



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
“ZARAGOZA”

“ANÁLISIS DE RIESGOS APLICADO A UNA RED
DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL QUE
ABASTECE A UNA ZONA URBANA.”

TESIS

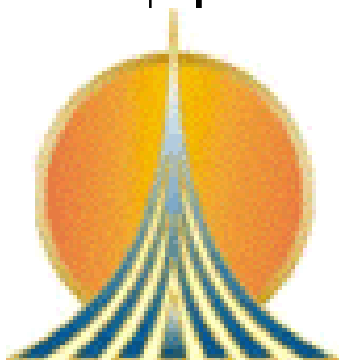
PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A :

LUIS MANUEL MORENO ALCALDE

DIRECTOR DE TESIS: DR. M. JAVIER CRUZ GÓMEZ



MÉXICO D.F. 2006



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.



“Agradecimientos”



Antes que nada quiero agradecer a Dios por haberme permitido estar en este espacio y en este tiempo, haberme dado la familia que tengo y haber conocido a los amigos que tengo.

Quisiera agradecer de una forma especial al ser que me dio la vida, a esa mujer que es toda una dama y tengo el gran honor de llamar mamá a la señora Martha Alcalde Núñez, enserio muchas gracias por la familia que me diste, por la forma en que me educaste, y sobre todo por esos dos hermanos que me brindaste: Cesar Moreno Alcalde y Cristian Moreno Alcalde; a cada uno de ellos les doy las gracias sinceramente.

También me gustaría agradecer a mi padre, Guadalupe Moreno Araiza, que también contribuyó en algo para que yo estuviera aquí.

Gracias a cada uno de mis abuelos, tíos, primos y familiares; que de una u otra forma contribuyeron en mi formación personal, pero especialmente a dos personas que me brindaron su casa, sustento, familia, trabajo y sobre todo su confianza; y ellos son Carlos Rosales López y Mirella Alcalde Núñez.

Muchas gracias a esos dos grandes pilares en la familia; mi abuela Eva Núñez y mi abuelo Ángel Alcalde que pase lo que pase nunca nos dejaran y siempre están presentes en cada uno de nosotros.

También quisiera agradecer a cada uno de mis maestros que contribuyo en mi formación profesional, pero especial mente a los profesores: Eduardo Loyo, Lourdes Castillo, Dominga Ortiz, Néstor Noe, y Cresenciano Echavarrieta por todo su apoyo incondicional. También de una forma muy especial, muchas gracias al Dr. M. Javier Cruz Gómez por haber confiado en mi y apoyarme en esta mi última etapa como estudiante.

Y claro que no se me olvidan ustedes, los compañeros de experiencias, congresos y fiestas, a mis amigos: David, Iván, Abel, Jorge, Miguel, Esperanza, Laura, Kenya, Edgar, Daysi Ernesto,, Jazmín, Fercho y Ricardo.



Índice general

CAPÍTULO UNO: “Introducción”

1.1	Introducción.	1
1.2	Objetivo general.	4
1.3	Objetivos particulares.	4
1.4	Alcances del trabajo.	4
1.5	Antecedentes del trabajo.	5

CAPÍTULO DOS: “Generalidades del gas natural”

2.1	Historia sobre el gas natural.	7
2.2	¿Cómo se forma el gas natural?.	10
2.3	Exploración y técnicas.	12
2.4	Fases de la producción de gas natural.	13
2.4.1	Exploración.	13
2.4.2	Producción.	13
2.4.2	Transportación.	14
2.5	Principales usos del gas natural.	14
2.5.1	Gas residual o doméstico.	14
2.5.2	Gas vehicular.	15
2.5.3	Industrias.	15
2.5.4	Termoeléctricas.	16
2.5.5	Medio ambiente.	18
2.6	Ventajas del gas natural en los diferentes sectores.	18
2.6.1	Ventajas económicas.	18
2.6.2	Ventajas ambientales.	19



“Agradecimientos”



2.6.3	Ventajas del usuario.	19
2.7	Elementos que componen al gas natural.	20
2.7.1	Propiedades físicas.	21
2.7.2	Propiedades químicas del metano (gas natural).	23
2.7.3	Propiedades toxicológicas.	23
2.8	Transportación del gas natural.	24
2.8.1	Transporte del gas por tierra.	25
2.8.2	Almacenamiento por tierra.	26
2.9	Demanda actual del gas natural a nivel mundial.	28
2.9.1	Demanda mundial del gas natural, así como de otras fuentes de energía.	28
2.10	Demanda actual del gas natural en México.	29
2.10.1	Estimación de la demanda de gas natural de los diferentes sectores proyectada hasta el 2011.	29
2.10.2	Demanda del gas natural en el sector residencial.	31

CAPÍTULO TRES: “Distribuidores de gas natural en el D.F.”

3.1	Distribuidores de gas natural en D.F.	34
3.1.1	Distribuidores de gas natural.	34
3.1.2	Gas natural “METROGAS”.	34
3.1.3	“Gas Natural México”.	36
3.2	Cronología de fugas y explosiones de distribuidores de gas natural en el D.F.	38
3.2.1	Noviembre 04 del 2003. Explosión por fuga de gas natural en Xochimilco deja dos lesionados.	38
3.2.2	Noviembre 05 del 2003 Caos provocado por fuga de	



“Agradecimientos”



	gas natural.	40
3.2.3	Noviembre 6 del 2003 Buscan los vecinos desterrar a METROGAS.	40
3.2.4	Noviembre 7 del 2003 Evacuan a 60 vecinos por otra fuga de gas natural.	41
3.2.5	Noviembre 10 del 2003. METROGAS revisará conexiones en tuberías.	41
3.2.6	Noviembre 13 del 2003. Dan plazo a METROGAS para reparar el daño.	42
3.2.7	Noviembre 15 del 2003. Suspenden en la delegación Á. Obregón obras de METROGAS.	43
3.2.8	Noviembre 21 del 2003. Alarma nueva fuga en tuberías de METROGAS.	44
3.2.9	Noviembre 21 del 2003. Fuga de gas, ahora en Iztapalapa.	45
3.2.10	Diciembre 4 del 2003. Conocían las autoridades fallas de METROGAS.	45
3.2.11	Enero 8 del 2004. Otra fuga de gas; desalojan a 600 personas.	46
3.2.12	Enero 13 del 2004. Reportan fuga de gas en avenida del peñon.	47
3.2.13	Enero 15 del 2004. Elaboran atlas de riesgo subterráneo en el D.F.	48
3.2.14	Enero del 2004. Detectan 72 fallas en instalaciones de METROGAS.	48
3.2.15	Enero 30 del 2004. Revisará la UNAM red de suministro de METROGAS.	49
3.2.16	Febrero 18 del 2004. Desalojan a 600 personas por	



nueva fuga de METROGAS. 50

CAPÍTULO CUATRO: “Tipos de análisis de riesgos”

4.1	¿Qué son los análisis de riesgos?	53
4.2	Objetivos generales de los análisis de riesgos.	54
4.3	Métodos para la evaluación de riesgo en proceso.	55
4.3.1	Clasificación y métodos para la identificación de riesgos.	56
4.4	Métodos para la identificación de riesgos en base a la experiencia.	57
4.4.1	Publicación de “Tópicos de seguridad”.	57
4.4.2	“Diseños estándares”.	57
4.4.3	“Reuniones de grupos interdisciplinarios para revisiones de seguridad”.	58
4.4.4	“¿Qué pasa sí...?”.	58
4.5	Métodos para la identificación de riesgos con base en análisis analíticos.	59
4.5.1	“Árboles lógicos” (redes lógicas).	59
4.5.1.1	“Árboles de fallas”.	59
4.5.1.2	“Árboles de eventos”.	60
4.5.2	“Lista de inspección”.	61
4.5.3	“Índice dow e índice mond”.	61
4.6	Métodos para la identificación de riesgos con base en análisis creativos.	62
4.6.1	“Tormenta de ideas”.	62
4.6.2	“Estudios de peligros y operabilidad (Hazop)”.	63



“Agradecimientos”



4.6.2.1	Hazop basado en “Palabras guía”.	63
4.6.2.2	Hazop basado en “Lista de inspección”.	64
4.7	Selección del métodos empleado para el estudio de las redes de tuberías de gas natural.	66
4.8	Análisis de “Árbol de Fallas”.	66
4.8.1	Antecedentes del “Árbol de Fallas”.	66
4.8.2	Descripción del método de “Árbol de Fallas”.	67
4.8.3	Desarrollo del “Árbol de Fallas”.	68
4.9	Análisis “What If?”, o ¿Qué pasa sí...?.	71

CAPÍTULO CINCO: “Análisis de riesgos aplicado a una red de distribución de gas natural”

5.1	Características generales de las redes de tuberías de gas natural.	75
5.2	Características generales de las zanjas para tuberías de gas natural en una zona urbana.	81
5.3	Escenario propuesto de la red de tuberías de gas natural en una zona urbana.	84
5.4	Construcción del “Árbol de Fallas”.	88
5.4.1	Fuga de gas natural.	91
5.4.2	Aire.	93
5.4.3	Fuente de ignición.	94
5.5	Análisis de riesgo de tipo ¿Qué pasa sí...?, aplicado a la tubería de suministro de gas natural.	95



CAPÍTULO SEIS: “Análisis de resultados”

6.1	Resultados obtenidos en el “Árbol de Fallas”.	102
6.2	Resultados obtenidos en el WHAT-if?.	106
6.3	Medidas preventivas.	107
6.4	Medidas correctivas.	108
6.5	Medidas mitigantes.	109

<i>CONCLUSIONES</i>	110
----------------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía de libros consultados.	120
Páginas electrónicas consultadas.	121

ANEXOS

A) 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)”.	115
B) Norma Oficial Mexicana NOM-007-SECRE-1999, “Transporte de gas natural”.	115
C) Norma Oficial Mexicana NOM-009-SECRE-2002, “Monitoreo, detección y clasificación de fugas de gas natural y gas L.P., en ductos”.	116
D) Hoja de datos de seguridad para la sustancia química denominada gas natural; empleada en PEMEX.	117



Índice de figuras

Figura 1. Muestra de cómo el gas natural es usado como materia prima en la industria química.	17
Figura 2. “Distribución del consumo mundial de gas natural durante el periodo 2000-2004”.	28
Figura 3. En esta gráfica se puede observar que la demanda de gas natural crecerá; y uno de los factores es el uso del gas natural residencial que se estima que para el 2011 será un poco más de la cuarta parte de la demanda general.	32
Figura 4. Mapa de la república donde se puede mostrar como han incrementado las redes de tuberías para la distribución de gas natural en los últimos 5 años.	35
Figura 5. Mapa representativo donde la empresa GNM es líder en la distribución de gas natural de tipo residencial.	36
Figura 6. La clasificación de riesgos son dos, uno cuantifica el riesgo y el otro lo evalúa.	54
Figura 7. Esquema en donde se muestra la identificación, evaluación y control de riesgos realizada Polioles, S.A .de C.V.	55
Figura 8. Simbología empleada en la construcción de árboles de fallas.	70
Figura 9. Mapa de la República Mexicana donde se muestra la red de gasoductos, así como las estaciones de procesamiento y los puntos de exportación e importación.	76
Figura 10. Ejemplo de la soldadura de tuberías de transporte de gas natural.	77
Figura 11. Monitoreo de las redes de suministro de gas natural.	78



“Agradecimientos”



Figura 12. Ejemplo de reducciones de tuberías secundarias a tuberías terciarias.	80
Figura 13. Ejemplo de tubo “Raiser” empleado en las instalaciones de gas natural dentro de una casa habitación.	80
Figura 14. Equipo empleado para registrar el consumo de gas natural en una casa habitación.	81
Figura 15. Excavación de la zanja para las tuberías de gas natural. ..	82
Figura 16. Representación de la profundidad a la que deben ser enterradas las líneas de abastecimiento de gas natural.	83
Figura 17. Mapa de cómo es distribuida la red de suministro de gas natural en la colonia Independencia.	86
Figura 18. Esquema representativo de cómo se ve la instalación de gas natural entrando a una casa habitación, y los accesorios que emplea en ello.	87
Figura 19. Árbol de fallas.	90
Figura 20. Representación de la zona explosiva de gas natural formada por la misma, mas la presencia de aire.	93



Índice tablas

Tabla 1. Elementos que contienen tanto el gas natural asociado, no asociado procesado; que en su mayoría contiene metano.	20
Tabla 2. Características de los componentes que contiene el metano.	21
Tabla 3. Propiedades físicas y químicas del gas natural, obtenidas de una hoja de seguridad de PEMEX.	22
Tabla 4. Aquí se muestra el comportamiento que tendrá el consumo de gas natural desde el año 2001 hasta una proyección de 11 años.	30
Tabla 05. Tabla representativa de las abreviaturas de los eventos intermedios.	102
Tabla 06. Probabilidades de los eventos básicos.	103
Tabla 07. Probabilidades de los eventos intermedios.	104
Tabla 08. Criterios de asignación de gravedades.	106

CAPÍTULO UNO:

“Introducción”

1.1 Introducción



“Introducción”



La industria del gas natural ha crecido considerablemente en los últimos diez años, ya que a partir del 1996 el gas natural empezó a colarse en la industria residencial, no fue sino hasta principios del 1998 cuando Petróleos Mexicanos empezó a otorgar concesiones en los gasoductos de gas natural beneficiándose así grandes consorcios como “Gas Monterrey”, “METROGAS”, “Gas Tapatío”, por nombrar algunos que fueron los encargados de empezar a construir las grandes redes de suministro en las tres principales ciudades del país como Monterrey, Distrito Federal y Guadalajara respectivamente.

La primer ciudad que contó con el servicio energético fue la ciudad de Monterrey, Nuevo León, quien fue la primera en desarrollar las redes de suministro de gas natural dentro de un zona urbana, de ahí le siguió el Distrito Federal, seguida de Guadalajara. De aquí la empresa que más destaca es METROGAS ya que a principios del 2000 compró acciones de la empresa GNM, que junto con ella crearon todo un consorcio y son las dos únicas empresas que cuentan con el servicio del energético en más de 20 estados de la República Mexicana.

Al ir creciendo el dominio de los distribuidores de gas natural también fue creciendo la incertidumbre en las personas por el riesgo que involucran las tuberías de gas natural, un ejemplo de ello es la Ciudad de México que fue una de las primeras ciudades en empezar a instalar las redes de suministro de gas natural, y una de las primeras delegaciones que contó con dicho servicio fue la delegación Xochimilco, pero no fue sino hasta noviembre del 2003 cuando se registró una enorme fuga de gas natural que finalizó con una explosión de la mismo.

Desde ese acontecimiento fue que empezaron a registrarse un sin fin de fugas de gas natural en el Distrito Federal, ya que de las 120 fugas registradas



“Introducción”



de enero del 2000 a enero del 2006 un 40% de ellas se registraron entre noviembre del 2003 y febrero del 2004. De las fugas antes mencionadas solamente en dos se han registrado explosión, y en cinco se han registrado flamas de tipo soplete.

Por esto, es necesario poder evaluar por medio de un análisis cualitativo o cuantitativo la probabilidad de que ocurra una explosión por fuga de gas natural y considerar todos los elementos que intervienen para que se realice este evento. Este trabajo se divide en siete capítulos:

- Î En el capítulo uno se muestra de manera general como esta constituido el trabajo, así como también ¿Qué fue lo que originó el desarrollo del mismo?
- Î En el capítulo dos se hablará de todo lo relacionado con el gas natural y se contestarán preguntas como son: ¿De dónde proviene?, ¿Qué lo originó?, ¿Si es peligroso?, etc. Que darán una idea general de cómo fue que lo empezaron a utilizar y además los usos que se le da en la actualidad. También explicaremos las formas de obtención del gas natural, la transportación, y su almacenamiento
- Î En el capítulo tres se muestra a los principales proveedores de gas natural que abastecen dentro del área metropolitana. También se muestra una serie de accidentes ocurridos de Noviembre del 2003 a Febrero del 2004 donde son responsables los mismos proveedores de gas natural.
- Î En el capítulo cuatro se muestra una clasificación de los diferentes tipos de análisis de riesgos. En este mismo capítulo son analizados los mismos análisis de riesgos, y se seleccionaron dos de ellos que son los más aprobables para la red terciaria de distribución de gas natural.
- Î En el capítulo cinco se aplican dos tipos de análisis de riesgos que son “Árbol de fallas” y “WHAT-IF?” a una red de tipo terciaria de gas natural,



“Introducción”



en donde se muestra también la forma en que se deben de realizar las obras de trazado, excavación y cierre de las zanjas que contienen a las redes de distribución.

- Î En el capítulo seis se realizó el análisis de resultados conforme a los datos obtenidos por los dos tipos de análisis de riesgos que son de tipo cuantitativo y cualitativo.
- Î En el capítulo siete se presentan las conclusiones de la aplicación del análisis de riesgos a la red terciaria de distribución, así como de los resultados obtenidos en la realización del mismo.



1.2 Objetivo General

“Realizar un análisis de riesgos aplicado a una red terciaria de distribución de gas natural en una zona urbana que se encuentra ubicado dentro del D.F.”

1.3 Objetivos Particulares

- Î Presentar las generalidades del gas natural así como sus aplicaciones.
- Î Definir un escenario en donde aparezca una red de tuberías de distribución de gas natural, apegándose lo más posible a la realidad.
- Î Analizar los métodos empleados para los análisis de riesgos.
- Î Seleccionar un método cualitativo y uno cuantitativo de análisis de riesgos que sea aplicable a una red de distribución de gas natural.
- Î Analizar los riesgos del uso del gas natural utilizando los métodos seleccionados.
- Î Proponer alternativas sobre las medidas preventivas, correctivas y mitigantes conforme a los resultados obtenidos en el análisis de riesgos.

1.4 Alcances del trabajo

“El estudio de riesgos se elaborará para una red terciaria de distribución de gas natural en una zona urbana ubicada en el D.F. Las medidas preventivas correctivas y mitigantes serán únicamente para el escenario propuesto en el capítulo cinco”



1.5 Antecedentes del trabajo

A raíz de la gran cantidad de fugas de gas natural que se suscitaron de Noviembre del 2003 a Febrero del 2004; el gobierno del Distrito Federal firmo un acuerdo con el Instituto de Ingeniería de la UNAM para realizar una revisión integral de todos ductos y tuberías que las empresas Gas Natural México y METROGAS tienen instaladas en todo el Distrito Federal.

El trabajo se dividió en dos vertientes:

1. Se revisó lo ya ejecutado por dichas empresas; esto es, se revisaron todas las líneas existentes de distribución de gas natural con las que se contaba en el Distrito Federal.
2. Se revisaron y certificaron las nuevas redes de suministro de gas natural.

En cada una de las dos vertientes fue necesario realizar análisis de riesgos cualitativos y cuantitativos; así como, una serie de estudios de impacto económico y ambiental, con la finalidad de garantizar la seguridad de los usuarios de gas natural y de la ciudadanía en general.

CAPÍTULO DOS:

“Generalidades del gas natural”



2.1 Historia sobre el gas natural

La primera vez que se registró el uso del gas como combustible, fue alrededor del año 900 D. de C., cuando los chinos transportaban gas natural a través de tuberías de bambú y aprovecharon el gas para alumbramiento.^[10]

Durante la primera producción de carbón que tuvo lugar por 1665, en Inglaterra, se empleó el gas natural para la iluminación. Empresas similares comenzaron a utilizar de la misma forma el gas en la ciudad de Filadelfia en el año de 1796, no pasó mucho tiempo para que las compañías de gas comenzaran a organizarse y la industria del gas se convirtiera en un negocio.

Los descubrimientos del gas de agua o gas azul en 1780, fueron pasos esenciales en el desarrollo de la industria del gas. La gran explotación de nuestros campos de gas natural dio el gran paso a la industria de los gases como la conocemos actualmente.

Sin embargo, esta sobre explotación ha resultado finalmente en la escasez del gas natural, la cual empezó en 1968. En ese mismo año y posteriores, el volumen del gas natural proveniente de los pozos era mayor que el volumen del gas descubierto, debido a esta reducción, las reservas probadas de gas natural se incrementaron, así como también las exportaciones en busca del gas natural en tierra firme y en el mar.

Las exportaciones que se tenían antes de la escasez no aumentaron pero las importaciones se incrementaron considerablemente.



“Generalidades del gas natural”



El gas natural, como su nombre lo indica, es uno de los productos naturales que se encontrará generalmente asociado con el petróleo crudo. El gas denominado seco o gas natural se compone casi totalmente de metano, con pequeñas cantidades de etano y otros hidrocarburos parafínicos, cuando el producto natural contiene mayor proporción de hidrocarburos más densos o líquidos se le suele llamar gas húmedo.^[10]

Estos hidrocarburos más densos suelen separarse para obtener las gasolinas naturales o rectificadas, con excelentes propiedades como agentes de mezcla en la preparación de combustibles de motores. Dependiendo el tipo de suelo los gases pueden tener elevadas concentraciones de nitrógeno y dióxido de carbono.

La separación de los vapores más fácilmente condensables del gas húmedo deja un gas residual compuesto principalmente de metano, por lo que, tanto el gas natural seco como el gas húmedo (después del tratamiento), están compuestos esencialmente de metano con pequeñas cantidades de etano, propano y pequeñas trazas de butano.

El metano y etano tienen el punto de ebullición tan bajo que no es practicable la licuefacción del gas natural con fines de distribución y consumo, aunque esta posibilidad tiene cierto interés con relación a su almacenaje y la conservación de reservas.

Hoy en día, se valora la importancia del gas natural, ya sea como combustible o como materia prima para la industria petroquímica, y mientras que en otros tiempos se malgastaban grandes cantidades de este producto, en la actualidad se realizan grandes esfuerzos para encontrar métodos prácticos de almacenaje y reducción de las pérdidas a un mínimo.



“Generalidades del gas natural”



Además de los gasómetros usuales de alta y baja presión, hoy se almacenan grandes cantidades de gas en tuberías enterradas a presiones superiores a los 150 Kg./cm², o se comprimen dentro de depósitos o pozos naturales que pueden ser perforados cuando sube la demanda. Existe cierto número de depósitos que contienen gas húmedo a alta presión. Si la presión del depósito disminuye considerablemente es que se están perdiendo grandes cantidades de los hidrocarburos más densos por su condensación y deposición a su estado líquido. ^[10]

Con objeto de disminuir lo más posible esta reducción de la presión y pérdida de almacenamiento del gas seco para su futuro empleo se separa del gas húmedo; todos aquellos hidrocarburos condensables, después de lo cual, se vuelve a comprimir el gas dentro de depósitos.

Los pozos dentro de los cuáles se inyecta el gas seco suelen estar geométricamente lejos de los yacimientos, pudiéndose por tanto, considerar la mecánica del proceso como un movimiento de una gran masa húmeda; seguido de otra masa de gas seco generalmente sin excesiva mezcla de los dos.

La mayor parte del gas natural se emplea en procesos de calefacción industrial y doméstica. Su facilidad de control, uniformidad de la compresión, ausencia de sustancias indeseables y una elevada potencia calorífica, hace que este gas sea el combustible ideal en una serie limitada de aplicaciones. Se puede decir que el único factor que restringe su empleo como combustible es su precio, el cual depende del costo relativo de los otros combustibles.

El gas natural aunque no se utiliza tan extensivamente como combustibles de motores de explosión, ofrece una fuente inmediata de energía para centrales energéticas situadas cerca de los centros de producción. En muchos países que son deficitarios en otras clases de combustibles se emplea también el gas



natural para combustibles de motores de automóviles. Estos gases como combustibles de motores poseen excelentes calidades antidetonantes, pudiéndose emplear en máquinas de mayor relación de compresión que las diseñadas normalmente para gasolinas.

Una de las primeras aplicaciones del gas natural ha sido en la producción de vapor, sustituyendo o complementando, en instalaciones mixtas, la acción de los combustibles sólidos y líquidos.

En cuanto a las aplicaciones del gas natural en la industria, cabe mencionar su aplicación en la industria de la cerámica, debido a que el contenido de contaminantes es menor, y gracias al poder calorífico de los combustibles gaseosos es posible efectuar el calentamiento directo del producto, lo que permite tener un grado de combustión elevado y construir hornos más pequeños. En la industria textil se utiliza para el acabado de las fibras, este proceso requiere mantener una presión constante del gas natural.

2.2 ¿Cómo se forma el gas natural?

Hoy en día, la mayoría de la gente sabe que los productos de petróleo, y el gas natural provienen de fósiles de plantas y animales cuyos cuerpos sufrieron un proceso de descomposición. Estos restos biológicos fueron llevados, mediante la erosión, debajo de ríos y arroyos y en sus riberas, donde se depositaron con barro y cieno. Con el tiempo, se cubrieron con grandes cantidades de sedimento, comprimiéndose gradualmente por el peso de estas capas sedimentarias. Finalmente, el material, que originalmente contenía los restos biológicos se transformó en piedras sedimentarias. ^[7]

Hoy, estas piedras sedimentarias, piedra arenisca, esquisto y dolomita son a menudo el lugar donde se encuentran depositados el petróleo y el gas.



“Generalidades del gas natural”



Posteriormente, los materiales orgánicos se transformaron en los productos de petróleo y gas, debido a la intensa presión y al calor presente en las formaciones de la piedra. El aceite y gas emigran a través de los poros en la piedra sedimentaria, hacia la superficie de la tierra. Si el gas alcanza la superficie, se dispersa en la atmósfera, sin embargo, los productos de petróleo nunca salen hasta la superficie.

Muchas veces ellos se entrapan bajo la superficie por capas de piedra que se han formado sobre la capa de la piedra sedimentaria que los produjo.

Las capas de piedra que entrapan los depósitos son porosas y normalmente se forman en los domos plegadizos, a la capa que atrapa el gas y el aceite se le conoce como capa de piedra y a la formación resultante se le conoce como trampa. Como el gas y aceite se mueven hacia arriba a través de las capas permeables de piedra, estos se desplazan por el agua del mar que también se depositan en las capas de piedra sedimentaria. Cuando el aceite y el gas alcanzan la trampa y cesa su movimiento ascendente se separan uno del otro. Hay dos categorías principales de gas y trampas de aceite: Trampas estructurales y estratigráficas. Las trampas estructurales son aquellas que crecen en forma ascendente y plegadas en las capas de las piedras formando un arco. El aceite y gas emigran al punto más alto en el domo anticlinal, en donde descansa cuando se encuentran una capa de piedra. La segunda variedad de la trampa estructural, son trampas de la falla. Éstas se forman cuando las fallas fracturan capas de piedra, y las capas que contienen gas natural y aceite, se juntan por las capas de piedra próximas a ellos.

Las trampas estratigráficas se caracterizan por un cambio en la propia capa del depósito que atrapan gas y aceite. Esto puede ocurrir cuando una capa de sedimento comienza con poros grandes que permiten que el petróleo pueda



moverse a través de él, pero gradualmente el sedimento se fue apretando herméticamente, formando así una capa impermeable de piedra.

2.3 Exploración y técnicas

Los geólogos conocen la forma de las trampas y donde probablemente serán encontradas, para facilitar la localización del aceite y el gas. La búsqueda del gas empieza cuando los geólogos encuentran un área del país donde gasea y probablemente hay filtración de aceite; esto involucra la evaluación de la historia de la tierra, y la comparación con otras áreas donde gasea y el aceite se encuentra presente. ^[6]

Una vez que el área se designa para la exploración, el geólogo empieza a hacer más pruebas específicas para determinar la probabilidad de que el gas y el aceite están presentes en el área. El geólogo puede estudiar sobre las formaciones de piedra de la tierra, para determinar el área precisa donde el plegado de capas puede haber causado trampas. En áreas donde los pozos ya están presentes, el geólogo puede estudiar muestras de piedras tomadas de la extracción anterior, así como la información que adquiere de los instrumentos que bajan de los extractores para medir las propiedades de las capas de piedra.

Uno de los más excitantes y eficientes avances tecnológicos que han ayudado a los geólogos a descubrir depósitos de gas, es la sismología. La sismología es el estudio de movimientos ondulatorios de la corteza terrestre. En la antigüedad los sismólogos usaban dinamita para crear vibraciones, dichas vibraciones fueron grabadas por los sismógrafos y por dispositivos electrónicos por todo lo largo del área. Los geólogos pueden crear un modelo de las capas de piedra bajo la corteza de la tierra. Hoy en día, las compañías de exploración



usan a menudo camiones especializados que producen estas vibraciones en la superficie, en lugar de las explosiones con dinamita, estos camiones producen vibraciones más confiables y menos molestas y peligrosas que la dinamita.

2.4 Fases de la producción de gas natural

2.4.1 Exploración: El primer paso para explorar el gas natural consiste en verificar la existencia de cuencas sedimentarias, portadoras de las rocas reservorias en acumulación de hidrocarburos, a través de pruebas sísmicas. Si el resultado de las investigaciones es positiva, se pondrá en marcha la perforación del pozo pionero, para comprobar el nivel de acumulación. A continuación, a través de pruebas de perforación y formación de pozos de delimitación se podrá constatar la factibilidad del yacimiento para fines comerciales. La última etapa es el mapeamiento de reservorio que se enviará al sector de producción. ^[6]

2.4.2 Producción: La producción de gas natural es similar al petróleo, el gas natural debe de ser tratado antes de proceder a su comercialización. Con base al mapa del reservorio, se define la curva de producción y la infraestructura necesaria para la extracción apenas se retira el GN (asociado y no asociado) del yacimiento, luego se le hace pasar las partículas líquidas (agua e hidrocarburos líquidos) y sólidas (polvo y productos de corrosión). Si el nivel de desechos de azufre es excesivo, el gas pasa por unidades de desulfuración. Posteriormente, se transfiere el gas por “Unidades de Procesamiento del Gas Natural” (UPGN). ^[6]

Parte del gas natural puede ser aprovechado para la estimulación de la recuperación de petróleo a través de los métodos de inyección del gas.



2.4.2 Transportación: Generalmente como el estado del gas natural es gaseoso el transporte se realiza por medio de ductos, o en casos muy especiales, en cilindros de alta presión como “Gas Natural Vehicular” (GNV), puede ser transportado por medio de buques, barcasas y camiones criogénicos a $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ facilitando así su almacenamiento. ^[6]

2.5 Principales usos del gas natural

2.5.1 Gas residual o doméstico: Este es un mercado en franca expansión, especialmente en los grandes centros urbanos de todo el país. Las compañías distribuidoras tienen planes para realizar una gran ampliación de sus redes; es importante destacar que el aumento en el consumo del gas doméstico exigen importantes investigaciones en conversiones y en la recepción y adaptación necesaria en las residencias. ^[9]

Entre las ventajas al emplear gas natural en el sector residencial están:

1. En el sector energético de tipo doméstico, el costo del gas natural es menor en comparación al GLP.
2. Los aparatos que utilizan el gas natural como combustible generan ahorro de dinero debido a que su eficiencia aumenta.
3. El gas natural reduce las emisiones de contaminantes en comparación con otros combustibles de uso doméstico.
4. El gas natural es un recurso energético abundante.
5. El gas natural es altamente seguro para el uso en los hogares, ya que es más ligero que el aire y se expande rápidamente en la atmósfera.



Las principales aplicaciones del gas natural en el sector doméstico consisten en sistemas de calefacción, calentamiento de agua, y en la cocción de alimentos. Cabe mencionar que para utilizar el gas natural en el sector doméstico es necesario contar con tubería especial así como también sus aditamentos necesarios (quemadores, llaves de paso, reguladores, etc.).

2.5.2 Gas vehicular: El gas natural utilizado en los automóviles ofrece una gran ventaja en el costo por kilómetro rodado. Por ser seco, el gas natural no provoca residuos de carbono en las partes internas del motor, aumentando así la vida útil del motor y el intervalo del cambio de aceite. Además, reduce significativamente los costos de mantenimiento.

En los automóviles de México la conversión de gas natural por gasolina resultó poco conveniente en motores de fuel inyección y en automóviles de modelo anterior al de 1989, debido al alto costo de conversión, o posteriores a 1995 cuyas emisiones de contaminantes fueron igual o menor a los emitidos por la gasolina.

El desarrollo sustentable del gas natural comprimido como combustible alternativo para el transporte urbano depende en gran medida de la expansión rápida de la red de distribución, lo que permite la instalación de estaciones de servicio y distribución.

2.5.3 Industrias: Cuando se utiliza el gas natural en las industrias proporciona una combustión limpia, exenta de agentes contaminantes, y es ideal para procesos que exigen la quema en contacto directo con el producto final, como por ejemplo, en la industria de fabricación del vidrio y cemento. El gas natural se puede utilizar como reductor siderúrgico en la fabricación de



acero, y en distintas formas como materia prima en la industria petroquímica. También, se emplea principalmente, para la producción de metanol, en la industria de fertilizantes, para la producción de amoníaco y urea.

El gas natural puede penetrar de manera más amplia en este sector, debido a dos razones:

- Ø La existencia de varias tecnologías de gas para sistemas de calefacción, aire acondicionado y cogeneración.
- Ø La necesidad de los grandes edificios por tener energía calorífica y eléctrica va aumentando paulatinamente.

Además, el gas natural es utilizado en las diferentes industrias como materia prima. En la figura 1, se muestra como el gas natural es usado como materia prima en la industria química, así como unos ejemplos de los principales productos.

2.5.4 Termoeléctricas: El gas natural se utiliza para la generación de electricidad y en combinación con la recuperación de calor para la producción de la misma, que se conoce como cogeneración. Este proceso se utiliza actualmente en diversas industrias del mundo ya que garantiza economía y seguridad operativa.

La combustión del gas natural prácticamente no genera emisiones de dióxido de azufre, el cual, es el causante de la lluvia ácida o de partículas cancerígenas. Así mismo, el gas natural emite cantidades mucho menores de monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno (NOx) y bióxidos de carbono, a comparación de otros combustibles fósiles.

Derivados del metano.





2.5.5 Medio ambiente: El gas natural contribuye significativamente al mejoramiento de la calidad del aire, por ejemplo, los vehículos que funcionan con gas natural pueden reducir las emisiones de carbono e hidrocarburos reactivos hasta un 90% en comparación de los vehículos que utilizan gasolina.

Otra manera en que el gas contribuye al mejoramiento del medio ambiente es reemplazando al carbón y al petróleo para la generación de energía.

2.6 Ventajas del gas natural en los diferentes sectores

2.6.1 Ventajas económicas

- ü Diversificación de la matriz energética.
- ü Fuentes de importación regional.
- ü Atracción de capital externo.
- ü Mejoría del rendimiento energético.
- ü Mayor competitividad de las industrias.
- ü Aumenta la oferta de empleos.
- ü Elimina el costo de almacenamiento. ^[H]



2.6.2 Ventajas ambientales

- ü Combustión muy limpia, no emite cenizas ni partículas sólidas a la atmósfera, genera una reducción baja de NO_x, CO, CO₂, SO₂, e hidrocarburos reactivos.
- ü Contribuye eficazmente a abatir el efecto invernadero.
- ü Es más ligero que el aire.
- ü No es corrosivo.
- ü Reduce la deforestación.
- ü No exige tratamiento de los gases de combustión.
- ü Favorece una rápida dispersión de las partículas. ^[H]

2.6.3 Ventajas del usuario

- ü Mayor seguridad operativa.
- ü Reducción de enfermedades respiratorias.
- ü Mayor vida útil de los equipos.
- ü Obtención de las curvas de temperaturas ideales.
- ü Menor inversión en almacenamiento.
- ü Menor costo de las instalaciones.
- ü Alto rendimiento energético.
- ü Pago después del consumo. ^[H]



2.7 Elementos que componen al gas natural

El gas natural, al igual que el petróleo, contiene una gran cantidad de componentes, pero se considera que es gas natural cuando contiene un 90% o más de metano y el resto de los demás componentes (ver tabla 1).

Tabla 1. Elementos que contienen tanto el gas natural asociado, no asociado y procesado; que en su mayoría contiene metano. [8]

ELEMENTOS	GNA	GNNA	GNP
METANO	81.57	85.48	95
ETANO	9.17	8.26	4.17
PROPANO	5.13	3.06	0.42
ISOBUTANO	0.94	0.47	---
N-BUTANO	1.45	0.85	---
ISOPENTANO	0.26	0.20	---
N-PENTANO	0.30	0.24	---
HEXANO	0.15	0.21	---
HEPTANO	0.12	0.06	---
NITROGENO	0.52	0.53	0.20
CO ₂	0.39	0.64	0.21
% TOTAL	100	100	100
DENSIDAD (g/L)	0.71	0.69	0.61



2.7.1 Propiedades físicas

Un análisis de los principales componentes del gas natural es indicado en la **tabla 2** en donde se puede observar que hay gases inertes, gases ácidos, hidrocarburos ligeros e hidrocarburos semipesados. ^[7]

Tabla 2. Características de los componentes que contiene el metano.

COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS	FRACCIÓN MASA
NITRÓGENO	INERTE	0.2627
VAPOR DE AGUA	INERTE	0.1226
DIÓXIDO DE CARBONO	GAS ÁCIDO	0.5097
METANO	GAS NATURAL	81.66
ETANO	GAS NATURAL	6.923
PROPANO	GLP	2.401
ISO-BUTANO	GLP	0.8861
NEOPENTANO	GLP	0.8887
ISOPENTANO	GASOLINA NATURAL	0.5925
N-PENTANO	GASOLINA NATURAL	0.5079
HEXANO	GASOLINA NATURAL	0.9099
HEPTANO	GASOLINA NATURAL	4.232

Por lo anterior se considera como gas natural cuando contiene más de un 85% de metano, (ver **tabla 3**) proveniente de la familia de hidrocarburos del petróleo.



“Generalidades del gas natural”



Es muy importante que el gas natural contenga un 85% de metano ya que si contiene mayor cantidad de las gasolinas pesadas, las propiedades físicas pueden cambiar y esto se ve reflejado en la combustión del mismo. [8]

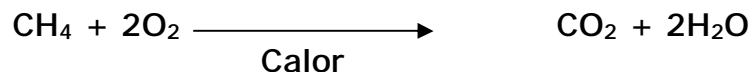
Tabla 3. Propiedades físicas y químicas del gas natural, obtenidas de una hoja de seguridad de PEMEX. [8]

Nombre del producto:	Gas Natural.
Nombre químico:	Metano.
Familia química:	Hidrocarburos del Petróleo.
Fórmula molecular:	Mezcla ($\text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_3\text{H}_8$).
Punto de flash:	-222. °C.
Temperatura de auto ignición:	650 °C.
Peso molecular:	18.2 g/g mol.
T. de ebullición a 1 atmósfera:	-160 °C.
T. de fusión:	-182 °C.
Densidad de los vapores:	0.61 g/l (más ligero que el aire).
Densidad del líquido:	0.554 g/l.
Solubilidad en agua a 20 °C.:	Ligeramente soluble de 0.1 a 1.0%.

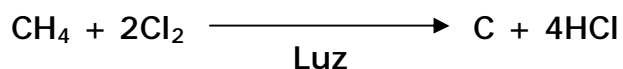


2.7.2 Propiedades químicas del metano (gas natural)

El metano es un gas incoloro e inodoro que arde con llama débil mezclada con oxígeno en la relación molar 1:2 dando como resultado un gas explosivo fácilmente inflamable:



a) Bajo la acción de la luz solar: El metano reacciona explosivamente con 2 moles de cloro desprendiendo un átomo de carbono:



La formación de ácido clorhídrico con la mezcla de cloro y metano es sencilla; gracias a su afinidad por el hidrógeno, el cloro se une sustituyendo al carbono.

2.7.3 Propiedades toxicológicas

El gas natural es inflamable, peligroso y de gran riesgo por incendio y explosión. Los límites de explosión en el aire es de 3.8-17%.^[8]

Debido a que el gas natural es incoloro e inodoro, no tiene un olor propio, se agregan odorantes químicos (mercaptanos) para que pueda detectarse en caso de fuga. El olor del odorizante que se agrega al gas natural se puede describir como azufre, sin embargo, el olor del odorizante no es tóxico.^[8]

El gas natural es un asfixiante simple que no tiene propiedades peligrosas inherentes, ni presenta efectos tóxicos específicos, pero actúa como excluyente de oxígeno para los pulmones. El efecto de asfixiantes simples es proporcional



al grado en que disminuye el oxígeno en el aire que se respira, pero en altas concentraciones puede producir asfixia.

2.8 Transportación del gas natural

Existen varias categorías de gas natural que deberán tomarse en cuenta al considerar su transportación:

- Î Gas natural (fase acuosa).
- Î Gas natural licuado (GNL).
- Î Gas natural sustituido (GNS).

Gas natural (fase acuosa): Es aquel que es vendido, principalmente metano, con pequeñas trazas de etano.

Gas natural licuado (GNL): Se obtiene a una temperatura aproximadamente de -258°F (-161°C), para facilitar su manejo y almacenamiento durante su transportación.

Gas natural sustituido (GNS): Es el gas hecho sintéticamente a partir del petróleo líquido tal como la nafta, el metanol o carbón, y consiste en su mayoría de metano con pequeñas cantidades de etano y dióxido de carbono.

La manera de seleccionar como deberá transportarse el gas depende principalmente de:

- ü La distancia a la que deberá transportarse el gas.
- ü Las características geográficas y geológicas del terreno, tomando en consideración tanto las de la tierra como las del mar.
- ü La complejidad del sistema de distribución para el cual el sistema de transportación del gas es diseñado.



- ü Factores ambientales directamente asociados con la forma de transportación del gas.
- ü Las características físicas del gas a transportar, en especial la fase.
- ü Los costos proyectados de construcción y operación del sistema de transportación, basados en las ventajas y limitaciones del comercio a distancia y flexibilidad sobre la cuál deberá presentarse la selección.

2.8.1 Transporte del gas por tierra

Si pensamos en la transportación del gas inmediatamente nos imaginamos una tubería que conecta a una fuente de gas con el punto de suministro. Aun cuando se piense que es algo simple, la tubería deberá ser segura con respecto a la comunidad del suministro. ^[9]

Esto solo se podrá lograr si existe una gran demanda que asegure la construcción, operación y mantenimiento de la tubería.

Esto resultará si en la fase de planeación se utiliza como herramientas para una selección preliminar, los mapas, tanto de los caminos como los del terreno por donde va a pasar la tubería, para inmediatamente después hacer estudios más profundos en el terreno. Al hacerlo deberán considerarse los siguientes puntos:

- ü Posición de la tubería con relación a otras construcciones.
- ü Profundidad a la que se encuentra el recubrimiento de la tubería.
- ü El uso que se le va a dar a la tierra en el futuro.
- ü Tipo de suelo.
- ü Evitar las áreas pobladas.
- ü Minimizar los daños a la ecología local.



Otro elemento esencial en la fase de planeación es la consideración de las propiedades del gas, las cuales, influyen directamente en la localización y en la construcción.

Es importante conservar gas libre de líquido en los rangos de temperatura y presión a los que debe operar la línea de transporte.

La presión es un punto importante ya que influye en el diseño y determina el diámetro de acuerdo a los valores máximos y mínimos. Una vez que la ruta de la tubería esta definida, la composición química del gas esta determinada, y el volumen del gas a transportar es conocido, los ingenieros pueden empezar el diseño de la tubería y sus accesorios. Cabe mencionar que debido a que la presión es diferente en varios puntos, lo recomendable es que se instale un controlador de presión en el destino final del consumo.

2.8.2 Almacenamiento por tierra

Los primeros tanques de doble pared puestos sobre la tierra se realizaron en Inglaterra y fueron reemplazados por el uso de grandes hoyos congelados o almacenamiento en tierra. El más exitoso de estos fue construido en tierra relativamente suave, la cual, fue congelada mediante una recirculación de refrigerantes en tuberías sumidas verticalmente a una profundidad de cerca de 35 m, en un círculo igual a 40 m de diámetro. Con este anillo de hielo, la tierra puede entonces ser excavada a profundidad de cerca de 30 m y la boca del hoyo resultante sellado con un domo preconstruído y aislado. ^[9]



“Generalidades del gas natural”



Luego de dos o tres semanas, el piso del hoyo se ha enfriado lo suficiente para empezar a almacenar el gas natural licuado. Después de purgarlo con nitrógeno, el gas natural fue rociado directamente en el hoyo. El uso de refrigeración mecánica para enfriar a la tierra se suspende, para evitar que se forme una pared de hielo impermeable que se desarrolla alrededor del hoyo hasta que después de un periodo cerca de dos años se estabiliza a un espesor del orden de los 15 m. En esta etapa la tasa de evaporación se estabiliza entre un valor cercano del 1 al 2% del contenido del tanque por día.

Otros hoyos fueron intentados en rocas, y era de esperarse que serían fáciles de construir ya que las paredes son más sólidas y tendrían baja tasa de evaporación, debido a que la conductividad de la roca es generalmente más baja que la del suelo congelado. En la práctica, esto no fue posible debido a que al llenarlo con gas natural licuado se fueron haciendo fisuras propagándolo continuamente al exterior, y la tasa de evaporación nunca decayó a un valor aceptable.

Recientemente se han construido tanques lejos de las áreas urbanas, los cuales, están hechos de doble pared e instalados sobre la tierra, siendo el tanque interior de 9% de acero niquelado. Existe un riesgo de aplastamiento de las paredes del tanque interior debido a la compactación del aislamiento de perlita pulverizada como resultado de la baja temperatura. Como medida de preocupación se inserta una sábana de lana con mineral entre la pared del tanque y el aislamiento pulverizado, el techo del tanque interior no está unido a las paredes, pero comprime la mayor parte del material aislante suspendido del techo del tanque exterior.

Para los tanques grandes (mayores de 70 m de diámetro y mayores de 20 m de altura) se recomiendan paredes de concreto pretensionadas, siendo el aislamiento interno sellado por una membrana metálica.



2.9 Demanda actual del gas natural a nivel mundial

2.9.1 Demanda mundial del gas natural, así como de otras fuentes de energía

El mercado de gas natural ha cobrado cada vez una mayor importancia no solo a nivel nacional sino también a nivel mundial por su creciente aplicación para la generación de electricidad, además por su uso industrial y residencial. El consumo mundial del gas natural con respecto al año 1999 registró un aumento de 0.2%; lo cual, es el punto de lanza de este combustible ya que es el aumento más grande registrado en la última década (ver figura 2). [C]

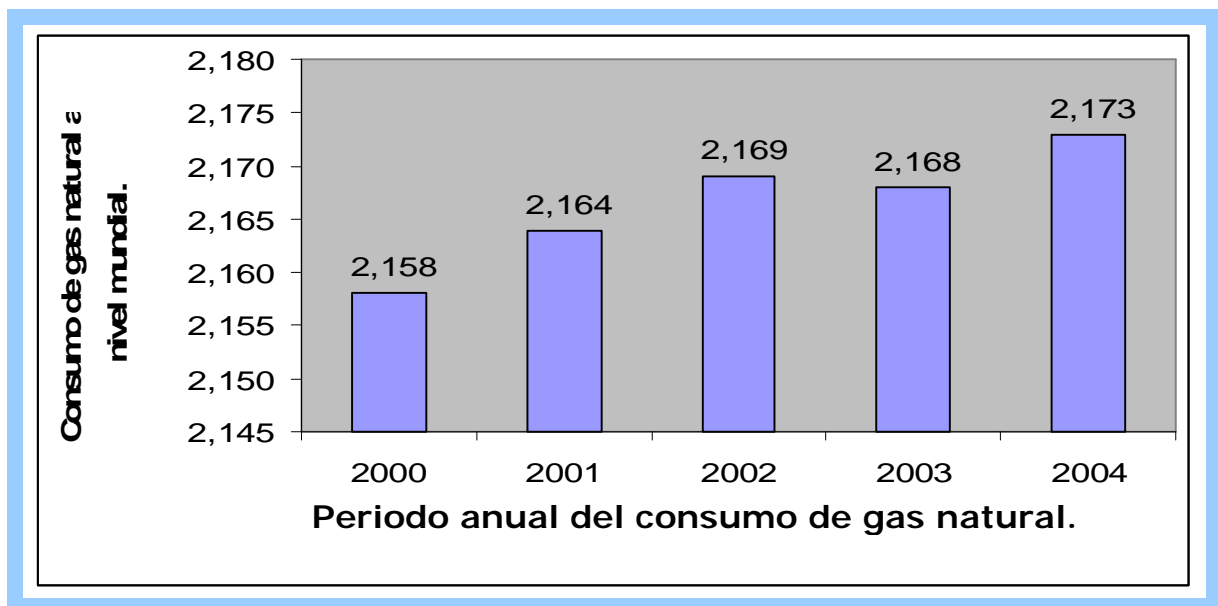


Figura 2. “Distribución del consumo mundial de gas natural durante el periodo 2000-2004”. [C]



“Generalidades del gas natural”



En 2001 la demanda de gas natural creció un 0.3% con respecto al año anterior, debido a la recesión económica ocasionado, en gran parte, por los eventos del 11 de septiembre. Durante el primer semestre persistieron los altos precios del petróleo y al final del año se observó un debilitamiento en la demanda del gas natural.

En el 2002 se registró un ligero incremento de un 0.14% con respecto al año anterior, debido a que en Europa el gas natural empieza a tener una mayor demanda de tipo residencial. Aunque los primeros meses la demanda de gas natural disminuyó, para mediados de año se notó su gran incremento.

En el 2003 se registra una ligera baja de consumo de gas natural debido a la invasión de E.U.A. a IRAK los tres primeros meses del año, pero al finalizar el mismo, se observa un incremento de 0.18% parecido al del año anterior.

El 2004 es un año favorable para el gas natural ya que se registró un incremento del 0.32% muy similar al del año 2000, concluyendo así que a pesar de las catástrofes y de las guerras el consumo de gas natural ha ido aumentando.

2.10 Demanda actual del gas natural en México

2.10.1 Estimación de la demanda de gas natural de los diferentes sectores proyectada hasta el 2011

Durante la próxima década, el sector eléctrico será el principal factor que explique el incremento de la demanda de gas natural. En el sector residencial, servicios y auto transporte la demanda también tiende a crecer, dependiendo de las redes de distribución. ^[C]



“Generalidades del gas natural”



En los próximos 10 años, bajo un escenario de demanda base, realizado por la “Secretaría de Energía” (ver tabla4), que se define como el consumo de gas correspondiente a un crecimiento del producto de 4.5% en el periodo 2002-2011, la demanda total de gas natural experimentará un crecimiento promedio anual de 7.4% al pasar de 4,358 mmpcd en 2001 a 8,883 mmpcd en 2011; sin tomar en cuenta al sector petrolero.

Tabla 4. Comportamiento que tendrá el consumo de gas natural desde el año 2001 hasta una proyección de 11 años. [C]

Sector	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Tca.
Industrial	1,155	1,221	1,338	1,528	1,617	1,737	1,824	1,874	1,943	2,021	2,094	6
Productos Q.	316	298	307	404	408	419	433	437	438	438	438	3.3
Eléctrico	1,156	1,463	1,937	1,932	2,227	2,480	2,676	3,006	3,351	3,621	3,801	13
Residenciales	64	75	96	127	163	200	231	254	271	283	292	16
Auto trasportes	1	2	6	11	17	23	30	39	49	59	70	49
Total	2,692	3,059	3,684	4,002	4,432	4,859	5,194	5,610	6,052	6,422	6,695	

Ante las dificultades que han enfrentado los distribuidores para cumplir sus programas de tendido de ductos, las estimaciones del sector residencial resulta menor hasta el 2006. Sin embargo, en los siguientes cinco años se espera una recuperación de este mercado, con lo cual, el consumo residencial alcanzará 292 mmpcd y el de servicios 101 mmpcd en el 2011. Dicho sector tendrán una participación de 6.2% en el 2011. [C]



2.10.2 Demanda del gas natural en el sector residencial

La demanda de gas natural en los sectores residencial y de servicios, no ha presentado un crecimiento significativo; ello se debe a que los distribuidores no han logrado instalar las redes de ductos proyectadas, especialmente, en las zonas geográficas que iniciaron con poca o nula infraestructura residencial heredada. Durante el 2005 se comenzaron a instalar redes de suministro de gas, pero será hasta el 2006 cuando se incremente de manera significativa dichos ductos. [C]

Considerando esta situación, la Secretaría de Energía, proyectó en el 2003 una estimación a la baja para los primeros años del periodo en cuestión; mientras que a largo plazo, el pronóstico contempla niveles de demanda de alrededor de 400 mmpcd, correspondientes a una penetración del gas natural en el mercado de combustibles de los sectores residencial y de servicios en el orden del 27% (ver Figura 3).

La Secretaría de Energía realizó esta estimación en el periodo 2003 y si comparamos las estimaciones que hizo para los periodos 2004 y 2005 con las demandas actuales podemos decir que hay un margen de error de 0.12% y de 0.06% respectivamente, ya que en los primeros meses del 2004 todavía se conservaban rezagas económicas de la guerra de Irak que ya para el 2005 no afectaron tanto a la economía.



“Generalidades del gas natural”

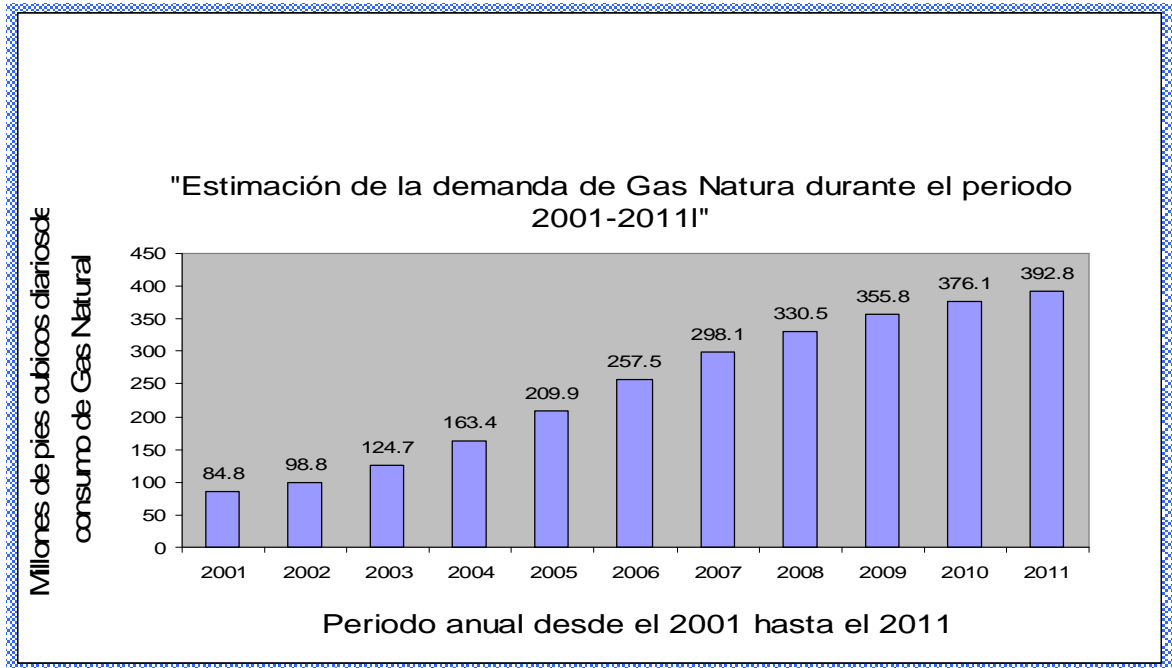


Figura 3. En esta gráfica se puede observar que la demanda de gas natural crecerá; y uno de los factores es el uso del gas natural residencial que se estima que para el 2011 será un poco más de la cuarta parte de la demanda general. [C]

CAPÍTULO TRES:

**“Distribuidores de gas natural en el
Distrito Federal”**



3.1 Distribuidores de gas natural en D.F.

3.1.1 Distribuidores de gas natural

En México, el más grande proveedor de gas natural es Petróleos Mexicanos (PEMEX) que abastece casi el 60% de toda la demanda nacional del gas natural, de ahí las que le siguen son las empresas “Gas Natural METROGAS” así como “Gas Natural México” (GNM) con un 12% y un 8% respectivamente. De los proveedores antes mencionados la empresa METROGAS es la que tiene una mayor distribución para consumo residencial y vehicular, seguido por GNM en donde su mayor distribución para consumo es el vehicular y casi la cuarta parte para el residencial.

Por otro lado, en PEMEX la mayor cantidad de gas es distribuida para la generación de energía, así como también en la industria química en donde se emplea como materia prima, ocupando con esto un 85% de la producción anual; y para la distribución de gas vehicular es el triple que para uso residencial.

3.1.2 Gas natural “METROGAS”

Esta empresa es originaria de Argentina, la cual, tiene redes para extraer el gas natural desde múltiples yacimientos ubicados en la provincia argentina de Neuquén (a la altura de Concepción); luego es medido, filtrado y procesado.

Finalmente se bombea (comprime) para iniciar su viaje a los lugares de consumo. Desde Neuquén, el gas natural viaja 400 kilómetros hacia el norte por territorio argentino, hasta llegar a la estación La Mora. Este trayecto de



“Distribuidores de gas natural en el Distrito Federal.”



gasoducto, que se llama Centro Oeste, pertenece a la empresa TGN y transporta el gas a otros puntos de consumo dentro de Argentina. En la estación La Mora, el gas natural nuevamente es comprimido, medido y filtrado antes de viajar por el gasoducto Gas Andes, que se deriva del anterior. Este trayecto, de La Mora a Santiago, pertenece a la empresa Gas Andes, con sus filiales en Chile y Argentina. [E]

En México la empresa METROGAS se estructura en torno a la compañía Gas Natural-SDG que es una de las principales empresas distribuidoras de gas en España. Tiene una estructura de sociedad anónima con las compañías Grupo Repsol, Caixa, así como Iberdrola ; que en marzo del 2002 compro 13% de las acciones de GNM. Es una de las principales empresas proveedoras de gas natural en todo el país (ver figura 4), ya que utiliza 10 mil 249 Kilómetros de gasoductos que van desde las zonas de Campeche hasta Jalisco.

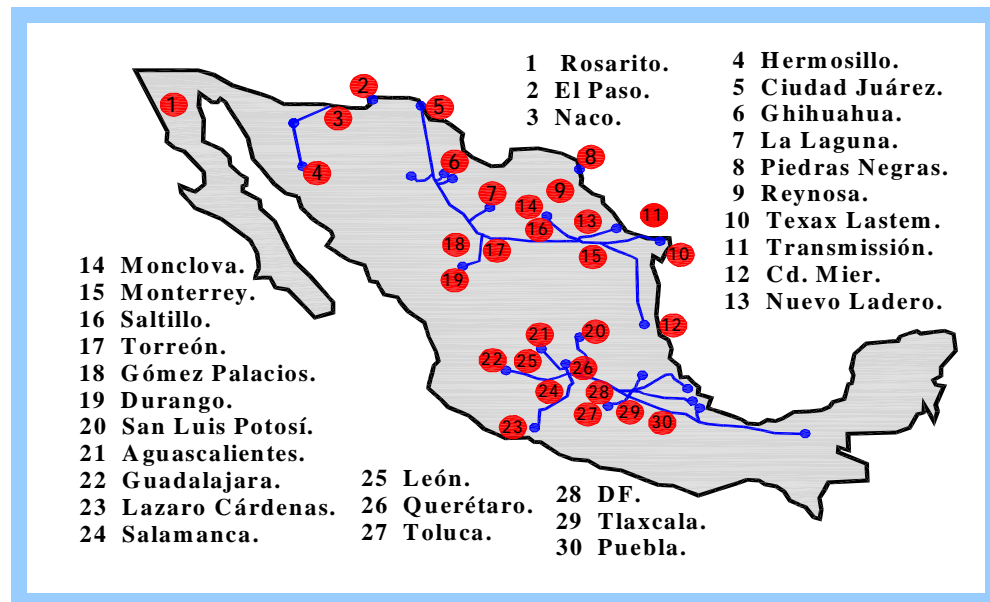


Figura 4. Mapa de la república donde se muestra como han incrementado en el país las redes de tuberías para la distribución de gas natural en los últimos 5 años. [H]



“Distribuidores de gas natural en el Distrito Federal.”



METROGAS se define como la compañía líder en la distribución de gas natural en México ya que cuenta 536 mil clientes solo en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, 196 mil clientes en el Distrito Federal, 52 mil en Saltillo, Coahuila y 30 mil en Nuevo Ladero, Tamaulipas y otras poblaciones.

3.1.3 “Gas Natural México”

Esta empresa está presente en México desde 1994 año en que inició la comercialización y distribución del gas natural en las Ciudades de Nuevo Ladero, Monterrey, Saltillo, Toluca, Aguascalientes, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato y el Distrito Federal (ver figura 5).

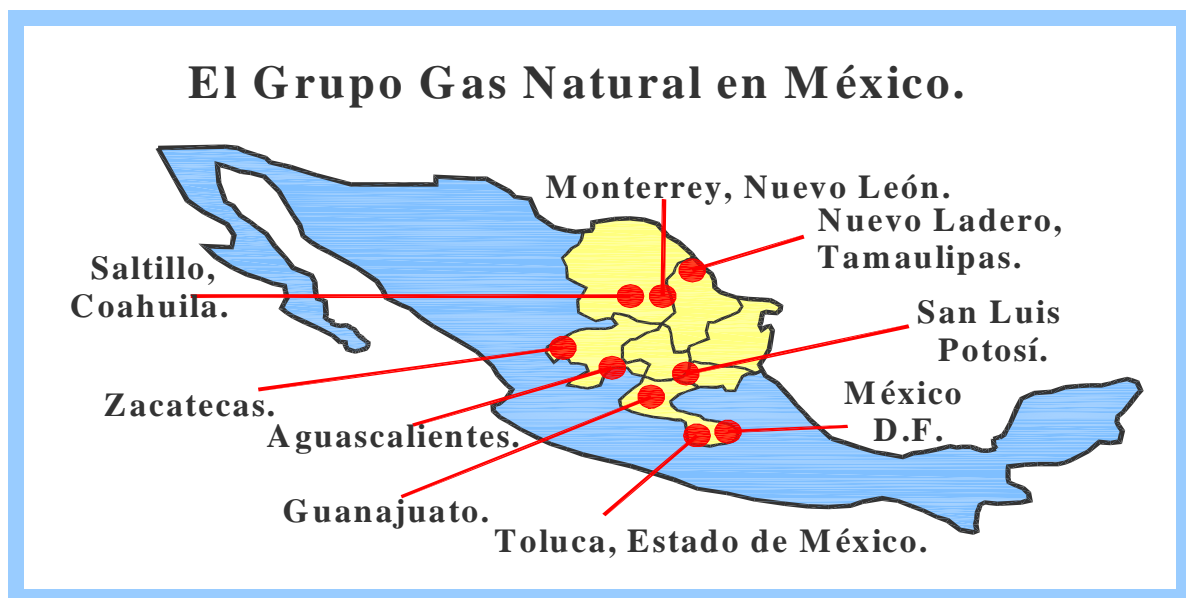


Figura 5. Mapa representativo donde la empresa GNM es el líder en la distribución de gas natural de tipo residencial. [H]



“Distribuidores de gas natural en el Distrito Federal.”



Desde el primero de junio del 2000, GNM se convierte en una filial de METROGAS iniciando la operación, distribución e instalación de la red de gas natural en el Distrito Federal; a pesar de que GNM es una filial de la empresa METROGAS, la responsabilidad de la distribución de gas natural en el Distrito Federal recae en la empresa GNM quien estimó que el número de conexiones en la Ciudad de México creció un 35% hasta principios del 2005 con lo que llega a 450 mil viviendas, comercios e industrias; así como a 2 y medio millones de capitalinos. ^[H]

La compañía ofrece el servicio de combustible en 30 unidades habitacionales como Tlaltelolco, Kennedy, Los Culhuacanes, El rosario, Independencia, etc.; pero gracias al servicio que ha ofrecido y a las facilidades de conexión a la red de distribución, GNM realizó en el 2003 proyecciones para que a finales del 2005 se tengan redes de distribución de gas natural en por lo menos 18 zonas de la capital como la Nueva Atzacualco, Lindavista, El Salado, Polanco, Fuentes Brotantes, entre otras. ^[E]

Cabe señalar que parte de la red de distribución que se ilustra en la **figura 4** es la que actualmente utiliza GNM para ofrecer el servicio de combustible en el Distrito Federal y parte de Monterrey.



3.2 Cronología de fugas y explosiones de distribuidores de gas natural en el D.F.

Actualmente se cuenta con un registro de 158 fugas de gas natural, únicamente en el área metropolitana, de las cuáles, en solo una de ellas se presentó una explosión por fuga de gas natural; en cinco más se registraron las fugas de tipo soplete, y en todas las restantes hubo únicamente fuga y disipación del energético. Estas fugas se presentaron de enero del 2000 a enero del 2006, pero fue justamente a finales del 2003 y a principios del 2004 cuándo se registraron la mayor cantidad de fugas de gas natural en el Distrito Federal, lo cuál implicó, que quedaran al descubierto las fallas de las empresas al implementar las redes de distribución del energético.

Con el fin de resaltar la importancia de aplicar un análisis de riesgos a las redes de distribución de gas natural, es necesario presentar en este trabajo la cronología de los accidentes más catastróficos que se desarrollaron durante el período de Noviembre del 2003 a Febrero del 2004.

3.2.1 Noviembre 04 del 2003. Explosión por fuga de gas natural en Xochimilco deja dos lesionados

El director de Protección Civil del D.F., Luis Wintergerst confirmó que la fuga de gas que provocó una explosión y dos lesionados, se originó en una tubería de 8 pulgadas de la empresa METROGAS, en la colonia Santa María Tepepan. El funcionario informó que un paramédico y un socorrista del ERUM resultaron lesionados y fueron trasladados al Hospital Metropolitano. Sin querer ahondar mucho en la situación legal que tiene la empresa METROGAS, y aludiendo



“Distribuidores de gas natural en el Distrito Federal.”



falta de pila en su celular, el funcionario dejó entrever que el gobierno del Distrito Federal tiene problemas con la normatividad de dicha empresa. ^[O]

Sobre el accidente señaló que desde las 08:30 horas que se reportó la fuga, los rescatistas siguieron el procedimiento correspondiente, cerraron el suministro de gas a un kilómetro del sitio de la fuga y evacuaron a la gente, sin embargo, al parecer unas botellas de gasolina que se encontraban dentro de un taller de embobinado, generaron una fuente de calor, lo que devino en un flamazo que dejó dos heridos. “El problema está controlado, el flamazo fue lo extraño al control que llevábamos desde la mañana en el sitio”, señaló Wintergerst, y añadió que las personas que fueron evacuadas podrán regresar a sus hogares entre las 18:00 y 19:00 horas de hoy, hasta que el lugar sea liberado del gas.

3.2.2 Noviembre 05 del 2003. *Caos provocado por fuga de gas natural*

Más de mil personas fueron evacuadas de sus hogares después de registrarse una fuerte fuga de gas natural ayer en el pueblo Santa María Tepepan en la delegación Xochimilco. La fuga, que fue reportada a las 8:20 horas, ocasionó una explosión al medio día, que dejó tres personas lesionadas por lo que se clausuraron los accesos al pueblo en cinco manzanas a la redonda a partir de la calle de 5 de Mayo y 16 de Septiembre. ^[O]

La explosión interrumpió ayer los trabajos que se realizaron para combatir la fuga de gas. Elementos del “Heroico Cuerpo de Bomberos” se presentaron en el lugar para buscar el origen de la fuga a lo largo de la calle 16 de Septiembre. Esta se registró en una tubería subterránea de ocho pulgadas de diámetro perteneciente a METROGAS.



“Distribuidores de gas natural en el Distrito Federal.”



Ante la intensidad del olor, dos jardines de niños y el “Liceo Iberomexicano” fueron evacuados alrededor de las 09:00 horas, así como otras empresas cercanas a la zona. De las alcantarillas se despedía el intenso olor a gas, lo que obligó a las autoridades a desalojar a los residentes de la calle 16 de septiembre. Los bomberos localizaron una alcantarilla ubicada en el cruce de la calle 5 de mayo y 16 de septiembre de la cual se despedía con mayor evidencia el gas natural.

Alrededor de las 10:00 horas el personal de la empresa **METROGAS** había cerrado ya las válvulas de abastecimiento de esa zona, mientras los tragahumo rociaron litros de agua a las alcantarillas. A las 11:40, cuando todo parecía estar en calma, sobrevino la explosión.

3.2.3 Noviembre 6 del 2003. Buscan los vecinos desterrar a METROGAS

Luego del desalojo de mil personas del pueblo de Santa María Tepepan en Xochimilco, debido a la fuga de gas que se generó en la zona, el delegado Faustino Soto Ramos aseguró que tramitaría la **suspensión definitiva de la red de abastecimiento de gas natural, METROGAS**, en toda la delegación. Declaró que estaba dentro de sus facultades como jefe delegacional prohibir el funcionamiento de la red de gas por razones de seguridad. “Estamos ya haciendo nuestro documento para hacer la suspensión definitiva por riesgo inminente en todo Xochimilco, de todas las instalaciones que tiene **METROGAS** en Xochimilco”. [T]

En ese marco, entre gritos, los pobladores aseguraron que la empresa nunca les solicitó el permiso para realizar los trabajos de introducción y que en todo caso también el gobierno delegacional tiene responsabilidad por haber



autorizado su instalación. Las autoridades llegaron hasta la parroquia de Santa María Tepepan alrededor de las 9:45 horas, una hora después de la cita.

3.2.4 Noviembre 7 del 2003. Evacuan a 60 vecinos por otra fuga de gas natural

Una fuga de gas en un domicilio de la colonia acueducto de Guadalupe, en la delegación Gustavo A. Madero, originó el desalojo de al menos 60 vecinos de la zona. Nuevamente **METROGAS**, encargada de abastecer en este perímetro acudió a reparar la falla en un tubo de alimentación, luego que el pasado martes otra fuga de gas natural de la misma empresa provocara el desalojo de 200 familias. La medianoche de ayer, elementos del cuerpo de bomberos acudieron a una casa de la calle Playa de la citada colonia donde un fuerte olor a gas que provenía de una coladera ocasionó temor entre los vecinos. [K]

En el lugar se localizó un tubo de alimentación de gas natural, el cual se rompió y ocasionó la fuga. De inmediato personal de Protección Civil acordonó la zona y desalojó a 60 vecinos para evitar riesgos a su seguridad ante una posible explosión. Momentos de pánico vivieron los ciudadanos, mientras que bomberos, protección civil y las compañías GNM y **METROGAS** hacían las labores correspondientes en la zona. Con este suman tres las fugas de gas natural que provocan el desalojo de vecinos y que causan daños materiales a inmuebles.

3.2.5 Noviembre 10 del 2003. METROGAS revisará conexiones en tuberías

Luego de que el gobierno del Distrito Federal anunciara que todos los permisos de instalación otorgados a **METROGAS** quedaban suspendidos al menos durante un mes, la empresa comercializadora informó que durante los



“Distribuidores de gas natural en el Distrito Federal.”



próximos 10 días trabajará de cerca con la “Comisión Reguladora de Energía” (CRE), para revisar cada uno de los 37 frentes de obra y asegurar que cumplan con la normatividad. ^[A]

Asimismo, reiteró su interés por seguir colaborando de cerca con las autoridades y confirmó que desde el jueves pasado quedaron suspendidas las 37 obras de expansión de la red en las que la empresa trabaja en el Distrito Federal. “Esto, en atención a la solicitud de la CRE pero, ante todo, para dar certidumbre y confianza a los habitantes del Distrito Federal y porque METROGAS es la primera interesada en esclarecer los hechos”, señaló Javier Hernández, presidente de la empresa.

Desde el sábado 8 de Noviembre, el subsecretario de gobierno, Martí Batres, en acuerdo con las 16 delegaciones políticas, anunció que METROGAS quedaba impedida de realizar, durante un mes, nuevas obras “hasta que no se haya revisado cada uno de los puntos problemáticos”.

3.2.6 Noviembre 13 del 2003. Dan plazo a METROGAS para reparar el daño

Dirigentes vecinales de seis colonias de Cuautitlán, estado de México. rechazaron la introducción de ductos de gas natural en sus comunidades, toda vez que las obras se realizan durante la noche y sin supervisión del ayuntamiento, por lo que temen que se repitan accidentes como el ocurrido en Tepepan, Distrito Federal. ^[B]

Mientras tanto, en Ecatepec el gobierno municipal acordó realizar una consulta ciudadana sobre la aprobación a este servicio, por lo que dio 48 horas



“Distribuidores de gas natural en el Distrito Federal.”



a la empresa MAXIGAS para que repare los daños causados por la perforación de calles de la colonia Veleta. Ricardo Anguiano Rosiles y Francisco Soto Romero, delegados de las colonias El Infierno y El Partidor de Cuautitlán, junto con otros dirigentes vecinales, pidieron al alcalde Gabriel Casillas Zanatta que notifique a la empresa MAXIGAS que rechazan la introducción de ductos en sus comunidades.

Los colonos señalaron que desde hace varias semanas inició la introducción de ductos de 12 pulgadas de diámetro en las colonias La Palma, El Infierno, Nueva España, El Partidor, El Paraíso y barrio San José Milla.

En Ecatepec, se prevé que la consulta ciudadana que realizará el gobierno municipal se lleve a cabo en 15 días sólo en las colonias “La Veleta” y 19 de septiembre, y no en las cinco comunidades que se oponen a los trabajos que realiza MAXIGAS.

3.2.7 Noviembre 15 del 2003. *Suspenden en la delegación Á. Obregón obras de METROGAS*

La delegación Álvaro Obregón informó que suspenderá tanto las obras en proceso como las programadas de la empresa METROGAS en la demarcación durante los próximos 30 días, con la finalidad de revisar las instalaciones y los procedimientos constructivos. ^[N]

Asimismo, explicó que la empresa deben entregar en un plazo de 10 días un informe de los planos de las redes de gas para comprobar que cumple con los procedimientos y especificaciones que garanticen la seguridad de los ciudadanos. Esta decisión fue determinada tras la reunión que sostuvieron los 16



“Distribuidores de gas natural en el Distrito Federal.”



jefes delegacionales con el subsecretario de Gobierno, Martí Batres; el secretario de Obras, César Buenrostro, y el director de Protección Civil, Luis Wintergerst.

En la demarcación el servicio de gas natural existe en las unidades habitacionales de Santa Fe, del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Lomas de Plateros, Sears Roubock, Belén, SARE San Ángel y en algunos edificios ubicados en avenida Río Magdalena, entre Insurgentes y Periférico, como el mercado con el número 117, donde hace dos semanas se registró una explosión que dejó dos lesionados y daños materiales y METROGAS se deslindó del siniestro.

3.2.8 Noviembre 21 del 2003. Alarma nueva fuga en tuberías de METROGAS

Por tercera ocasión en el mes de Noviembre del 2003, los servicios de emergencia de la ciudad de México se movilizaron al recibir un llamado que advertía sobre una fuga de gas. Bomberos, paramédicos, policías y personal de protección civil acudieron a la colonia “San Jerónimo Lídice” para reparar un gasoducto que resultó averiado cuando empleados de la empresa de telecomunicaciones Alestra realizaba trabajos para instalar fibra óptica en el subsuelo. [1]

Tres horas después de reportada la fuga (alrededor de la 1:30 horas) se presentaron al lugar de los hechos los empleados de METROGAS, responsables de la fuga que desalojó a un millar de personas en la delegación Xochimilco. No obstante, el procurador capitalino, Bernardo Bátiz, advirtió que el incidente no significa necesariamente la consumación de un delito, ya que todo apunta a que se trata de un accidente. Sin embargo, Bátiz recalcó que es necesario revisar las concesiones otorgadas ya que “El uso del gas en instalaciones subterráneas, en



una ciudad donde hay movimientos telúricos, donde el suelo no es tan firme como en otras ciudades, implica mayores riesgos”.

3.2.9 Noviembre 21 del 2003. Fuga de gas, ahora en Iztapalapa

La Comisión Reguladora de Energía (CRE) inició un procedimiento de sanción contra la empresa **METROGAS** por la explosión ocurrida en Tepepan el 4 de noviembre del 2003, la cual podría ser de hasta 200 mil salarios mínimos vigentes en el Distrito Federal, equivalentes a 8 millones 730 mil pesos. ^[L]

Las irregularidades cometidas por la compañía y sobre las cuales se inició el procedimiento de sanción fue la ausencia de una segunda prueba de hermeticidad, luego de haber realizado una reparación en la zona, así como por no haber contado con un dictamen de la unidad de verificación. **METROGAS** no detectó un orificio de fuga de 2.1 centímetros de longitud ubicado en una junta de soldadura de unión entre el tubo y un codo del ducto, señaló.

3.2.10 Diciembre 4 del 2003. Conocían las autoridades fallas de METROGAS

En el caso de la fuga de gas natural en Santa Maria Tepepan, de la delegación Xochimilco, la CRE ya había sido advertida de que la empresa Comercializadora **METROGAS** no había acreditado el cumplimiento del programa de mantenimiento de su sistema en el primer año de operación, e incluso la sancionó con 37 mil 900 pesos en el 2002. El accidente anunciado



“Distribuidores de gas natural en el Distrito Federal.”



estaba documentado en una verificación que el propio organismo regulador realizó durante ese año y pudo haberse evitado. ^[D]

Incluso, en el informe anual de la CRE 2002, que encabeza Dionisio Pérez Jácome queda asentado que por estas mismas razones no presentar una auditoria que acreditara el cumplimiento de su programa de mantenimiento del sistema fueron sancionadas también “Gas Natural Juárez” y “Distribuidora de Gas de Occidente”.

Como resultado de las investigaciones realizadas por el personal técnico de la CRE, por peritos de las unidades de verificación independientes, así como por el “Instituto Mexicano del Petróleo” (IMP) fue posible concluir que la fuga de gas en Tepepan se dio como resultado de diversos incumplimientos en la construcción y puesta en operación del ducto, por parte de la empresa citada.

Las irregularidades detectadas en las instalaciones de METROGAS implican violaciones al reglamento de gas natural, de ahí que la CRE decidió imponer la multa más estricta que en derecho procede y que en este caso va de mil a los 100 mil salarios mínimos diarios vigentes en el D.F., equivalente a 8 millones de pesos.

3.2.11 Enero 8 del 2004. Otra fuga de gas; desalojan a 600 personas

Otra vez una fuga de gas de la empresa METROGAS causó pánico la evacuación de 600 personas de sus domicilios en la colonia “Nueva Santa María”, de la delegación Azcapotzalco. ^[O]



Un día antes, alrededor de las 16:15 horas, una cuadrilla de hombres llegó a la esquina de las calles Piña e Invernadero, donde quitarían las raíces de un árbol que afectaba la vía pública. Apolonio Romero, conductor de un tractor de los conocidos como mano de chango inició la excavación, sin embargo, antes de que pudieran advertirlo, rompieron una tubería de 110 milímetros de un gasoducto de esta empresa.

El gas comenzó a salir escandalosamente después de un tronido que advirtió a los vecinos. Los primeros en llegar al lugar fueron los elementos del Heroico Cuerpo de Bomberos quienes prepararon su equipo para enfrentar una explosión, lo cual finalmente se evitó. Patrullas de la zona recorrieron calles a la redonda para dar aviso a las personas y que evacuaran sus domicilios. La fuga fue controlada casi una hora después.

3.2.12 Enero 13 del 2004. Reportan fuga de gas en avenida del Peñón

Una fuga de gas, al parecer de la empresa METROGAS, se reportó en la avenida del Peñón y Pirotécnica, en la colonia Azteca después de que un trascabo, de los llamados mano de chango, realizaba obras de drenaje en la zona. Al parecer, la delegación Venustiano Carranza contrató a personal para realizar obras de drenaje en la zona, quienes al darse cuenta del desperfecto provocado huyeron con el trascabo que provocó el incidente. ^[5]

Los afectados están atrás de los cordones de seguridad, mientras que los bomberos rocían con agua el ducto averiado a la altura de la avenida Gran Canal hacia la colonia Romero Rubio, informó *Monitor*. La delegación Venustiano Carranza y de METROGAS cerraron la válvula cerca del lugar de la fuga. Los vecinos de la zona fueron desalojados en cuatro cuadras a la



“Distribuidores de gas natural en el Distrito Federal.”



redonda, así como alumnos de una escuela, quienes fueron trasladados a la iglesia cercana a la colonia Veinte de Noviembre, mientras que elementos del cuerpo de granaderos resguardaron el área.

3.2.13 Enero 15 del 2004. Elaboran atlas de riesgo subterráneo en el D.F.

La Asamblea Legislativa del Distrito Federal elaborará un atlas de riesgos del subsuelo de la ciudad en el que participarán la Secretaría de Obras, la Subsecretaría de Gobierno, Protección Civil, el Cuerpo de Bomberos y el Comité de Usuarios del Subsuelo. ^[L]

Alfredo Hernández Raigosa informó que en los dos últimos años han ocurrido 363 fugas de gas natural, por lo que es urgente contar con un atlas para conocer la situación actual de lo que ocurre en el subsuelo del Distrito Federal y poder prevenir accidentes graves. Ya que hasta la fecha se ignora la longitud del cableado de fibra óptica telefónica y de televisión restringida, así como los depósitos subterráneos de combustibles.

3.2.14 Enero del 2004. Detectan 72 fallas en instalaciones de METROGAS

El Sistema de Aguas del Distrito Federal detectó 72 fallas e irregularidades en las instalaciones de METROGAS, en la Ciudad de México. ^[J]

El subsecretario Martí Batres dijo que enviará esta información a la “Comisión Reguladora de Energía”, para que haga su trabajo y envíe gente a inspeccionar estos sitios. Las irregularidades van desde instalaciones que no



“Distribuidores de gas natural en el Distrito Federal.”



cumplen con la normatividad o representan un riesgo para la seguridad de los capitalinos, por lo que consideró necesario revisarlas y repararlas.

En especial, expuso que los principales problemas que detectaron son defectos de instalación de los ductos en profundidades no adecuadas, cercanos a otras estructuras, en las cuales sobresalen los tubos a la vista de la gente o empaques mal hechos. "Estas observaciones son más importantes que el encarpetao en las excavaciones que se han realizado, por lo que METROGAS se tendrá que poner a trabajar para solventar sus fallas", sostuvo.

3.2.15 Enero 30 del 2004. Revisará la UNAM red de suministro de METROGAS

El gobierno capitalino firmará un convenio de colaboración con el Instituto de Ingeniería de la UNAM, con el propósito de que realice una revisión integral de todos los ductos que la empresa METROGAS tiene instalados en el Distrito Federal. Luis Wintergerst, director de Protección Civil de la administración pública capitalina, informó que ese convenio implicará la revisión de los mil 300 kilómetros de ductos instalados en las delegaciones políticas, a fin de determinar el número de válvulas de seccionamiento de esa empresa. [L]

Durante una reunión de trabajo con la "Comisión de Uso y Aprovechamiento de Bienes" (CUAB), el funcionario dijo que se decidió contratar a la UNAM para hacer la revisión en virtud de la capacidad técnica, científica y profesional con que cuenta, además de ser una institución neutral. Para el funcionario la decisión dará garantía a la población, pues la UNAM no tiene interés en afectar o beneficiar a la empresa.



“Distribuidores de gas natural en el Distrito Federal.”



Wintergerst explicó que el trabajo del “Instituto de Ingeniería” se dividió en dos vertientes: primero se revisará lo ya ejecutado y dependiendo del resultado de la investigación, la empresa deberá hacer los arreglos necesarios a fin de garantizar la seguridad de los usuarios de gas natural.

Si de la revisión de ductos se comprueba que **METROGAS** cumple con la normatividad, la empresa podrá continuar con sus trabajos de expansión. Wintergerst señaló que en tanto se realiza el diagnóstico de la UNAM, **METROGAS** deberá corregir algunas de las condiciones del servicio y no esperar las recomendaciones de la autoridad educativa.

3.2.16 Febrero 18 del 2004. Desalojan a 600 personas por nueva fuga de METROGAS

Al menos 600 personas fueron evacuadas de sus hogares en la colonia Miguel Hidalgo, delegación Tlalpan, al presentarse una fuga de gas natural en la esquina de las calles Zaragoza y Joaquín Romo. El incidente se registró alrededor de las 19:00 horas cuando trabajadores de la demarcación reparaban una fuga de agua en la calle Zaragoza, y al realizar las excavaciones provocaron una fisura en un tubo de la empresa **METROGAS**.

Sin embargo, Carlos Ímaz, jefe delegacional, explicó que en la zona no hay señalización interna, ni externa que indique la presencia de la tubería del combustible. "Tenemos entendido que en la parte interna debe ponerse una cinta para que se identifique la presencia de la tubería de gas natural, sin embargo no la hay", añadió.

Aunque este hecho no provocó desgracias, las autoridades delegacionales y de la “Secretaría de Seguridad Pública” capitalina decidieron evacuar la zona a 800



“Distribuidores de gas natural en el Distrito Federal.”



metros a la redonda, como manera preventiva. El pánico se apoderó de los vecinos; sin embargo, no se registró ningún caso de intoxicación. Indicó que personal de METROGAS llegó una hora después de haberse registrado dicha fuga.

CAPÍTULO CUATRO:

“Tipos de análisis de riesgos”



4.1 ¿Qué son los análisis de riesgos?

Toda actividad conlleva un riesgo, y una actividad exenta de él representa inmovilidad total. Pero aún así, si todos nos quedáramos en casa sin hacer nada y se detuviera toda actividad productiva y de servicios, aún existirían riesgos, no cabe duda que menores, pero existirían. El riesgo cero no existe.

Un riesgo se puede definir de la siguiente manera: “Es la probabilidad de que ocurra un evento”, por lo tanto los análisis de riesgos consisten en realizar un estudio cualitativo o cuantitativo que nos permita evaluar la probabilidad de que ocurra dicho evento o riesgo para así poder saber que pasaría si dicho evento sucede, y poder dar una serie de medidas preventivas, correctivas y mitigantes del mismo.

Otra definición también podría ser que el riesgo es la probabilidad de que un evento ocurra multiplicado por la magnitud de las consecuencias que resultan si ese evento ocurre. La probabilidad del evento debe tener en cuenta dos cosas: La causa del evento y cualquier protección en el lugar para prevenir o mitigar los impactos del evento. ^[1]

También se dice que un análisis de riesgo es un proceso técnico de identificación, entendimiento, evaluación de peligros y riesgos.

El estudio de los análisis de riesgos se divide en dos: A) Análisis cualitativos y B) Análisis cuantitativos (ver figura 6).



Figura 6. La clasificación de riesgos son dos uno cuantifica el riesgo y el otro lo evalúa. [12]

4.2 Objetivos generales de los análisis de riesgos

Hay varios tipos de análisis de riesgos (se explicarán adelante) pero todos concuerdan con lo siguiente:

- ü Los análisis de riesgos nos ayudan a identificar, evaluar y mitigar el nivel de riesgo.
- ü También se puede determinar la valoración económica del riesgo, así como la confiabilidad para la toma de decisiones sobre operabilidad, seguridad, inspección y mantenimiento.
- ü También se pueden proponer un programa de administración de riesgo para las instalaciones en estudios tales como ductos e instalaciones terrestres y marinas de la industria petrolera, en donde se almacenen, manejen o transporten sustancias peligrosas, las cuales pueden causar daños a las personas, comunidad, las mismas instalaciones y sobre todo al medio ambiente.



4.3 Métodos para la evaluación de riesgo en proceso

La seguridad de los procesos por lo regular requiere ser conformada por los siguientes pasos:

- ü Identificación de riesgo.
- ü Evaluación de riesgo.
- ü Control ó minimización de riesgo.

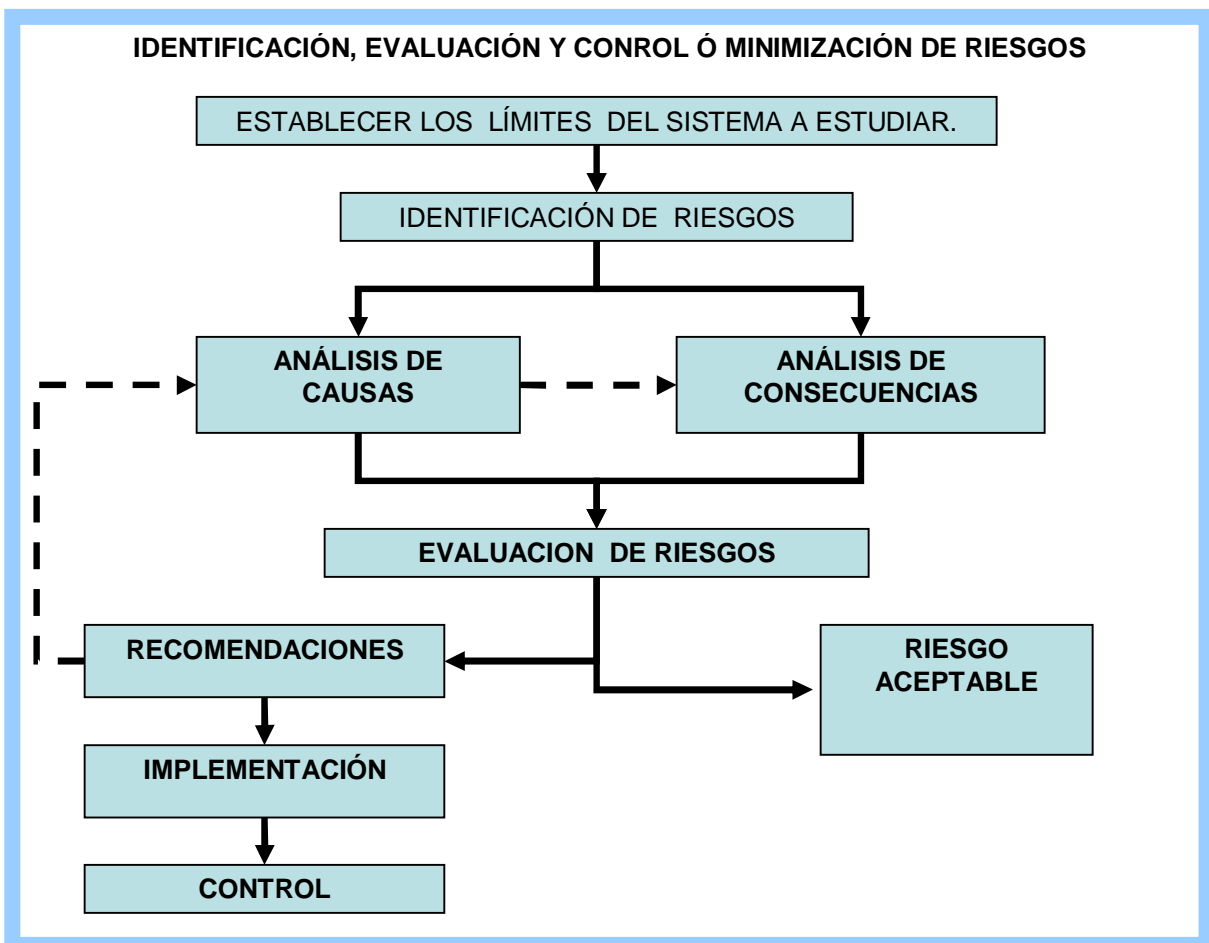


Figura 7. Esquema en donde se muestra la identificación, evaluación y control de riesgos realizada en Polioles, S.A. C.V. [12]



Es muy importante poder identificar el tipo de riesgo así como clasificarlo, ya que esto nos permitirá tener una mejor evaluación del mismo y poder tomar un control correcto del mismo (ver figura 7).

4.3.1 Clasificación y métodos para la identificación de riesgos

Los análisis de riesgos se basan en tres aspectos importantes y por lo mismo se clasifican en análisis en base a la experiencia, análisis analíticos y análisis creativos.

- I.-Experiencia
 - 1.- Publicación de “Tópicos de seguridad”.
 - 2.-Diseños estándares.
 - 3.-Reuniones de grupos interdisciplinarios para revisiones de seguridad.
 - 4.-¿Qué pasa sí...?.

- II.-Analíticos
 - 5.-Árboles lógicos (redes lógicas):
 - Árbol de fallas.
 - Árbol de eventos.
 - Diagrama de causa-consecuencias.
 - 6.-Lista de inspección.
 - 7.-Índice dow e índice mond.

- III.-Creativos.
 - 8.-Tormenta de ideas.
 - 9.-Estudios de riesgos y operabilidad (Hazop):
 - Palabras guía.
 - Lista de inspección.

Clasificación de los métodos de identificación de riesgos realizada por Polioles S.A. de C.V. ^[12]



4.4 Métodos para la identificación de riesgos en base a la experiencia

4.4.1 Publicación de “Tópicos de seguridad”: Recolección y descripción de incidentes que son publicados periódicamente. Ventajas de este método:

- ü Despierta el interés.
- ü Los lectores analizan y toman medidas correctivas y preventivas en sus propias áreas.
- ü Útil como suplemento a otros análisis de riesgos.
- ü Se debe evitar la repetición de incidentes similares. ^[12]

Desventajas de este método:

- ü Si se olvida publicar un incidente, difícilmente se tomara en cuenta.
- ü Solo toma en cuenta los incidentes publicados, y no otros que puedan ocurrir.

4.4.2 “Diseños estándares”: Elaboración de diseños estándares, códigos y procedimientos de diseño o bien aprovechar los que los organismos internacionales han desarrollado, para aplicarlo a equipos o procesos específicos.

Ventajas de este método:

- ü Efectivo y económico cuando un gran número de unidades similares están involucradas.
- ü Buena retroalimentación al diseño.
- ü Evitar la repetición de incidentes similares.

Desventajas de este método:

- ü Por lo general solo se usa para el diseño de equipos, plantas, etc.
- ü Se requiere de gente experta para su realización. ^[12]



4.4.3 “Reuniones de grupos interdisciplinarios para revisiones de seguridad”: Reuniones para revisión y discusión de aspectos de seguridad a las que asisten especialistas de todas las áreas incluyendo las de seguridad. Ventajas de este método ^[12]:

- ü Evita problemas que puedan ser olvidados por disciplinas individuales.
- ü Sencillo, económico y requiere una capacitación mínima.
- ü Evita errores.

Desventajas de este método:

- û Se debe contar con expertos de cada disciplina.
- û Si los objetivos no son claros, se puede llevar mucho tiempo en su realización.

4.4.4 “¿Qué pasa sí...?”: Igual al anterior. Solo que hace preguntas “¿Qué pasa sí...?” para cada operación a fin de detectar los efectos de alguna falla en los equipos, o errores en la operación de procesos. Se elabora un reporte en el que se incluyen sugerencias, medidas correctivas y alternativas. El reporte es enviado a los directivos para su revisión y seguimiento. ^[12]

Ventajas de este método:

- ü Su alcance no solo incluye observaciones visuales, sino la evaluación de limitaciones de los equipos, efectos de impurezas, cambios en las corrientes de proceso, materiales de construcción, procedimientos de operación, etc.
- ü Revisión dividida de acuerdo a objetivos claros y específicos. Seguridad de los procesos, manejo de materiales, seguridad e higiene del personal, sistemas electromecánicos, etc.
- ü Evita que algunos problemas sean olvidados ya que para el desarrollo de la reunión, se elaboran listas que cubren los puntos más importantes a considerar.
- ü El equipo es responsable de que todo el proceso ha sido identificado.



Desventajas del método:

- û Si no se tiene experiencia en su aplicación puede resultar costoso.
- û El personal que lo aplica debe ser muy experto.

4.5 Métodos para la identificación de riesgos con base en análisis analíticos

4.5.1 “Árboles lógicos” (redes lógicas): Se usa para evaluar el potencial de riesgo de sistemas, se analizan los modos de falla de un componente en particular para determinar sus efectos en otros componentes o en el sistema entero. Es de suma importancia que se identifiquen y evalúen todas las posibilidades de falla para cada componente. ^[12]

Ventajas de este método:

- û Muestra relaciones lógicas.
- û Identificación de combinaciones de fallas que pueden conducir a un evento indeseado.
- û Pueden ser usados como base para la evaluación de riesgos por la simple adición de probabilidades.

Desventajas de este método:

- û Su construcción requiere herramientas y consume bastante tiempo.
- û Son difíciles de usar solo para la identificación de riesgos.

4.5.1.1 “Árboles de fallas”: Se define un incidente de riesgo, tal como fuego, ruptura de recipientes, etc.; como evento tope o primer evento. La combinación lógica de las fallas que pueden conducir u ocasionar este evento tope son estructuradas y analizadas en forma de árbol. ^[12]



También se realiza una representación gráfica de las interrelaciones de las causas básicas que pueden conducir a un sistema no deseado (riesgo). El primer paso es definir el sistema y un evento tope indeseable, tal como explosión, descarga de gas tóxico, etc. Las palabras lógicas o compuertas son “Y” y “O” que conducen al evento tope partiendo de sus causas. ^[12]

Se evalúa cuantitativamente la frecuencia del evento tope considerando los índices de fallas, tiempo y probabilidad para las causas básicas y requiere de:

- ü El árbol se desarrolla con el uso de la lógica deductiva.
- ü Su construcción es de la cima a la base.
- ü Ayuda a visualizar los caminos por los cuales se puede dar un incidente y que ramas del árbol contribuyen a ello. Ayuda a la decisión de cómo se pueden reducir los riesgos y qué métodos aplicar.

Desventajas de este método:

- ü Requiere especialistas calificados y con experiencia en esta técnica.
- ü Requiere esfuerzos y tiempo para lograr análisis profundos.

4.5.1.2 “Árboles de eventos”: Trabaja en el sentido opuesto de árbol de fallas. Se empiezan con un evento inicial y se exploran sus consecuencias para determinar si se puede originar un evento tope. Difiere del árbol de fallas, en que parte de su análisis de eventos particulares son las que originan las fallas indeseables. Cada evento en el árbol tiene un camino o posibilidad de triunfo y otro de fracaso o falla. ^[12]

Convencionalmente, el éxito se pone del lado derecho, y el evento inicial se expresa como frecuencia (eventos/año), y los eventos secundarios como probabilidades (fallas/demanda). ^[12]

Ventajas de este método:

- ü El árbol se desarrolla con el uso de la lógica deductiva.
- ü Su construcción es de la base a la cima.



ü Ayuda a la decisión de cómo se pueden reducir los riesgos y qué métodos aplicar.

Desventajas de este método:

- ü Requiere especialistas calificados y con experiencia en esta técnica.
- ü Requiere esfuerzos y tiempo para lograr análisis profundos.

4.5.2 “Lista de inspección”: Elaboración de listas de inspección que pueden ser divididas por áreas como edificios, procesos, equipos, etc, o por proyectos específicos como control ambiental, protección contra incendios, etc.^[12]

Ventajas de este método:

- ü Fácil de aplicar.
- ü Sirve de complemento a otros métodos.
- ü Sirven para la identificación de la mayoría de los riesgos estándares.
- ü Pueden ser aplicados en cualquier etapa del desarrollo de un proyecto u operación de una planta.

Desventajas de este método:

- ü Normalmente son extensas, lo que puede hacer su aplicación tediosa.
- ü Si se olvida algún punto, difícilmente se tendrá en mente.
- ü La utilidad de las listas de chequeo está limitada por la experiencia de quienes las preparan. Deben ser continuamente puestas al día.

4.5.3 “Índice dow e índice mond”: Sirven para cuantificar en grados relativos, los riesgos mediante la evaluación de sus consecuencias, tanto económicas como en tiempos de paro. Al ordenar, por “Grado de Riesgo”, las distintas plantas o unidades, permiten establecer prioridades y urgencias en las medidas a tomar. Su objetivo es la evaluación cuantitativa de los daños de acontecimientos peligrosos en plantas y equipos.^[1]

Ventajas de este método:



ü Permiten una estimación de consecuencias en términos económicos y en tiempos de paros. Sirve de complemento a otros métodos.

ü Identifican áreas críticas y medidas de protección Fácil de aplicar.

Desventajas de este método:

ü Exige personal preparado.

ü Método de un relativo coste.

ü Básicamente estudia el fuego y las explosiones, pero no la toxicidad, corrosividad, etc.

4.6 Métodos para la identificación de riesgos con base en análisis creativos

4.6.1 “Tormenta de ideas”: Actividad en grupo realizada a través de reuniones de media hora, en las cuales se clasifican y evalúan todos los cambios propuestos por el grupo para identificar un riesgo o resolver un problema. El objetivo es obtener todas las ideas que sea posible, las cuales son clasificadas y evaluadas al finalizar la sesión. ^[12]

Ventajas de este método:

ü Rápido y fácil de aplicar.

ü Da nuevas perspectivas sobre el problema de seguridad.

ü Puede ayudar a la sinergia del grupo.

ü Normalmente es usado como complemento a otros métodos.

Desventajas de este método:

ü No asegura la cobertura completa del problema.

ü La cantidad de ideas va en función a la cantidad de personas que participan en el.



4.6.2 “Estudios de peligros y operabilidad (Hazop)”: Basado en el principio de que todos los riesgos intrínsecos (originados por el mal funcionamiento o mala operación de una unidad), son causados por desviaciones de las intenciones del equipo de diseño u operación. Si se identifican las posibles desviaciones que pueden identificar los riesgos que originan. ^[12]

Ventajas de este método:

- ü Debe ser aplicado a todos los diseños nuevos para prevenir una operación eficiente.
- ü Da la oportunidad de que la gente deje volar su imaginación y piense en todas las formas en que pueda ocurrir un problema de operación o un incidente, de una manera sistematizada.

Desventajas de este método:

- û La aplicación de un método consume mucho tiempo.
- û En muchos casos, se hace demasiado tarde en el diseño de un proceso, lo que lleva a que el rectificar errores de diseño ocasionan gastos significativos.

4.6.2.1 Hazop basado en “Palabras guía”: El método consiste en crear una imagen de tipo específico de desviación, acoplando las palabras guía con la intención de diseño u operación de una unidad. Una vez que se exponen las desviaciones, se exploran las consecuencias para identificar los riesgos.

El método es desarrollado por un equipo multidisciplinario conducido por un líder capacitado para ello. ^[12]

Hay siete formas en las que se pueden desviar un sistema, las cuales están identificadas y asociadas por las palabras guía como son:

- No.
- Más.
- Menos.



- Tanto como.
- Parte de.
- Regreso (u opuesto).
- Más que.
- Diferente que.

Ventajas de este método:

- ü Todos los riesgos pueden ser detectados en la etapa de diseño.
- ü Todos los integrantes de equipo que desarrolla el método, deben de entender el funcionamiento de la unidad a revisar.
- ü Útil para una revisión final.
- ü Se detectan riesgos que podrían ser olvidados por disciplinas individuales.
- ü Necesidad de un líder capacitado en la aplicación del método.

Desventajas de este método:

- û La aplicación de un método consume mucho tiempo.
- û En muchos casos, se hace demasiado tarde en el diseño de un proceso, lo que lleva a que el rectificar errores de diseño ocasionan gastos significativos.

4.6.2.2 Hazop basado en “Lista de inspección”: Se determina la sección de la unidad que se va a estudiar, y se prepara una lista de todos los materiales presentes en ella. Se aplica una lista de chequeo de riesgos de cada material y se toma nota de todos los riesgos asociados a cada uno y a la intensidad numérica de cada riesgo. Entonces se aplica una lista de creatividad de riesgos para formar una imagen hipotética de cada riesgo en particular. ^[12]

Para eso se analizan y se formulan una serie de preguntas prácticas sobre:

- INCENDIO.
- EXPLOSIÓN.
- DETONACIÓN.



“Bibliografía”



- ENERGÍA QUÍMICA.
- ENERGÍA TÉRMICA.
- PRESIÓN.
- RADIACIÓN.
- ENERGÍA MECÁNICA.
- ENERGÍA ELÉCTRICA.
- TOXICIDAD.
- CORROSIÓN.
- SEGURIDAD.
- MOLESTIAS (ruido, olores, etc.)
- RIESGOS PROVENIENTES DEL AMBIENTE (temblores, inundaciones, etc.).

Ventajas de este método:

- ü Creación de una base de datos de las propiedades de riesgo de los materiales en proceso.
- ü Creación de series de imágenes de riesgo asociadas a cada parte de la unidad para ver si se dispone de las medidas apropiadas para atacarlos.
- ü Puede ser aplicado en las etapas preliminares de diseño, ayudando a la determinación de parámetros como ubicación, previsiones para riesgos mayores, etc.
- ü Puede ser empleado como complemento del método anterior.

Desventajas de este método:

- û Es un método relativamente tardado.
- û Se requiere capacitación.
- û Se requiere de gran experiencia.



4.7 Selección de métodos empleados para el estudio de las redes de tuberías de gas natural

Con base a lo anterior considero que los dos tipos de análisis de riesgos más aprobados para analizar una red de tuberías de gas natural son el “Árbol de Fallas” y el de “¿Qué pasa sí...?”. El primero nos permite evaluar la red de tuberías de gas natural en forma cuantitativa; ya que como se emplea la probabilidad se tomará en cuenta todas las posibilidades de que ocurra una “Explosión por fuga de gas natural”, y también muestra cual de todas las ramas es a la que hay que ponerle mayor atención.

El análisis de riesgo ¿Qué pasa sí...? permite elaborarlo con una serie de lluvia de ideas en donde se pueden exponer una gran cantidad de preguntas enfocadas al riesgo que implica utilizar tuberías de gas natural.

4.8 Análisis de “Árbol de Fallas”

4.8.1 Antecedentes del “Árbol de Fallas”: El método de análisis del “Árbol de Fallas” (FTA: Fault Tree Analysis) fue concebido y utilizado por vez primera en 1962 por H. A. Watson, de Bell Telephone Laboratories, en relación con un contrato de Air Force para evaluar las condiciones de seguridad de los sistemas de tiro de los misiles ICBM Minuteman. ^[4]

A partir de ese momento, esta técnica de análisis de riesgos ha sido muy utilizada y perfeccionada en las instalaciones nucleares, aeronáuticas y espaciales, extendiéndose después su empleo para la evaluación de riesgos a las industrias electrónica, química, petroquímica, etc. ^[4]



4.8.2 Descripción del método de “Árbol de Fallas”: Se trata de un método deductivo de análisis que parte de la previa selección de un suceso no deseado o evento que se pretende evitar, sea éste un accidente de gran magnitud (explosión, fuga, derrame, etc.) o sea un suceso de menor importancia (fallo de un sistema de cierre, etc.) para averiguar en ambos casos los orígenes de los mismos. [4]

Posteriormente, de manera sistemática y lógica se representan las combinaciones de las situaciones que pueden dar lugar a la producción del evento a evitar, conformando niveles sucesivos de tal manera que cada suceso esté generado a partir de sucesos del nivel inferior, siendo el nexo de unión entre niveles la existencia de operadores o puertas lógicas.

El árbol se desarrolla en sus distintas ramas hasta alcanzar una serie de sucesos básicos, denominados así porque no precisan de otros anteriores a ellos para ser explicados. También alguna rama puede terminar por alcanzar un suceso no desarrollado en otros, sea por falta de información o por la poca utilidad de analizar las causas que lo producen.

La construcción manual del árbol de fallas es un arte mas que una ciencia, las reglas generales fueron establecidas inicialmente por HENLEY AND KUMONAOTO en 1981; sin embargo no existen reglas específicas que indiquen que eventos o compuertas usar.



4.8.3 Desarrollo del “Árbol de Fallas”: El análisis de árbol de fallas es un método estructurado, por lo que puede aplicarse a un solo sistema o a sistemas interconectados. Antes de empezar a construir el árbol de fallas es importante tener conocimiento del funcionamiento del sistema. Los nudos de las diferentes puertas y los sucesos básicos o no desarrollados deben estar claramente identificados. Estos sucesos básicos o no desarrollados que se encuentran en la parte inferior de las ramas del árbol se caracterizan por los siguientes aspectos:

- Son independientes entre ellos.
- Las probabilidades de que acontezcan pueden ser calculadas o estimadas.

Para ser eficaz, un análisis por árbol de fallas debe ser elaborado por personas profundamente conocedoras de la instalación o proceso a analizar y que a su vez conozcan el método y tengan experiencia en su aplicación; por lo que, si se precisa, se deberán constituir equipos de trabajo multidisciplinarios (técnico de seguridad, ingeniero del proyecto, ingeniero de proceso, etc.) para proceder a la reflexión conjunta que el método propicia. ^[3]

El evento culminante se puede dar por una falla ó una combinación de fallas, estas fallas pueden ser del equipo, operacionales ó por causas externas. Tales combinaciones son llamadas conjuntos de cortes mínimos (Minimal Cut Set). Un conjunto de cortes mínimos es la combinación más pequeña de los componentes de falla, si todos ocurren, el evento superior ocurre; es decir es la intersección de los eventos primarios. Los cuales son suficientes para desencadenar el evento principal no deseado.

Si una de las fallas en el conjunto de cortes no ocurre, entonces el evento superior no ocurrirá.

Los pasos para la elaboración de los árboles de fallas es la siguiente:



“Bibliografía”





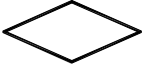


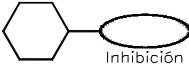

1. Identificar la falla del sistema (evento tope) que va a ser analizada y ubicarla en la parte alta del árbol.
2. Proceder al próximo nivel del sistema que llamaremos subsistema e identificar las fallas del subsistema que podrían conducir a la falla del sistema.
3. Determinar la relación lógica entre las fallas del subsistema que son requeridas para producir la falla del sistema. Puede ser el resultado de la combinación de fallas o la ocurrencia de cualquiera de las fallas identificadas.
4. Usar la estructura lógica de puertas “Y” u “O” para mostrar la relación de fallas del subsistema que producen la falla del sistema. La compuerta “Y” significa la intersección de dos o más eventos, lo que significa que las frecuencias o probabilidades deben ser multiplicadas y la compuerta “O” significa la unión de dos o mas eventos y sus frecuencias o probabilidades deben ser sumadas.
5. Proceder al próximo nivel más bajo del sistema y repetir los pasos del 2 al 4 hasta que se hayan identificado todas las fallas del nivel de componentes.
6. Iniciar con datos de frecuencia o probabilidad de fallas en el nivel de componentes, calcular la frecuencia o probabilidad de las fallas descritas en el nivel ubicado, arriba del nivel de componentes usando las puertas “Y” u “O”.

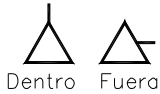


“Bibliografía”



7. Continuar la estructura lógica indicada por las puertas “Y” u “O” en el árbol de fallas hasta que la probabilidad de la falla del sistema o evento culminante ha sido calculada

Símbolo	Aplicación
	Sucesos intermedios: Resultan de la interacción de otro suceso, que a su vez se desarrollan mediante puertas lógicas.
	Sucesos Básicos: Constituyen la base de la raíz del árbol. No necesitan desarrollo posterior en otros sucesos.
	Sucesos no desarrollados: No son sucesos básicos y podrían desarrollarse más, pero el desarrollo no se considera necesario, o no se dispone de la suficiente información.
	Puertas “O”: Representan la operación lógica que requiere la ocurrencia de uno o más sucesos de entrada para producir el suceso de salida.
	Puertas “Y”: Representan la operación lógica que requiere la ocurrencia de todos los sucesos de entrada para producir el proceso de salida.
	Puertas inhibición: Representan la operación lógica que requiere la ocurrencia del suceso de entrada y la satisfacción de una condición de inhibición.
	Condición externa: Se utiliza para indicar una condición o un suceso que existe como parte del escenario en que se desarrolla el árbol de fallas.



Transferencias: Se utilizan para continuar el desarrollo del árbol de fallas en otra parte (por ejemplo, en otra página por falta de espacio).

Figura 8. Simbología empleada en la construcción de árboles de fallas. [3]

4.9 Análisis “What If?”, ¿Qué pasa sí...?

La técnica ¿Qué pasa sí...? (del inglés What If?) determina las consecuencias no deseadas originadas por un evento, sin importar cuál fue su causa, con el fin de poder recomendar medidas que eviten que se origine el evento no deseado. Consiste en el planteamiento de las posibles desviaciones en el diseño, construcción, modificaciones y operación de una determinada instalación industrial, utilizando la pregunta que da origen al nombre del procedimiento: ¿Qué pasaría sí...?, requiere un conocimiento básico del sistema y cierta disposición mental para combinar o sintetizar las desviaciones posibles, por lo que normalmente es necesaria la presencia de personal con amplia experiencia para poder llevarlo a cabo. [3]

Se puede aplicar a cualquier instalación o área de proceso: Instrumentación de un equipo, seguridad eléctrica, protección contra incendios, almacenamientos, sustancias peligrosas, etc. Las preguntas se formulan y aplican tanto a proyectos como a plantas en operación, siendo muy común ante cambios en instalaciones ya existentes.

El equipo de trabajo lo forman 2 ó 3 personas como mínimo que sean especialistas en el área a analizar, y que cuenten con una documentación detallada de la planta, proceso, equipos, procedimientos, seguridad, etc. El resultado es un listado de posibles escenarios o sucesos incidentales, sus consecuencias y las posibles soluciones para la reducción o eliminación del riesgo.



La técnica ¿Qué pasa sí...?, es un método de análisis de riesgos general que difiere de otros porque no es tan rígido y sistemático, sin embargo, por esta misma característica se requiere de mayor experiencia en la identificación de riesgos y peligros potenciales, pues es más factible que se omitan aspectos importantes.

Esta técnica no requiere de métodos especiales o de una planeación exhaustiva, sin embargo, cuando se trata de analizar cualquier equipo, sección o procedimiento en un proceso químico, es necesario contar con:

- **Diagramas representativos del sistema a evaluar:** Diagramas de flujo de proceso, diagramas de tubería e instrumentación, isométricos, diagramas de detalle, etc.
- **Procedimientos de operación actualizados.**
- **Información específica del proceso para generar el listado exhaustivo de preguntas, que inicien con ¿Que pasa sí...?, para cuestionar las desviaciones de cualquier variable o condición en el proceso en operación normal.**

La metodología que se sigue con este tipo de análisis es la siguiente:

1) Preparar la revisión del proceso.

El líder del equipo de análisis de riesgos, determina los alcances físicos y analíticos del estudio propuesto y las actividades a desarrollar para dividir el proceso de estudio en áreas de interés.

2) Desarrollar las preguntas de la técnica ¿Qué pasa sí...?

Esto involucra una lluvia de ideas que parte de la pregunta ¿Qué pasa sí...?.



“Bibliografía”



3) *Evaluar cada una de las preguntas y obtener respuestas.*

Encontrar las consecuencias de los eventos propuestos que impliquen una desviación en el sistema. Encontrar las salvaguardas o protecciones que puedan ayudar a mitigar el daño o incluso a evitar el accidente. Evaluar la importancia de las consecuencias de cada evento, y determinar si para algún caso en particular se recomiendan medidas de seguridad. Llenar una **hoja de trabajo** con las preguntas que simulen eventos riesgosos, las consecuencias de estos y las recomendaciones propuestas.

4) *Documentar los resultados.*

Los documentos que respalden el análisis será la evidencia que de soporte a las contestaciones de las preguntas y recomendaciones para la eliminación o reducción de riesgos, propuestas por el equipo.

Las respuestas a las preguntas, mostrarán una evaluación de los efectos por fallas en: Elementos del proceso, procedimientos, equipos de proceso, comunicación entre las dependencias, diseño, desastres naturales, etc. Las recomendaciones emitidas por el equipo, encausadas a corregir las fallas encontradas en el proceso estudiado, para evitar que ocurran los eventos no deseados. Información recopilada sobre: Comportamiento del equipo o proceso (historiales), procedimientos, manual de operación, arranque y paro del proceso o del equipo estudiado, modificaciones al proceso, incidentes ocurridos, etc.

CAPÍTULO CINCO:

**“Análisis de riesgos aplicado a la red
terciaria de suministro de gas
natural”**



5.1. Características generales de las redes de tuberías de gas natural.

En este capítulo se empezará diciendo que durante mucho tiempo el servicio de gas natural únicamente lo ofrecía PEMEX, y esta empresa al tener el monopolio fue quien propuso a mediados de los 70´s la aparición de los gasoductos en todo el país, para tener una mayor distribución del producto, a pesar de que la población no estuvo de acuerdo de que era tiempo de dar el gran paso a la tecnología, PEMEX empezó las obras de construcción de ductos en el norte y sur del país.

Así, actualmente el “Sistema Nacional de Gasoductos” (SNG) pasa por 18 estados de la República; iniciando en Chiapas pasando por Veracruz y Tabasco hasta Tamaulipas con líneas de 24, 36 y 48 pulgadas de diámetro; posteriormente se prolonga por los estados de Nuevo León, Coahuila, Durango y Chihuahua, con líneas de 24 y 36 pulgadas de diámetro. Existen tres líneas importantes de 18, 24 y 36 pulgadas que recorren el centro del país pasando por los estados de Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, México, Querétaro, Guanajuato, San Luis Potosí, Michoacán y Jalisco. (ver figura 9).

En Naco, Sonora, inicia un ducto de 327 kilómetros de longitud para la importación de gas natural, de los Estados Unidos de América a Hermosillo. La extensión total del SNG es de 9,031 km y cuenta con 8 estaciones de compresión; 3 en el sur del sistema en el área de Cárdenas y Minatitlán, una en Valtierra, Guanajuato, y 4 en la parte norte en los estados de Tamaulipas y Nuevo León.

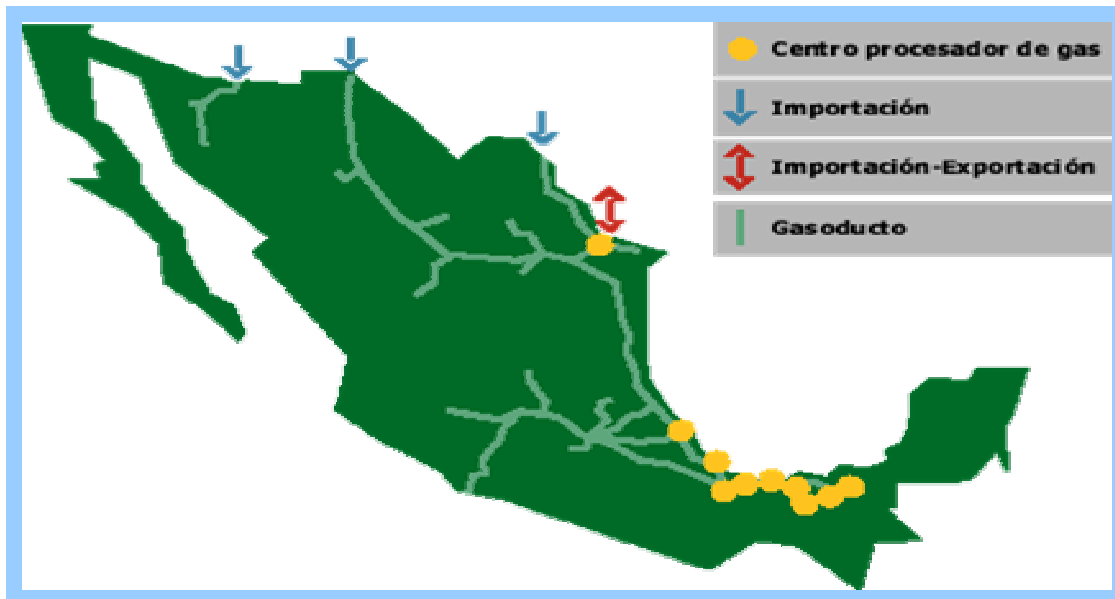


Figura 9. Mapa de la República Mexicana donde se muestra la red de gasoductos, así como las estaciones de procesamiento y los puntos de exportación e importación.

El SNG cuenta con puntos de inyección de gas natural de origen nacional y puntos de conexión internacional, a través de estos últimos, se pueden realizar operaciones de importación o exportación con los Estados Unidos.

A mediados de los años 90´s en la Ciudad de México, PEMEX contaba con una red instalada de distribución de 681 Kilómetros que daba servicio a cerca de 98,000 usuarios, a empresas del ramo químico, energético, etc. Para principios del año 2000 muchas de las tuberías con las que contaba PEMEX fueron otorgadas a concesiones, que se encargarían más tarde, de dar el servicio de suministro de gas natural y dos de las empresas beneficiadas en esto fue la empresa GNM y la empresa METROGAS, entre otras de toda la República Mexicana, y que en la actualidad atienden a más de 250,000 usuarios con alrededor de 2000 kilómetros de tubería.



“Análisis de riesgos aplicado a la red terciaria de suministro de gas natural”



Como se ve en la figura 9 los gasoductos corren a lo largo del país de Norte a Sur y viceversa, pero específicamente en el Distrito Federal alrededor de la periferia del mismo se encuentran grandes cabezales que son tubos de entre 16 y 20 pulgadas de diámetro que generalmente son de acero, ya que son resistentes a altas presiones y es un material adecuado para casi cualquier tipo de suelo y que permite disponer del combustible las 24 horas del día y los 365 días del año, a estas tuberías se les denomina de distribución primarias. [H]

Las tuberías son soldadas y verificadas con fotografías de rayos “X” (ver figura 10) con base a la NOM-003-SECRE-2002 [P] (consultar el anexo). Las tuberías son probadas con agua a una presión de 1.5 veces la presión máxima de trabajo. En algunos segmentos de la tubería se cuenta con nodos que son centros donde se han instalado válvulas que permiten cortar el flujo de gas y aislar tramos de la tubería cuando requieran hacer trabajos de reparación, o en caso de alguna fuga.



Figura 10. Ejemplo de la soldadura de tuberías de transporte de gas natural (cortesía de PEMEX).



Los nodos muchas veces cuentan con una estación reguladora de presión, y existe un sistema de medición remoto, un ejemplo de ello es el sistema regulador SCADA que es uno de los utilizados por METROGAS y GNM. Este sistema mide ciertas variables, como presión de entrada y salida del regulador, temperatura, posición actual de las válvulas, diferencia de presión entre la entrada y la salida del filtro y flujo de gas. En el centro SCADA (ver figura 11) de METROGAS se monitorea el comportamiento de las variables medidas en todas las estaciones reguladoras de presión y en las líneas de suministro de tipo residencial. Ante la detección de cualquier problema, el centro SCADA puede operar, en forma remota, las válvulas que se encuentran en los nodos y así aislar tramos de la red.



Figura 11. Monitoreo de las redes de suministro de gas natural. (Cortesía de METROGAS).

De las estaciones reguladoras de presión se derivan las redes de distribución secundaria que bajo la NOM-003-SECRE-2002^[P] tienen que ser de acero. Estas redes llevan gas natural hacia puntos alejados de la tubería de distribución primaria. Su presión de trabajo es de 10 bar y sobre ella existen otras estaciones reductoras de presión.



“Análisis de riesgos aplicado a la red terciaria de suministro de gas natural”



...Las redes de distribución secundaria entregan el gas a la red terciaria, que con base a la NOM-007-SECRE-1999^[Q] tienen que ser de polietileno, a algunos centros de consumo industrial, residencial y estaciones de combustible para vehículos.

Una de las características específicas del diseño de la red de distribución de gas natural en la Ciudad de México tiene que ver con las válvulas de seccionamiento. GNM tiene en proyecto válvulas de seccionamiento que son manejadas vía satélite, desde el centro de atención de urgencias de la empresa. El sistema también cuenta con válvulas especiales de corte automático en caso de sismo.

La red de distribución tiene una conexión con el “Centro de Alarma Sísmica”. Su objetivo es prever con cierta anticipación la posibilidad de un sismo y poder tomar las medidas necesarias si se presentara una emergencia. También es necesario contar con un sistema de mapeo automático, con base en cinco instrumentos acelerógrafos, que son instalados en la red de distribución, y que pueden dar a conocer la intensidad y las deformaciones que ocurran en el suelo de la ciudad, ya que como es bien sabido, el suelo de la Ciudad de México es bastante inestable, ya que se reportó que actualmente el hundimiento de la Ciudad de México es de alrededor de 70 centímetros por cada 5 años.

Las redes de distribución terciaria derivan de estaciones reguladoras de presión ubicadas sobre la red primaria o la red secundaria y llevan el gas natural hasta los puntos de consumo (ver figura 12). Están construidas de polietileno de alta densidad, material resistente, flexible (en caso de sismos), fácil de intervenir en caso de nuevos empalmes y en los cuales no es necesario hacer grandes excavaciones ni tampoco cortar el transporte y suministro del gas y cuya vida útil es, al menos, de 50 años.



Figura 12. Ejemplo de de dos reducciones de tuberías secundaria a tuberías terciarias. (Cortesía de METROGAS).

En el caso del gas residencial, éstas reciben el gas natural a través de un tubo de acero o de cobre llamado raiser (ver figura 13), que se conecta a la red de distribución terciaria de polietileno. En el raiser se instala el medidor y un regulador de presión (ver figura 14), que reduce la presión del gas al nivel adecuado para su utilización residencial.

Figura 13. Ejemplo de tubo raiser empleado en las instalaciones de gas natural dentro de una casa habitación. (Cortesía de METROGAS).





← **Figura 14.** Equipo empleado para registrar el consumo de gas natural en una casa habitación.
(Cortesía de METROGAS, 2005)

La red interior, que corresponde a las tuberías que llevan el gas natural desde el medidor hasta la cocina, estufas y otros artefactos de uso común en residencias, está construida normalmente con tuberías de cobre, pero en construcciones antiguas aún se encuentran instalaciones con tuberías de acero. La red interior es parte de la residencia y, por lo tanto, pertenece a su propietario, quien es responsable de su mantenimiento

5.2. Características generales de las zanjas para tuberías de gas natural en zonas urbanas

Uno de los puntos más importantes en las redes de distribución de gas natural en una zona urbana es el tipo de zanjas que se deben de realizar para el tendido de las mismas y para su realización consta de cuatro etapas.

La primera etapa consiste en realizar los cálculos de las tuberías, así como el tipo de materiales que se deben de emplear. Como ya mencionamos anteriormente el tipo de tuberías que se utilizan son acero y polietileno, pero es necesario recalculer el sistema de distribución de gas natural (tuberías) ya que el tipo de suelo varía demasiado.



La segunda etapa consiste en realizar los DTI ´S de los tendidos de las tuberías que se calcularon en la primera etapa. En esta etapa se requiere saber por donde pasan las tuberías de electricidad, cañerías, líneas telefónicas, etc; ya que con base a la NOM-007-SECRE-1999^[Q] las líneas de gas natural deben estar alejadas de ellas por lo menos 50 centímetros, para evitar romperlas o fracturarlas.^[H]

En la tercera etapa una vez que se verificó que no existan cruces de tuberías, o que la nueva instalación no afecte a las anteriores, se procede a realizar un trazado en las calles, banquetas, avenidas o por donde pase la red de suministro (ver figura 15) para realizar los trabajos de corte de concreto y excavación de las zanjas que se realiza bajo los siguientes criterios:

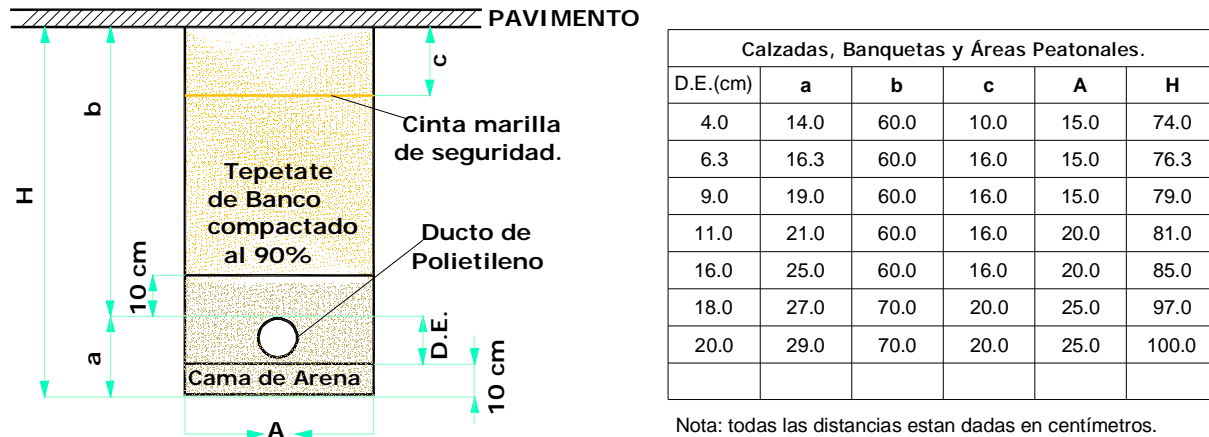


Figura 15. Excavación de la zanja para las tuberías de gas natural. (Cortesía de GNM^[H]).

- La zanja debe de contar con una profundidad entre 70 y 100 centímetros, dependiendo del diámetro exterior (D.E.) de la tubería y con respecto al nivel de piso terminado, (ver figura 16).



"Detalle típico de zanja para calzadas, banquetas y áreas peatonales".



Nota: todas las distancias estan dadas en centímetros.

Figura 16. Representación de la profundidad a la que deben ser enterradas las líneas de abastecimiento de gas natural. [H]

- La tubería debe de ser cubierta con arena, que sirve como cama amortiguadora en caso de sismos.
- Se introduce la tubería para empalmarla y unirla entre si conforme a la norma **NOM-009-SECRE-2002**^[R], en donde también se realizan pruebas con agua para evitar que haya fugas.
- Posteriormente se rellena la zanja de una tierra llamada tepetate de banco que debe de estar compactada a un máximo de 90%, esto es con la finalidad de evitar que las tuberías tengan demasiada presión por las paredes exteriores de la tubería.
- La distancia a la que se debe de situar la cinta de color amarillo de seguridad varia con respecto al diámetro exterior de la tubería.
- Por último, se rellena de una capa de concreto que aproximadamente es de 7 centímetros (aunque muchas veces varía dependiendo del tipo de



pavimento) para sellar por completo la zanja de la tubería de suministro de gas natural.

Cabe destacar que los criterios antes mencionados son únicamente para tuberías que se encuentran dentro de zonas pobladas, ya que los grandes gasoductos y oleoductos son muy comunes encontrarlos a flor de tierra.

La cuarta etapa consiste en darle a conocer a la ciudadanía la existencia de dicha red de suministro, así como, una serie de folletos que explique perfectamente que hacer en caso de una fuga de gas natural o peor aún, una explosión o un incendio.

Por su parte, las empresas distribuidoras de gas natural deben de realizar los trámites pertinentes en cada delegación antes de iniciar la segunda etapa, así como darle a conocer a Protección Civil, Los Bomberos, CFE y TELMEX, al culminar la cuarta etapa, los planos de localización de las redes de suministro de gas natural, para que cada uno de ellos pueda actualizar conforme van apareciendo las redes de suministro del energético en cada colonia.

5.3. Escenario propuesto de la red de tuberías de gas natural en una zona urbana

Para empezar a describir el escenario propuesto de la red de distribución de gas natural en una zona urbana, se tomó de referencia una red de distribución que esta ubicada en la zona norte del Distrito Federal en la colonia Independencia.

Podemos decir que todas las tuberías existentes en el Distrito Federal son distribuidas del mismo modo y bajo las mismas características; ya que al poder observar un diagrama de distribución de gas natural en la delegación Venustiano Carranza se puede ver que es muy parecida a la de la colonia Independencia ubicada en Cuahutitlan Izcalli.



Lo que hace la diferencia entre una y otra es que en Cuahutitlan Izcalli hay mayores empresas del ramo químico, y esto hace que cambien el diámetro de tuberías y el tipo de válvulas.

Las líneas de color morado son las divisiones de las calles del municipio de la colonia Independencia (ver figura 17), que esta limitada por las líneas de color rojo. Las líneas verdes, cafés y amarillas son redes de distribución terciarias de acero y trabajan a una presión de 10 bar, y tienen diámetros de 16, 18 y 10 pulgadas respectivamente, que por lo regular son bridadas. En las intercepciones de las líneas se pueden observar puntos de color blanco, que son las estaciones reguladoras de presión; en este diagrama no aparecen la redes de distribución terciaria ya que se perderían entre las líneas representativas de las calles.

Tomando como base la red de suministro en la colonia Independencia y la información proporcionada por la delegación Venustiano Carranza, la red de tuberías propuesta en este trabajo para la distribución de gas natural en el Distrito Federal tendrá las siguientes características:

- La red de distribución secundaria tiene un diámetro de 16 pulgadas, la cual esta enterrada a una distancia de un metro con respecto al nivel de piso terminado (ver figura 18). Esta red cuenta con válvulas reguladoras de presión de tipo “CHECK”, también cuenta con válvulas de cierre manual que conforme a la norma NOM-009-SECRE-2002, “Monitoreo, detección y clasificación de fugas de gas natural y gas L.P.”^[R], debe de tener al menos dos tipos de válvulas una manual y una automática antes y después de cada accesorio.

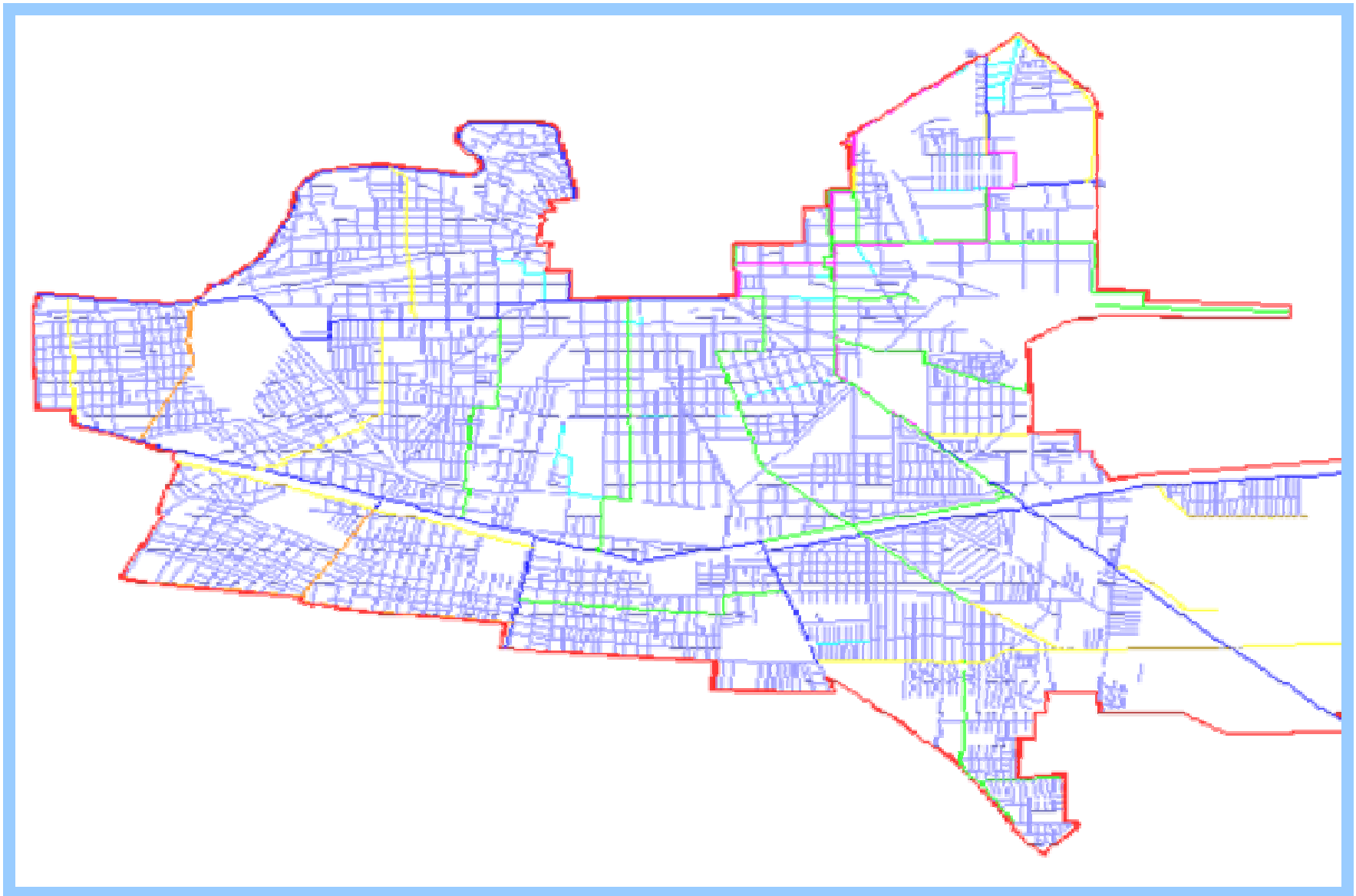


Figura 17. Mapa de cómo es distribuida la red de suministro de gas natural en la colonia Independencia. (Cortesía de gas natural México ^[H]).

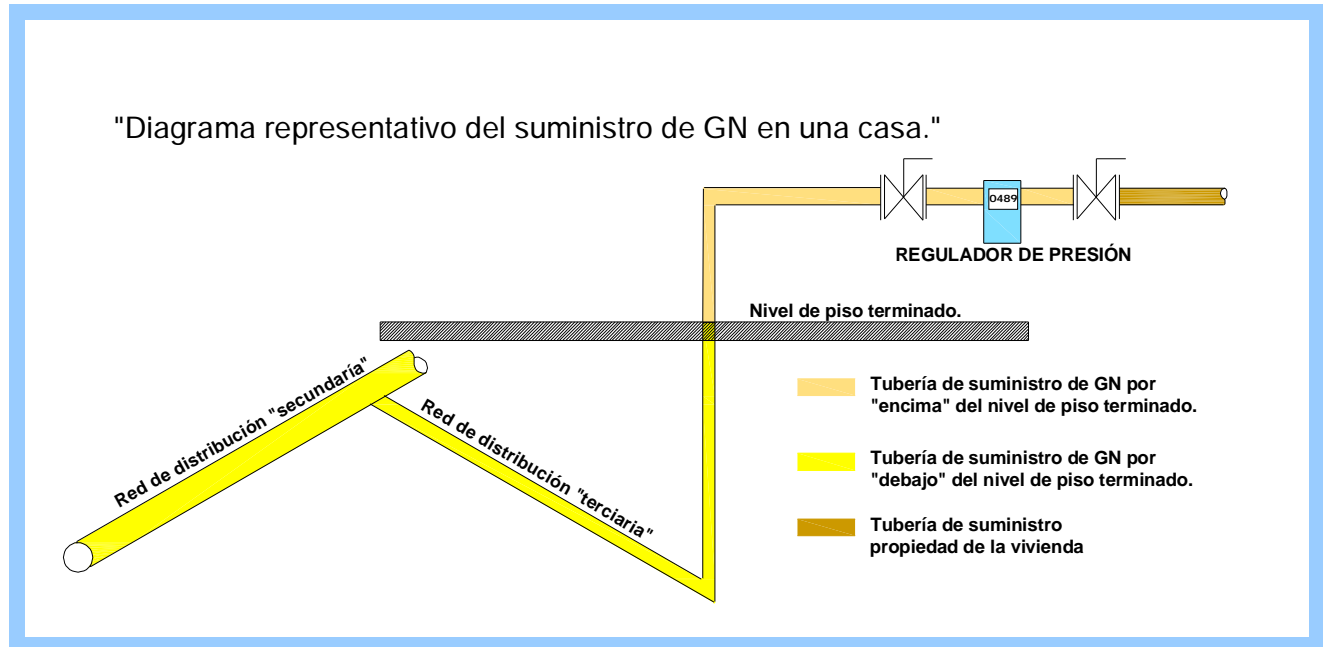


Figura 18. Esquema representativo de cómo se ve la instalación de gas natural entrando a una casa y los accesorios que emplea en ello.

- De la red de distribución secundaria se desprende una red de distribución terciaria que es polietileno flexible y con un diámetro de 2.5 pulgadas que está enterrada a 76.3 centímetros de profundidad con respecto del nivel de piso terminado. Esta tubería está conectada a un regulador de presión de gas que es el encargado de suministrar el energético a una presión de 4 bar hacia la vivienda. Cabe decir que antes de conectarse al regulador debe de tener una válvula de compuerta antes y después de pasar por el regulador.
- Los ramales que se derivan de la red terciaria de distribución, deberán de ser empalmados con electro fusión, esto es, que deberán de contener una lámina dentro de los tubos, la cual se calienta lo necesario para fundir al pegamento pero no la tubería, y que al enfriarse el pegamento sea tan fuerte que parezca una misma tubería.



- Antes de ingresar a la casa habitación, deberá tener una válvula de paso (de tipo bola o similar), proporcionada por la misma empresa distribuidora, que debe ser verificada para evitar fugas.
- Posteriormente la tubería que distribuye el energético pasará a otra válvula de paso antes de ingresar a un regulador de presión, que será la encargada de disminuir la presión hasta 2 bar, antes de llegar a cualquier equipo.
- Del regulador de presión se instala un cople de $\frac{3}{4}$ de pulgada que se conectará a un regulador de flujo, en el cual, la empresa tomará la lectura del energético ya utilizado.
- Del regulador sale una tubería que $\frac{3}{4}$ de pulgada de cobre hacia los equipos donde se utiliza dicho energético, es muy importante que la tubería sea soldada conforme a la NOM-007-SECRE-1999^[Q], y que no presente ningún tipo de fugas.

5.4. Construcción del “Árbol de Fallas”

Como ya se explicó anteriormente en el capítulo dos, de enero del 2000 hasta enero del 2006 se han registrado 158 fugas en el área metropolitana, de las cuales, en solo una de ellas se presentó la explosión; en cinco más se registraron las fugas de tipo soplete, y en todas las restantes hubo únicamente fuga y disipación del energético.

El árbol de fallas representativo de la red de suministro de gas natural (ver Figura 19), se construyó de la siguiente manera:

1. Se delimitó el evento tope a desarrollar, en este caso es “Explosión de una fuga de gas natural proveniente de una red de distribución de tipo terciaria dentro de una zona urbana”.



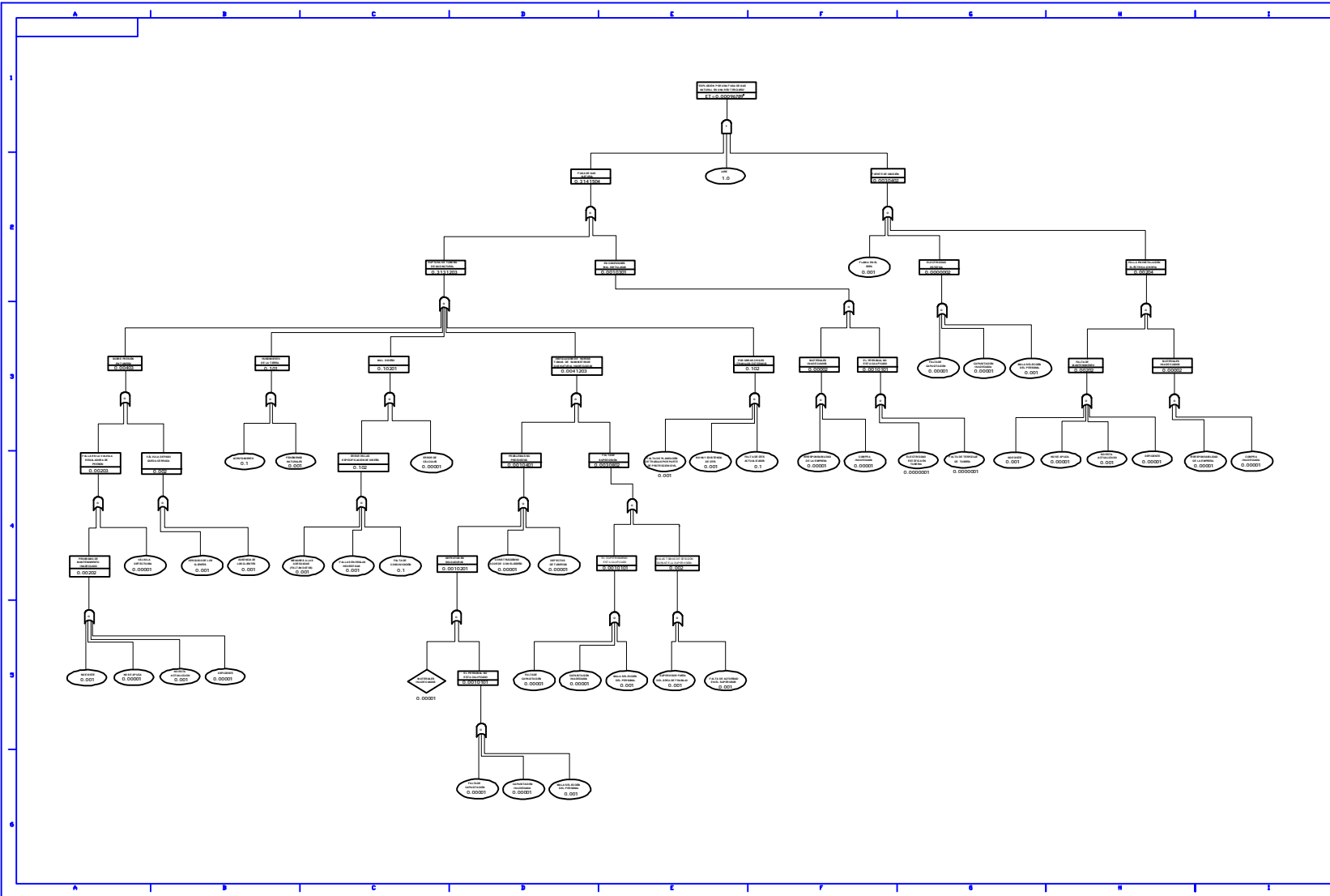
“Bibliografía”



2. Se tomaron en cuenta todos los eventos que intervienen para que se desarrolle el evento tope.
3. Se desarrollaron todos los eventos intermedios hasta llegar a la causa raíz de los mismos.
4. Se realizó la evaluación del evento tope para conocer su probabilidad.

Para que ocurra el evento tope es necesario que se desarrollen al mismo tiempo dos eventos intermedios y un evento básico que son:

- Fuga de gas natural.
- Aire.
- Fuente de ignición.



Notas:

A) Simbología empleada en la construcción de árboles de fallas.

Simbolo.	Aplicación.
	Evento top.
	Sucesos básicos. Constituyen la base de la rama del árbol. No necesitan desarrollo posterior a otros sucesos.
	Sucesos no desarrollados. No son sucesos básicos y podrían desarrollarse más, pero al desarrollarse se considera necesario, o no se dispone de la suficiente información.
	Puertas "O": Representan la operación lógica que requiere la ocurrencia de uno o más sucesos de entrada para producir el suceso de salida.
	Puertas "Y": Representan la operación lógica que requiere la ocurrencia de todos los sucesos de entrada para producir el evento de salida.

B) Probabilidad de los eventos de causa raíz.

Probabilidad (P)	Frecuencia Probable (F)
1.0	Indefinido (puede ocurrir en cualquier momento).
1 x 10^-1	Muy probable (ha ocurrido o puede ocurrir varias veces al año).
1 x 10^-3	Probable (ha ocurrido o puede ocurrir en un año).
1 x 10^-5	Poco probable (no se ha presentado en 5 años).
1 x 10^-7	Improbable (no se ha presentado en 10 años).
1 x 10^-9	No se ve probabilidad de que ocurra.

C) Los valores de probabilidad que se emplearon para el cálculo del árbol de fallas lo proporcionaron Ingenieros de GMA, a los cuales se les mostró la tabla "B" de "Probabilidad de los eventos de causa raíz", y ellos se encargaron de asignar los valores conforme a la experiencia obtenida en su trabajo.



ANÁLISIS DE RIESGO APLICADO A UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL QUE ABASTECE A UNA ZONA URBANA.

ÁRBOL DE FALLAS "EXPLOSIÓN DE UNA FUGA DE GAS NATURAL" PROVENIENTE DE UNA RED TERCERA DE DISTRIBUCIÓN DENTRO DE UNA ZONA URBANA.

Luis Manuel Moreno Alcalá Dr. Néstor Noe López Casillo
 Red terciaria de distribución. 20 Agosto del 2006



5.4.1 Fuga de gas natural: Por el registro de los accidentes obtenidos en los últimos cinco años, las fugas más frecuentes de gas natural han sido en los accesorios de conexión; esto es, la tubería de gas natural antes de entrar a una casa debe tener una válvula de paso, después el regulador de presión, el medidor de flujo y posteriormente otra válvula de paso, en todo este trayecto lleva coples y niples para unirlos entre sí, que por lo general, van roscadas y es en esta parte en donde se presenta la mayor cantidad de fugas, que pueden ser por que los materiales no son los adecuados o por que el personal que lo realiza no esta calificado.

Otras de las fugas, quizás de las más comunes, son las que se llevan a cabo cuando se rompen las tuberías de gas natural y pueden ser por varios factores, por ejemplo:

- 1 Cuando se realizan obras por fugas de agua potable, rompen el piso para encontrarlas y al realizar este trabajo rompen las tuberías de gas natural.
1. Cuando se instalan nuevas redes telefónicas o eléctricas de tipo subterránea, es posible que suceda lo mismo que en los casos anteriores. Pero se sabe que en base a la **NOM-007-SECRE-1999^[Q]**, las tuberías de gas natural deben de estar alejadas por lo menos a 50 cm de las redes telefónicas o eléctricas, para evitar que un corto de las mismas propicie, una fuente de ignición cerca de las tuberías de gas natural.
2. Otra causa y quizás la más común es cuando se realizan trabajos de retiro de árboles viejos o árboles que obstruyen las calles, al sacar las raíces del mismo con la maquinaria llamada mano de chango (otros lo conocen como trascabos), estas a su vez jalan las tuberías de gas natural rompiendo las mismas o desoldándolas.



“Bibliografía”



Las fugas anteriores, se deben principalmente a que no se tiene contempladas las nuevas tuberías de gas natural y a su vez no se tienen actualizados los DTI´S que muestran por donde pasan dichas tuberías, y al realizar obras por parte de Protección Civil, Los Bomberos, TELMEX y CFE no contemplan las mismas así como el cuidado que se debe tener.

3. También hay que tomar en cuenta que al instalar nuevas tomas de suministro de gas natural puede que no exista una supervisión directa y la cuadrilla de trabajadores no estén calificados para realizar este tipo de trabajo, y que sean ellos mismos los que provoquen una fuga del energético.
4. Otra de las causas, pero no la más frecuente, es que se haya realizado un mal diseño, ya sea por errores en los cálculos o por una mala selección de reglas heurísticas.
5. Otro factor externo al humano puede ser el hundimiento de la tierra y esto puede ser de dos tipos: A) Por asentamientos de la tierra o B) Por fenómenos naturales. En el primero es bien sabido que ocurre a todo momento ya que un ejemplo de ello es que la Ciudad de México se hunde 70 cm cada 5 años, y en el segundo no se sabe a ciencia cierta cuando ocurrirá un terremoto o que se abran zanjas en la tierra.
6. La sobre presión en las tuberías sí es un factor que puede ocurrir con frecuencia, ya que las válvulas pueden estar en mal estado o defectuosas, y al quedar cerradas provoquen una sobre presión en los ramales, que después de un largo tiempo provoque una ruptura de la tubería.



5.4.2 Aire: Para que se lleve a cabo un incendio por explosión de gas natural es necesario que se presenten una serie de condiciones en las que se encuentran involucrados el gas natural, el aire y una fuente de ignición. En la **figura 20** ejemplificaremos una mezcla de **aire + gas natural**, en las zonas **A** y **B** en condiciones ideales de homogeneidad, las mezclas de aire con menos de 4.5% y más de 14.5% de gas natural no explotarán, aún en presencia de una fuente de ignición, sin embargo, en condiciones prácticas, deberá desconfiarse de las mezclas cuyos contenidos se acerquen a la zona explosiva.



Figura 20. Representación de la zona explosiva de gas natural formada por el mismo más la presencia de aire.^[8]

Dentro de la **zona explosiva**, las mezclas del gas natural con aire en concentraciones entre 4.5 % y 14.5 % son explosivas, solo hará falta una fuente de ignición para que se desencadene una violenta explosión.

En algunos casos es muy frecuente que se registren fugas de gas natural dentro de las casas habitacionales, ya sea por una mala instalación o por falta de mantenimiento; por eso, es necesario contar con alarmas detectoras de gas



natural, también la red de tuberías de suministro deben de contar con ellas y deben de estar calibradas de la siguiente manera:

- **Punto 1** = 20% del LIE. Alarma visual y audible de presencia de gas en el ambiente.
- **Punto 2** = 60% del LIE. Se deberán ejecutar acciones de bloqueo de válvulas, disparo de motores, etc., antes de llegar a la zona explosiva.

En el caso de casas habitación es recomendable contar con alarmas detectoras que se encargan de detectar la presencia de la mezcla aire-gas y automáticamente hará sonar la alarma para prevenir un incendio u explosión, esta alarma se encuentra calibrada de la misma forma que el punto 1 que ya se explicó anteriormente.

5.4.3 Fuente de ignición: El punto de ignición juega un papel importante para la explosión de una fuga de gas natural ya que en caso dado de que se llegue a formar la nube explosiva y esta alcance un punto de ignición se presentaría una catástrofe como la ocurrida en Xochimilco.

La fuente de ignición se puede deber a tres causas:

- **Electricidad estática:** Esto es que la tubería no este aterrizada a tierra, y haya un flujo eléctrico que provoque una chispa en la tubería.
- **Flama en el área:** Dentro de la casa habitación se tienen flamas latentes, como la del boiler y otra de la estufa. También este tipo de fuente de ignición se puede encontrar en talleres mecánicos, eléctricos, herrerías y talleres similares.
- **Chispa en la instalación eléctrica:** Muy poca gente realiza trabajos de mantenimiento en sus instalaciones y por lo general, la cambian cuando hay un corto severo o el daño es considerable, y esto puede provocar una



chispa que al encontrar la nube explosiva provoque un incidente. También hay que tomar en cuenta que en las colonias existen personas que ofrecen sus servicios como los herreros, electricistas, mecánicos, etc, que muchas veces por el origen de su trabajo son capaces de producir una chispa que puede ser alcanzada por la nube explosiva.

5.4 Análisis de riesgo de tipo ¿Qué pasa sí...?, aplicado a la tubería de suministro de gas

La construcción del análisis de riesgos de tipo cualitativo se realizó bajo las siguientes consideraciones:

- Ø Las preguntas se formularon únicamente para la red terciaria de distribución de gas natural, así como también, a los accesorios que se encuentran dentro de la misma.
- Ø Se formularon preguntas que fueran complementarias al análisis de tipo cuantitativo.
- Ø Se enumeraron las consecuencias de cada pregunta de menor a mayor grado.

Las recomendaciones se realizaron tomando en cuenta todas las consecuencias de cada pregunta.



“Bibliografía”




Dependencia: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) Facultad de Química (FQ) Conjunto E, Lab. 212		Análisis: ¿Qué pasa sí...? (WHAT-IF...?)
Planta: “Red de distribución de gas natural”.		Elaboró: LMMA
Sección de Estudio: “Red terciaria de distribución de gas natural”.		Revisó: NNLC
Diagramas: “DTI’S de una distribución de gas natural en la colonia Independencia” y “Árbol de fallas de una explosión de gas natural proveniente de una red terciaria de distribución dentro de una zona urbana”.		Fecha de elaboración: 25 de abril del 2006
		# de hoja: 1 de 5
¿Qué pasa sí...?	CONSECUENCIAS	RECOMENDACIONES
1.- ¿Hay exceso de flujo de gas natural que el de diseño?	<ul style="list-style-type: none"> • Se dañan los accesorios de la red terciaria de distribución. • Se dañan los equipos de combustión (estufas, boilers) en la casa habitación. • Existe fuga de gas natural. • Explosión de gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento preventivo al sistema de control de tuberías.
2.-¿Hay una fuga de gas natural en una tubería dentro de una casa habitación?	<ul style="list-style-type: none"> • Puede quedar el gas atrapado dentro de la misma y que forme una nube explosiva. • La nube explosiva puede asfixiar a las personas o puede encontrar un punto de ignición y provocar una explosión. • Puede encontrar un punto de ignición y ocasionar una flama de tipo soplete. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es necesario contar con una alarma detectora de gas que este calibrada para accionar una alarma en cuanto detecte la presencia de gas.
3.-¿ Hay una fuga de gas natural en una tubería enterrada?	<ul style="list-style-type: none"> • Se difunde el gas hasta encontrar las condiciones para que se forme una nube explosiva. • Que al formarse una nube se origine una explosión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento preventivo al sistema de control de tuberías. • Que se lleve a cabo constantemente programas de prevención de fugas de gas natural.



"Bibliografía"



Dependencia:  Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) Facultad de Química (FQ) Conjunto E, Lab. 212		Análisis: ¿Qué pasa sí...? (WHAT-IF...?)
Planta: "Red de distribución de gas natural".		Elaboró: LMMA
Sección de Estudio: "Red terciaria de distribución de gas natural".		Revisó: NNLC
Diagramas: "DTI'S de una distribución de gas natural en la colonia Independencia" y "Árbol de fallas de una explosión de gas natural proveniente de una red terciaria de distribución dentro de una zona urbana".		Fecha de elaboración: 25 de abril del 2006
		# de hoja: 2 de 5
¿Qué pasa sí...?	CONSECUENCIAS	RECOMENDACIONES
4.- ¿Hay mayor presión a la de diseño en las tuberías de gas natural?	<ul style="list-style-type: none"> • Se dañan los accesorios de la red terciaria de distribución. • Se dañan los equipos de combustión (estufas, boilers) en la casa habitación. • Existe fuga de gas natural. • Explosión de gás natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento preventivo al sistema de control de tuberías.
5.- ¿La válvula reguladora de presión falla?	<ul style="list-style-type: none"> • Deja pasar mayor cantidad de gas. • Daña el regulador de flujo de gas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento preventivo al sistema de control de tuberías. • Contar con doble válvula.
6.- ¿El medidor de flujo tiene un mal registro en la lectura de consumo de gas natural?	<ul style="list-style-type: none"> • Que cobren más de lo habitual. • Que cobren menos de lo habitual. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pedir que cambien el regulador o que lo calibren.
7.- ¿El regulador de flujo no registra?	<ul style="list-style-type: none"> • El cliente no paga el consumo del energético. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento preventivo al sistema de control de tuberías. • Pedir que cambien el regulador o que lo calibren.
8.- ¿Se presenta olor a gas natural después de la combustión?	<ul style="list-style-type: none"> • Hay fuga del energético. • Puede provocar dolor de estomago. • Puede formar una nube explosiva. 	<ul style="list-style-type: none"> • Que la empresa se haga responsable de regular las flamas en los equipos de combustión. • Contar con una alarma detectora de gas dentro de la casa habitación.



“Bibliografía”




Dependencia: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) Facultad de Química (FQ) Conjunto E, Lab. 212		Análisis: ¿Qué pasa sí...? (WHAT-IF...?)
Planta: “Red de distribución de gas natural”.		Elaboró: LMMA
Sección de Estudio: “Red terciaria de distribución de gas natural”.		Revisó: NNLC
Diagramas: “DTI’S de una distribución de gas natural en la colonia Independencia” y “Árbol de fallas de una explosión de gas natural proveniente de una red terciaria de distribución dentro de una zona urbana”.		Fecha de elaboración: 25 de abril del 2006
		# de hoja: 3 de 5
¿Qué pasa sí...?	CONSECUENCIAS	RECOMENDACIONES
9.- ¿Están mal soldadas las tuberías de gas natural?	<ul style="list-style-type: none"> • Se pueden despegar si existe un exceso de presión. • Se pueden registrar fugas del energético. • Puede formar una nube explosiva. • Se puede presentar una flama tipo soplete. • Se puede producir una explosión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Que el personal que realice los trabajos de soldaduras este calificado. • Que exista un programa de capacitación del mismo. • Que se cuente con los materiales adecuados. • Que se lleven a cabo constantemente programas de prevención de fugas de gas natural. • Reportarlo a la empresa.
10.- ¿El programa de mantenimiento es inadecuado?	<ul style="list-style-type: none"> • Las tuberías se pueden dañar y será necesario cambiarlas. • Es mayor la probabilidad de que se presenten fugas de gas natural. • Se puede formar una mayor cantidad de nubes explosivas. • Se pueden presentar mayores flamas tipo soplete. • Se pueden presentar una mayor cantidad de explosiones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contar con un buen programa de mantenimiento de tuberías de gas natural. • Que lo realice personal calificado. • Que se empleen los materiales adecuados. • Que se realicen constantemente monitoreos de presencia de gas natural. • Que se actualice constantemente el programa de mantenimiento.



"Bibliografía"




Dependencia:  Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) Facultad de Química (FQ) Conjunto E, Lab. 212		Análisis: ¿Qué pasa sí...? (WHAT-IF...?)
Planta: "Red de distribución de gas natural".		Elaboró: LMMA
Sección de Estudio: "Red terciaria de distribución de gas natural".		Revisó: NNLC
Diagramas: "DTIS de una distribución de gas natural en la colonia Independencia" y "Árbol de fallas de una explosión de gas natural proveniente de una red terciaria de distribución dentro de una zona urbana".		Fecha de elaboración: 25 de abril del 2006
		# de hoja: 4 de 5
¿Qué pasa sí...?	CONSECUENCIAS	RECOMENDACIONES
11.- ¿Los materiales no son los adecuados?	<ul style="list-style-type: none"> • Su utilidad puede ser menor la contemplada provocando que se tenga que reemplazar. • Que se tengan pérdidas del energético. • Que no soporte las presiones empleadas en las líneas de suministro. • Que se tenga que suspender el servicio del energético por reparación o cambios de materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar a los proveedores de forma adecuada. • Que exista control de calidad en la recepción del mismo. • Que se manejen y ocupen de forma correcta. • Que se le hagan pruebas mecánicas para ver si resisten las presiones.
12.- ¿El personal no está calificado?	<ul style="list-style-type: none"> • Mala calidad en las soldaduras. • Mala calidad en redes de distribución. • Provocar daños a terceros. • Provocar una flama tipo soplete. • Provocar una explosión. • Provocar desprestigio a la empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Buena selección del personal. • Programa de capacitación del personal. • Contar con supervisión durante las obras. • Que el supervisor esté calificado.
13.- ¿Se forma una nube explosiva?	<ul style="list-style-type: none"> • Hay un intenso olor a gas. • Puede provocar vómitos y mareos. • Puede provocar asfixia. • Se pueden presentar flamas tipo soplete. • Se pueden presentar una mayor cantidad de explosiones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que las llaves de gas estén cerradas. • Que se realicen constantemente monitoreos de presencia de gas natural en las calles. • Que lo realice personal calificado. • Que desalojen a las personas por lo menos 1 Km a la redonda. • Que no se produzcan flamas o chispas en el área.



"Bibliografía"



Dependencia:  Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) Facultad de Química (FQ) Conjunto E, Lab. 212		Análisis: ¿Qué pasa sí...? (WHAT-IF...?)
Planta: "Red de distribución de gas natural".		Elaboró: LMMA
Sección de Estudio: "Red terciaria de distribución de gas natural".		Revisó: NNLC
Diagramas: "DTI'S de una distribución de gas natural en la colonia Independencia" y "Árbol de fallas de una explosión de gas natural proveniente de una red terciaria de distribución dentro de una zona urbana".		Fecha de elaboración: 25 de abril del 2006
		# de hoja: 5 de 5
¿Qué pasa sí...?	CONSECUENCIAS	RECOMENDACIONES
14.- ¿Hay mal diseño de las tuberías de distribución de gas natural?	<ul style="list-style-type: none"> • El suministro de gas natural puede ser deficiente. • Las tuberías de gas no soporten la presión. • Que se presenten fugas de gas natural después de un tiempo. • Que se tengan que reemplazar las tuberías ya existentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Que se revisen los cálculos. • Que se apliquen bien las heurísticas. • Que se tomen en cuenta el tipo de suelo y movimientos en la tierra. • Que se realice conforme a las normas NOM-003-SECRE, NOM-007-SECRE y NOM-009-SECRE. • Que exista comunicación en todas las disciplinas.
15.- ¿Hay una fuga de tipo soplete?	<ul style="list-style-type: none"> • Puede provocar un incendio cerca del área. • Puede lesionar gente. • Provoca pérdidas económicas. • Desprestigio para la empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contar con un buen programa de mantenimiento de tuberías de gas natural. • Contar con un programa de • Cerrar las válvulas de paso que estén conectadas a la misma línea, antes y después de la flama. • Cercar el área y desalojar a las personas.
16.- ¿Hay una explosión por fuga de gas natural?	<ul style="list-style-type: none"> • Puede provocar un incendio cerca del área. • Puede lesionar gente. • Provoca pérdidas económicas. • Desprestigio para la empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contar con un programa de emergencias. • Cerrar las válvulas de paso que estén conectadas a la misma línea, antes y después de la flama. • Cercar el área y desalojar a las personas.

CAPÍTULO SEIS:

“Análisis de resultados”



6.1 Resultados obtenidos en el “Árbol de fallas”

La evaluación del evento tope (ET) se realizó de la siguiente manera:

1. Asignación de números de forma descendente a los eventos intermedios:

Tabla 05. Tabla representativa de las abreviaturas de los eventos intermedios.

Eventos intermedios:	Eventos intermedios:
E1: Fuga de gas natural.	E13: El personal no esta calificado.
E2: Fuente de ignición.	E14: Falta de mantenimiento.
E3: Ruptura de tubería de gas natural.	E15: Materiales inadecuados.
E4: Conexiones mal instaladas.	E16: Falla en la válvula reguladora de presión.
E5: Electricidad estática.	E17: Válvula de paso queda cerrada.
E6: Falla en instalación eléctrica.	E18: Error en las especificaciones de diseño.
E7: Sobre presión en tubería.	E19: Problemas no previstos.
E8: Hundimiento de la tierra.	E20: Falta de supervisión.
E9: Mal diseño.	E21: Programa de mantenimiento inadecuado.
E10: Instalación de nuevas tomas de suministro de gas natural.	E22: Defectos en soldadura.
E11: Por obras civiles (trabajos externos).	E23: Malas tomas de decisión durante la supervisión.
E12: Materiales inadecuados.	E24: El personal no esta calificado.



“Bibliografía”



2. Asignación de letras de forma descendente a los eventos básicos, así como también asignación del valor probabilístico de los mismos:

Tabla 06. Probabilidades de los eventos básicos.

Eventos básicos:	Valor probabilístico:
A: Aire.	1.00
B: Flama en el área.	0.001
C: Electricidad estática en tuberías.	0.0000001
D: Falta de aterrizaje en tubería.	0.0000001
E: Asentamientos.	0.1
F: Fenómenos naturales.	0.001
G: Error de cálculos.	0.00001
H: Falta de planeación de trabajo por parte de protección civil.	0.001
I: No hay existencia de “DTI´s”.	0.001
J: Falta de “DTI´s” actualizados.	0.1
K: Irresponsabilidad de la empresa.	0.00001
L: Compra inadecuada.	0.00001
M: Falta de capacitación.	0.00001
N: Capacitación inadecuada.	0.00001
Ñ: Mala selección del personal.	0.001
O: No existe.	0.001
Q: No esta actualizado.	0.001
P: No se aplica.	0.00001
R: Deficiente.	0.00001



“Bibliografía”



S: Irresponsabilidad de la empresa.	0.00001
T: Compra inadecuada.	0.00001
U: Válvula defectuosa.	0.00001
V: Descuido de los clientes.	0.001
W: Ausencia de los clientes.	0.001
X: Menores a las adecuadas (faltan datos).	0.001
Y: Fallas en reglas heurísticas.	0.001
Z: Falta de comunicación.	0.1
Aa: Construcción no acorde al diseño.	0.00001
Ab: Defectos de tuberías.	0.00001
Ac: No existe.	0.001
Ad: Supervisión fuera del área de trabajo.	0.001
Ae: Mala selección del personal.	0.001

Los valores de probabilidad que se emplearon para el cálculo del árbol de fallas lo proporcionaron ingenieros de GNM a los cuales se les mostró la tabla de probabilidades que aparece en el árbol de fallas, y ellos se encargaron de asignar los valores conforme a la experiencia obtenida en su trabajo.

3. Cálculo de la probabilidad de los eventos intermedios:

Tabla 07. Probabilidades de los eventos intermedios.

Eventos intermedios:	Valor probabilístico:
$E1 = E3 + E4$	0.3141504
$E2 = B + E5 + E6$	0.0030402
$E3 = E7 + E8 + E9 + E10 + E11$	0.3131203



“Bibliografía”



$E4 = E12 + E13$	0.0010301
$E5 = C + D$	0.0000002
$E6 = E14 + E15$	0.00204
$E7 = E16 + E17$	0.00403
$E8 = E + F$	0.101
$E9 = E18 + G$	0.10201
$E10 = E19 + E20$	0.0041203
$E11 = H + I + J$	0.102
$E12 = K + L$	0.00002
$E13 = M + N + \tilde{N}$	0.0010101
$E14 = O + P + Q + R$	0.00202
$E15 = S + T$	0.00002
$E16 = E21 + U$	0.00203
$E17 = V + W$	0.002
$E18 = X + Y + Z$	0.102
$E19 = E22 + Aa + Ab$	0.0010401
$E20 = E23 + E24$	0.0030802
$E21 = O + P + Q + R$	0.00202
$E22 = Ag + E25$	0.0010201
$E23 = M + N + \tilde{N}$	0.0010101
$E24 = Ad + Ae$	0.002
$E25 = M + N + \tilde{N}$	0.0010101

4. Cálculo de la probabilidad del evento tope (ET):

$$ET = E1 * A * E2 = 0.00096789$$



“Bibliografía”



El valor obtenido en el cálculo de árbol de fallas nos dice que tiene una probabilidad muy baja de que ocurra en 5 años, y esto nos indica que la magnitud de gravedad es de orden dos conforme a la tabla 08:

Tabla 08. Criterios de asignación de gravedades.

Gravedad	Descripción
1	Catastrófico: Una muerte dentro o fuera del sitio/daños irreversibles y pérdidas de producción mayores a \$20 millones de pesos que generen paro total de la planta.
2	Severa: Lesiones múltiples/daños mayores a propiedades y pérdidas entre \$2 millones y \$20 millones de pesos que generen paros temporales.
3	Moderado: Heridas ligeras/daños menores a propiedades y pérdidas de producción entre \$500 mil y \$2 millones de pesos generando un paro parcial.
4	Baja: No hay heridas/daños mínimos a propiedades y pérdidas de producción menores a \$500 mil pesos, que generen un paro, sólo sustitución o reparación de accesorios.

6.2 Resultados obtenidos en el WHAT-IF ?

Este método de análisis de riesgos es muy noble y muy efectivo ya que en el formato que se empleó se realizan las preguntas y se nombran las consecuencias de la misma, así como también las recomendaciones para dicha pregunta.



6.3 Medidas preventivas

Es muy importante tomar en cuenta varios factores para poder minimizar el riesgo del uso del gas natural, como son:

- Ø Revisar detalladamente el contrato que están haciendo entre la empresa que distribuye el servicio y la persona que lo solicitó, y esto es por dos razones, algunos contratos obligan a cambiar toda la instalación de gas que se encuentra dentro de la casa habitación, esto es con el fin de evitar cualquier tipo de fuga dentro de la misma, pero hay varias empresas que únicamente se encargan de realizar la instalación hasta un metro adentro de la casa habitación y la demás instalación corre por cuenta de los habitantes de la misma.
- Ø También es necesario solicitar el servicio de monitoreo de gas dentro de la casa habitación y esto se debe de realizar por lo menos cada 6 meses, esto es con el fin de detectar una pequeña fuga, que, con el tiempo puede ir creciendo.
- Ø Es necesario contar con sistemas de alarmas detectoras de gas dentro de la casa habitación, ya que al detectar la presencia del gas, esta accionará una alarma para evitar la formación de la nube explosiva.
- Ø Es necesario que cuando la empresa instale una nueva toma de gas natural, ésta no se encuentre en puntos clave donde pueden ser dañadas por vehículos, o los mismos propietarios.
- Ø Es de suma importancia que antes del regulador de presión se instale una válvula de paso y también después del registrador de flujo, esto es con el propósito de poder detener una fuga del energético en alguno de los accesorios. También es necesario contar con una válvula de paso antes de cada equipo dentro de la casa habitación.



Ø En el caso de las empresas proveedoras del servicio, deben de contar con personal calificado para realizar los trabajos de excavación, y unión de las tuberías, ya que gran parte de las fugas se deben a trabajos mal realizados. Es necesario que los trabajadores cuenten con una buena supervisión y que tenga los conocimientos necesarios a la hora de tomar dediciones.

6.4 Medidas correctivas.

En las medidas correctivas recaen gran parte en los proveedores de gas natural, ya que muchas veces no cumplen con las normas establecidas para realizar los trabajos de instalación de nuevas redes de suministro de gas natural. Quizás la más importante de ellas sea que la delegación y las empresas prestadoras del servicio deben de actualizar los planos donde se muestren por donde pasan las nuevas redes de suministro, y al realizar otro tipo de trabajos de tipo civil no rompan o dañen las tuberías existentes.

También es necesario contar con un plan de emergencia en donde contemple tres aspectos fundamentales:

1. Reporte de una fuga de gas y verificación de la misma.
2. Desalojo de la gente que esta alrededor.
3. Explosiones e intoxicaciones.

En el primer caso, es necesario que las autoridades o los bomberos lleguen de inmediato y puedan evaluar el tipo de fuga, y comunicarlo a la empresa responsable para ver que medidas se deben de tomar.

En el segundo caso, una vez evaluado el tipo de fuga, es necesarios que las autoridades desalojen a la sociedad, para que las puedan llevar a un parque o a



una explanada, ya que muchas veces lo único que hacen es cercar la zona durante el tiempo que terminan las obras de reparación o dispersión del gas y se olvidan de las mismas.

Contar con un buen programa en donde se contemple el caso de las explosiones así como también las flamas de tipo soplete, que aunque la primera es la más catastrófica, se deben de tomar diferentes medidas cuando se presenten las mismas.

1.5 Medidas mitigantes.

Por los casos presentados en el capítulo tres, lo más conveniente es que, cuando se presenten fugas de gas natural, varias personas sean las que reporten dicha fuga, ya que, como en el caso de Xochimilco, únicamente se reportaron 5 llamadas y las primeras fueron tomadas como bromas por parte de la sociedad. Es necesario insistir para que vean que es un problema serio y en las casas habitación se deben de contar por lo menos con una ventana para evitar que se acumule el gas y forme una nube explosiva.

También si notan las personas que el olor es muy intenso y no llegan las autoridades, lo más recomendable es salirse del área por lo menos 2 Km a la redonda por si se llegara a presentar una explosión, las personas queden lejos del centro de la explosión. Es muy importante que al regresar a su hogar antes de prender la luz, se abran nuevamente las ventanas para verificar que el gas no esta presente dentro de la misma.

CONCLUSIONES



“Conclusiones”



La demanda a nivel nacional del consumo de gas natural, se ha incrementado en un 38% en los últimos 5 años. Actual el consumo de gas natural en México es de 246.8 millones de pies cúbicos por año, que es muy parecida a la estimada por la SENER para el año 2006.

El consumo de gas natural de tipo residencial en la Ciudad de México se ha duplicado, y por eso actualmente se han implementado nuevas redes de distribución del energético. De las 16 delegaciones que se encuentran en el Distrito Federal, solo en dos de ellas no se han realizado trabajos de implementación de redes de suministro de gas natural, y son las delegaciones Tláhuac y Milpa Alta.

Las empresas GNM y METROGAS, cuentan con 500 mil consumidores, lo cual, representa al 35% de los consumidores totales en el D.F. Al ir creciendo el consumo de gas de tipo residencial, se irán decreciendo las fuentes de empleos, ya que, las empresas repartidoras de gas butano tendrán una menor cantidad de clientes y por lo tanto tendrán menor cantidad de chóferes y repartidores del energético.

La combustión de gas natural es más limpia que la del gas butano, pero no por esto se puede decir que el gas natural no contamina; ya que al realizarse la combustión de gas natural y de gas butano, en ambos se produce CO₂ y otros contaminantes.

Se definió un escenario para aplicarle un análisis de riesgo, y se optó realizarlo a las redes terciarias de distribución, ya que, de los accidentes registrados de enero del 2000 a enero del 2006, un 95% de las fugas se presentaron en las redes terciarias y solo se registró un 3% en redes secundarias y un 2% en redes primarias.



“Conclusiones”



El análisis cuantitativo seleccionado fue el de árbol de fallas y éste nos permitió saber que se requiere de 38 sucesos básicos (que son las causas raíz del evento tope) para que se efectúen tres eventos intermedios que son: A) Fuga de gas natural. B) Aire y C) Fuente de ignición; que estos a su vez deben de ocurrir al mismo tiempo para que se desarrolle el evento tope al que nosotros definimos como “Explosión por fuga de gas natural”.

En el resultado obtenido en el árbol de fallas quedo entre los valores de 1×10^{-3} y 1×10^{-5} , en donde el primer valor representa que es probable que pueda ocurrir en un año, y el segundo valor nos indica que es poco probable que suceda, pero ya que se ha registrado por lo menos una vez cada cinco años. El valor de probabilidad de que ocurra el evento tope es de 0.00096789, y es muy lógico ya que efectivamente aunque es muy pequeña la probabilidad de que ocurra dicho evento, en estos últimos seis años si se ha registrado una explosión por fuga de gas natural que fue la de Xochimilco.

El análisis de tipo cualitativo que se seleccionó fue el de “What-if?”, y este nos permitió considerar factores como exceso de presión, exceso de flujo, así como, una serie de preguntas que nos permiten ver el riesgo desde otro punto de vista que el análisis de riesgos de árbol de fallas. Al aplicar el método “What-if?” por cada pregunta que se hace se contestan enumerando las consecuencia de menor a mayor, y se dieron una serie de recomendaciones a dichas consecuencias de forma directa.

En el What-if? se formularon 16 preguntas que fueron complementarias al análisis de riesgos de tipo cuantitativo, y al dar las recomendaciones a cada una de las preguntas, de las 16 preguntas formuladas se obtuvieron 45 recomendaciones, las cuales, 30 de ellas hacen referencia a errores de tipo humano, 12 a errores de tipo administrativo y 3 a errores de diseño.



“Conclusiones”



Las respuestas que se obtuvieron con mayor frecuencia son “Contar con personal calificado” y “Mantenimiento preventivo al sistema de tuberías”. Esto es, que para evitar que se realicen eventos no deseados (como son, fugas de gas natural, formación de la nube explosiva, explosión de gas natural, etc.) es necesario contar con un buen programa de mantenimiento que sea realizado por personal calificado, para evitar que se registren eventos no deseados.

Se puede concluir que es tan peligroso emplear el gas natural como el gas butano dentro de una casa habitación, lo que cambia es la magnitud del siniestro en caso de que se registre una explosión de gas o un incendio del mismo.

ANEXOS



Índice de abreviaturas

- CRE Comisión Reguladora de Energía.
- DTI´s Diagramas de Tuberías e Instrumentación.
- FTA Fault Tree Analysis.
- GD Gas Doméstico.
- GLP Gas Licuado a Presión.
- GN Gas Natural.
- GNA Gas Natural Asociado.
- GNFA Gas Natural Fase Acuosa.
- GNL Gas Natural Licuado.
- GNM Gas Natural México.
- GNMG Gas Natural METROGAS.
- GNNA Gas Natural No Asociado.
- GNS Gas Natural Sustituido.
- GNV Gas Natural Vehicular.
- GP Gas Procesado.
- GR Gas Residencial.
- HAZOP Hazzard Operability.
- IMP Instituto Mexicano del Petróleo.
- mmpcd Miles de millones de pies cúbicos por día.
- PEMEX Petróleos Mexicanos.
- SDG Sistema de Distribución de Gasoductos.
- SENER Secretaría de Energía.
- TNG Tecnología de Gas Natural.
- UNAM Universidad Nacional Autónoma de México.
- UPGN Unidades de Procesamiento de Gas Natural



Glosario de términos

- **Accidente:** Suceso eventual que altera el orden regular de las cosas, que voluntariamente resulta en daños para las personas o cosas. Por lo general un accidente esta en manos de las personas poderlo evitar o mitigar.
- **Causa raíz:** Es el evento, condición o acción subyacente que tiene un lazo directo en la secuencia de eventos que condujeron a un accidente ó incidente y que es posible (viable, factible) de ser corregido; dicho de otro modo, es el origen de los incidentes y por lo general son deficiencias de la administración.
- **Explosión:** Es cuando hay una liberación de materia y energía.
- **Fuga tipo soplete:** Es aquella fuga de gas (natural o gas L.P.) que al escaparse por un orificio de la tubería que lo trasporta, y al encontrar un punto de ignición provoca una flama, la cual se pega a la tubería que originó la fuga, muy similar a las flamas de los sopletes.
- **Gas amargo:** Gas natural que contiene cantidades significativas de ácido sulfhídrico.
- **Gas asociado:** Gas natural que se encuentra en contacto y/o disuelto en el aceite crudo del yacimiento.
- **Gas dulce:** Gas natural que contiene cantidades muy pequeñas de ácido sulfhídrico y bióxido de carbono.
- **Gas húmedo:** Mezcla de hidrocarburos que se obtiene del proceso del gas natural del cual le fueron eliminadas las impurezas o compuestos que no son hidrocarburos, y cuyo contenido de componentes más pesados que el metano es en cantidades tales que permite su proceso comercial.



“Contenido”



- **Gas natural comprimido:** Gas natural seco almacenado a una presión de 200-250 atmósferas en estado gaseoso en un recipiente.
- **Gas no asociado:** Es un gas natural que se encuentra en yacimientos que no contienen aceite crudo a las condiciones de presión y temperaturas originales.
- **Gasoducto:** Sistema de tuberías para transportar y distribuir el gas natural.
- **Gas seco:** Gas natural compuesto predominantemente de metano, que ha sido licuado a compresión y enfriamiento, para facilitar su transporte y almacenamiento.
- **Gravedad:** Es la calificación que se le asigna a una consecuencia para evaluar la importancia de su impacto a las personas, al medio ambiente y a las instalaciones.
- **Incidente:** Suceso eventual involuntario que altera el orden regular de las cosas, resulta en daños para las personas o cosas. Por lo general un incidente **no** esta en manos de las personas poderlo evitar o mitigar.
- **Peligro:** Es la característica inherente de una sustancia, proceso o actividad, que tiene la capacidad o potencial de causar algún daño a las personas, al medio ambiente, la propiedad y/o la continuidad en la operación del proceso.
- **Riesgo:** Es la probabilidad de que una sustancia, proceso o actividad produzca un daño a las persona, al medio ambiente, la propiedad y/o la continuidad en la operación del proceso. Comúnmente se expresa en función de la frecuencia con la que ocurre el suceso y la gravedad o magnitud de sus consecuencias.
- **Riesgo aceptable:** Es poder vivir con el riesgo latente, porque puede ser que tenga una frecuencia muy poco probable de ocurrir y/o sus consecuencias sean de gravedad baja.



“Contenido”



-
- **Riesgo no aceptable:** Implica que de ninguna manera se puede seguir operando en tales condiciones del escenario, ya que éste tiene una frecuencia muy alta de ocurrencia y/o una gravedad con consecuencias catastróficas.



“Bibliografía”



A) 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)”

La apertura de la industria del gas natural a la iniciativa privada, en lo relativo al transporte, almacenamiento y distribución de gas natural de tipo residencial, 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 crecimientos 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.

Consultar los apartados 5, 7, 8 y 11.

B) Norma Oficial Mexicana NOM-007-SECRE-1999, “Transporte de gas natural”

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



“Bibliografía”



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

Consultar los apartados 8, 9, 10, 11 y 12.

C) Norma Oficial Mexicana NOM-009-SECRE-2002, “Monitoreo, detección y clasificación de fugas de gas natural y gas L.P., en ductos”

El gas natural y el gas Licuado del Petróleo (L.P.) son combustibles ampliamente utilizados en los sectores industrial, comercial, residencial y de transporte vehicular. Para suministrar dichos combustibles oportunamente y en condiciones de seguridad y eficiencia a los usuarios finales, son necesarios sistemas de transporte y distribución por ductos. Cuando el gas se fuga del ducto que lo conduce ocasiona daños al medio y se mezcla con el aire provocando una atmósfera explosiva que representa un riesgo para las personas y sus bienes en la zona afectada por la fuga.

Por lo anterior, se deben inspeccionar periódicamente los sistemas de transporte y distribución por medio de ductos de estos gases combustibles, con



“Bibliografía”



el fin de detectar fugas y clasificarlas para repararlas cuando sea necesario de acuerdo con el riesgo que representan.

Consultar los apartados 5, 6 y 7.

D) Hoja de datos de seguridad para la sustancia química denominada gas natural; empleada en PEMEX



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS

GAS NATURAL

Números de identificación ONU: 1971 y 1972

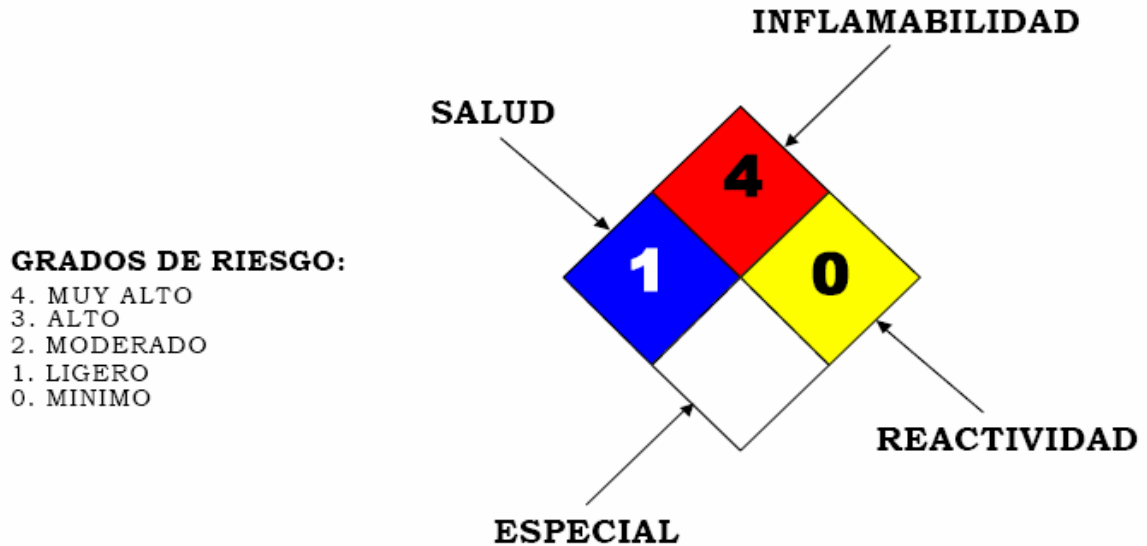
TELÉFONOS DE EMERGENCIA (LAS 24 HORAS):

PEMEX	SETIQ¹	CENACOM²
<i>Centro de Control del Sistema Nacional de Ductos:</i> 01-800-012 2900	<i>D. F. y Área Metropolitana</i> 55-59-1588 <i>En la República Mexicana</i> 01-800-00-21400	<i>D. F. y Área Metropolitana</i> 55-50-1496, 55-50-1485 55-50-1552 y 55-50-4885 <i>En la República Mexicana</i> 01-800-00-41300

Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas No:	HDSSQ-001
Nombre del Producto	Gas Natural
Nombre Químico	Metano
Familia Química	Hidrocarburos del Petróleo
Fórmula Molecular	Mezcla (CH ₄ + C ₂ H ₆ + C ₃ H ₈)



Rombo de clasificación de riesgos NFPA-704³:



Información sobre su transportación:

Nombre Comercial	Gas Natural
Identificación *DOT	1971 y 1972 (Organización de Naciones Unidas)
Clasificación de Riesgo *DOT	Clase 2; División 2.1
Leyenda en la etiqueta	GAS INFLAMABLE

*DOT: (Departamento de Transporte de los Estados Unidos).



1971 = Número asignado por ONU al gas natural.
1972 = Número para gas natural licuado o refrigerado
2 = Clasificación de Riesgo de DOT

¹ Sistema de Emergencia de Transporte para la Industria Química.

² Centro Nacional de Comunicaciones; dependiente de la Coordinación General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación.

³ NFPA = National Fire Protection Association, USA.

BIBLIOGRAFÍA



Bibliografía de libros consultados

- [1] Bradley C.,G.; Leverenz Jr.,(1999) “Medidas de importancia para la ordenación de integridad mecánica y actividades de reducción de riesgo” Instituto Americano de Ingenieros Químicos, 33 Simposio anual de prevención de pérdidas, Houston Texas; pág. 03-23.
- [2] Buitrón Gonzáles, E.; Rodríguez Sánchez, M.(2000) “Implementación de una planta productora de acetato de vinilo”. Laboratorio de Taller de Proyectos (LTP) correspondiente al 9º semestre FES de Zaragoza, UNAM; pág. 12.
- [3] CEASPA (2005) “Manual para la elaboración de análisis de riesgos de tipo “What-ii...?”.Centro de estudios para la administración de procesos petroquímicos, poliméricos y de protección ambiental, UNAM; pág. 06-18.
- [4] Cejalvo La peña, A. (2002) “Análisis probabilístico de riesgos: Metodología del árbol de fallos y errores”. Protección Civil departamento del Distrito Federal; pág. 15-47.
- [5] Jiménez García, D.; Pérez Pérez, V. (2003) “Planta productora de acetileno”. Laboratorio de Taller de Proyectos (LTP) correspondiente al 4º semestre FES de Zaragoza, UNAM; pág. 11-25.
- [6] López López, P. A.(1995) “Obtención del gas natural”. Tesis de licenciatura FES de Zaragoza, UNAM; pág. 10-33.
- [7] Moreno, E. (1998) “El petróleo y sus derivados”. Folleto de divulgación del Instituto Mexicano del Petróleo; pág. 06-35.
- [8] PEMEX. (2002) “Hoja de datos de seguridad del gas natural”. Folleto de divulgación del Instituto Mexicano del Petróleo; pág. 02-08.



“Bibliografía”



- [9] Poblano Pérez, J. C.; Valentino Buendía, L. (2002) “Análisis de proceso para la deshidratación del gas natural”. Laboratorio de Taller de Proyectos (LTP) correspondiente al 4° semestre FES de Zaragoza, UNAM; pág. 10-31.
- [10] Ramírez, A. (1998) “El gas y su historia”. Folleto de divulgación del Instituto Mexicano del Petróleo; pág. 15-24.
- [11] Ramírez Soto, P. (2000) “Derivados del petróleo”. Laboratorio de Taller de Proyectos (LTP) correspondiente al 5° semestre FES de Zaragoza, UNAM; pág. 05-19.
- [12] Vega P.,H.; Pimentel L., R.(2002) “Métodos para la evaluación de riesgos de proceso”. Polioles, S.A. de de C.V. Publicada en la Revista del IMIQ; pág. 12-16 año 2001 VOL. 6.

Páginas electrónicas

- [A] Alcaraz, Y. “Metrogas revisará instalaciones” [El Universal Online], disponible en [www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota=54734&tabla=Ciudad] 10 de noviembre del 2003 [citado el 18 de enero del 2006].
- [B] Barrera, J. M. “Dan plazo a MAXIGAS para reparar daño” [El Universal Online], disponible en [www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota=54811&tabla=Ciudad] 13 de noviembre del 2003 [citado el 18 de enero del 2006].
- [C] Bardan Esquivel, C.; Espinosa Soto, R.; Hernández Muños, H. “Evolución y perspectivas del gas natural en México” [Secretaría de Energía] disponible en [www.energia.gob.mx] marzo del 2003 [Citado el 25 de enero del 2006].



“Bibliografía”



- [D]** Cruz Serrano, N. “Conocían autoridades fallas de METROGAS” [El Universal Online], disponible en [www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota=55343&tabla=Ciudad] 4 de diciembre del 2003 [citado el 20 de enero del 2006].
- [E]** Cuenca, A. “La red de abasto” [en línea], disponible en [www.eluniversal.com.mx/graficos/infograficos/gasabasto.htm] sep. del 2004; [citado el 15 de enero del 2006].
- [F]** Flores, J.L. “Otra fuga de gas; ahora Iztapalapa” [El Universal Online], disponible en [www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota=55217&tabla=Ciudad] 29 de noviembre del 2003 [citado el 20 de enero del 2006].
- [G]** Grajeda, E. “Prevén anular licencias de trabajo a Metrogas” [El Universal Online], disponible en [http://www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota=54809&tabla=Ciudad] 13 de noviembre del 2003 [citado el 20 de enero del 2006].
- [H]** Gas Natural México (GNM) “Atención a clientes” [Pagina principal] disponible en [www.gasnaturalmexico.org], [citado el 18 de noviembre del 2005].
- [I]** Herrera, O. “Alarma nueva fuga de gas en tuberías de Metrogas” [El Universal Online], disponible en [www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota=54999&tabla=Ciudad] 20 de noviembre del 2003 [citado el 20 de enero del 2006].
- [J]** Jiménez, R. “Detectan 72 fallas en instalaciones de Metrogas” [El Universal Online], disponible en [www2.eluniversal.com].
- [K]** Lagunas, I. “Evacuan a 60 vecinos por otra fuga de gas natural” [El Universal Online], disponible en [<http://www2.eluniversal.com>].



“Bibliografía”



mx/pls/impreso/ noticia.html?id_ nota=182270&tabla=notas] 7 de noviembre del 2003 [citado el 18 de enero del 2006].

[L] Martínez, A. “Definen sanción contra Metrogas” [El Universal Online], disponible en [www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_ nota= 55288&tabla=Ciudad] 2 de diciembre del 2003 [citado el 20 de enero del 2006]. [mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota= 56481&tabla=Ciudad] 21 de enero del 2004 [citado el 20 de enero del 2006].

[M] Orozco, M. “Anuncian fin al dominio de Metrogas” [El Universal Online], disponible en [www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota=56567&tabla=Ciudad_H] 24 de enero del 2004 [citado el 20 de enero del 2006].

[N] Robles, Y. “Suspenden obras en la delegación A. Obregón” [El Universal Online], disponible en [www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota =54865&tabla=Ciudad_H] 15 de noviembre del 2003 [citado el 20 de enero del 2006].

[O] Sánchez, K. “Explosión de fuga de gas deja dos lesionados” [El Universal Online], disponible en [www2.eluniversal.com.mx/ pls/impreso/noticia.html?id_nota=181652&tabla=notas_h] 4 de noviembre del 2003; en [www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota=54568&ta bla=Ciudad_H]; y en [www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso /noticia.html?id_nota=56136&tabla=Ciudad] 5 de noviembre del 2003 [citado el 18 de enero del 2006].

[P] Secretaría de Economía; NOM-003-SECRE-2002. “Distribución de gas natural y gas licuado del petróleo por ductos (cancela y sustituye a la NOM-003-SECRE-1997. Distribución de gas natural)” [Norma Oficial Mexicana], disponible en [<http://cronos.cta.com.mx/cgi-bin/>



“Bibliografía”



normas. sh/cgis/despliega2.p?convar=NOM-003-SECRE-2002] 12 de marzo del 2003 [citado el 28 de agosto del 2006].

[Q] Secretaría de Economía; NOM-007-SECRE-1999. “Trasporte de gas natural”. [Norma Oficial Mexicana], disponible en [<http://cronos.cta.com.mx/cgi-bin/normas.sh/cgis/despliega2.p?convar=NOM-007-SECRE-1999>] 5 de diciembre de 199 [citado el 28 de agosto del 2006].

[R] Secretaría de Economía; NOM-009-SECRE-2002. “Monitoreo, detección y clasificación de fugas de gas natural y gas L.P., en ductos” [Norma Oficial Mexicana], disponible en [<http://cronos.cta.com.mx/cgi-bin/normas.sh/cgis/despliega2.p?convar=NOM-009-SECRE-2002>] noviembre del 2006 [citado el 15 de abril del 2006].

[S] Universal. “Reportan fuga de gas en avenida del peñón” [El Universal Online], disponible en [www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota=196428&tabla=notas_h] 13 de enero del 2004 [citado el 20 de enero del 2006].

[T] Valadéz, L. “Buscan vecinos desterrar a METROGAS” [El Universal Online], disponible en [http://www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota=54593&tabla=Ciudad_H] 6 de noviembre del 2003 [citado el 18 de enero del 2006].