30 cm.

Una vez concluidos los burros, se procederá a rellenar el resto de la cepa hasta el lomo del ducto, realizándolo en capas no mayores a 30 cm. y compactando con pisón de mano.

Continuar con el relleno hasta 30 cm. superiores al lomo de tubo con material suave, posterior a esta altura se puede utilizar el material producto de excavación aunque no sea material suave.

Limpiar el área de trabajo, recuperar los materiales utilizados para delimitar el área.

RELLENO O TAPADO DE ZANJA CON HERRAMIENTA MANUAL Y/O MAQUINARIA

Equipo:

- Compactadora
- Motoconformadora, cargador frontal, Retroexcavadora o tractor con cuchilla frontal.
- Vehículo de transporte de personal y equipo, incluida la caja de herramienta debidamente sujeta a la unidad, y en condiciones óptimas de trabajo

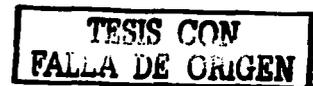
DESARROLLO

Este procedimiento deberá cumplirse bajo estricta supervisión de personal calificado y con el conocimiento adecuado en maniobras y capacidades de carga.

Es necesario y obligatorio que todo el personal que intervenga en los trabajos use el equipo de protección adecuado y completo, y será responsabilidad del ingeniero encargado de los trabajos de vigilar que esta disposición se cumpla en su totalidad.

Para el caso de tubería desnuda, se deberán utilizar estobos de cable o cadenas que tengan una longitud suficiente para sostener en los extremos a la tubería y con la grúa sujetándolo en el centro del estrobo deberá contar con un aditamento en el que el gancho de la grúa pueda sujetarse y de ninguna manera se intentará la carga de la tubería sin este aditamento evitando el riesgo de algún accidente.

Si es tubería con recubrimiento mecánico, la maniobra anterior deberá hacerse con eslingas de algodón o con bandas de lona de la capacidad adecuada para evitar daños al citado recubrimiento.





PRUEBAS DE HERMETICIDAD

Los equipos de medición y/o pruebas deberán de estar protegidos ante la exposición directa de golpes, agua y sol.

La inspección de la soldadura se lleva a cabo por radiografía, el 100% de las juntas y al 100 % de la soldadura y se clasifican y reparan en su caso con la norma API Std. 1104

Se procederá a la radiografía de las juntas por personal especializado quien dará los resultados en el lugar. Si son satisfactorios se entregará el ducto al departamento de operación.

Si los resultados son negativos se procede a marcar la falla detectada y se realizará la reparación de la misma.

Al término de la reparación nuevamente se procederá a la radiografía por personal especializado, quien dará los resultados en el lugar. Si son satisfactorios se dan por concluidos los trabajos.

El contratista de supervisión debe entregar diariamente todos los registros con los resultados de las radiografías y sus placas correspondientes sancionados debidamente por la empresa distribuidora, para la continuidad de los trabajos

Al término de la jornada y en caso de no haber acabado todo el tramo, se vaciarán todos los datos del proyecto con la finalidad de cotejar lo realizado en campo.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



3.7 TUBERÍA DE POLIETILENO. (9)

Cada partícula de resina de polietileno consiste en una mezcla de moléculas de peso molecular alto y bajo. La distribución del peso molecular está en la densidad, que define el grado y el esfuerzo hidrostático del diseño, PE-2406, PE-3408. El primer dígito se refiere a la densidad del producto o tipo 2 ó 3 (medio ó alto), que son los más comunes para tuberías de distribución de gas natural.

El polietileno es de los termoplásticos más conocidos a nivel mundial, algunas de sus características son las siguientes:

- Es un material inerte.
- Presenta excelente resistencia ante productos agresivos.
- Es muy resistente ante solvente y odorizantes.
- Resiste el ataque de bacterias, termitas y microorganismos.
- Resiste el ataque de parafinas, hidrocarburos, detergentes y jabones.
- Se reblandece al aumentar la temperatura.
- No es afectado por el gas natural debido a que es un derivado de éste.
- Es bastante flexible.
- No se corroe, no se oxida.
- Las pérdidas de presión por fricción son muy bajas.
- Se diseña para resistir presión interna.
- Funciona también como aislante ya que no permite corrosión.
- Es un mal conductor de cargas eléctricas, pero se debe tener precaución ante cargas originadas por gas cargado de polvo.
- Coeficiente de dilatación lineal 10 veces mayor al coeficiente de acero.
- El polietileno ofrece una vida útil mínima de 50 años a una temperatura de 20° C.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El polietileno es ya un material básico en ductos de distribución de gas natural debido a que no tiene problemas de corrosión, no es frágil con respecto a la tubería de acero y es muy resistente a los ataques químicos.

Las propiedades físicas y químicas del material otorgan a la característica relevante de poder utilizarse en cualquier tipo de terreno. La tubería no es frágil ni excesivamente rígida, se flexiona ajustándose al contorno natural del terreno y absorbe esfuerzos por impacto, por lo que no requiere de zanjas profundas. Solo en terreno rocoso se recomienda proteger la tubería del contacto directo de piedras agudas.

Las características de resistencia y flexibilidad permiten que la tubería absorba esfuerzos por vibración o movimientos de terreno, por lo que su aplicación resulta la opción ideal en donde el terreno sea arenoso o inestable, absorbiendo con eficiencia esfuerzos provocados por movimientos sísmicos de mediana y baja intensidad.

(9) Información basada en Manual técnico de la empresa extrumex, S.A. de C.V., 2002 e información de las empresas: isptechcorp, driscopipe y mostry.



TIPOS DE POLIETILENO

El índice de fluidez y la densidad son las propiedades más importantes que caracterizan al polietileno y comercialmente esta tubería es clasificada de acuerdo con su densidad en:

CLASIFICACION DEL POLIETILENO SEGÚN SU DENSIDAD

Intervalo de Densidad	Clasificación de Densidad
$d < 930 \text{ Kg. / m}^3$	BAJA DENSIDAD
$931 < d < 944 \text{ Kg. / m}^3$	MEDIANA DENSIDAD
$d > 945 \text{ Kg. / m}^3$	ALTA DENSIDAD

TABLA # 16 FUENTE: ASTM D-3350 (Materiales termoplásticos de polietileno para tuberías.)

CLASIFICACIÓN DE LA TUBERÍA DE POLIETILENO.

Las resinas empleadas en la fabricación de tubería son diseñadas y evaluadas para demostrar su comportamiento a la presión interna por periodos de tiempo prolongados y sometidas a diferentes temperaturas.

ASTM (American Standard for Testing and Materials) e **ISO** (International Standardization Organization) son quienes definen internacionalmente la metodología para hacer las evaluaciones.

ASTM D 2837 "Procedimiento estándar para determinar la resistencia hidrostática a largo plazo de los materiales termoplásticos para tubería".

ASTM D 2513 "Procedimiento de fabricación de tubería de polietileno".

ISO / TR 9080 "Procedimiento estándar para determinar la resistencia hidrostática a largo plazo de los materiales termoplásticos para tubería".

ISO / TR 4493 "Procedimiento de fabricación de tubería de polietileno".

Estos dos organismos son los encargados de:

- Establecer la presión permitida de trabajo de la tubería, evaluando la tensión de ruptura del tubo mediante pruebas de laboratorio.
- Evaluar la calidad de la resina con que se fabrica la tubería.

Las clasificaciones más comunes de ambos métodos son:

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CLASIFICACIÓN DE LAS NORMAS INTERNACIONALES SEGÚN SU RESISTENCIA MÍNIMA REQUERIDA

Norma	Material	Clasificación de Densidad	Resistencia
ASTM	PE 2406	PE DE MEDIANA DENSIDAD	8.6 Mpa
ASTM	PE 3408	PE DE ALTA DENSIDAD	11.0 Mpa
ISO	PE 80	PE DE MEDIANA DENSIDAD	8.0 Mpa
ISO	PE 100	PE DE ALTA DENSIDAD	10.0 Mpa

TABLA # 17

FUENTE: ELABORACION PROPIA según ASTM e ISO.

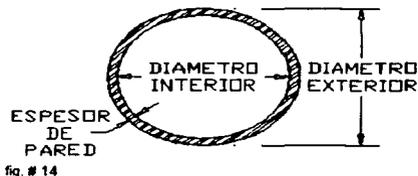
**DIMENSIONES Y PRESENTACIONES COMUNES EN TUBERÍA DE POLIETILENO**

Las dimensiones no son equivalentes entre americana (in) y europea (mm).

PRESENTACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE TUBERÍA

Diámetro Nominal (mm)	Diámetro Nominal (in)	Presentación (ft)
20mm	1/2"	1000 ft
32 mm	3/4"	500 ft
40 mm	1"	500 ft
63 mm	1 1/4"	500 ft
75 mm	1 1/2"	500 ft
90 mm	2"	40 Y 500 ft
110 mm	3"	40 Y 315 ft
125 mm	4"	10, 450 Y 500 ft
160 mm	6"	40 Y 500 ft
200 mm	8"	40 ft
	10"	40 ft
	12"	40 ft

TABLA # 18 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA con base en información de diferentes fabricantes.

DIMENSIONES DE UN TUBO

Cabe mencionar que en la tubería milimétrica, el diámetro nominal es equivalente al diámetro exterior, pero en el caso de tubería en pulgadas el diámetro nominal es menor que el diámetro exterior.

RELACIÓN DIMENSIONAL "RD" ó "SDR" (Standard Dimensional Ratio)

$$RD = \frac{\text{Diámetro.Exterior}}{\text{Espesor.de.pared}}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

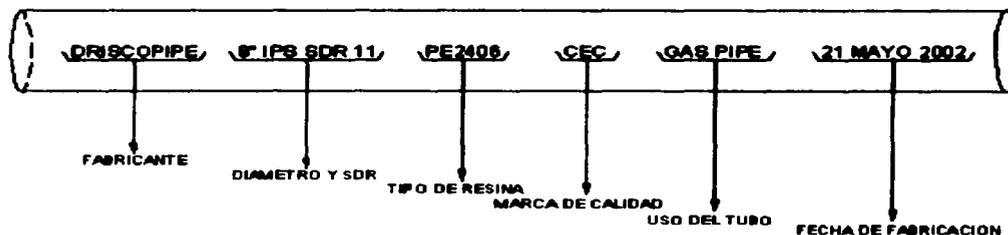
Los tubos de polietileno con el mismo RD ó SDR tienen las mismas características cuando se producen con el mismo grado de resina



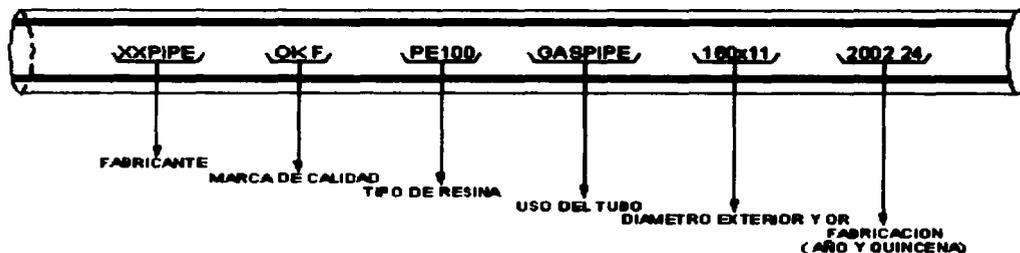
IDENTIFICACIÓN DE LOS TUBOS

En general la tubería de polietileno para su utilización en gas es identificada por su color amarillo y en algunos casos con franjas negras longitudinales además son marcadas para su identificación con los siguientes datos:

FABRICANTE AMERICANO



FABRICANTE EUROPEO



ACCESORIOS

Por lo general los accesorios son marcados con las siguientes características:

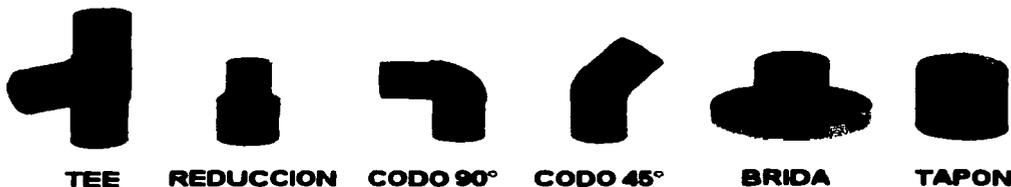
- Indican "PE" (fabricado de polietileno).
- Proporciona el diámetro de la tubería a la que esta destinado el accesorio.
- Nombre del fabricante.
- Año de fabricación.
- Tiempo de soldadura.
- Presión.
- Voltaje al que se puede someter el accesorio, si éste es para electrofusión.

TESTS CON
FALLA DE ORIGEN



Los accesorios que se muestran a continuación existen para su unión por termofusión y electrofusión.

ACCESORIOS PARA TERMOFUSIÓN



ACCESORIOS PARA ELECTROFUSIÓN



RECOMENDACIONES

No es válido unir tuberías de diferentes resinas excepto que la unión se realice por el método de electrofusión.

La tubería que ha permanecido a la intemperie por más de dos años después de su fabricación, no se debe instalar.

Los accesorios no deberán emplearse después de 4 años de su fecha de fabricación.

TENDIDO DE TUBERÍA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

La empresa constructora debe mantener la zona de trabajo en toda su longitud en condiciones óptimas de apoyo y limpieza, para evitar que los rollos o tramos de tubería de polietileno se dañen, deberá cuidar que en las maniobras de carga, transporte y descarga se utilice el equipo necesario.

La calidad del sistema de tuberías dependerá también del manejo apropiado de la tubería y los aditamentos. La tubería de polietileno no debe ser manejada con cadenas o arrastrada sobre rocas cortantes u otros objetos abrasivos. Deberán usarse eslingas de lona o levantadores acolchonados al contactar con la superficie de la tubería.

Se debe evitar la instalación de tubos con imperfecciones tales como abolladuras, cortes, grietas profundas o agujeros, las cuales se pueden revisar mediante una inspección visual y física a lo largo de toda la tubería para después eliminar las partes afectadas.



Cuando se tiendan tuberías de polietileno hasta 2" D.N., éstas deben desenrollarse en el fondo de la zanja de tal manera que en expansión o contracción no cause esfuerzos en la tubería por lo que es conveniente serpentearla dentro de la zanja y debe ser totalmente soportada por la plantilla a lo largo de su longitud.

La tubería de 4" D.N. o mayor se debe colocar a un lado de la zanja con el objeto de ser fusionada por tramos antes de ser bajada al fondo de la misma para que quede en las condiciones anteriormente mencionadas.

TUBERÍA HASTA 2" D.N.



FOTO # 17 Presentación de la tubería menor a 2"

TUBERÍA DE 4" O MAYOR

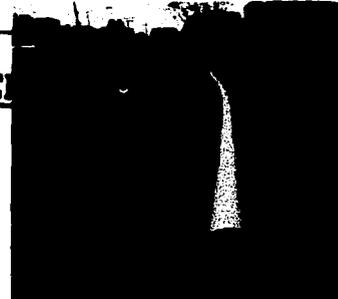


FOTO # 18 Lingote de 4 tramos lista para bajar.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GRÁFICOS DE RADIO DE CURVATURA

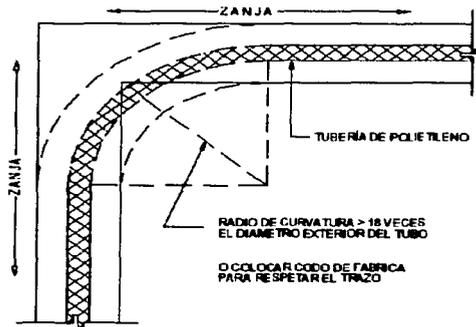


Fig. # 15 Determinación del radio de curvatura para tubería de gas.

DIÁMETRO (D.N.)	RADIO DE CURVATURA (M)	LONGITUD MÁXIMA (M)	ESFUERZO (KG)
1/2"	0.840	15.120	0.38
3/4"	1.050	18.900	0.48
1"	1.315	23.670	0.60
1 1/4"	1.660	29.880	0.76
1 1/2"	1.900	34.200	0.87
2"	2.375	42.750	1.09
3"	3.500	63.000	1.60
4"	4.500	81.000	2.05
6"	6.625	119.250	3.03
8"	8.625	155.250	3.95
10"	10.750	193.500	4.92
12"	12.750	229.500	5.83

TABLA # 19 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA con datos de fabricantes.

En caso de no poder cumplir las condiciones del párrafo anterior se deben instalar codos de fábrica.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



INSTALACIÓN DE LÍNEA DE SERVICIO O ACOMETIDAS

Durante el tendido de la tubería en las calles se deben instalar todas las derivaciones de líneas de servicio que se requieran (Tees, silletas, codos, etc.) con el objeto de que toda la instalación quede terminada en el tramo correspondiente.

El elevador que se coloque debe ser de tubería de acero antes de rebasar el nivel del piso terminado, a fin de resistir daños mecánicos y al medidor del usuario.

La instalación de la toma debe realizarse de tal forma que se minimice el esfuerzo en las tuberías. Las tomas de servicio deben protegerse contra daños mecánicos generados por causas externas.

El extremo de la toma de servicio debe quedar obturado por medio de una brida o tapón roscado para efectuar la prueba de hermeticidad.

En línea de servicio la profundidad debe hacerse con una pendiente de 1% del lugar del medidor hacia la tubería principal, con el objeto de prever la recolección de condensados.

UNIONES DE TUBERÍA DE POLIETILENO

Solo se pueden efectuar uniones de tubería de polietileno por los métodos de termofusión y electrofusión, en los que se deben emplear equipos y herramientas adecuados y deberán ser los especificados por el fabricante de la tubería.

Los procedimientos de fusión (termofusión o electrofusión) que utilice el constructor deben ser también los indicados por el fabricante de la tubería y conexiones empleadas, siempre en el cumplimiento de las normas que rigen estos procedimientos (NOM-003-SECRE-2002 Y ASME B 31.8) en su última edición.

El personal que ejecute estos trabajos debe ser calificado y certificado para lo cual mostrará su credencial que comprueba los conocimientos y entrenamiento recibidos de alguna certificadora o fabricante de producto, la cual no podrá tener mas de 6 meses de emitida.

CREDENCIAL DEL FUSIONADOR

	
RENACYC	
PE121HEHER024449	
No. de registro	
HERNANDEZ HERNANDEZ	
Apellidos	
ROGELIO	
Nombre	
EMPRESA DE ENERGIAS DE MEXICO	
Empresa	
MEXICO, D.F.	D.F.
Ciudad y Estado	
MEXICANO	05-Julio-91
Nacionalidad	Fecha de exp.
II	05-Julio-93
Categoría	Fecha de emisa.
SOLDADOR DE POLIETILENO CLASE B	
Especialidad	

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

fig. # 16

Credencial de fusionador de polietileno.



En caso contrario el personal propuesto para estas actividades debe pasar las pruebas de uniones de muestreo en secciones de tubos y conexiones conforme al método de unión, las cuales deben pasar la inspección y pruebas siguientes.

- 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.
- Inspeccionarse por ultrasonido y verificar que no contiene defectos (discontinuidades o vapor) que puedan causar una falla.
- Cortarse por lo menos en 3 tiras longitudinales, cada una de las cuales al ser examinada visualmente, no contenga vacíos o discontinuidades en la zona de unión.
- Deformarse por flexión, torsión o impacto manual y si ocurre la falla, ésta no debe incidir en el área de unión.

TERMOFUSIÓN

Las uniones de tubería y conexiones que se llevan a cabo por medio de termofusión, esto es calentando simultáneamente las dos partes por unir hasta alcanzar el grado de fusión necesario para que después, con una presión controlada sobre ambos elementos, logran una unión monolítica más resistente que la tubería misma y 100 % hermética.

Existen tres tipos de termofusión:

1. Termofusión a tope.
2. Termofusión lateral ó silleteado.
3. Termofusión a socket o caja.

Generalmente se deben tomar las siguientes recomendaciones para todo tipo de fusiones antes de iniciar la fusión:

- Todas las herramientas que se utilizarán deberán permanecer limpias.
- El fusionador debe realizar una inspección visual y de contacto a lo largo de toda la tubería y en todos los accesorios para verificar que no se presenten defectos (cortadas, ralladuras profundas, ranuras, etc.) ya que cualquier defecto que sea mayor que el 10% del espesor del tubo deberá retirarse.
- Se debe verificar que los tiempos y temperatura de calentamiento sean adecuados.
- Con el objeto de eliminar electricidad estática, antes de cortar o derivar una línea de gas presurizada, se deberá rociar una solución de agua con jabón y ponerla a tierra con un trapo de algodón húmedo con esa solución.
- Verificar si en el área de fusión no existen mezclas combustibles.
- El equipo de fusión debe encontrarse siempre en buen estado.
- Retire cualquier tensión en la línea antes de hacer cualquier conexión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**CARACTERÍSTICAS DEL CALENTADOR**

Las superficies del calentador, tienen una capa delgada de un recubrimiento no-adherible que fácilmente se raya o se raspa. Este recubrimiento evita que el polietileno fundido se adhiera firmemente a las superficies del calentador, no obstante deben limpiarse con trapos libres de pelusa.

Nunca debe realizarse limpieza en esta superficie con materiales metálicos ya que estos rayarían la superficie y no es correcto fusionar en esas condiciones.

El sistema de termofusión a tope requiere herramientas o máquinas para todas las operaciones de fusión. Se requieren superficies limpias, temperaturas adecuadas en las caras de los calentadores y una muestra adecuada del cordón fundido para una correcta unión.

TIEMPOS DE CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO

ANCHO DE LA TUBERÍA	TIEMPO DE CALENTAMIENTO DE 20 A 30 °C	TIEMPO DE ENFRIAMIENTO
1/2"	14-17 seg.	40 segundos
3/4"	16-19 seg.	40 segundos
1"	18-22 seg.	40 segundos
1 1/4"	25-30 seg.	60 segundos
1 1/2"	35-42 seg.	60 segundos
2"	40-48 seg.	60 segundos
3"	50-60 seg.	75 segundos
4"	55-66 seg.	90 segundos

TABLA # 20

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA con información de fabricantes.

La siguiente tabla muestra la relación que existe entre la temperatura del calentador y la presión a la que se deberá mantener unida la tubería para su fusión.

TEMPERATURAS DEL CALENTADOR Y PRESIONES POR APLICAR

TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL CALENTADOR		PRESIONES POR APLICAR
°C	°F	
490 - 510	254 - 266	65 - 96 PSI
390 - 410	196 - 210	45 - 75 PSI

TABLA # 21 FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA con información de fabricantes.

A continuación se mencionan los anchos del reborde mientras se calienta el tubo.

ANCHOS DE REBORDE (TUBO - CALENTADOR)

ANCHO DEL TUBO	ANCHO DEL REBORDE
1 1/4" a 3"	1/16"
3" a 6"	1/16" a 1/8"
6" a 8"	1/8" a 3/16"
8" a más grande	3/16" a 1/4"

TABLA # 22 FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA con información de fabricantes.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Los anchos de rebordes al finalizar la fusión deberán ser los siguientes:

ANCHOS DE REBORDE (TUBO - TUBO)

ANCHO DEL TUBO	ANCHO DEL REBORDE
1 1/4" a 3"	1/16" a 1/8"
3" a 6"	1/8"
6" a 8"	3/16"
8" a más grande	3/16" a 1/4"

TABLA # 23 FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA con información de fabricantes.

El espesor del doble reborde deberá ser de 2 a 2 1/2 veces su altura y ser uniforme en forma y tamaño en toda la junta.

FUSIÓN A TOPE

La fusión de los extremos de la tubería de polietileno se lleva a efecto fácilmente, utilizando el equipo disponible hoy en día. Para tubos de medidas de diámetro interior de 4" y mayores normalmente se usan máquinas de fusión hidráulica, y se presentan los procedimientos siguientes para estas máquinas. Los tubos de diámetros interiores de 4" y menores se fusionan usando equipo operado manualmente. Los procedimientos y principios para el equipo de fusión manual son esencialmente los mismos que a continuación se describen.

PROCEDIMIENTO DE TERMOFUSIÓN A TOPE

1.- En los extremos de la tubería se debe hacer un corte para retirar cualquier superficie malograda o estrangulada.



FOTO # 19 Fusión de tubería eliminando posibles daños en el extremo del tubo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



2.- Limpieza: con papel celulósico húmedo con alcohol isopropílico se frota ambas superficies, al interior y exterior de los dos extremos que van a unirse, para retirar el polvo y otros materiales extraños. Es importante que los extremos que sobresalen de las mandíbulas estén absolutamente limpios y libres de contaminantes.



FOTO # 20

Fusionador eliminando suciedad en los extremos por unir.

3.- Instale la tubería en la máquina, permitiendo que los extremos sobresalgan 1" a 2" de las mandíbulas.



FOTO # 21

Fusionador sujetando los extremos de la tubería.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.- Deslice el presentador (facor) de forma que pueda colocarse entre los extremos de la tubería. Hágalo con cuidado para evitar que entre en contacto con la tubería.

Corte el tubo hasta que los toques en cada lado del presentador estén contra el buje de la abrazadera adelante y atrás.

Ocurrirá un incremento en la velocidad del motor del presentador al reducir la carga de corte. Separe los dos extremos de la tubería abriendo las mandíbulas, apague el motor y mueva la unidad de presentación a posición de almacenaje.

Facor: Máquina que tiene la característica de generar superficies de contacto iguales en dos tubos distintos.



No toque con las manos las superficies recién cortadas, ya que el sudor o los aceites del cuerpo contaminarán las áreas al unirse, debilitando la fusión.



FOTO # 22. Hacer para lograr superficies idénticas en las caras de los tubos.



FOTO # 23. Hacer trabajando para lograr superficies idénticas en los tubos.

Los extremos se hallarán debidamente presentados cuando tanto la abrazadera fija como la móvil se hallen contra los topes a cada lado de la unidad de presentación. Esto asegurará que los extremos de la tubería estén pulidos y paralelos, que casarán perfectamente al fusionarse.

5.- Acerque las secciones de ambos tubos y con los dedos "sienta" si están alineados en la unión. Si es necesario, apriete la abrazadera interna apropiada hasta que ambas secciones estén tan alineadas, como sea posible.



FOTO # 24. Fusiónador verificando la alineación de los tubos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Después de presentar ambos extremos de tubería si se requiere hacer cualquier ajuste en una u otra abrazadera interna, entonces la unidad de presentación deberá reinstalarse y los extremos de la tubería deberán presentarse nuevamente (paso 4).



6.- Separe las dos secciones de la tubería, deslice el calentador a la posición en que quedará entre los dos extremos de la tubería. Tenga precaución al hacer esto último para evitar entrar en contacto con la tubería. Lleve la sección móvil de la tubería contra el calentador hasta que las caras de ambos extremos hagan contacto firme con el calentador.

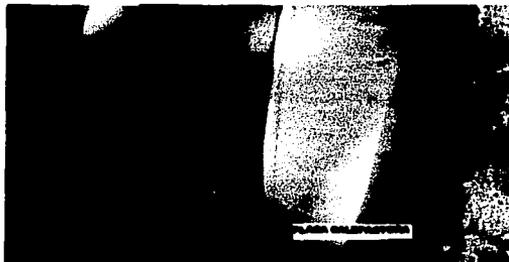


FOTO # 25 Placa calefactora calentando las caras de los tubos.

Tan pronto como los extremos estén firmemente contra el calentador y se empiece a generar un labio; mueva inmediatamente las válvulas de control a una posición neutral para retirar la presión de la tubería contra el calentador (en ese momento comienza a tomarse el tiempo de calentamiento) y sigue calentando.

Si la presión de la tubería contra el calentador se mantiene durante el periodo de calentamiento, el material fundido escurrirá de ambos extremos, causando un efecto de concavidad en los extremos de la tubería calentados. Esto puede dar como resultado una unión débil después de fusionarse.

Durante el periodo de calentamiento, al derretirse los extremos de tubería en contacto con el calentador, el plástico fundido se expandirá y formará un cordón fundido alrededor del extremo de tubería. El extremo fundido variará su anchura según la tabla # 22.

7.- Después de terminarse el fundido como se describe, separe los extremos de tubería solo lo suficiente para retirar el calentador. Observe rápidamente las partes a unirse para ver si las caras quedaron con una plantilla de fundido uniforme y suficiente. Luego junte rápidamente los extremos con la presión recomendada. Una las partes antes de 3 segundos.

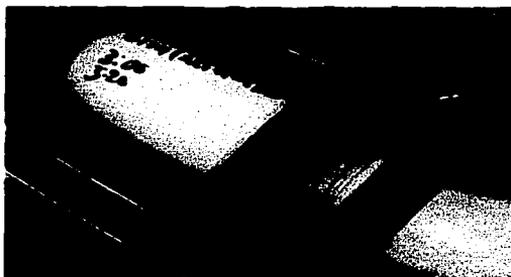


FOTO # 26 Unión de los tubos con presión controlada según el fabricante.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



No use presiones en exceso del rango indicado. La presión excesiva exprimirá demasiado plástico fundido del área de fusión, dando como resultado una unión débil.

El fusionador registrará la fusión realizada según se aprecia en la foto # 25 con marcador sobre el tubo con los datos siguientes:

- No de registro
- Fecha de fusión
- No. De fusión
- Indicar la hora de inicio de calentamiento.
- Indicar la hora de enfriamiento.

La fuerza aplicada hará que el cordón de material fundido se enrolle hacia atrás sobre la tubería de lo cual se verificará que se logren los anchos de reborde según el diámetro fusionado, de la tabla # 23.

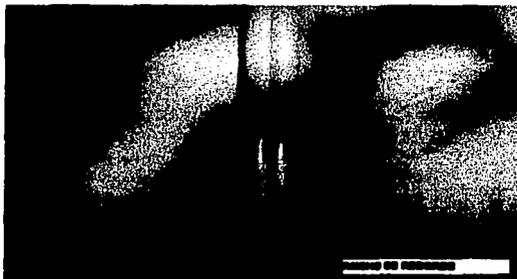


FOTO # 27 Ancho de reborde adecuado que resulta de una unión con presión controlada.

Mientras se mantiene la presión usada en hacer las juntas, permita que la junta se enfríe de 30 a 90 segundos por cada pulgada de diámetro de la tubería antes de retirar la máquina. Las tuberías de pared mas gruesa (de mas bajo SDR o "Standard Dimension Ratio") requerirán de más tiempo de enfriamiento. Si después de ser examinada la junta aparece defectuosa, córtela y empiece de nuevo desde el paso No.1.

Permita que la junta se enfríe por 10 menos 20 minutos después de retirarla, antes de sujetarla a pruebas o a esfuerzos de doblado o de relleno de zanja.

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.

**TERMOFUSIÓN LATERAL O SILLETEADO****PROCEDIMIENTO PARA FUSIÓN LATERAL:**

Algunos fabricantes de herramientas para fusión lateral varían ligeramente en los procedimientos por lo cual se recomienda consultar el manual de operación de cada fabricante.

1. La unidad de aplicación debe colocarse en la línea principal de acuerdo a las instrucciones del fabricante. La unidad debe ubicarse en el área previamente limpia (utilizar papel celuloso húmedo con alcohol isopropílico) y seco.
2. La unidad se asegurará a la tubería principal: Se recomienda una placa soporte para tamaños de 3" o menores.
3. Las caras de calentamiento se instalarán en la herramienta de calentamiento de forma que las superficies de fusión estén a $500^{\circ}\text{F} \pm 10^{\circ}\text{F}$.
4. Coloque el accesorio en la unidad de aplicación y coloque la base del accesorio sobre el tubo. Sujete el accesorio en la unidad.
5. Levante el accesorio y raspe la superficie de contacto de éste y la tubería con lija de esmeril 50 ó 60 y retire los residuos con papel celuloso
6. Cuando ya se encuentra la herramienta de calentamiento a la temperatura anteriormente solicitada, ésta se debe colocar entre el tubo y la base del accesorio a fusionar.

Para los siguientes accesorios la fuerza durante el calentamiento y la fusión es la siguiente:

FUERZA APLICABLE A LOS ACCESORIOS

	TUBOS ENTERRADOS A PROFUNDIDADES Y ANCHOS DE 18"	
	2"	3"
CALENTAMIENTO	TODOS	120-140 libras
FUSIÓN Y ENFRIAMIENTO	2"	60-80 libras
	3"	80-100 libras
	4" y 6"	90-120 libras

TABLA # 24

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA con información de fabricantes.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Coloque el accesorio contra la cara del calentador, aplique y mantenga la presión durante el calentamiento.

Durante el calentamiento, el calentador se puede balancear ligeramente (2") para asegurar contacto pleno con la tubería principal.

FUERZA APLICABLE A LOS ACCESORIOS

	TUBOS ENTERRADOS A PROFUNDIDADES Y ANCHOS DE 18"	
	TODOS	TODOS
CALENTAMIENTO	TODOS	60-80 libras
FUSIÓN Y ENFRIAMIENTO	TODOS	40-60 libras

TABLA # 25

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA con información de fabricantes.



El tiempo de calentamiento empieza después de que el accesorio y el tubo estén firmemente colocados contra las caras del calentador.

Caliente durante el periodo de tiempo ya establecido o hasta que se observe un reborde de material fundido del tamaño requerido (esto es en relación al tubo).

TAMAÑO DE REBORDE FUNDIDO (calentamiento)

diámetro de tubería	rebordo
1 1/4"	1/32"
2"	1/16"
3 y mayores	1/8"

TABLA # 26 FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA con información de fabricantes.

- Ya formado el reborde del grueso requerido quite el accesorio del calentador y el calentador de la tubería (estas acciones deben ser realizadas rápidamente).
- Observe si la plantilla de fusión es uniforme y satisfactoria e inmediatamente después aplique la fuerza de fusión descrita anteriormente hasta que aparezca un reborde fundido alrededor de la base del accesorio, según la tabla siguiente:

TAMAÑO DE REBORDE FUNDIDO (final)

diámetro de tubería	rebordo
1 1/4"	1/16"
2"	1/18"
3 y mayores	mayor de 1/8"

TABLA # 27 FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA con información de fabricantes.

- Ajuste la unidad de fusión para mantener la presión en el tubo. Permita que el punto de fusión se enfríe.
 - En caso de que las superficies sean inaceptables, corte la cabeza del accesorio para evitar su uso posteriormente y repita la fusión.
- Deje enfriar la unión durante 3 minutos y retire del tubo la unidad de aplicación. (Verifique que el reborde sea uniforme en toda la base del accesorio, de lo contrario retire y corte el accesorio y repita toda la operación).
 - Para la tee de derivación estándar y la silleta de servicio, permita que la fusión se enfríe 10 minutos más antes de aplicar presión o derivar la tubería. Además deben transcurrir por lo menos 30 minutos adicionales antes de derivar tubería o realizar pruebas de presión a las tees de derivación de alto volumen y a las silletas de ramal.
 - Si los pasos se siguieron adecuadamente la fusión será aceptable.
 - Posterior a cada fusión, limpie las caras del calentador con papel celulósico.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Para una correcta fusión lateral o de sileta. Se debe cumplir lo siguiente:

- Preparar correctamente la superficie.
- Diseñar correctamente los tiempos requeridos (calentamiento y enfriado).
- Tener un fundido uniforme en todo el perímetro de la ase del accesorio.

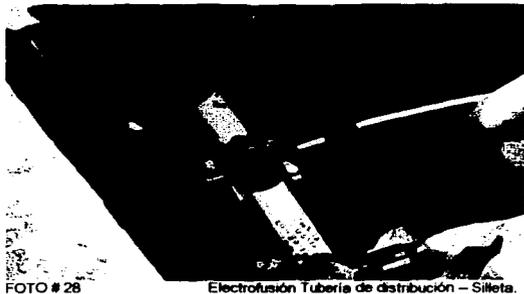


FOTO # 28

Electrofundición Tubería de distribución – Sileta.

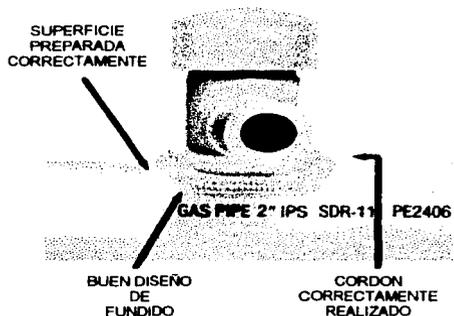


fig. # 17 Características a observar de un siletado lateral

TERMOFUSIÓN A SOCKET O CAJA

Al unir tuberías por fusión Socket a accesorios, deben seguir cuidadosamente los procedimientos según el tipo de unión socket.

Todas las fusiones Socket pueden hacerse a mano con las herramientas necesarias. Sin embargo se recomienda el uso de soportes con aditamentos cuando se unen tuberías de 3" o mayores. Se recomienda usar herramientas para soldar accesorios de siletas al unir tees para derivaciones de servicio del ramal.

Las tuberías y accesorios de tamaños iguales o menores a 2" se unen rápidamente a mano.

Para obtener fusiones de calidad, debe hacerse una prueba al inicio de cada día para verificar los tiempos de calentamiento requeridos en las condiciones de temperatura ambiente y otras condiciones del tiempo.

- Cuadre o corte parejo los extremos de los tubos que va a unir. De preferencia use el corta tubos para tuberías de polietileno. (si usa un arco de sierra, tenga cuidado de obtener un corte parejo y limpio).
- Use el chaffanador en los extremos de la tubería para retirar los filos externos en la superficie del diámetro exterior en cualquier medida.



- Quite cualquier rebaba en el interior en los extremos del tubo a unir, y deben estar limpios, secos y libres de sustancias extrañas. Limpie con papel celulósico.
- Para medir la profundidad de inserción apropiada del socket ponga el medidor de profundidad ajustado sobre el extremo descantado de la tubería.
- Instale la abrazadera de anillo frío alrededor de la superficie del tubo, inmediatamente atrás del medidor de profundidad. Después de asegurar (ajustar) la abrazadera de anillo frío, quite el medidor de profundidad.
- En su defecto si usa una herramienta para juntar los tubos (sujetador), ponga el extremo de la tubería depositada en la abrazadera de anillo frío del sujetador y la bobina libre o unión en la abrazadera del anillo frío móvil. Usa el medidor de profundidad como se indicó anteriormente.
- Asegúrese que la superficie del socket, estén limpias y secas. Limpie otra vez con papel celuloso si es necesario. Evite tocar las superficies ya limpias con sus manos.
- Si no se ha hecho todavía, caliente la herramienta de calentamiento con las caras colocadas de forma que las caras estén a $500\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{F}$.
- Asegúrese que las caras estén limpias. Use un depresor de lengua y de madera (o cualquier otro utensilio de madera) para retirar cualquier polietileno fundido de las caras de fusión. No use implementos de metal para limpiar las caras de fusión, recubiertas de antiadherente, porque dañarían la superficie.
- Cuando las caras de fusión de la herramienta de calentamiento hayan alcanzado una temperatura de $500\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{F}$ (según indique un crayón de temperatura o un pirómetro), ya puede realizar este paso, no antes.
- Coloque firmemente el aditamento para el socket en la cara macho de la herramienta de calentamiento, si se usa herramienta para unir el tubo, la operación debe ejecutarse de la misma manera.
- Ponga la cara hembra de la herramienta de calentamiento firmemente contra la abrazadera de anillo frío. Si se usa una herramienta para unir los tubos (sujetador), ponga la cara hembra en el extremo del tubo, en la abrazadera del anillo frío del sujetador.
- El tiempo de calentamiento empieza cuando el anillo frío topa con la superficie del calentador. Esto para un periodo de tiempo pre-establecido se muestra en la tabla correspondiente, los ciclos recomendados de tiempos de fusión. No gire el tubo, el accesorio o la herramienta de calentamiento.
- Suelta la herramienta de calentamiento de la tubería y aditamentos fusionados, dando con la mano libre un golpe seco sobre el mango de hierro mientras que con la otra mano se sostiene la parte superior del mango de madera de tal manera que lo fundido quede intacto.



- Rápidamente observe las partes fundidas en la superficie y accesorio. Las superficies calentadas, tanto en el tubo como en el accesorio deben haber quedado 100% fundidas sin ningún punto frío, si el fundido no queda completo, corte la parte fundida del tubo y use un nuevo aditamento o accesorio, y repita los pasos de anteriores.
- Dentro de los tres segundos que pasan después de que la herramienta de calentamiento ha sido retirada, empuje firmemente el aditamento fundido bien alineado contra el extremo del tubo hasta que haga contacto firme con la abrazadera del anillo frío. No gire el tubo o el accesorio, mantenga el accesorio fuertemente en su lugar hasta completar el tiempo de enfriamiento (véase los ciclos de temperatura recomendados de fusión) y asegúrese un alineamiento correcto. Si se está usando el unidor del tubo, esta operación se ejecuta de la misma manera.

NOTA: Una desalineación desplazaría lo fundido y crearía una fusión defectuosa.

- Después de esperar 3 minutos adicionales de tiempo de enfriamiento, quite la abrazadera de anillo frío e inspeccione la unión. Una buena unión tendrá un anillo achatado y uniforme de material fundido, con la junta perpendicular al tubo sin resquicios ni vacíos entre el tubo y el aditamento.
- Si en el paso anterior se usa el unidor, repita los pasos de fusión, sobre la bobina libre o junta que se va fusionar con el socket del accesorio.
- El mango es usado para avanzar y retirar la tubería de las caras del calentador y finalmente para enchufar el tubo en la abertura del socket del accesorio.
- Mantenga la unión fusionada firmemente hasta completar el ciclo de enfriamiento.
- Espere 3 minutos de enfriamiento adicionales.
- Retire la abrazadera de anillo frío e inspeccione la junta. Una buena unión tendrá una buena junta perpendicular al tubo, con el anillo del material fundido uniforme, sin ranuras o vacíos entre el accesorio y el tubo.
- Espere 10 minutos adicionales para completar el enfriamiento antes de hacer pruebas a la junta o que sufra esfuerzos al ser enterrada.

TIEMPOS REQUERIDOS PARA FUSIÓN DE TUBERÍA

DIÁMETRO DE TUBERÍA	TIEMPO DE CALENTAMIENTO	TIEMPO DE ENFRIAMIENTO
1/2"	6-7 segundos	20 segundos
3/4"	8-10 segundos	20 segundos
1"	10-12 segundos	30 segundos
1 1/4"	12-14 segundos	30 segundos
1 1/2"	14-17 segundos	30 segundos
2"	16-19 segundos	30 segundos
3"	20-24 segundos	40 segundos
4"	24-28 segundos	40 segundos

TABLA # 28

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA con información de fabricantes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



ELECTROFUSIÓN

DEFINICIÓN: 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.

MÁQUINAS DE ELECTROFUSIÓN

Las máquinas de electrofusión son diseñadas para fusionar accesorios de polietileno de cualquier marca; dicha fusión es procesada por un microcontrolador de última generación.

En el aspecto físico estas máquinas se encuentran protegidas por una estructura de hierro macizo, a la cual se une por medio de soportes de goma capaces de absorber vibraciones y pequeños golpes.

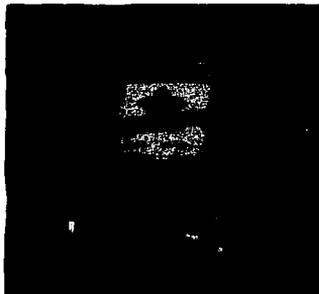


FOTO # 29 Máquina de electrofusión.

Los parámetros para efectuar la soldadura se pueden ingresar manualmente o por medio de un lector óptico (código de barras).

+GF+ ELGETM Plus d 63

T ^o C	< 8	8 - 15	15 - 30	> 30
30,5 V/A =	81s	75s	72s	66s

950706310638402255072542

Traceability/Product Identification

37250 200 200000 200 1050 20 110

SDR 9...11 > 6min

FOTO # 30 Tarjeta de datos para electrofundir un cople.

173 281 485.7

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Estas máquinas de electrofusión verifican la resistencia del accesorio (ésta debe encontrarse dentro de los márgenes establecidos por el fabricante), compensan en temperatura, y controlan la calidad de la fusión (la corriente en el accesorio debe ser mayor a la predeterminada, y esta no debe aumentar mas del 5% en 10 segundos, etc.).



Este equipo posee un sistema de regulación de tensión de salida, que mantiene dicha tensión estable sin importar las distintas cargas y las variaciones de la tensión de entrada. El microcontrolador que poseen estas máquinas corrige las pequeñas variaciones de tensión en la salida y verifica que ésta se encuentre dentro del $\pm 1.5\%$ de error.

El microcontrolador es el que recibe, procesa y almacena los datos de las fusiones efectuadas, construyendo así una base de datos de determinado número de fusiones que contienen individualizados los datos de cada fusión efectuada. Estas máquinas no tienen un tope de fusiones, esto quiere decir que no se bloquean al llegar a un límite de fusiones.

La conexión de las máquinas con la red eléctrica y el accesorio, se efectúa por medio de cables independientes, directamente conectados a la máquina sin la utilización de conectores.

Los terminales de conexión a los accesorios son intercambiables, permitiendo así la conexión de accesorios de cualquier máquina.

SOLDADURA POR ELECTROFUSIÓN

La electrofusión requiere de una fuente de poder, herramientas y accesorios de limpieza y el equipo de electrofusión en perfectas condiciones.

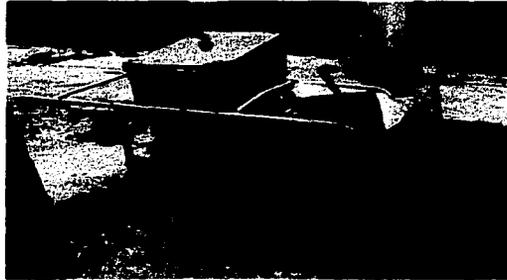


FOTO #31

Accesorios y equipo de electrofusión.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- Corte la tubería de polietileno con un cortador de una rueda.
- Limpieza: con papel celulósico húmedo con alcohol isopropílico frota ambas superficies, al interior y exterior de los dos extremos que van a unirse, para retirar el polvo y otros materiales extraños.
- Es importante que los extremos estén absolutamente limpios y libres de contaminantes.



- Elimine al acabado brillante de la superficie de los tubos con el raspador y nuevamente limpie con papel celulósico húmedo con alcohol isopropílico.



FOTO # 32 Personal raspando la superficie lisa del tubo por electrofusionar.

- Utilice un marcador no graso sobre el tubo para marcar la posición adecuada del acoplamiento es decir que el borde interior del accesorio marca la posición a tope del tubo con el fin de que entre totalmente el tubo al accesorio.



FOTO # 33 Líneas marcadas para asegurarse que los extremos del tubo se encuentran a tope dentro de la conexión.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



- Coloque la herramienta sujetadora (alineador), esto evitará que la tubería se salga o se mueva y ocasione una mala electrofusión.



FOTO #34 Sujetador alineando la tubería que se encuentra electrofusionando.

- Fije las dos vías de salida del procesador al accesorio a electrofusionar.
- Pase el lector óptico sobre el código de barras de la tarjeta (cada accesorio contiene su tarjeta).
- Cuando el procesador reconoce el accesorio, presione el botón de arranque. Permita que el procesador complete su ciclo de fusión.

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 o el mensaje que enviará la máquina.

Finalmente inspeccione la fusión después de enfriarse en busca de defectos visuales.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



BAJADO DE TUBERÍA

Al bajar la tubería se tomarán en consideración las siguientes recomendaciones:

- Protegerá el extremo de la tubería (cintas adhesivas, tapones, etc.) para evitar que el interior de la tubería se contamine.
- Colocará el extremo en el fondo de la zanja verificando que las paredes y el fondo de ésta, se encuentren libres de: basura, piedras u otros materiales que pudieran dañar la tubería.



FOTO # 35 Personal demoliendo una roca dentro de la zanja.

Cuando la presentación de las tuberías sea en rollos:

- Desenrollará la tubería girando la misma a lo largo de toda la zanja.

Cuando la presentación de las tuberías sea en tramos:

- Colocará el extremo de la lingada en el fondo de la zanja y procederá a colocar cuidadosamente el resto en la misma.
- En ambos casos el extremo opuesto se colocará sobre el equipo de fusión para su posterior unión.



FOTO # 36 Personal bajando la tubería a la zanja.



FOTO # 37 Fusión de dos lingadas que ya se encuentran dentro de la zanja.



PRUEBAS DE HERMETICIDAD

La prueba de hermeticidad debe efectuarse en todas las tuberías del sistema de distribución.

Debe llevarse un registro de las pruebas de hermeticidad realizadas. Para dejar constancia escrita de las pruebas, se debe 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 éste debe revisarse hasta eliminar las fugas, repitiendo la prueba hasta lograr hermeticidad.

La gráfica de comprobación de hermeticidad del sistema debe ser firmada por el constructor y el supervisor de la obra, 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.

La prueba de hermeticidad para los sistemas cuya presión máxima de operación sea inferior a 4.22 Kg./cm² (60psi), puede efectuarse con aire, gas natural o gas inerte a una presión de 6.33 Kg./cm² (90psi), por un periodo de 24 horas.

La prueba de hermeticidad para los sistemas cuya presión máxima de operación sea superior a 4.22 Kg./cm² (60psi), puede efectuarse con aire, gas natural, gas inerte o agua a una presión de 1.5 veces la presión de diseño del sistema, durante 24 horas continuas.

La prueba de hermeticidad para acometidas de servicio, debe efectuarse a una presión de 1.5 veces la presión de diseño, con una duración mínima de 30 minutos. Para esta prueba no se requiere registro gráfico.

Cuando se prueben ramales con diámetro de 150 mm (6") o menor y con menos de 100 metros de longitud, la duración mínima de la prueba debe ser de 8 horas continuas.

En caso de prueba hidrostática, el constructor debe desalojar toda el agua contenida en el interior de la tubería y la disposición de la misma debe ser en forma segura sin afectar a instalaciones ajenas adyacentes.

Una vez concluida la prueba de hermeticidad y desalojado el fluido con el que se realizó esta prueba, deben quedar los extremos de las tomas de servicio obturadas por medio de la reinstalación de las bridas o tapones roscados.

PRUEBA DE HERMETICIDAD



Fig # 18

Prueba de hermeticidad del sistema de tubería.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



3.8 RELLENOS. (10)

ANÁLISIS DE LOS MATERIALES DE RELLENO

La clasificación del tipo de suelo depende del grado de cementación, rigidez, consistencia de material y dificultad para extraerlo, sus características físicas están determinadas por los resultados de los análisis de un laboratorio de Mecánica de Suelos

De acuerdo con su rigidez, los terrenos se clasifican en tres tipos:

MATERIAL TIPO I: Terreno firme: como tepetate, arenisca medianamente cementada, arcilla muy compacta o suelo con características similares.

MATERIAL TIPO II: Suelo de baja rigidez: como arenas no cementadas o limos de mediana o alta compacidad, arcillas de mediana compacidad o suelos de características similares.

MATERIAL TIPO III: Arcillas blandas muy compresibles.

MATERIALES PRODUCTO DE LA EXCAVACIÓN

Cuando en una excavación se encuentran mezclados materiales tipo I, II o III, éstos se clasificarán en función de la proporción en la que intervengan, debiendo observarse las siguientes disposiciones:

Para clasificar un material se tomará en cuenta la tendencia hacia los tipos de materiales, ajustándolo al que corresponda de los materiales I, II o III.

Siempre se mencionarán los tres tipos de materiales para determinar claramente de cual se trata y en que proporción intervienen.

MATERIALES DE BANCO

Cuando los materiales producto de la excavación no satisfacen los requerimientos del material de relleno se debe rellenar con materiales de banco que cumplan exclusivamente con las características de material tipo I, esto es:

- Tepetate.
- Arena

Compactación: Es el procedimiento mecánico mediante el cual el material se somete a un incremento de su peso volumétrico o densidad dotándolo de mejores propiedades físicas y mecánicas, se aumenta su resistencia e impermeabilidad y se disminuye su compresibilidad y erosionabilidad.

(10) Información realizada con base en información de "Estructuración de Vías Terrestres", m. en l., I.C. Fernando Olivera Bustamante, Ed. CECSA, México, 1996 y "Vías de Comunicación, caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos", Ing. Carlos Crespo Villatez, Ed. Limusa, México, 1988.



RELLENOS

Cuando la excavación de zanjas se ejecute en terreno rocoso, en arcilla compactada o piedras angulares que impidan el apoyo uniforme de la tubería en el fondo, se debe colocar una plantilla de arena con un espesor suficiente que cubra esas imperfecciones.

No se cubrirán las juntas de los ductos hasta que se hayan realizado las pruebas de hermeticidad que demuestren que no existen fugas o defectos, además los ductos deberán estar alineados y nivelados.

Antes de proceder a la ejecución de cualquier relleno, se debe obtener la aprobación de la supervisión, en caso contrario ésta puede ordenar la total extracción del material utilizado en rellenos no aprobados por la misma.

El ducto permanecerá en posición totalmente asentado y estable en el fondo de la zanja según las especificaciones del proyecto.

Una vez que el ducto esté alojado en su posición en la zanja, se debe proceder a rellenar con un colchón de material granulado No. 5 alrededor y hasta 15 cm. contados a partir del lomo superior del ducto, compactando este material hasta que resulte práctico.

Posteriormente se debe apisonar con los espesores del material y grado de compactación que indique el proyecto para cada caso particular.



FOTO # 38 Material producto de banco para rellenos de zanja.



Foto # 39 Material de relleno compactado con medios mecánicos.

Los rellenos se podrán realizar con materiales producto de la excavación o provenientes de banco, previa aprobación de la supervisión.

Previamente a la ejecución de un relleno, la excavación y el material de relleno deben estar libres de materias orgánicas, fragmentos de roca, piedras u otros que a juicio de la supervisión constituyan un obstáculo para la ejecución del relleno y su compactación.

Deben desecharse materiales como producto de despalme, tierra vegetal y los que contengan materiales distintos a los especificados.



Se debe evitar que el material de relleno se contamine con tierra vegetal, basura, materiales orgánicos o materia extraña.

Los rellenos pueden comprender para elementos de sustentación de pavimentos, andadores, estacionamientos, etc. lo siguiente:

- Mejoramiento de suelos
- Sub-bases y Bases.

El material producto de la excavación que puede utilizarse posteriormente en el relleno de zanjas será exclusivamente material tipo 1. El material tipo 2 será decisión de la supervisión si es utilizable y el material tipo III se retirará de inmediato.

Los rellenos deberán efectuarse con los equipos apropiados.

Todos los rellenos deberán ser compactados a menos que la supervisión indique lo contrario.

Los rellenos compactados se harán en capas no mayores de 20 cm. de espesor debiendo tener el material la humedad óptima requerida para obtener el peso volumétrico máximo de compactación, el cual nunca será menor del 90 % Proctor.

Los rellenos que efectúe el contratista, por convenir a sus intereses, por el procedimiento que haya adoptado o por cualquier otra circunstancia no autorizada por la supervisión no se cuantificará.

CINTA PARA PREVENCIÓN DE DAÑOS A LA TUBERÍA

A una profundidad de 30 cm. del nivel de piso terminado y durante la etapa del relleno de la cepa, debe colocarse una cinta de protección a todo lo largo del ducto. Dicha cinta debe ser de plástico color amarillo con un ancho mínimo de 10 cm. y con una indicación de "Precaución tubería de gas natural, no excavar, teléfono de la empresa responsable.



FOTO # 40 Personal colocando la cinta a lo largo de toda la zanja.



FOTO # 41 Cinta preventiva indicando la existencia de la tubería.

**MEJORAMIENTO DE LOS MATERIALES**

La norma por lo general contempla que en la construcción de la red se deben respetar todas las condiciones en que se encuentra el lugar, procurando que al finalizar las obras, la estructura de la pavimentación conserve o mejore sus características iniciales.

ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO

fig. # 19

CARACTERÍSTICAS DE LAS CAPAS DE PAVIMENTO

El cuerpo de terraplén tiene como objetivo:

- Alcanzar la altura necesaria para satisfacer principalmente las especificaciones geométricas. (Sobretudo en lo relativo a la pendiente longitudinal).
- Resistir las cargas superiores del tránsito transmitidas por las capas superiores.
- Distribuir los esfuerzos a través de su espesor para transportarlos en forma adecuada al terreno natural.

CARACTERÍSTICAS DEL CUERPO DEL TERRAPLEN

CAPA	REQUISITOS DE LA ESPECIFICACIÓN	VALORES
CUERPO DEL TERRAPLEN	GRANULOMETRÍA (tamaño máximo)	75 cm.
	COMPACTACIÓN (AASHTO)	90%
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE V.R.S.	> 5%

TABLA # 29

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA con base en "Estructuración de vías terrestres" Ed. CECSA.



Las principales funciones de la capa subrasante son:

- Recibir y resistir las cargas del tránsito que le son transmitidas por el pavimento.
- Transmitir y distribuir de modo adecuado las cargas del tránsito al cuerpo del terraplén.
- Evitar que los materiales finos plásticos que formen el cuerpo del terraplén contaminen el pavimento.
- Evitar que las terracerías cuando estén formadas principalmente por fragmentos de roca, absorban el pavimento.

CARACTERÍSTICAS DE LA CAPA SUBRASANTE

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICA	GRUPO	
		A	B
SUBRASANTE	GRANULOMETRÍA (tamaño máximo)	76mm	76mm
	FINOS (Mat. 0.075 mm)	25% máx.	35% máx.
	LÍMITE LÍQUIDO (LL)	30% máx.	40 máx.
	ÍNDICE PLÁSTICO (IP)	10% máx.	20% máx.
	COMPACTACIÓN (AASHTO)	100%	95%
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE V.R.S	50% min.	20% min.

TABLA # 30

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA con base en "Estructuración de vías terrestres" Ed. CECSA.

Las principales funciones de las capas sub-bases y bases son:

- Recibir y resistir las cargas del tránsito que le son transmitidas por el pavimento.
- Transmitir y distribuir de modo adecuado las cargas del tránsito a las terracerías.
- Impedir que la humedad de las terracerías ascienda por capilaridad.
- En caso de que se introduzca agua por arriba, permitir que el líquido descienda hasta la capa subrasante.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



CARACTERÍSTICAS DE LA SUB-BASE

CANTON	DESCRIPCIÓN	Módulo	
		1-2	1-3
SUBBASE	ZONA GRANULOMÉTRICA según fig. # 19	1-2	1-3
	TAMAÑO MÁXIMO	51mm	51mm
	FINOS (Mat. 0.074 mm)	15% máx.	25% máx.
	LÍMITE LÍQUIDO (LL)	25% máx.	30 máx.
	ÍNDICE PLÁSTICO (IP)	6% máx.	10% máx.
	COMPACTACIÓN (AASHTO)	100%	95%
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE V.R.S	80% min.	50% min.

TABLA # 31

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA con base en "Estructuración de vías terrestres" Ed. CECSA.

CARACTERÍSTICAS DE LA BASE

CANTON	DESCRIPCIÓN	Módulo	
		1-2	1-3
BASE	ZONA GRANULOMÉTRICA según fig. # 19	1-2	1-3
	TAMAÑO MÁXIMO	38mm	51mm
	FINOS (Mat. 0.074 mm)	10% máx.	15% máx.
	LÍMITE LÍQUIDO (LL)	25% máx.	30 máx.
	ÍNDICE PLÁSTICO (IP)	6% máx.	6% máx.
	COMPACTACIÓN (AASHTO)	100%	95%
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE V.R.S	100%	80% min.

TABLA # 32

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA con base en "Estructuración de vías terrestres" Ed. CECSA.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



ZONAS GRANULOMÉTRICAS PARA LAS ESPECIFICACIONES DE BASE Y SUB-BASE

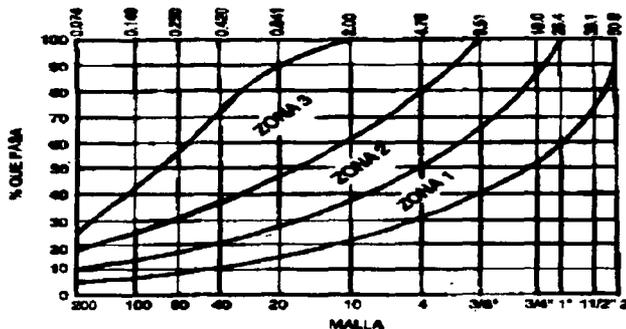


fig. # 19

FUENTE: ESTRUCTURACIÓN DE VÍAS TERRESTRES' ED. CECSA. Pp.173

CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES BASADA EN EL C.B.R. O V.R.S. (VALOR RELATIVO DE SOPORTE) DE LA PORTER ESTANDAR.

El V.R.S. se emplea para clasificar los materiales según la siguiente tabla:

CLASIFICACIÓN DE LAS CAPAS ESTRUCTURALES DE UN SUELO SEGÚN SU V.R.S.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Calificación	V.R.S.
TERRACERÍAS DE MALA CALIDAD	0 - 10%
SUBRASANTES REGULARES	10 - 20%
SUBRASANTES DE BUENA CALIDAD	20 - 50%
SUB-BASES	> 50%
BASES	> 60%

TABLA # 33

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA con base en "Vías de comunicación".

Los materiales extraídos de la excavación para la obra de instalación de la red de gas natural no cumplen a menudo los requisitos necesarios para utilizarse en alguna capa de la sección transversal de la obra, por lo tanto, es preciso reponer los diferentes estratos con material de banco y mejorar sus características con uno o varios tratamientos.

Hay diferentes materiales para realizar estos tratamientos, los cuales son por lo general de tipo industrial como el cemento Pórtland y la cal hidratada, que son los principales y más económicos

Con el uso de estos materiales es posible bajar la plasticidad y aumentar la resistencia de acuerdo a la capa que se desea colocar para la reposición de las condiciones originales del lugar.

C.B.R.: California Bearing Ratio (Razón de Soporte de California).

V.R.S.: Valor Relativo de Soporte.

NOTA: Los dos términos son equivalentes.



ESTABILIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE CEMENTO PÓRTLAND.

La estabilización con cemento considera dos criterios fundamentales, la durabilidad y la resistencia.

La estabilización involucra una buena disgregación del suelo (tepetate) y la adición del cemento mezclado en seco y de agua para la compactación. La adición de pequeñas cantidades de cemento, del orden de 2 a 3 % modifica las propiedades del suelo, mientras que cantidades del orden de 5 a 6 % originan que el suelo cambie radicalmente sus propiedades.

Las partículas de cemento hidratado ligan a los granos adyacentes de suelo formando un esqueleto continuo de un material duro y resistente, sellando vacíos en el suelo, con lo que éste sería más impermeable y en consecuencia más resistente.

Uno de los objetivos buscados en el tratamiento con cemento es el de reducir la deformabilidad de la estructura del pavimento y por ende la deflexión producida.

El método consiste en muestreo y preparación de los suelos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MÉTODO DETALLADO

Se requiere determinar el Peso Volumétrico Seco Máximo Proctor Estándar y humedades óptimas con contenido de cemento.

Las proporciones de cemento empleadas para obtener resistencias a la compresión simple son de 6 a 10% en peso.

Se considera que al obtener en dos días una resistencia a la compresión simple de 21 Kg/cm², el suelo cemento resulta con características de durabilidad adecuada para bases de pavimentos.

Se procurará que entre la etapa final de mezclado y el inicio de la compactación no transcurra un periodo mayor de 30 minutos, compensando con ligeros riegos de agua las pérdidas por evaporación.

Al finalizar la etapa de acabado, se deberá evitar que se evapore el agua, necesaria para el fraguado, para lo cual debe aplicarse sobre la superficie un riego de producto asfáltico rebajado de fraguado rápido o medio en cantidad de 1.4 lt/m².

Por ningún motivo, el lapso transcurrido entre el mezclado del cemento con agua y el final de la compactación debe exceder a 2 horas.

No deberá permitirse la circulación sobre el suelo cemento hasta que se proteja debidamente la capa estabilizada.



ESTABILIZACIÓN DE SUELOS (FINOS) MEDIANTE EL EMPLEO DE CAL.

Una parte importante de los suelos con que se tiene que trabajar corresponde a limos y arcillas (tepetate), las cuales requieren de estabilización para incrementar su resistencia y disminuir sus cambios volumétricos en el contenido de agua; mediante el uso de cal se puede lograr:

- Reducir el índice plástico en forma considerable.
- Acelerar la disgregación de grumos de arcilla, por la colaboración cal-agua.
- Reducir los efectos aglomerantes.
- Disminuir considerablemente las contracciones y expansiones debidas a cambios por humedad.
- Incrementar la resistencia del suelo a la compresión, de igual manera el Valor Relativo de Soporte.

Es conveniente verificar la efectividad de la estabilización realizada de acuerdo al procedimiento de laboratorio en campo para el método de diseño, obteniendo pruebas para determinar la cantidad de cal necesaria para obtener una estabilización satisfactoria y saber que el material estabilizado tiene un V.R.S mínimo de 80%.

En cualquiera que sea el método empleado para la estabilización, existe un punto en el que el contenido de cal prácticamente no produce mejoras notables en el material. Para un contenido de cal arriba del 4% y no aumenta el límite plástico, pero incrementa su resistencia debido al endurecimiento de la propia cal.

Aunque la proporción de cal que deba emplearse en un determinado suelo depende de las características del mismo y debe ser determinada en un laboratorio de suelos, se puede dar como dato guía el que para suelos arcillosos la cantidad de cal varía del 2 al 5% con relación al peso seco del suelo.

Un método para el diseño de la estabilización de los suelos con cal es el AASHTO. Este método consiste esencialmente en pruebas de compresión simple, previa determinación del contenido de cal que será del 4%, con los datos del índice plástico y el porcentaje del suelo que pasa la malla No. 40 se fabrica el espécimen compactado a la humedad óptima y se le somete a una prueba de compresión simple, obteniéndose una resistencia superior a 3.5 Kg/cm².

Se considera que el suelo estabilizado es adecuado para sub-base y si es mayor de 7 Kg/cm² se considera adecuado para bases con ciertos requisitos de granulometría.

1. La estabilización deberá realizarse por capas de 15 cm. de espesor.
2. Adición de cal hidratada dosificándola con respecto al peso seco del suelo, ya sea seca o en forma de lechada (rociador).
3. La mezcla de cal con el suelo deberá colocarse antes de que transcurran 6 horas.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**APLICACIÓN DE CONCRETOS FLUIDIZANTES**

Los siguientes concretos son presentados como una alternativa de uso en muchas áreas del sector constructivo, pero en especial para el constructor involucrado en la instalación de tuberías de distribución de gas natural para la ZMCM.

Por lo general las zanjas para la instalación de tuberías de gas natural son estrechas y por este motivo se complica el uso de equipo adecuado para reconstruir la estructura del suelo a las especificaciones deseadas con rellenos naturales.

RELLENO FLUIDO (11)

Es un mortero de baja densidad controlada, de alta fluidez y muy baja contracción, que no requiere ser vibrado ni compactado, que puede ser excavable, autonivelante y supera el comportamiento de los suelos y rellenos granulares tradicionales. Con resistencias típicas a la compresión para sub-bases y bases desde los 7 hasta 85 Kg./cm².

Los materiales que constituyen al relleno fluido son:

- | | |
|------------|---------------------------------|
| 1. CEMENTO | 3. AGUA |
| 2. ARENA | 4. ADITIVOS INCLUSORES DE AIRE. |

EJEMPLO:

PRODUCTO SOLICITADO	R-014-0-A-28-18-0-3-411
R	RELLENO FLUIDO
014	RELLENO FLUIDO 14 Kg/cm ² .
0	SIN GRAVA
A	ANDESITA
28	NORMAL 28 DIAS
18	REVENIMIENTO 18 cm.
0	NO BOMBEABLE
3	CEMENTO PORTLAND COMPUESTO CPC 40
411	V411 RELLENO FLUIDO CALIDAD SUB-BASE.

Los materiales utilizados en la producción del Concreto Profesional de Relleno Fluido cumplen con las normas aplicables en cada caso de acuerdo con lo siguiente:

CEMENTO

- NMX C -1 1980 "Cemento Portland"
- NMX C -2 1986 "Cemento Portland Puzolana"

AGREGADOS

- NMX C -111 1982 "Agregados para concreto, Especificaciones"

AGUA

- NMX C -122 1982 "Agua para Concreto"

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

(11) Información basada en datos obtenidos de la empresa CEMEX ó www.cemex.com.mx

**PRUEBAS APLICABLES**

El desempeño de este material en la obra se verifica mediante la aplicación de métodos de prueba especificados en las Normas Mexicanas existentes, de acuerdo con las siguientes:

MUESTREO

NMX C - 161-1997-ONNCCE

"Industria de la Construcción - Concreto Fresco - Muestreo"

REVENIMIENTO

NMX C - 156-1997-ONNCCE

"Industria de la Construcción - Concreto - Determinación del Revenimiento en el Concreto Fresco"

PESO UNITARIO

NMX-C-162-1985

"Industria de la Construcción - Concreto - Determinación del Peso Unitario, Cálculo del Rendimiento y Contenido de aire del Concreto Fresco por el método gravimétrico"

Sus datos técnicos son:

Peso volumétrico	De 1,600 A 1,920 Kg/m
Revenimiento	Equivalente a un revenimiento de 23 +/- 3.5 cm.
Gravidad	Valores que pueden ir de 12 a los 25 cm.
Consumo de cemento	De 0.5 a 0.8 Kcal./m h C
Consumo de agua	K=10 a 10 m/seg.
Resistencia a la tracción	De 2 a 8 horas
Resistencia al impacto	De 11.0 a 12.5.
Resistencia al fuego	entre 16,000 y 67,000 kg/cm.
Resistencia al viento	entre 50 y 200 Kg./cm ³
Resistencia al ruido	0.08 mm.
Resistencia al agua	de 20 a 30%
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
Resistencia a la compresión	DE 7 A 14 kg/cm. con un V.R.S. equivalente igual o superior al 50%.
Resistencia a la compresión	De 15 a 25 kg/cm. con un V.R.S. equivalente igual o superior al 80%.

NOTA: ESTOS VALORES REPRESENTAN EL RANGO DEL COMPORTAMIENTO DEL RELLENO FLUIDO EN SUS DIFERENTES CARACTERÍSTICAS.
FUENTE: CEMEX.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES**

NMX-C-160-1987

"Industria de la Construcción – Concreto - Elaboración y Curado en Obra de Especímenes de Concreto"

CABECEO

NMX C -109-1997-ONNCCE

"Industria de la Construcción – Concreto – Cabeceo de Especímenes Cilíndricos"

RESISTENCIA A COMPRESIÓN

NMX C -083-1997-ONNCCE

"Industria de la Construcción – Concreto – Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto"

USOS

En la construcción de líneas de gas natural es usado en:

- Relleno de zanjas.
- Sub-bases para pavimentos.
- Bases para pavimentos de carreteras.

VENTAJAS

Este material, de manera natural es autonivelante, por lo que no requiere compactación ni vibrado para desarrollar sus características mecánicas.

El Relleno Fluido es equivalente a un suelo líquido totalmente bombeable que se produce, transporta y garantiza como concreto.

Este material por su mínima contracción y capacidad de autonivelación, no requiere ser colocado en capas.



FOTO # 42 Aplicación de Relleno fluido.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

FOTO # 43 Personal nivelando altura del concreto fluido.

Con el uso de este material se elimina la posibilidad de falla por asentamientos.



Por su versátil desarrollo de fraguado, se agilizan las actividades secuenciales dentro del programa de obra.

Se reduce el costo de laboratorio en campo al disminuir el número de pruebas requeridas para verificar su calidad.

Garantiza un relleno de todos los espacios entre la tubería y la zanja.

- Es excavable.
- Garantiza un relleno uniforme.
- La lluvia no impide su colocación.
- No requiere espacio en almacén.

De fácil aplicación:

1. Reduce considerablemente los tiempos de ejecución de obra.
2. Reduce la cantidad de personas en los procesos constructivos.
3. Reduce el volumen de material a excavar al requerir un menor ancho de zanja para la colocación de tubos en general.
4. No requiere el uso de equipo necesario para la compactación convencional.
5. Debido a su alta fluidez, se vacía en un punto determinado y se distribuye por sí solo a lo largo de la zanja

La mayor ventaja económica que nos da el **relleno fluido** es disminuir el área de pavimento que se necesita romper y reponer al disminuir el ancho de la zanja.



FOTO # 44 Personal extendiendo el relleno fluido.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La permeabilidad del **relleno fluido** es equivalente a la permeabilidad que tiene un suelo entre arenoso y arcilloso.

Aún cuando el precio unitario del **relleno fluido** es mayor al de los materiales granulares, el costo integral es menor.

La fluidez del **relleno fluido** se puede ajustar a las necesidades de uso, pues aunque la fluidez recomendada es equivalente a un revenimiento de 20cm, se pueden lograr trabajabilidades útiles para dar pendientes en avenidas pronunciadas.



3.9 PAVIMENTOS. (12)

MATERIALES PARA CARPETAS ASFÁLTICAS

La carpeta asfáltica es la capa superior de un pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento para los vehículos y que se elabora con materiales pétreos y productos asfálticos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES PÉTREOS

Los materiales pétreos para construir carpetas asfálticas son suelos inertes, provenientes de playones de ríos o arroyos, de depósitos naturales denominados minas o de rocas, los cuales, por general, requieren cribado y triturado para utilizarse.

Las características más importantes que deben tener los materiales pétreos para carpetas asfálticas son granulometría, dureza, forma de la partícula y adherencia con el asfalto. La granulometría es de mucha importancia y debe satisfacer las normas correspondientes, pues como los materiales pétreos se cubren por completo con el asfalto, si la granulometría cambia, también cambia la superficie a cubrir. Ya que la superficie por revestir resulta más afectada al aumentar o disminuir los finos que cuando hay un cambio en las partículas gruesas, las especificaciones toleran más los cambios en gruesas que en finos. Al estudiar cada tipo de carpeta asfáltica, se mencionarán las granulometrías necesarias y las tolerancias correspondientes.

CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO

El contenido óptimo de asfalto para una carpeta es la cantidad de asfalto que forma una membrana alrededor de las partículas, del espesor suficiente para resistir los elementos del intemperismo y que así el asfalto no se oxide con rapidez, pero que no sea tan gruesa como para que la mezcla pierda estabilidad o resistencia y no soporte las cargas de los vehículos.



FOTO # 46 El material pétreo solo debe ser cubierto por la justa cantidad de asfalto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Es conveniente que las partículas tengan la forma más cúbica posible, por lo que no deben utilizarse materiales que contengan una cantidad grande de partículas en forma de lajas o de aguja, pues tienden a romperse con facilidad y así cambia la granulometría.

(12) Información realizada con base en información de "Estructuración de Vías Terrestres", m. en l., I.C. Fernando Olvera Bustamante, Ed. CECSA, México, 1968 y "Vías de Comunicación, caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos", Ing. Carlos Crespo Vázquez, Ed. Limusa, México, 1968.



MEZCLA ASFÁLTICA CALIENTE

El asfalto también llamado cemento asfáltico, es el último residuo de la destilación del petróleo y a temperaturas normales es sólido y de color café oscuro. Para mezclarse con los materiales pétreos, debe calentarse a 140 °C, por lo que es necesaria una planta. Las especificaciones correspondientes se encuentran en la tabla siguiente; el cemento más utilizado es el núm. 6.

ESPECIFICACIONES PARA CEMENTOS ASFÁLTICOS

Especificación	Denominación			
	Núm. 0	Núm. 1	Núm. 2	Núm. 3
Penetración, 100 g 5 s, 25° C, grados	180-200	80-100	60-70	40-50
Viscosidad Saybolt-Furol: A 135°C, s, mínimo	60	85	100	120
Punto de inflamación (copa abierta de Cleveland), °C mínimo	220	232	232	232
Punto de reblandecimiento, °C	37-43	45-52	48-56	52-61
Ductilidad, 25°C, cm, mínimo	60	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5
Prueba de la película delgada, 50 cm ³ , 5 h, 163°C:				
Penetración retenida, por ciento, mínimo	40	50	54	58
Pérdida por calentamiento, por ciento, máximo	1.4	1	0.8	0.8

TABLA # 35

FUENTE: "Estructuración de vías terrestres" Ed. CECSA. pp. 186.

REBAJADOS ASFÁLTICOS

Con el fin de poder trabajar con el cemento asfáltico a temperaturas menores, es necesario fluidificarlo; para ello se producen los rebajados.

Los rebajados asfálticos se fabrican diluyendo el concreto asfáltico en gasolina, tractolina, diesel o aceites ligeros.

En el primer caso se obtienen los rebajados de fraguado rápido, denominado FR; en el segundo caso, los rebajados de fraguado medio o FM; y, por último, los de fraguado lento o FL. Todos éstos se pueden producir con diferentes proporciones de cemento asfáltico (de 50 a 80%) y los correspondientes solventes o "fluxes" (de 50 a 20%). De esta manera, hay cinco tipos de cada rebajado, que se numeran del 0 al 4; los que tienen gran cantidad de cemento asfáltico son los de mayor denominación y éste disminuye a medida que aumenta el contenido de los solventes. Así, existe FR del 0 al 4, FM del 0 al 4 y FL del 0 al 4.

CLASIFICACIÓN DE LOS REBAJADOS SEGÚN LA CANTIDAD Y TIPO DE SOLVENTE.

Material	Solvente	Denominación	Tipos
CONCRETO ASFÁLTICO	GASOLINA	REBAJADO DE FRAGUADO RÁPIDO	FR-0, FR-1, FR-2, FR-3, FR-4
CONCRETO ASFÁLTICO	TRACTOLINA	REBAJADO DE FRAGUADO MEDIO	FM-0, FM-1, FM-2, FM-3, FM-4
CONCRETO ASFÁLTICO	DIESEL	REBAJADO DE FRAGUADO LENTO	FL-0, FL-1, FL-2, FL-3, FL-4

TABLA # 36

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA con base en "Estructuración de vías terrestres" Ed. CECSA.



Para realizar las mezclas con los agregados pétreos y los cementos o los rebajados asfálticos, es necesario que los primeros estén bien secos, pues de otra manera no hay adherencia con el asfalto.

Debido a que en la repavimentación de las zanjas para gas natural solo se utilizan concretos asfálticos producidos en planta, solo se permite el uso de rebajados de fraguado rápido por lo cual solo manejamos la tabla de características de Rebajados de Fraguado Rápido (FR).

ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO RÁPIDO

	FR-1	FR-2	FR-3	FR-4	FR-5
Pruebas al material asfáltico					
Punto de inflamación (Copa abierta d3e Tag), °C mínimo			27	27	27
Viscosidad Saybolt - Fútol					
A 25°C, segundos	75-150				
A 50°C, segundos		75-150			
A 60°C, segundos			100-200	250-500	
A 82°C, segundos					125-250
Destilación: porcentaje del total destilado a 360 °C					
Hasta 45 °C, mínimo	15	10			
Hasta 45 °C, mínimo	55	50	40	25	8
Hasta 45 °C, mínimo	75	70	65	55	40
Hasta 45 °C, mínimo	90	88	87	83	80
Residuo de la destilación a 360 °C. Por ciento del volumen total por diferencia, mínimo	50	60	67	73	78
Agua por destilación, por ciento, máximo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Pruebas al residuo de la destilación:					
Penetración, grados	80-120	80-121	80-122	80-123	80-124
Ductilidad en centímetros, mínimo.	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo.	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

TABLA # 37

FUENTE: "ESTRUCTURACIÓN DE VÍAS TERRESTRES" Ed. CECSA, pp. 188.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



CONCRETO HIDRÁULICO

La parte superior de los pavimentos rígidos se forma con losas de concreto hidráulico, constituidas sobre la sub-base y que proporcionan la superficie de rodamiento.

El concreto hidráulico es un material pétreo artificial, elaborado al mezclar parte de agua y cemento con arena y grava, en proporciones tales que se produzcan la resistencia y la densidad deseadas.

PROPORCIONAMIENTO DE MATERIALES PARA CONCRETO HIDRÁULICO

Los siguientes proporcionamientos se presentan como una alternativa de uso en la elaboración de concretos según su aplicación en la reposición de pavimentos de concreto hidráulico

CONCRETO CON AGUJEROS ESCALOS DE 10 CM. PARA 1 m²

CEMP.	MATERIALES	f'c = 150 kg/cm ²	f'c = 200 kg/cm ²	f'c = 250 kg/cm ²	f'c = 300 kg/cm ²	f'c = 350 kg/cm ²
3 %	CEMENTO (TON)	0.2600	0.3100	0.3500	0.3900	0.4300
8 %	ARENA (m ³)	0.5500	0.5400	0.5300	0.5300	0.5000
8 %	GRAVA (m ³)	0.6500	0.6400	0.6400	0.6300	0.6300
30 %	AGUA (m ³)	0.2000	0.2000	0.2050	0.2100	0.2150

TABLA # 38

FUENTE: "BIMSA".

Considerando que algunas veces las mezclas de concreto no es conveniente solicitarlas para una obra de reposición de pavimento de zanjas de gas natural a través de una planta concretora debido a los volúmenes requeridos, debemos por lo menos realizarlas utilizando un trompo, pero nunca se realizarán en el suelo debido a la deficiente calidad que estas mezclas presentan.

PROCEDIMIENTO PARA CONSTRUIR UNA ZANJA DE PAVIMENTO RÍGIDO

- La sub-base compactada e impregnada se humedece, para que no absorba el agua del concreto fresco; no deben provocarse encharcamientos y una vez mezclados bien los ingredientes, se vacían a lo largo de toda la zanja.
- Si se piensa utilizar, también se coloca con anticipación el acero necesario; ya sea que el proyecto marque el uso de pasajuntas o de acero continuo, éste debe estar soportado de tal forma que se encuentre a la mitad del espesor de la losa o en las condiciones originales del pavimento.
- El concreto vaciado se acomoda o compacta por medio de vibradores de inmersión, para darle la densidad adecuada; enseguida, la mezcla se enrasa por medio de un vibrador de superficie, con el que se da el espesor necesario y un primer acabado.
- Se debe tener especial cuidado de no provocar la segregación de los materiales.
- Se da a la superficie el acabado necesario para tener el coeficiente de rugosidad que se requiere, lo cual se puede hacer por medio de cepillos, escobas o telas fibrosas.
- Las obras no se abren al tránsito sino hasta que el concreto alcanza la resistencia requerida.



A continuación se presentan algunas dosificaciones de diferentes resistencias y su proporcionamiento para la fabricación de 1 m³ de concreto y el número de eventos de trompo de 1 saco de capacidad.

PROPORCIONAMIENTO PARA FABRICAR 1 m³ DE CONCRETO DE f'c = 150 kg / cm²

VOLÚMENES DE MATERIALES PARA :			FABRICACIÓN DE 1 m ³ DE CONCRETO DE f'c = 150 kg / cm ²			
MATERIALES	VOLÚMEN REQUERIDO	DESPENDIDO	DESPENDIDO	TOTAL	TOTAL	UNIDADES
CEMENTO	1	0.310	1.030	0.319	6.386	SACOS
ARENA	1	0.540	1.080	0.583	0.583	m ³
GRAVA	1	0.640	1.080	0.691	0.691	m ³
AGUA	1	0.200	1.300	0.260	0.260	m ³

DESEO MEZCLAR EN REVOLVEDORA DE :		1		SACO (S)		6.386		TONS.	
-----------------------------------	--	---	--	----------	--	-------	--	-------	--

NÚMERO DE BOTES DE 19 LITROS POR INTRODUCIR PARA UN EVENTO DE MEZCLADO

CEMENTO =	0.310	TONS.	FACTOR =	6.200
	0.050	TONS.		
ARENA =	0.540	m ³	=	0.087
	6.2	m ³		
GRAVA =	0.640	m ³	=	0.103
	6.2	m ³		
AGUA =	0.200	m ³	=	0.032
	6.2	m ³		

SI TOMAMOS EN CUENTA QUE 1 SACO DE CEMENTO = 35 LITROS

MATERIALES	MAT. POR EVENTO	EQUIVALENCIA EN LITROS	PROPORCIÓN EN BOTES	PROPORCIÓN EN BOTES BOMBEO	UNIDADES	PROPORCIÓN EN BOTES AL 25 %
CEMENTO	0.050	33	1.00	1	SACO	0.80
ARENA	0.087	87	2.64	3.8	BOTES	2.40
GRAVA	0.103	103	3.13	3.6	BOTES	2.80
AGUA	0.032	32	0.98	1	BOTES	0.80

CONSIDERANDO EL SACO DE CEMENTO AL 25 %, CON BOTES AL 25 % DE SU CAPACIDAD TOTAL SE REALIZAN EN TOTAL 12.6 EVENTOS DE REVOLVEDORA PARA FABRICAR 1 m³

TABLA # 39

FUENTE: ELABORACION PROPIA.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



PROPORCIONAMIENTO PARA FABRICAR 1 m³ DE CONCRETO DE f'c = 200 kg / cm²

VOLUMENES DE MATERIALES PARA : PROPORCIÓN DE 1 m³ DE CONCRETO (f'c = 200 kg / cm²)

MATERIALES	VOL. EN EL EVENTO	CONVERSIONES	CONVERSIONES	TOTAL	TOTAL	UNIDADES
CEMENTO	0.350	1.030	0.361	7.210	SACOS	
ARENA	0.530	1.080	0.572	0.572	m ³	
GRAVA	0.640	1.080	0.691	0.691	m ³	
AGUA	0.205	1.300	0.267	0.267	m ³	

DESEO MEZCLAR EN REVOLVEDORA DE : SACO (S) 0.80 TONS.

NÚMERO DE BOTES DE 16 LITROS POR INTRODUCIR PARA UN EVENTO DE MEZCLADO

CEMENTO =	$\frac{0.350}{0.050}$	TONS.	FACTOR =	7.000
		TONS.		
ARENA =	$\frac{0.530}{7}$	m ³	=	0.076
		m ³		
GRAVA =	$\frac{0.640}{7}$	m ³	=	0.091
		m ³		
AGUA =	$\frac{0.205}{7}$	m ³	=	0.029
		m ³		

SI FORMAS EN CÁMERA QUE 1 SACO DE CEMENTO = 25 LITROS

MATERIALES	MAT. POR EVENTO	CONVERSIONES EN LITROS	PROPORCIÓN EN BOTES	PROPORCIÓN EN LITROS EVENTO	UNIDADES	CONVERSIONES EN BOTES DE 16 L.
CEMENTO	0.050	33	1.00	1	SACO	0.80
ARENA	0.076	76	2.29	2.5	BOTES	2.00
GRAVA	0.091	91	2.77	2.8	BOTES	2.40
AGUA	0.029	29	0.89	1	BOTES	0.80

CONSIDERANDO EL SACO DE CEMENTO AL 80% CONSIDERAR AL 80% DE SU CAPACIDAD TOTAL EN REVOLVEDORA TOTAL EVENTOS DE REVOLVEDORA PARA FABRICAR 1 m³

TABLA # 40

FUENTE: ELABORACION PROPIA.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



PROPORCIONAMIENTO PARA FABRICAR 1 m³ DE CONCRETO DE f'c = 250 kg / cm²

VOLUMENES DE MATERIALES PARA: **FABRICACIÓN DE 1m³ DE CONCRETO f'c = 250kg/cm²**

MATERIALES	VOLUMEN M ³	PROPORCIÓN	DESEDO M ³	TOTAL	TOTAL	UNIDADES
CEMENTO	1	0.390	1.030	0.402	8.034	SACOS
ARENA	1	0.530	1.080	0.572	0.572	m ³
GRAVA	1	0.630	1.080	0.680	0.680	m ³
AGUA	1	0.210	1.300	0.273	0.273	m ³

DESEO MEZCLAR EN REVOLVEDORA DE: **1** SACO(S) **0.800** TONS.

NÚMERO DE BOTES DE 18 LITROS POR INTRODUCIR PARA UN EVENTO DE MEZCLADO

CEMENTO =	$\frac{0.390}{0.050}$	TONS.	FACTOR =	7.800
		TONS.		
ARENA =	$\frac{0.530}{7.8}$	m ³	=	0.068
		m ³		
GRAVA =	$\frac{0.630}{7.8}$	m ³	=	0.081
		m ³		
AGUA =	$\frac{0.210}{7.8}$	m ³	=	0.027
		m ³		

SE TOMARON EN CUENTA QUE 1 SACO DE CEMENTO = 25 LITROS

MATERIALES	MAT. POR EVENTO	EQUIVALENCIA EN LITROS	PROPORCIÓN EN BOTES	PROPORCIÓN EN BOTES EVENTO	UNIDADES	PROPORCIÓN EN BOTES AL 10%
CEMENTO	0.050	33	1.00	1	SACO	0.80
ARENA	0.068	68	2.06	2.5	BOTES	2.00
GRAVA	0.081	81	2.45	2.8	BOTES	2.40
AGUA	0.027	27	0.82	1	BOTES	0.80

CONSIDERANDO EL SACO DE CEMENTO AL 80% Y LOS BOTES AL 20% DE SU CAPACIDAD TOTAL SE RECOMIENDA EN TOTAL 15.2 BOTES DE REVOLVEDORA PARA FABRICAR

TABLA #41

FUENTE: ELABORACION PROPIA.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



REPOSICIÓN DE PAVIMENTO

Las operaciones de reposición de pavimento deben ejecutarse en forma manual, con maquinaria o una combinación de ambos. El equipo de construcción debe ser el adecuado y necesario previamente autorizado por la supervisión.

La reposición de un pavimento asfáltico o concreto hidráulico debe hacerse siempre de acuerdo a las condiciones de pavimentación existentes.

Cuando el requerimiento sea de colocación de mezcla asfáltica debe observarse lo siguiente:

Una vez terminado el relleno y compactado de la cepa de acuerdo a lo indicado anteriormente, se debe proceder a efectuar un sello de impregnación con asfalto FR-3 a razón de un litro por metro cuadrado (1lt/m²).



FOTO # 46

Personal aplicando el riego de impregnación.

Las paredes verticales que delimitan la superficie de la zanja deben recibir un riego ligero de liga con el mismo asfalto FR-3.

Después de esta operación debe esperarse aproximadamente 2 horas para que se eliminen parte de los solventes, dependiendo ese lapso de las condiciones climatológicas.



FOTO # 47

Después de aplicar el riego debemos esperar 2 horas.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

La mezcla asfáltica debe ser elaborada con cemento asfáltico N° 6 con objeto de acelerar su estabilidad para realizar la apertura de la calle a la brevedad posible.



La mezcla se transporta al tramo, a donde debe llegar a una temperatura de 110 a 120 °C; para ello, si es necesario se cubre con lonas durante el trayecto.

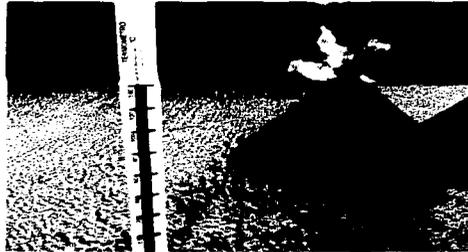


FOTO # 48 La mezcla asfáltica debe conservarse a temperatura adecuada.

Al llegar el equipo de transporte al tramo, descarga su contenido en un lugar previamente acordado para posteriormente dosificarlo y colocar en las capas necesarias a lo largo de toda la zanja por medio de carretillas



FOTO # 49 Rastrilleros extendiendo la mezcla asfáltica.

Cuando los espesores de repavimentación sean superiores a los 5 centímetros, debe aplicarse la mezcla en 2 capas, procurando que una vez compactada la primera y antes de tender la segunda se pique la superficie (sin riego de liga), para facilitar la homogeneidad de la mezcla colocada y el amarre de la misma.



FOTO # 50 Picar espesores mayores de 5 cm. Para aplicar más capas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



El rastrillero se encarga de extender la mezcla asfáltica a lo largo de toda la zanja, para posteriormente de esa capa de mezcla asfáltica se separen los agregados mas gruesos y se genera un reborde con el fin de realizar un mejor acabado de la superficie.



FOTO # 51

Rastrillero extendiendo el asfalto en toda la zanja.



FOTO # 52

Rastrillero generando un reborde y eliminando material grueso.

La compactación debe efectuarse de las orillas hacia el centro. Una vez compactada la mezcla debe quedar al nivel del pavimento adyacente.



FOTO # 53

Acabado final del pavimento en proceso.

Cuando el requerimiento sea a base de concreto hidráulico se debe reparar de acuerdo a las características que presente el concreto adyacente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**REPOSICIÓN DE BANQUETAS, GUARNICIONES Y ANDADORES**

La reposición de banquetas, pasos para peatones y guarniciones puede construirse a mano o empleando maquinaria. En este último caso, el equipo de construcción debe ser el adecuado y necesario, previa autorización de la supervisión.



FOTO # 54 Banqueta de concreto hidráulico que debe reponerse con el mismo material.

La reposición de banquetas para peatones deben tener el nivel y el ancho original de las mismas y su superficie presentar un acabado uniforme, sin protuberancias ni oquedades.

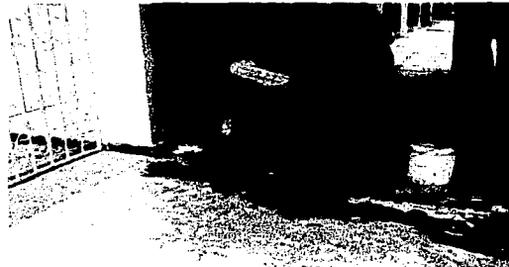


FOTO # 55 Personal reparando la banqueta de concreto hidráulico.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

La reposición del concreto hidráulico utilizado en la construcción de banquetas, guarniciones y andadores, debe ser de las características indicadas en el proyecto y/o ordenadas por la empresa constructora, pero no inferiores a los siguientes:

CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS PARA REPOSICIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO.

Elemento	Resistencia (f'c)	Ancho (cm)	Alto (cm)
Banquetas y andadores de concreto simple	f'c = 150 kg/cm ²	12 cms	8 cm.
Guarniciones coladas en sitio	f'c = 200 kg/cm ²	12 cms	similar al existente
Banquetas de concreto reforzado	f'c = 250 kg/cm ²	12 cms	similar al existente

TABLA # 42

FUENTE : ELABORACIÓN PROPIA con base en información de NOM-003-SECRE-2002.



En caso de reconstrucción de guarniciones, primeramente deben demolerse las existentes procurando que el ancho de la excavación sea el mínimo necesario para alojar los moldes (los cuales deben quedar firmemente sujetos a la base de apoyo).

La base en donde se vayan a desplantar las guarniciones debe ser suficientemente resistente para evitar el asentamiento de las mismas. Cuando la base de apoyo no sea resistente, debe profundizarse la excavación para alojar una capa de grava cementada de 10 cm., de material compactado al 90 % de su peso volumétrico seco máximo. Si la guarnición está formada con piezas similares a las de la banqueta, deben colocarse en la misma forma que éstas. Las piezas deben tener como dimensiones mínimas una base de apoyo de 20 cm. y una altura de 50 cm. para guarniciones tipo 2 y de 50 cm. de base por 34 cm. de altura en las de tipo 1.

En la reposición de andadores se deben tomar en cuenta las dimensiones originales y/o lo ordenado por la constructora, tomando en consideración lo siguiente:

Los andadores a base de suelo mejorado, como pueden ser materiales granulares, granulares cementados o suelo cemento, se deben reponer tomando en consideración las proporciones, dimensiones y características del material empleado.

Los andadores a base de materiales bituminosos, se deben reponer de acuerdo con el tratamiento previo que deba hacerse al suelo natural que recibirá el andador, como: compactación y sustitución en su caso y la mezcla con el material bituminoso que se utilizó originalmente.

Los andadores a base de adoquín, piezas prefabricadas o piedras naturales, se deben reponer de manera que el suelo natural que recibirá las piezas tenga la resistencia base de compactación o sustitución necesarias, de acuerdo al original. Las piezas se deben colocar a hueso, asentándolas sobre una capa de arena, se deben formar entrecalles con tierra para desarrollo de pasto.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



3.10 LIMPIEZA

En toda obra el constructor se compromete a mantener ordenada la zona de influencia de construcción de la obra y efectuar una limpieza general cuando menos cada fin de semana, por lo cual no tendrá derecho a pago adicional por este trabajo ni por el retiro del material producto de la limpieza.

Cuando se termine una fase de construcción (excavación, tendido de tubería, cruce de calles, relleno de cepas, etc.) debe efectuarse una limpieza y retirar todo el material que no se vaya a ocupar posteriormente.



FOTO # 56 Equipo de limpieza retirando material producto de excavación.

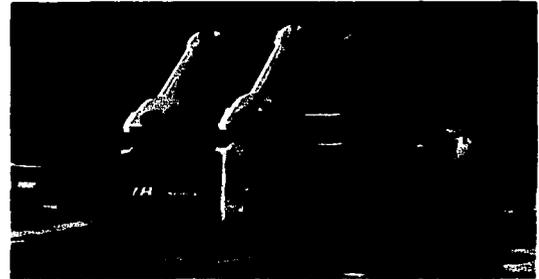


FOTO # 57

Bobcat cargando el material de retiro.

Cuando la limpieza consista en la remoción de escombros y materiales sobrantes se debe observar en términos generales, lo siguiente:

1. Al remover los escombros y materiales sobrantes debe procurarse no dañar, ni manchar la zona de la obra o elementos que sean circunvecinos.
2. La carga de los vehículos de transporte, se debe efectuar lo más próximo a la zona donde se encuentran almacenados provisionalmente los escombros y materiales sobrantes, teniendo cuidado en no dañar la obra terminada.
3. Cuando los escombros y materiales sobrantes se encuentran depositados provisionalmente sobre un piso ya terminado, para no dañarlo se debe tener especial cuidado al retirarlos; inmediatamente después, el piso debe ser cuidadosamente barrido o de ser necesario lavado con agua y cepillo.
4. Cuando los materiales sobrantes sean aprovechables, deben ser clasificados de acuerdo a su tipo y características. Cuando sean de propiedad del distribuidor se entregarán a éste, acompañados de un inventario.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Para el tipo de limpieza que deba ejecutarse se empleará la herramienta y equipo adecuado.



FOTO # 58

Personal de limpieza realizando labores finales.

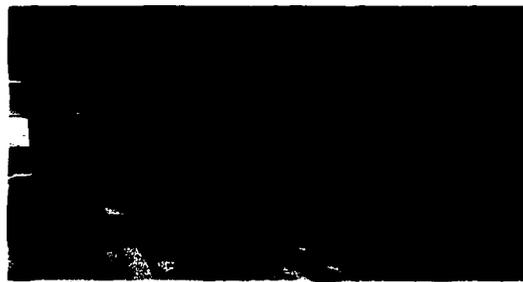


FOTO # 59

Personal limpiando la calle posterior al retiro de material.

Quando sea necesario, debe mantenerse algún señalamiento exterior que brinde protección al ejecutor de la limpieza.

Si con motivo de la limpieza alguna otra zona o elemento de obra resulta dañada o manchada, el constructor debe limpiar y reparar por su cuenta lo sucio o lo dañado, de manera que el lugar garantice las mismas condiciones anteriores a la instalación de la red de gas natural.

Para la limpieza final y durante la ejecución de los trabajos no se tienen contemplados bancos de desperdicios para el material excedente y basura recolectada procedente de los mismos, por lo tanto se deben ubicar los lugares permitidos sobre la base de acuerdos propios.



FOTO # 60

Personal limpiando la zona de trabajo al final de la obra.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Quando los escombros y materiales sobrantes se encuentren localizados en la vía pública, éstos deben ser retirados dentro de la jornada de trabajo de ese día.

Se deben colocar las protecciones necesarias a los elementos terminados para no dañarlos durante las operaciones de limpieza.

COMENTARIO: Toda la información presentada en esta tesis se realizó con la finalidad de acercar al lector de manera sencilla a la NOM-003-SECRE-2002 y con base en la misma.



CAPÍTULO 4

VENTAJAS, BENEFICIOS Y USOS DEL GAS NATURAL.

OBJETIVO

MENCIONAR LOS DIFERENTES USOS QUE SE LE DAN AL GAS NATURAL Y OBSERVAR LAS VENTAJAS Y BENEFICIOS OFRECIDOS CON RESPECTO A OTROS COMBUSTIBLES.

4.1 EL GAS NATURAL Y SUS USOS. (13)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GAS NATURAL



El gas natural es una mezcla de hidrocarburos simples que existe en estado gaseoso, a condiciones ambientales normales de presión y temperatura. Se encuentra generalmente en depósitos subterráneos profundos formados por roca porosa, o en los domos de los depósitos naturales de petróleo crudo.

Se cree que las acumulaciones de gas que existen actualmente en el subsuelo, tuvieron su origen en la descomposición de carbón, o cuando grandes moléculas de petróleo se separaron como resultado del calor y la presión reinante en los depósitos a lo largo de millones de años.

(13) La información contenida en este punto se realizó con base en datos proporcionados por PEMEX, Subdirección de Ductos, Gerencia Comercial y de Transporte.



Típicamente el gas natural comercial está compuesto en un 85 % o más por metano, la molécula más simple de los hidrocarburos cuya fórmula química es CH_4 , lo que indica cuatro átomos de hidrógeno unidos a un átomo de carbono. El gas natural contiene además pequeñas cantidades de etano, propano y otros hidrocarburos más pesados; asimismo, se encuentran presentes en trazas nitrógeno, bióxido de carbono, ácido sulfhídrico y agua.

COMPOSICIÓN DEL GAS NATURAL EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

	1998	2002
PODER CALORIFICO Kcal./m ³	6,603	9,750
NITRÓGENO	1.301	1.311
DIÓXIDO DE CARBONO	0.101	0.028
METANO	88.168	85.772
ETANO	8.610	11.311
PROPANO	1.417	1.306
N-BUTANO	0.201	0.136
I-BUTANO	0.116	0.082
N-PENTANO	0.042	0.026
I-PENTANO	0.044	0.028

TABLA # 42 FUENTE: PEMEX GAS Y PETROQUIMICA BASICA. SUBGERENCIA ZONA CENTRO, 2002.

El gas natural no tiene color ni olor pero al tratarse de un material inflamable, se la agregan odorizantes químicos (mercaptano isopropil), a fin de que pueda ser detectado por el olfato humano en caso de una fuga. Esto no altera en absoluto sus propiedades físicas ni su poder calorífico y constituye una herramienta valiosísima para preservar la seguridad de los consumidores.

El gas natural es más ligero que el aire; su gravedad específica se encuentra en el rango de 0.59 a 0.67, relativa al aire, y forma mezclas inflamables con éste que se encuentran en el rango de 5-15% de gas natural en mezcla con aire.

PODER CALORÍFICO

El poder calorífico del gas natural depende de su composición química: entre mayor sea la cantidad de hidrocarburos más pesados que el metano que contenga, mayor será su poder calorífico.

El poder calorífico de un combustible es la energía liberada por una unidad de peso o de volumen del mismo. En el caso de combustibles sólidos o líquidos el poder calorífico se expresa en Kcal. / lt. y en el caso del gas en Kcal. / m³ en condiciones normales de presión atmosférica y temperatura ambiente.

EQUIVALENCIAS DE OTROS COMBUSTIBLES CON RESPECTO A 1 m³ DE GAS NATURAL

	1998	2002
GAS L.P.	1.279	1 m ³
DIESEL	0.915	1 m ³
GASOLINA	1.038	1 m ³

TABLA # 43

FUENTE: PGPB, SUBGERENCIA ZONA CENTRO, 2002.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Dado que el gas natural se compra y se paga por unidad de energía entregada, es importante determinar con la mayor exactitud posible esta cantidad. El flujo de gas natural (unidades de volumen por unidad de tiempo) es una medida dinámica, mientras que el poder calorífico es una medida estática.

Para poder determinar la cantidad total de energía entregada y vendida, es necesario combinar las dos medidas anteriores. De esta manera, el usuario de gas tendrá la certeza de que está pagando por la energía que consume y no por el volumen de gas que atraviesa su medidor.

Así, la determinación de la cantidad de energía entregada requiere las lecturas de un medidor volumétrico (generalmente una placa de orificio como elemento primario, conectada a un graficador o un dispositivo electrónico), y de un medidor del poder calorífico del gas (calorímetro), que se combinan en una sola medida, la cantidad de energía efectivamente consumida.

LÍMITES DE EXPLOSIVIDAD.

Es el rango en porcentaje volumétrico de gas natural en el aire que indica si puede existir una combustión de manera sostenida.

Los límites inferior y superior de explosividad (L.I.E.), (L.S.E.) se encuentran en el rango de 4.5 % al 15 %.

El valor mínimo de existencia de gas natural en el aire indica que podrá existir la combustión.

El valor máximo de existencia de gas natural en el aire indica que un valor mayor a éste en el aire será imposible llegar a la combustión.

Lo anterior solo será posible si se da en condiciones de presión y temperatura normales.

RANGOS DE EXPLOSIVIDAD				
Gas (porcentaje)	Aire (porcentaje)	Mezcla (L.I.E.)	Si existe combustión	Resultado
MENOS DEL 80 %	MAS DEL 20 %	SI		NO
80 %	20 %	SI		NO
84 %	16 %	SI		NO
85 %	15 %	SI		
90 %	10 %	SI		
95 %	5 %	SI		
95.50 %	4.50 %	SI		
96 %	4 %	SI		NO
MAS DEL 96 %	MENOS DEL 4 %	SI		NO
100 %	0 %	SI		NO

TABLA # 44

FUENTE ELABORACIÓN PROPIA según datos de PGPE.

IMPORTANTE: No se deberá confundir el rango de explosividad con el porcentaje de explosividad que se mide con el explosímetro. Este porcentaje, se refiere al contenido de gas combustible por abajo del intervalo inflamable, de manera que el 100 % de explosividad corresponde al L.I.E., mientras que el 0 % corresponde a ausencia de combustible en la mezcla medida.

L.I.E.: Límite inferior de explosividad.
L.S.E.: Límite superior de explosividad.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Cabe señalar que solo se puede lograr la combustión si se conjugan dentro de sus rangos los siguientes tres factores:

FACTORES QUE DEBEN CONJUGARSE PARA GENERAR LA COMBUSTIÓN

CONDICIONES	GAS NATURAL
OXIGENO	CONTENIDO EN EL AIRE
CALOR	CHISPA, FLAMA DEL PILOTO, ETC.

TABLA # 45

FUENTE ELABORACIÓN PROPIA.

El gas natural tiene una temperatura de ignición y de quemado como se muestra en la tabla siguiente:

TEMPERATURAS DE IGNICIÓN Y QUEMADO DEL GAS NATURAL.

TEMPERATURA DE IGNICIÓN	593.33 °C - 648.88 °C
TEMPERATURA DE QUEMADO	1187.11 °C - 1926.66 °C

TABLA # 46

FUENTE ELABORACIÓN PROPIA.

USOS DEL GAS NATURAL.

Los usos a los que actualmente se destina el gas natural abarcan una amplia gama de actividades que se van desde la industria petroquímica (como materia prima en la producción de amoníaco y metanol), hasta diversos usos domésticos (para cocinar, calefacción y sistemas de aire acondicionado), pasando por el de combustible en la industria pesada (acero, química, cemento, vidrio, papel, etc.), el transporte, y de manera muy importante, la generación de energía eléctrica.

Consumo de Gas Natural por Sector y Rama 1999

Total 3,519 mmpcd

Sector Industrial por Ramas



Fuente: B. D.I. POPS

fig. # 23

Sector Petroquímico

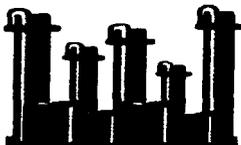
Industrial 31%
1,095Eléctrico 20%
99Petroq 46%
1,620Doméstico 3%
99

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



El gas natural en México tiene su principal aplicación en el mismo sector petrolero, aunque no es menos importante su empleo en la generación de energía eléctrica; pero en menor escala se utiliza en la industria, el comercio y para uso doméstico.

SECTOR PETROLERO



En éste sector se utiliza como combustible para la realización de procesos propios de PEMEX.

SECTOR ELÉCTRICO

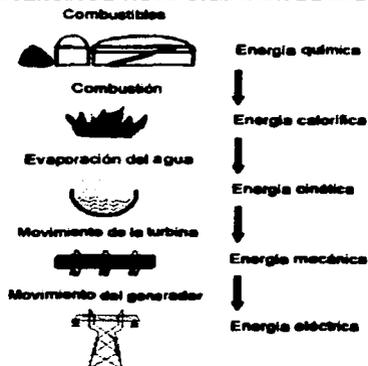


En esta industria su empleo es en las plantas termoeléctricas generando energía eléctrica, desplazando a los combustibles más contaminantes que en la actualidad se utilizan.

CENTRAL TERMOELÉCTRICA (14)

Una central termoeléctrica es una instalación industrial en la que la energía química del combustible se transforma en energía calorífica para producir vapor, este se conduce a la turbina donde su energía cinética se convierte en energía mecánica, la que se transmite al generador para producir energía eléctrica.

SECUENCIA DE TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

fig. # 24

(14) Información basada en datos y gráficos proporcionados por la "Comisión Federal de Electricidad"



Las centrales termoeléctricas utilizan el poder calorífico de combustibles derivados del petróleo para calentar agua y producir vapor con temperaturas del orden de los 520 °C y presiones entre 120 y 170 Kg/cm², para impulsar turbinas que giran a 3600 r.p.m. Los gases de la combustión, después de generar vapor se descargan directamente a la atmósfera

PROCESO GENERAL PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

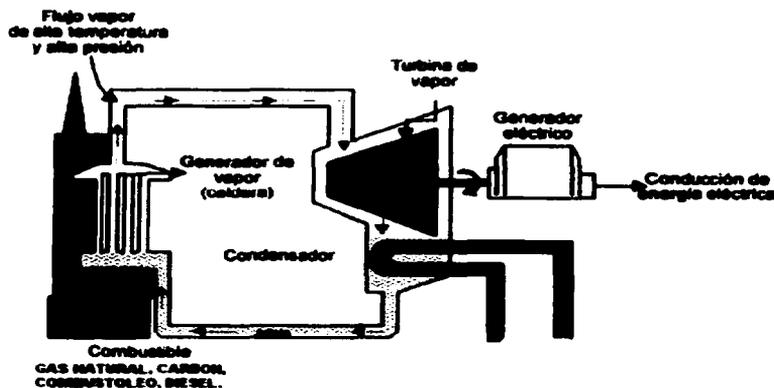


Fig. # 25

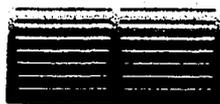
Esquema representativo del proceso de generación de energía eléctrica.

USO COMERCIAL

Se utiliza también en diferentes sectores comerciales con la finalidad de procesar alimentos, calentar ó enfriar espacios, calentar agua, incinerar, etc.



EN HOSPITALES



AIRE ACONDICIONADO



RANGO DE USOS MUY AMPLIO

r.p.m.: Revoluciones por minuto.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**EN LA INDUSTRIA**

Se utiliza también en diferentes sectores industriales como el petroquímico, cementero, siderúrgico, textil, farmacéutico, papelerero, etc.



**INDUSTRIA
ALIMENTICIA**



**INDUSTRIA
SIDERÚRGICA**



**INDUSTRIA
VIDRIERA**



**INDUSTRIA
CEMENTERA**



**INDUSTRIA
PAPELERA**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



USO DOMÉSTICO



Para el uso doméstico las presiones del gas disminuyen considerablemente, como medida de seguridad



PARA COCINAR



PARA CALENTAR AGUA



AIRE ACONDICIONADO

USO AUTOMOTRIZ

Su uso como combustible automotriz más bien dependerá de las condiciones ambientales en que se encuentre el país, de las ventajas y beneficios que ofrezca a los involucrados en su uso.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El gas natural es transportado comúnmente por gasoductos, por lo que su utilización depende de la localización de sus yacimientos y de la proximidad de sus mercados regionales

El papel que desempeñará el gas natural dentro del panorama energético Mexicano en relación con las diferentes formas de energía, dependerá del equilibrio de factores físicos, tecnológicos, financieros y políticos que pretenda el país.



4.2 VENTAJAS Y BENEFICIOS.⁽¹⁵⁾

ECOLÓGICAMENTE

El gas natural es el más simple de los hidrocarburos, su combustión es más limpia y está prácticamente exenta de emisiones de bióxidos de azufre, hidrocarburos reactivos, monóxido de carbono y partículas sólidas. Asimismo, el gas natural emite menores cantidades de bióxido de carbono (un reconocido gas de invernadero) por unidad de energía producida, que otros combustibles fósiles.

TABLA COMPARATIVA DE CONTAMINANTES DE GAS NATURAL CON OTROS COMBUSTIBLES

COMBUSTIBLE	CO	CO ₂	NO _x	SO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}
GASOLINA	2.9790	0.6080	0.0170	0.0028	0.0029	0.0017
DIESEL	3.0880	0.0026	0.0520	0.0028	0.0062	0.0284
GAS L.P.	2.6570	0.0010	0.0120	0.0010	0.0015	0.0012
GAS NATURAL	2.3470	0.0008	0.0104	0.0004	0.0003	0.0011

TABLA # 47

FUENTE: PROGRAMA INTEGRAL CONTRA LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA: CD DE MÉXICO.

La limpieza inherente del gas natural, en conjunto con su alta eficiencia, resulta en numerosos beneficios ambientales comparado con los sistemas eléctricos, incluyendo niveles de emisión mucho menores de contaminantes del aire y desechos sólidos.

SEGURIDAD

Con el gas natural, el dueño de la red de distribución es el distribuidor, por lo tanto tiene la obligación de construirla de acuerdo a estrictas especificaciones y mantenerla en buen estado ya que es su principal activo, además el gas que se fugue antes de que pase por el medidor del usuario es una pérdida neta para el distribuidor. El usuario solo tiene que mantener su instalación la cual es solo la tubería que trabaja a baja presión.

Las instalaciones están construidas bajo normas Mexicanas estrictas que garantizan el buen funcionamiento y la seguridad deseada en las mismas.

Además las tuberías empleadas en la red son sometidas a pruebas que garantizan soportar presiones mayores a las que se presentan en la red de distribución.

SALUD

EN CASO DE FUGA DE GAS NATURAL LOS PRINCIPALES EFECTOS EN LA SALUD SON:

- Los alcanos son asfixiantes, que pueden causar muerte súbita por desplazamiento del oxígeno.
- El contacto directo puede causar quemaduras en los pies y los ojos.
- Los vapores pueden ocasionar vértigo, sofocación, fatiga, disminución de la agudeza visual, confusión mental y entumecimiento de las extremidades.
- El contacto directo con gas natural licuado puede causar congelamiento.

(15) La presente información se realizó con información proporcionada por la Comisión Reguladora de Energía (CRE)

**RESERVAS**

México es uno de los países en todo el mundo con mayor número de reservas probadas de gas natural, por lo que el uso de este combustible como energético en las grandes ciudades de nuestro país traería grandes beneficios económicos. Además, el uso del gas natural permitirá reducir el tan terrible problema de la contaminación en grandes ciudades, como Monterrey, Guadalajara, México, Mexicali, entre otras.

Se prevé que los proyectos de inversión que desarrolla Pemex Exploración y Producción den como resultado la incorporación anual de 1.3 billones de pies cúbicos de gas. Sin embargo, como resultado de la elevación en el nivel de extracción, las reservas disminuirán en el orden del 0.9 % anual.

PRONÓSTICO DE RESERVAS DE GAS NATURAL 1988-1991 (EN MPPC)

	1988	1989	1990	1991	1992	1993
RESERVA DEL INICIO DE AÑO	67,668.00	67,122.50	66,608.90	66,229.30	65,312.90	64,530.50
PRONÓSTICO DE EXTRACCIÓN ANUAL	1,544.20	1,658.70	1,839.90	2,066.20	2,261.50	2,306.80
INCORPORACIÓN DE RESERVAS	998.70	1,145.40	1,460.30	1,149.80	1,479.10	1,389.10
PRONÓSTICO DE RESERVAS	67,122.50	66,608.90	66,229.30	65,312.90	64,530.50	63,312.80

TABLA # 48

FUENTE: ELABORACION CON BASE EN PEMEX EXPLORACION Y PRODUCCION.

En la siguiente tabla se muestran las equivalencias de varios combustibles; es decir la cantidad requerida de un combustible para producir el mismo poder calorífico que el GAS NATURAL.

TABLA DE PODERES CALORÍFICOS Y EQUIVALENCIAS DEL GAS NATURAL CON OTROS COMBUSTIBLES

	GAS NATURAL	GAS L.P.	DESEL	GASOLINA
PODER CALORÍFICO	8,460 Kcal./m ³	6,614 Kcal./ft	9,243.2 Kcal./ft	8,149.8 Kcal./ft
EQUIVALENCIAS	1 m ³	1.279 litros	0.915 litros	1.038 litros
	0.782 m ³	1 litro		
	1.093 m ³		1 litro	
	0.963 m ³			1 litro

TABLA # 49

FUENTE ELABORACIÓN PROPIA.

EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Un beneficio adicional para el medio ambiente derivado del uso del gas natural para la generación de electricidad, es la sustitución del carbón, diesel y combustible, no sólo eliminando las emisiones asociadas con la combustión de éstos, sino incrementando de manera importante la eficiencia de la transformación energética. Esta característica hace del gas natural el combustible ideal para proyectos de cogeneración de energía, en donde además de la conversión de la energía calorífica primaria en energía mecánica o eléctrica, gran parte de la energía residual se aprovecha para la generación de vapor, con fines de calentamiento en procesos industriales y comerciales.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



EN LA INDUSTRIA

Con el uso de GAS NATURAL se obtienen combustiones completas empleando excesos de aire menores que los utilizados para otros combustibles, por lo que se aumenta con ello el rendimiento térmico de la combustión, mejorando el control sobre las temperaturas de los hornos industriales, facilitando los procesos desarrollados en los mismos.

Para la industria y los consumidores de gas en general, el hecho de que el gas natural no requiere de un espacio especial para almacenarlo, y que puede ser utilizado de manera segura y sin interrupción con sólo abrir la válvula, constituye una ventaja importante.

- El gas natural es la fuente de energía más rentable en el área industrial, siendo mucho más económico que otros combustibles.
- Los gastos de mantenimiento de las instalaciones con gas natural son más bajos que en las instalaciones con otro tipo de combustible.
- Los productos de la combustión del energético están exentos de azufre, por lo que no ocasionan acciones corrosivas en el equipo.
- Además para las industrias de nueva instalación es necesaria menor inversión, usando gas natural obtienen grandes beneficios.
- El sistema de facturación implica que sólo se paga la energía realmente consumida, pues se mide en unidades térmicas.

A continuación se muestra una tabla en la que se determina según el precio de cada combustible el costo que implicaría producir la misma cantidad calorífica.

TABLA COMPARATIVA DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE CALOR EN UN EQUIPO INDUSTRIAL CONVENCIONAL

COMBUSTIBLE	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TÉRMICO
GASOLINA	1.036 lt	\$ 5.76	\$ 5.96
DIESEL	0.915 lt	\$ 4.76	\$ 4.36
GAS L.P.	1.279 lt	\$ 2.54	\$ 3.25
GAS NATURAL	1 m ³	\$ 1.17	\$ 1.17

TABLA # 50

TARIFAS PARA USUARIO FINAL (INVESTIGADAS EN EL MES DE JUNIO DE 2002.)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



COMO COMBUSTIBLE AUTOMOTRIZ

Una manera en la que el gas natural puede contribuir significativamente al mejoramiento de la calidad del aire es en el transporte. Por ejemplo, los vehículos que funcionan con gas natural pueden reducir las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos reactivos hasta en un 90 por ciento, en comparación con los vehículos que utilizan gasolina.

Tendrá un impacto ecológico muy grande, ya que desplazará el consumo de combustibles altamente contaminantes como diesel, combustóleo y gas L.P., además de ser un combustible limpio, eficiente y seguro para carburación; es decir podrá utilizarse en automóviles y camiones reduciendo con esto en una gran proporción la contaminación ambiental.

En el corto plazo no se considera que sea posible que los automóviles "particulares" utilicen gas natural como combustible alternativo por la falta de la infraestructura adecuada para suministrar este tipo de energético para autos y camiones. Una vez que se cuente con las estaciones de servicio adecuadas esto será posible.

Solamente las empresas que reciben gas natural para uso industrial y que son propietarios de flotas podrán utilizar éste como combustible automotriz construyendo las instalaciones necesarias para el suministro y modificando los vehículos.

El gas natural es actualmente utilizado en automóviles en muchas partes del mundo, ha sido demostrado que su limpieza de combustión alarga la vida de piezas importantes de combustión y carburación de los vehículos.

TABLA COMPARATIVA DE COSTOS DE OPERACIÓN EN DIFERENTES TIPOS DE COMBUSTIBLES COMERCIALES

COMBUSTIBLE	CONSUMO	COSTO COMERCIAL (MEX)	COSTO OPERATIVO
GASOLINA	1.038 lt	\$ 5.76	\$ 5.98
DIESEL	0.915 lt	\$ 4.76	\$ 4.36
GAS L.P.	1.279 lt	\$ 2.89	\$ 3.70
GAS NATURAL	1 m ³	\$ 4.03	\$ 4.03

TABLA # 51

TARIFAS PARA USUARIO FINAL (INVESTIGADAS EN EL MES DE JUNIO DE 2002.)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**EN EL HOGAR**

El uso de GAS NATURAL derivará en que los aparatos produzcan emisiones más limpias que las emitidas por gas LP.

En los hogares equipados con gas natural se reducen en un 99 % el bióxido de sulfuro, 90 % los óxidos de nitrógeno, 95 % las partículas y 40 a 50 % el monóxido de carbono que en los hogares que utilizan gas LP y electricidad. Estos son los contaminantes del aire que contribuyen en gran medida al ozono urbano. Las emisiones de bióxido de carbono, que producen el efecto "invernadero" primario, se reducen entre 65 y 70 % utilizando gas natural en los hogares.

En los hogares en los que se decida cambiar a gas natural, los aparatos actuales (calentadores, estufas, etc.) que en este momento funcionan con gas L.P. solo requerirán pequeñas adecuaciones, que serán realizadas por el distribuidor tales como: el cambio de tamaño de las espreas, válvulas de conexión y presión a la que se recibe el gas dentro de los mismos.

La siguiente tabla pretende mostrar las ventajas que tiene el GAS NATURAL además de todo lo descrito anteriormente sobre el GAS L.P. y que finalmente el usuario realice sus propias conclusiones.

COMPARATIVA DE GAS NATURAL CONTRA GAS LP.	
GAS NATURAL	GAS LP
GRACIAS A SU DENSIDAD ES MAS LIVIANO QUE EL AIRE, POR LO QUE AL ELEVARSE SIEMPRE BUSCA UNA SALIDA.	SU DENSIDAD ES IGUAL A DOS CON RESPECTO AL AIRE, POR LO TANTO, EN CASO DE FUGA SE ACUMULA SIEMPRE EN LAS PARTES MAS BAJAS.
SE NECESITA UNA MEZCLA DEL 4.5 % AL 15 % EN EL AIRE PARA QUE EXISTA COMBUSTIÓN.	SOLO NECESITA UNA MEZCLA DEL 2 % AL 10 % EN EL AIRE PARA SU COMBUSTIÓN.
EL TRANSPORTE ES SUBTERRÁNEO, EN TUBERÍAS DE ACERO Y POLIETILENO.	EL TRANSPORTE SE HACE EN CILINDROS O CONTENEDORES POR CARRETERA.
COMBUSTIÓN PERFECTAMENTE DOMINADA, EL QUEMADOR RINDE EL 100 %	COMBUSTIÓN COMPLICADA, (EMISIÓN DE PARTÍCULAS) POR DIFICULTAD DE MEZCLAS, MENOR RENDIMIENTO
SIEMPRE PROPORCIONA UNA FLAMA AZUL, DEBIDO A QUE NO CONTIENE IMPUREZAS.	CUANDO LA FLAMA ES NARANJA, SIGNIFICA QUE EL GAS CONTIENE IMPUREZAS, POR LO TANTO, NO ES 100 % GAS L.P.
NO SE TIENE QUE PEDIR EL GAS Y DESCARGARLO CONTINUAMENTE.	PARA PREVENIR EL DESABASTO SE TENDRÁ QUE VIGILAR EL PASO DEL CAMIÓN DISTRIBUIDOR.
LA ENERGÍA SE ENCUENTRA PERMANENTEMENTE DISPONIBLE.	EL ALMACENAMIENTO TIENE UN COSTO.
NINGUN EXTRAÑO TIENE ACCESO A SU HOGAR.	EL RIESGO QUE IMPLICA EL ACCESO AL HOGAR DE PERSONAS EXTRAÑAS.

TABLA # 52

FUENTE : ELABORACIÓN PROPIA.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



COMPARATIVA DE GAS NATURAL CONTRA GAS L.P.

GAS NATURAL	GAS L.P.
EL POLIETILENO SE HA USADO DESDE HACE MÁS DE 30 AÑOS.	VIGILANCIA CONTINUA EN EL CONSUMO PARA EVITAR EL DESABASTO.
LA VÁLVULA DE CORTE PERMITE A LAS UNIDADES DE EMERGENCIA CORTAR RAPIDAMENTE EL SUMINISTRO.	EL PRODUCTO CONTIENE SIEMPRE IMPUREZAS. (AGUA, ACEITE, ETC.)
SE PAGA ÚNICAMENTE LA ENERGÍA CONSUMIDA	EN CASO DE INCENDIO EN EL HOGAR, EL TANQUE ES UN POTENCIAL RIESGO.
EN USO RESIDENCIAL SE OBTIENE UN AHORRO CONSIDERABLE.	EN EL CASO DE CILINDROS NO SE APROVECHA AL 100 % EL PRODUCTO.

TABLA # 52

FUENTE : ELABORACIÓN PROPIA.

Es muy importante mencionar que en el **GAS NATURAL NO HAY SUBSIDIO** y que si el gobierno en algún momento le retira el subsidio al gas L.P., éste no mantendrá los precios que en la actualidad ofrece y por lo tanto no será tan accesible su compra.

TABLA DE PRECIOS POR UNIDAD DE MEDIDA

COMBUSTIBLE	UNIDAD	PRECIO
GAS L.P.	EN CILINDROS	\$ 5.10
GAS L.P.	EN TANQUE ESTACIONARIO	\$ 2.89
GAS NATURAL	A TRAVÉS DE LA RED	\$ 2.59

TABLA # 53

TARIFAS PARA USUARIO FINAL (INVESTIGADAS EN EL MES DE JUNIO DE 2002.)

Para comparar la ventaja económica que representa el cambio de un combustible a otro bastará con verificar el costo que implica el uso de cada uno de los combustibles para producir la misma cantidad de calor.

TABLA COMPARATIVA EN COSTOS DE PRODUCCIÓN DE CALOR POR UNIDAD DE MEDIDA

COMBUSTIBLE	CANTIDAD	COSTO	CANTIDAD
GAS L.P. (CILINDRO)	1.279 R	\$ 5.10	\$ 6.53
GAS L.P. (TQ. EST)	1.279 R	\$ 2.89	\$ 3.70
GAS NATURAL	1 m ³	\$ 2.59	\$ 2.59

TABLA # 54

TARIFAS PARA USUARIO FINAL (INVESTIGADAS EN EL MES DE JUNIO DE 2002.)

De lo anterior se resume que el **GAS NATURAL** comparado con **GAS L.P.** en tanque estacionario es aproximadamente un 30 % más barato y un 60 % con respecto a los cilindros.



En el cuadro siguiente se observa un mayor consumo de GAS NATURAL que de GAS L.P. en un mismo aparato, lo cual **no** significa que se producirá la misma cantidad de calor con esa diferente cantidad de consumos.

CONSUMO EN APARATOS EN USO FRECUENTE EN INSTALACIONES DOMÉSTICAS Y COMERCIALES

DESCRIPCIÓN	INDICE	RESERVA
	consumo de gas en metros	
CALENTADOR DE AGUA DE MENOS DE 110 LITROS	0.239	0.621
CALENTADOR DE AGUA DE MAS DE 110 LITROS	0.480	1.250
CALENTADOR DE AGUA DOBLE	1.500	3.914
CALENTADOR DE PASO SENCILLO	0.930	2.445
CALENTADOR DE PASO DOBLE	1.500	3.944
ESTUFA DE 4 QUEMADORES Y HORNO	0.418	1.086
ESTUFA DE 4 QUEMADORES, HORNO Y COMAL	0.480	1.250
ESTUFA DE 4 QUEMADORES, HORNO, COMAL Y ROSTICERO	0.650	1.690
ESTUFA PARA RESTAURANTE, 4 QUEMADORES, HORNO Y PARRILLA	0.902	2.370
SECADORA	0.480	1.250
CALENTADOR	0.318	0.836
HORNO DOMÉSTICO	0.170	0.442
TORTILLADORA	2.200	5.784
CAFETERA COMERCIAL	0.186	0.490
PARRILLA DE 2 QUEMADORES	0.124	0.340
PARRILLA DE 4 QUEMADORES	0.248	0.680
PARRILLA COMERCIAL	0.960	2.524

TABLA # 55

FUENTE. COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA.

La tendencia a sustituir otros combustibles con gas natural debido a sus múltiples ventajas es cada vez mayor, no solo en México, sino en el resto de los países del mundo, que cuentan con este recurso. Estados Unidos, Canadá, Argentina, Colombia, Francia, España, Inglaterra, Rusia, Australia, Venezuela y Nueva Zelanda, entre otros, utilizan el gas natural con éxito. Aún aquellos que incurren en un costo elevado para importarlo como es el caso de Japón, incrementan cada día su demanda por este energético.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



CONCLUSIONES

Las grandes ventajas que representa el uso de gas natural a las condiciones ambientales de la Ciudad de México deberán ser tomadas en cuenta por todas las personas empresas o instituciones que estén concientes de los daños que se están generando al medio ambiente y a la misma calidad del aire que todos respiramos, de manera que este estudio solo resume lo que ya todos de alguna manera conocemos, como es que existen combustibles que podrían ayudar a mejorar las condiciones medioambientales de la ciudad, uno de ellos es el gas natural.

La construcción del sistema y el consumo de gas natural ayudarán a reducir el uso de otros combustibles más contaminantes en la Ciudad de México ya que el gas natural por todas sus características genera uno de los procesos más limpios comparado con los demás combustibles.

El gas natural es económicamente para quien cuenta con conexión a la red el más barato, además de que les representa menores gastos en mantenimiento, se ocasionan menores daños al equipo alargando la vida del mismo, generando ahorros importantes en la economía de la empresa o persona.

En lo que respecta a la seguridad o riesgo que las instalaciones representan para la sociedad en distintos aspectos, se ha considerado que la ciudad de México se encuentra situada en una zona de alto riesgo de temblores, hundimientos del suelo, grietas geológicas y volcanes, que se tomaron en cuenta en el diseño y construcción de la red de distribución de gas natural.

Por ello la red de transporte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México obedece a un diseño con una configuración de dos anillos principales de alta presión y distintos ramales que alimentan las zonas radiales contiguas, que a lo largo de la historia de los gasoductos en la ciudad han demostrado la eficiencia total del sistema ante sismos de gran intensidad.

Por otra parte las normas aplicables a los materiales y procedimientos a emplear en México han sido creadas con apego a las normas nacionales e internacionales pero adaptadas a las condiciones del territorio nacional.

Los factores externos a los cuales estará sometida la tubería a lo largo de su vida útil se absorberán gracias a las propiedades con que cuenta la tubería de distribución, como son: la flexibilidad, la capacidad de elongación, las capacidades de trabajar de manera eficiente con el gas, que representan entre otras las características más importantes que deberán ser tomadas en cuenta por los usuarios finales ya que los materiales son productos ya probados a nivel mundial y que tienen un periodo de vida de por lo menos 50 años trabajando en buenas condiciones.

La totalidad del sistema es calculado y diseñado con factores de seguridad bastante amplios observando en todo momento las capacidades de los materiales, ya sea de acero o polietileno la tubería no se encuentra trabajando al 100 % de su capacidad lo que garantiza que ningún hecho natural como pudiera ser un sismo o algún otro hecho no provocado por el hombre pueda ser resistido de manera normal por la totalidad de la instalación.

El riesgo que implica el flujo de este combustible a través del sistema prevé que todos los procedimientos sean realizados rigurosamente por gente especializada como se indica según la normatividad a través de la correcta instalación y aplicación de las técnicas de fusión, además de la supervisión del procedimiento constructivo y de las pruebas de funcionamiento y hermeticidad que proporcionan de alguna manera la certeza de que el sistema se encuentra trabajando de manera segura y eficiente.



La fundación Javier Barros Sierra en colaboración con Gas Natural México han reunido a los mejores especialistas en el comportamiento de los sismos en la Ciudad de México y ya se han adoptado diversas medidas innovadoras y pioneras en materia de seguridad y prevención ante terremotos, para el diseño de las redes de distribución y las instalaciones de sus clientes en la Ciudad de México.

La fundación Javier Barros Sierra se creó después del terremoto de 1985 en la Ciudad de México con el objetivo de estudiar el comportamiento de esos movimientos de tierra y poder determinar posibles medidas de seguridad.

Los estudios realizados desde entonces por esta fundación han permitido conocer a detalle los desplazamientos a los que podrían estar sometidas las tuberías enterradas en caso de sismos, según los distintos tipos de subsuelo que configuran la Ciudad de México.

A partir de estos datos, y tomando como base un terremoto de intensidad tal que tuviera una tasa de retorno de 100 años, lo que supondría una intensidad mayor que la del terremoto de 1985, se calcularon los sobreespesores necesarios para que las tuberías pudieran soportar los esfuerzos de la presión del gas, los esfuerzos debidos a los hundimientos diferenciales y a un terremoto de características discretas.

Otros estudios han demostrado que los epicentros de los terremotos se ubican en la costa del océano Pacífico, a unos 400 Km. de distancia, donde se originan por la fricción de las capas tectónicas de la zona.

Todos estos estudios resumen que el valle vibra con un retraso de unos 70 segundos respecto al epicentro, este retardo permite disponer de detectores ubicados en la zona del Pacífico y alertar a la Ciudad de manera efectiva a través del sistema electrónico llamado Sistema de Alarma Sísmica.

Gracias a los estudios realizados ya se cuenta con el Centro de Control de Distribución de México, el cual está conectado al Sistema de Alarma Sísmica que reporta las previsiones sísmicas con el propósito de alertar sobre posibles sismos y así poder preparar a los equipos de campo para actuar de forma inmediata.

Se ha previsto la utilización de comunicaciones vía satélite para el telecontrol de los puntos clave, como son las válvulas de cruce de la falla del subsuelo y las cabeceras de los gasoductos que alimentan de gas natural a la ciudad de México.

Además fuera de las casas y edificios que ya cuentan con éste servicio, se han instalado elementos que permiten cortar el flujo de gas, especialmente adaptados a las medidas físicas de las instalaciones, también se instala una válvula que actúa en caso de falta de gas por corte del mismo a toda una zona, de forma que se mantienen seguras las instalaciones de los clientes y facilita la recuperación del servicio de gas natural después de un corte general en la red.

El conjunto de medidas que se han adoptado en la Ciudad de México permiten disponer de uno de los sistemas de distribución de gas natural más seguros del mundo, ya que se ha diseñado para prevenir situaciones extremas como son los terremotos, lo que permite proporcionar una mayor seguridad en situaciones normales.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**INFORMACIÓN PROPORCIONADA DIRECTAMENTE EN OFICINAS DE PEMEX A TRAVÉS DE:**

- Subdirección de Ductos, Gerencia Comercial y de Transporte.
- PEMEX, Mantenimiento de Ductos.

BIBLIOGRAFÍA

- Estructuración de Vías Terrestres, m. en l., I.C. Fernando Olivera Bustamente, Ed. CECSA, México, 1998
- Vías de Comunicación, caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos, Ing. Carlos Crespo Villalaz, Ed. Limusa, México, 1998.
- Gas Transmission and Distribution piping systems, ASME B 31.8, American National Standard Institute, U.S.A., 1999.
- Manual de Soldadura, Leonard Koellhoffer, August F Manz, Eugene G. Homberger, Ed. Limusa México, 1998.
- Manual técnico de la empresa extrumex, S.A. de C.V., 2002. Ubicada en Protón # 18, Parque Industrial Naucatlan, Edo. de México, C.P. 53340. (empresa dedicada a la fabricación de tubería y accesorios de polietileno)
- Manual de Dispositivos para el Control de tránsito en Calles y Carreteras emitido por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, México, 1996.
- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, Luis Arnal Simón, Max Betancourt Suárez, Ed. Trillas, México, 2002.
- Guide For Gas Transmission And Distribution Systems, American National Standard Institute, U.S.A., 1990-91.
- ASTM D-3350 American Society for Testing And Materials, U.S.A., 1996. (Materiales termoplásticos de polietileno para tuberías.)
- NOM-003-SECRE-2002. publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de Marzo de 2003, México.

INTERNET

- www.cre.gob.mx
- www.pemex.com.mx
- www.cfe.com.mx
- www.isptechcorp.com
- www.mcelroy.com
- www.driscopipe.com

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



GLOSARIO

AS BUILT: Se refiere a los planos definitivos de la instalación que deben realizarse con la información total sobre posiciones de la misma.

°C: Grados centígrados

Caloría: es la cantidad de calor necesaria para elevar 1 °C la temperatura de 1 gramo de agua.

Conflagración: inflamar, incendiar, quemar alguna cosa, incendio grande.

Derecho de vía: Franja de terreno donde se encuentra alojado uno o varios ductos, y que dependiendo del diámetro de ellos, es su amplitud.

Electrodo: Consiste en un alambre con alma metálica, a la que se le añade un recubrimiento de compuestos químicos cuidadosamente seleccionados.

Elingas: Cable de algodón o fibras sintéticas con las mismas características de los estrobos.

Estiba: Acomodo de material dispuesto con orden para la mayor utilización de espacios y generalmente dado en varios niveles o camas.

Estrobos: Cable o cadena de cierta longitud adecuada para la carga con gachos y/o garzas en los extremos para sujetar materiales.

Facer: Máquina eléctrica que tiene la característica de generar superficies de contacto iguales en dos tubos distintos por medio de una navaja giratoria de dos caras.

Gasoducto: Sistema de tuberías a través de las cuales se transporta gas.

Herramienta manual: Es aquella que es utilizada con las manos de una persona, y para el caso puede ser pala, pico, en todos sus tipos.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

Kcal: Kilocalorías = 1000 calorías.

kPa: Kilopascal = 1000 pascales.

Lingada: Se considera cuando varios tramos de tubos han sido unidos (soldados) con el fin de evitar soldar cada tramo dentro de la zanja.

L.I.E.: Limite inferior de explosividad.

L.S.E.: Limite superior de explosividad.

N : Newton $\left[1N = 1 \frac{Kg \cdot x \cdot m}{s^2} \right]$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Maquinaria: Es aquel artefacto que para ser accionado requiere de una fuerza motriz, que puede ser una motoconformadora, cargador frontal, retroexcavadora o tractor con cuchilla frontal, de cualquier capacidad.

mcd: Metros Cúbicos Diarios

mmpcd: mil millones de pies cúbicos diarios

Pa: Pascal

Pascal : Unidad de presión $\left[1Pa = 1 \frac{N}{m^2} \right]$

PGPB: Pemex Gas y Petroquímica Básica

Plataforma: Remolque adecuado para el transporte de materiales.

Psi: Unidad de presión y es equivalente a pulg. / in².

Relleno o Tapado: Movimiento de tierra que se realiza con el fin de llenar o cubrir una área.

r.p.m.: Revoluciones por minuto.

RMEC: Resistencia Mínima Especificada a la Cedencia.

S.C.T.: Secretaria de Comunicaciones y Transportes

SEDESOL: Secretaria de Desarrollo Social.

Soldadura de arco eléctrico manual: Es un proceso por fusión, porque funde los metales base y de aporte que se unen. esta técnica es ampliamente usada en la actualidad.

SMYS: Stress Minimum Yield Strength, (Esfuerzo Mínimo Especificado a la Cedencia).

Tensor: Mecanismo que se emplea para soportar la tubería a través de un cable o eslinga.

Traspalear: Acción de trasladar material con pala, de un punto a otro.

Triple: Aparato normalmente hechizo que costa de 3 patas articuladas en su extremo superior y dotado de una o más poleas, facilita levantar objetos.

Tubería: Medio por el cual se transporta gas natural, generalmente su material es de acero y/o polietileno.

Winche: Equipo adaptado a un camión que sirve para jalar, levantar y mover cosas mediante un cable sujeto a un juego de poleas.

ZMCM: Zona Metropolitana de la Ciudad de México

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN