

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Resumen Ejecutivo.

1.- Nombre del Proyecto

Desarrollo de un Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario a instalarse en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California

2.- Ubicación del Proyecto

Estados: Baja California
Municipio: Mexicali

3.- Tipificación del Proyecto

El proyecto consiste en el diseño, construcción, puesta en marcha y operación de un Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro de este hidrocarburo a un usuario a instalarse, el proyecto se encuentra ubicado en el municipio de Mexicali, en el Estado de Baja California.

La instalación y operación de esta red de tubería de Acero al Carbón se realizará desde su interconexión con el Gasoducto Rosarito, S. de R.L. de C.V. de 30”, propiedad de Infraestructura Energética Nova (IEnova), en el tramo paralelo al libramiento carretero a Mexicali (carretera federal No. 2) a la altura del Km 11.1 aprox., para posteriormente al termino de los 120 metros suministrar a la Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP), esta último dentro de los terrenos de la empresa.

Longitud aproximada por tramos de tubería (en base a los planos de localización) *Anexo 3*

| Tramo | Referencia | Longitud aproximada | Diámetro |
|-------|---|---------------------|----------------|
| A – B | De la interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal | 0.120 Km | 8” A/C Ced. 80 |
| | TOTAL APROXIMADO | 0.120 Km | |

La tubería anterior servirá para transportar el gas natural desde la interconexión y hasta la Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) que se instalará como límite de responsabilidad entre el usuario final y Accesgas, dicha estación suministrará el combustible al usuario. El inicio del proyecto se conectará de manera exterior con una estación de regulación y medición desde el gasoducto de IEnova en alta presión, y se instalará de manera subterránea hasta la conexión con la Estación proyectada dentro de los predios de la empresa, el trayecto irá en alta presión (42.18 Kg/cm²). Posterior a la estación, se dará una presión regulada de 35 Kg/cm²

Los requerimientos de demanda máxima para el usuario a instalarse, de acuerdo con datos proporcionados por dicha empresa, son los siguientes:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

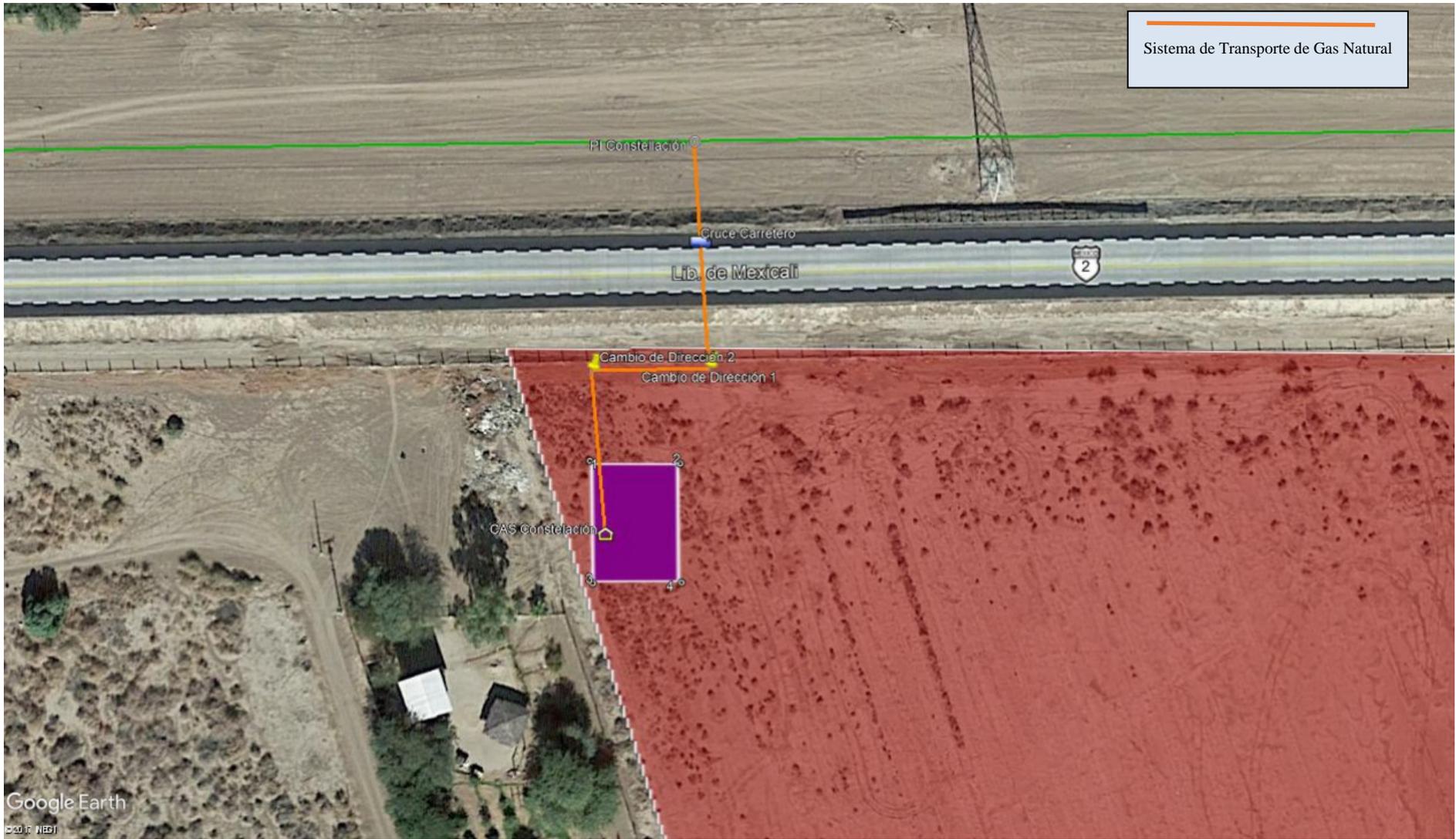
| Usuario | CONSUMO m ³ /hr | CONSUMO m ³ /día |
|--|----------------------------|-----------------------------|
| Empresa Usuaria en Mexicali, Baja California | 30,680 | 736,320 |
| | | |
| | | |
| TOTAL ACTUAL | 30,680 | 736,320 |

4.- Coordenadas Geográficas (aproximadas)

| Identificación | Nombre / Descripción | Kilometraje aproximado | Coordenadas |
|---|---|------------------------|---|
| Interconexión | En tramo paralelo al libramiento a Mexicali "carretera federal No. 2" Km 11.1 | 0+000 | Latitud Norte 32°32'0.49", Longitud Oeste 115°23'44.56" |
| Cruce Especial | Perforación Direccional de la Carretera Federal No. 2 | 0+016 | Latitud Norte 32°31'59.89", Longitud Oeste 115°23'44.55" |
| Cambio de dirección 1 | Sobre terrenos de usuario | 0+039 | Latitud Norte 32°31'59.24" Longitud Oeste 115°23'44.51" |
| Cambio de dirección 2 | Sobre terrenos de usuario | 0+059 | Latitud Norte 32°31'59.24" Longitud Oeste 115°23'45.28" |
| Estación de Regulación y Medición Principal | Predios del usuario | 0+120 | Latitud Norte 32°31'58.33" Longitud Oeste 115°23'45.21" |

Fuente: Datos propios obtenidos de levantamiento en campo y de la fotografía aérea de Google Earth.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario, en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”



Trayectoria Propuesta

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

5.- Superficie Total Requerida para el Proyecto

Toda la tubería de este sistema se enterrará alojándose a lo largo de terrenos ejidales y particulares, desde su interconexión con el gasoducto de 30” en un terreno paralelo a la carretera Federal No. 2 (Libramiento a Mexicali), Baja California, dicho ducto a cargo de IEnova, hasta llegar al límite Norte de los predios de la empresa en material Acero al carbón, el área total estimada de este tramo de ducto considerando 6.0 m de franja de afectación (debido al diámetro nominal del ducto: 8”) es de aproximadamente 0.00072 Km² (solo ducto).

| | |
|---|--|
| Longitud total aproximada | 0.120 Km de Acero al Carbón Cedula 80, 8" de diámetro 250 m ² Estación de Regulación y Medición Principal 5 m ² Punto de Interconexión |
| Ancho del derecho de alojamiento | 6.0 metros |
| Infraestructura de apoyo | Bodega de materiales, oficina contratista: N/A |
| Superficie total requerida para el proyecto | Aproximadamente m ² = 0.000975 Km ² |

6.- Señalar a qué supuesto del artículo 31 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente LGEEPA y 29 de su Reglamento en materia de Evaluación de Impacto Ambiental REIA se ajustan sus obras y actividades del proyecto que pretende realizar.

Marcar con una X el supuesto en el que considera que su proyecto se ajusta:

| | | Fracción | Supuesto |
|---|----|----------|--|
| Las obras y/o actividades se ajustan a: | X | I | Existan normas oficiales mexicanas u otras disposiciones que regulen, todos los impactos ambientales relevantes que puedan producir las obras o actividades. |
| | -- | II | Las obras o actividades de que se trate estén expresamente previstas por un plan parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que haya sido evaluado y autorizado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en los términos del artículo 32 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. |
| | -- | III | Se trate de instalaciones ubicadas en parques industriales autorizados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. |

Para el presente proyecto, se establece que las obras y/o actividades se ajustan al supuesto de la fracción I del artículo 31 de la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, así como al 29 de su *Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto y Riesgo Ambiental*, razón por la cual en el presente documento se desarrollarán los puntos requeridos por *la Guía de Estudio de Riesgo Modalidad Ductos Terrestres*, por lo que se presenta evidencia de que las acciones o medidas que se proponen para prevenir y mitigar todos los impactos ambientales significativos o relevantes derivaran de normas oficiales mexicanas, u otras disposiciones que regulan las emisiones, descargas, el aprovechamiento de recursos, etc.

De acuerdo con la tabla anterior, el presente proyecto tiene vinculación con la Norma Oficial Mexicana **NOM-129-SEMARNAT-2006** *Redes de Distribución de Gas Natural*, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de julio de 2007. Así mismo en la memoria técnico-

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

descriptiva, se enlistan las Normas Oficiales Mexicanas que se deberán considerar como instrumentos reguladores para las diversas etapas de desarrollo de esta obra.

Consideramos que, por su ubicación, dimensiones, características y alcances, el proyecto no causará impactos significativos o graves, que puedan causar desequilibrio ecológico y no rebasará los límites ambientales de la zona teniendo como limite máximo una zona de influencia 100 metros a ambos lados de la trayectoria del ducto.

Por lo antes expuesto, se presenta el presente documento, de conformidad con los artículos: 29 y 31 de la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, así como 29, 30, 31, 32 y 33 del *Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental*, y de la fracción 4.1.1 de la Norma Oficial Mexicana **NOM-129-SEMARNAT-2006** *Redes de Distribución de Gas Natural*.

7.- Consideraciones Previas

- El proyecto se realizará desde la conexión con el gasoducto de 30” a cargo de IEnova, en un terreno paralelo al tramo carretero Libramiento a Mexicali alrededor del Km 11.1, y hasta la llegada con los terrenos del usuario, el proyecto se encuentra en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California, por lo cual se analizaron las colindancias de todo el recorrido de la instalación, esto de la siguiente manera:
- Hacia la zona Sur del recorrido, se localiza de forma inmediata los terrenos de la empresa usuaria, los cuales se encuentran en movimiento de tierras, ya que se instalarán naves industriales y equipos de la misma empresa, paralelo a estos terrenos se localiza poca vegetación y algunos asentamientos urbanos, los cuales no rebasan las 5 unidades.
- Hacia el Oeste del Sistema de Transporte de Gas Natural, en forma paralela se localiza la continuación del Libramiento a Mexicali (Carretera Federal No. 2), también encontramos terrenos particulares, los cuales en su interior tienen pocos asentamientos comerciales en su mayoría, existe poca vegetación en la zona, en su mayoría árboles identificados en la visita; solo recorriendo unos pocos Km en esta dirección podemos localizar la carretera San Felipe - Mexicali. La zona es desértica en la mayor parte del área.
- Hacia el Este del sistema, como mencionamos en el punto anterior, de la misma forma encontramos la continuación del Libramiento a Mexicali, el cual se encuentra rodeado de terrenos baldíos, y algunos pertenecientes a la empresa usuaria.
- Hacia el Norte, es donde el trayecto se ubica mayor interacción con el ambiente, ya que se localizan terrenos de cultivo, así como vegetación de la zona (consultar en Manifestación de Impacto Ambiental), de igual forma un cuerpo de agua, sin embargo no encontramos ningún asentamiento urbano ni comercial, solo algunas construcciones como chozas de seguridad para los cultivos.
- En resumen, a lo largo de la trayectoria desde el gasoducto de IEnova y hasta la Estación de Regulación y Medición Principal del usuario a instalarse, este sistema de transporte de gas natural se encuentra rodeado y colindando en su mayoría con Lotes o terrenos baldíos, en dirección Oeste tendríamos que recorrer varios metros para llegar o localizar algún asentamiento urbano, en dirección Sur es donde localizamos mas infraestructura, como asentamientos industriales los cuales todos son pertenecientes a la compañía cervecera; y solo al Norte presenta algo de vegetación y cultivo de tamaño considerable.
- La presente obra pretende proporcionar a un usuario a instalarse (el proyecto en Mexicali, Baja California), suministro de este hidrocarburo, permitiéndoles así contar con la flexibilidad de usar un combustible más limpio y reducir así sus emisiones al ambiente, además de suministro continuo para optimizar su proceso.
- La longitud del trazo será de aproximadamente 0.120 Km, de acuerdo con la opción de trazo seleccionado, no será necesario derribar una cantidad de árboles a lo largo de todo el trazo. El

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario, en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

sistema de transporte de gas natural mantendrá una presión de operación de 600 Psi (42.18 Kg/cm²).

- El proyecto cumple con los requisitos señalados en la **NOM-129-SEMARNAT-2006** *Redes de Distribución de Gas Natural*, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de julio de 2007.
- Dicha infraestructura se apoyará para el diseño, construcción y operación de acuerdo a la norma mexicana **NOM-007-SECRE-2010** “*Transporte de Gas Natural*” y la **NOM-003-SECRE-2011** “*Distribución de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por ductos*”.

Debido a lo antes expuesto, se considera que las obras y/o actividades del proyecto se ajustan al supuesto de la fracción I.

8.- Principales Medidas de Prevención y/o Mitigación Propuestas

Siendo el caso de que las obras y actividades del proyecto se ajustan a la fracción I, las medidas de prevención y/o mitigación propuestas derivan de normas oficiales mexicanas u otras disposiciones que regulen todos los impactos ambientales significativos. Para lo anterior se integra la siguiente información por etapa de desarrollo del proyecto:

Etapa de preparación del sitio y construcción

| Componente ambiental | Acción que puede ocasionar un impacto | Impacto significativo o relevante | Medida de prevención y/o mitigación | Norma y/o disposición de la cual deriva la medida propuesta |
|--------------------------------------|--|--|--|--|
| Suelo Calidad del Aire | Uso de agroquímicos y/o fuego para controlar y retirar malezas de la franja de afectación | Contaminación de suelo Contaminación del aire | No se permitirá su uso | NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.1.4 |
| Suelo Salud | Mantenimiento preventivo de vehículos y maquinaria | Contaminación de suelo Emisiones de ruido | <ul style="list-style-type: none"> • Revisión mecánica de los motores, vehículos y máquinas. • Se efectuará en talleres establecidos, quedando prohibido hacerlo en la franja de afectación. | NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.1.5 |
| Suelo | Generación de residuos considerados como peligrosos de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005 | Contaminación de suelo | Deben manejarse y disponerse conforme a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su reglamento en materia de residuos peligrosos, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y demás Ordenamientos jurídicos aplicables. | NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.1.7 NOM-052-SEMARNAT-2005 |
| Suelo Calidad del aire Paisaje | Generación de residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial | Contaminación de suelo Alteración del paisaje | <ul style="list-style-type: none"> • Se depositarán en contenedores con tapa, colocados en sitios estratégicos al alcance | NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.1.8 |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

| | | | | |
|--------------------------------|---|--|--|--|
| | | | <p>de los trabajadores, y se trasladarán al sitio que indique la autoridad local competente para su disposición, con la periodicidad necesaria para evitar acumulación, generación de lixiviados, atracción y desarrollo de fauna nociva.</p> <ul style="list-style-type: none"> Al terminar la obra y/o mantenimientos, y antes de iniciar la operación, quedará libre la franja de afectación de residuos sólidos y de manejo especial. | |
| Suelo Paisaje | Apertura de zanjas | Alteración de la calidad del suelo Alteración del paisaje | Ajustarse a los trazos autorizados para evitar otras afectaciones diferentes a las presentadas en el Informe Preventivo. | NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.1.9 |
| Suelo Paisaje | Caminos de acceso | Compactación del suelo Pérdida de la capa superficial | Deberán utilizarse los caminos de acceso ya existentes. | NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.1.12 |
| Suelo Paisaje | Instalación de campamentos, almacenes, oficinas y patios de maniobra, | Alteración de la calidad del suelo | Deben ser temporales y ubicarse en zonas ya perturbadas, preferentemente alejados a la zona urbana. Concluida la obra, se desmantelan las instalaciones y rehabilitará el área. | NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.1.13 |
| Suelo Aguas subterráneas Salud | Generación de aguas sanitarias | Contaminación de suelo y mantos freáticos | Se instalarán sanitarios portátiles en cantidad suficiente para todo el personal, además de contratar los servicios especializados que les den mantenimiento periódico y hagan una adecuada disposición de los residuos generados. | NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.1.13 a) |
| Aguas subterráneas | Consumo de agua | Abatimiento del manto freático | Se utilizará agua tratada y/o adquirida. (no potable) para la realización de las obras o actividades en cualquiera de las etapas del proyecto | NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.1.14 |
| Suelo Aguas subterráneas Salud | Contaminación accidental de suelos | Contaminación de suelo | En caso de que haya resultado suelo contaminado debido a los trabajos en cualquiera de las etapas del proyecto, se deberá proceder a la | NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.1.15 |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario, en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

| | | | | |
|---------------|--|--|--|--|
| | | | remediación del suelo conforme a la normatividad vigente aplicable. | |
| Suelo Paisaje | Generación de material excedente | Alteración de la calidad del suelo. Alteración del paisaje | En el caso del material excedente producto de la excavación de las zanjas que no sea utilizado para el relleno de las mismas, éste debe ser manejado y dispuesto en los sitios que indique la autoridad local competente. | NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.2.1 |
| Aire Salud | Dispersión de polvos | Contaminación de aire Generación y emisión de polvos a la atmósfera | Para los materiales producto de excavación que permanezcan en la obra se deberán aplicar medidas para evitar la dispersión de polvos | NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.2.3 |
| Suelo | Uso de aditivos | Contaminación de suelo | Se deben tomar las medidas preventivas para que en el uso de soldaduras, solventes, aditivos y materiales de limpieza, no se contamine el agua y/o suelo. | NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.2.4 |
| Suelo | Hallazgo de restos arqueológicos, residuos, maquinaria enterrada, etc. | Alteración de la calidad del suelo Daños al patrimonio histórico | Actuar de conformidad a la legislación y normatividad vigentes aplicables. | NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.2.5 |
| Suelo | Uso de caminos | Compactación del suelo | Se usarán brechas, terracerías, caminos secundarios ya establecidos en el sitio del proyecto, para permitir acceso de maquinaria, y evitar la apertura de nuevos caminos y el derribo innecesario de vegetación circundante. | NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.2.6 |

Los sitios que hayan sido afectados por la instalación y construcción del sistema se deben restaurar a sus condiciones originales, urbanas y naturales, una vez concluidos los trabajos.

Etapa de Operación y Mantenimiento

| Componente ambiental | Acción que puede ocasionar un impacto | Impacto significativo o relevante | Medida de prevención y/o mitigación | Norma y/o disposición de la cual deriva la medida propuesta |
|----------------------|---|--|--|---|
| Suelo Paisaje | Apertura de zanjas para el mantenimiento de la red de distribución, | Remoción del suelo Alteración del entorno | <ul style="list-style-type: none"> • Ajustarse a los trazos autorizados • Contar con las autorizaciones correspondientes. • Aplicar las medidas necesarias para evitar la dispersión de polvos. • Utilizar los caminos secundarios, para permitir el acceso de | NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.3.1 |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| | | | maquinaria • Restaurar los sitios afectados a sus condiciones originales, urbanas y naturales, al concluir los trabajos. | |
|--|--|--|---|--|

Etapa de Abandono

| Componente ambiental | Acción que puede ocasionar un impacto | Impacto significativo o relevante | Medida de prevención y/o mitigación | Norma y/o disposición de la cual deriva la medida propuesta |
|----------------------|---|--|--|---|
| Suelo Paisaje | Abandono de la tubería una vez que la red de distribución de gas natural o parte de ella deje de ser útil para los propósitos para los que fue instalada, | Alteración de la calidad del suelo y del entorno | Tomar las medidas necesarias para eliminar el gas, evitar hundimientos y daños ambientales. Cumplir con la legislación y normatividad vigentes aplicables. | NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.4.1 |
| Suelo Paisaje | Abandono de las instalaciones superficiales cuando dejen de ser útiles para el propósito que fueron instalados | Alteración de la calidad del suelo y del entorno | Desmantelamiento y/o demolición de las instalaciones, restaurando dicho sitio a su condición original | NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.4.2 |

El presente proyecto consiste en la instalación de un Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario a instalarse, el cual se encuentra localizado en el municipio de Mexicali, en el Estado de Baja California.

9.- Estudio de Riesgo Ambiental

De acuerdo con lo señalado en el primer y segundo listados de actividades altamente riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992, respectivamente, la cantidad de reporte para considerar el proyecto como una actividad altamente riesgosa, es de 500 kilogramos. Considerando un ducto principal de **8" de Acero al carbón Ced. 80 x 0.120 Km** de longitud aprox. y una presión de operación de 600 psig (42.18 Kg/cm²), el cálculo de la cantidad de gas natural empacado en todos los diámetros es de máximo **112.40 Kg** por lo que **no** sobrepasa la cantidad de reporte (*se anexa hoja de excel con el cálculo del gas de empaque*), y por lo tanto no es necesario presentar un Estudio de Riesgo Ambiental, de acuerdo con lo señalado en el artículo 147 de la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. También en base a las políticas de la empresa Accesgas y la compañía usuaria, se presentará el Estudio de Riesgo Ambiental.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

CÁLCULO DEL GAS DE EMPAQUE

| PROYECTO | | Sistema de Transporte de Gas Natural Usuario en Mexicali, Baja California | |
|---------------------------------|----------------------------|--|-----------------------|
| Longitud del Gasoducto | 393.70 pie | | 120 m |
| Diametro Externo del gasoducto | 8.625 pulg | | |
| Espesor del gasoducto | 0.500 pulg | | |
| Presión de operación | 600.00 psig | | |
| Volumen de gas de empaque | 5,221 pie ³ | | |
| EMPAQUE | 5,221 pie ³ | | 147.83 m ³ |
| | 147.85 m ³ | | |
| Densidad del aire | 0.0764 lb/pie ³ | | |
| Gravedad específica gas natural | 0.62 | | |
| | 247.29 lb | | |
| | 112.40 kg | | Densidad aire 60°C |

El fundamento legal y técnico básico está contenido en el Título Primero “Disposiciones Generales” de los capítulos I y II “Normas Preliminares” y “Distribución de Competencias y Coordinación”, respectivamente, así como en el Capítulo IV “Instrumentos de la Política Ambiental” – Sección Evaluación de Impacto Ambiental – y el Título Cuarto “Protección al Ambiente” del Capítulo V “Actividades Consideradas como Altamente Riesgosas” de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, principalmente en los Artículos, 1, 5, 30, 145, 146, 147 Bis, así como en los Artículos 5, 17 y 18 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA) y el Artículo 39, fracción IX, inciso C del Reglamento Interior de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como lo dispuesto en los Artículos 414, 415 y 416 del Título Vigésimo Quinto, Delitos Contra el Ambiente y la Gestión Ambiental, Capítulo Primero de las actividades tecnológicas y peligrosas del Código Penal Federal.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Contenido

| | |
|---|-----------|
| I. Escenarios de los Riesgos Ambientales Relacionados con el Proyecto..... | 4 |
| I.1. Descripción del Sistema de Transporte..... | 4 |
| I.2. Ubicación de la Instalación o Proyecto | 5 |
| I.3. Justificación | 6 |
| I.4. Objetivo..... | 6 |
| I.5. Programa general de trabajo | 6 |
| I.6. Superficie total de la instalación o proyecto y superficie requerida para el desarrollo de la actividad (m² o Ha)..... | 9 |
| II. Bases de diseño..... | 9 |
| II.1. Criterios de Diseño | 9 |
| II.1.1 Cálculo del Diámetro de la Tubería | 9 |
| II.1.2 Cálculo de caída de presión..... | 10 |
| II.1.3 Tendido de la tubería. | 12 |
| II.1.4 Descripción del Proceso | 13 |
| II.1.5 Materias primas, Productos y Subproductos Manejados en el Proceso | 13 |
| II.1.6 Calculo de gas de empaque | 155 |
| II.1.7 Tipo de Recipientes y/o Envases de Almacenamiento. | 15 |
| II.1.8 Describir Equipos de Proceso y Auxiliares | 16 |
| II.1.9 Estación de regulación y medición principal (punto de interconexión)..... | 17 |
| II.1.10 Trabajos de preparación y construcción..... | 20 |
| III. Condiciones de Operación..... | 24 |
| III.1.1 Operación | 24 |
| III.1.2 Temperaturas y Presiones de diseño y operación..... | 24 |
| III.1.3 Características del Régimen Operativo de la Instalación (continuo o por lotes). | 25 |
| III.1.4 Pruebas de Verificación | 25 |
| III.1.5 Procedimientos y Medidas de Seguridad | 28 |
| III.1.6 Protección Contra Corrosión | 29 |
| III.1.7 Reguladores de Presión..... | 29 |
| IV. Análisis y Evaluación de Riesgos..... | 32 |
| VI. Antecedentes de Accidentes e Incidentes..... | 32 |
| VI.1. Antecedentes de accidentes e incidentes..... | 32 |
| VI.2. Análisis Histórico de Accidentes | 34 |
| VI.3. Identificación de las Causas de los Accidentes | 41 |
| VI.3.1. Errores humanos. | 42 |
| VI.3.2. Fallo de equipos..... | 42 |
| VI.3.3. Fallo de diseño o de proceso | 43 |
| VI.3.4. Alcance de los daños causados | 43 |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

| | |
|--|------------|
| VI.4. Metodologías de Identificación y Jerarquización | 49 |
| VI.4.1. Criterios de selección de las metodologías empleadas para la identificación de riesgos 49 | |
| VI.4.2. Factores de Riesgo..... | 51 |
| VI.4.3. Identificación de los Riesgos Potenciales..... | 51 |
| VI.5. Aplicación de Metodologías de Análisis y Evaluación de Riesgos Potenciales | 54 |
| VI.5.1. Lista de verificación | 54 |
| VI.5.2. HAZOP | 54 |
| VII. Descripción del Proyecto | 577 |
| VII.1.1. Alcance..... | 577 |
| VII.2. Desarrollo del estudio..... | 577 |
| VII.2.1. Jerarquización de Riesgos..... | 577 |
| VII.2.2. Proceso de Cálculo del Índice de Mond..... | 599 |
| VII.2.3. Primera Fase de Cálculo | 59 |
| VII.2.4. Segunda Fase de Cálculo..... | 60 |
| VII.2.5. Rangos de Clasificación de los Diferentes Índices Calculados | 644 |
| VII.3. Resumen de la aplicación del índice de Mond al proyecto | 666 |
| VII.3.1. Tabulación de los resultados | 677 |
| VII.4. Conclusiones | 688 |

Índice de Figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 1 Ubicación del trazo del Sistema de Transporte de Gas Natural..... | 5 |
| Figura 2 A) Estación de Regulación y Medición Principal e Interconexión | 7 |
| Figura 3 ERyM (ejemplo) | 17 |
| Figura 4 Estación de regulación y medición (ejemplo)..... | 18 |
| Figura 5 Extintor tipo ABC en caseta de medición y regulación (Interconexión) | 19 |
| Figura 6 Transporte y manejo del tubo..... | 22 |
| Figura 7 Diagrama de flujo del proceso..... | 25 |
| Figura 8 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA | 37 |
| Figura 9 Sustancias involucradas en emergencias..... | 38 |
| Figura 10 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 – 2014) Número, Localización y Tipo de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA..... | 39 |
| Figura 11 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 – 2014) Número, Ubicación y Medio de Transporte de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA. . | 40 |
| Figura 12 Tipos de falla..... | 43 |
| Figura 13 Análisis Estadístico de los Daños a la Población Ocasionados por las emergencias Ambientales | 44 |
| Figura 14 Reportadas a la PROFEPA Durante el período 1993 – 2009 | 44 |
| Figura 15 Desarrollo y dispersión de una nube de gas pesado | 52 |
| Figura 16 Diagrama de Flujo del Método..... | 633 |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Índice de Tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1 Longitud aproximada por tramos de tubería (en base a los planos de localización) Anexo 3 | 4 |
| Tabla 2 Requerimientos del usuario | 4 |
| Tabla 3 Coordenadas geográficas de la instalación o proyecto. | 7 |
| Tabla 4 Cálculo Porcentaje de pérdida de presión | 10 |
| Tabla 5 Factor por clase de localización. | 11 |
| Tabla 6 Especificaciones para tubería. | 12 |
| Tabla 7 Cálculo de Gas de empaque. | 17 |
| Tabla 8 Distancias para protección | 16 |
| Tabla 9 Longitud aproximada por tramos de tubería (en base a los planos de localización) Anexo 3 | 21 |
| Tabla 10 Características de diseño Gasoducto | 21 |
| Tabla 11 Accesorios del gasoducto. | 23 |
| Tabla 12 Balance de materia. | 24 |
| Tabla 13 Estadísticas de eventos. | 35 |
| Tabla 14 Tipos de fallas | 35 |
| Tabla 15 Distribución relativa de dimensiones de orificios. | 36 |
| Tabla 16 Frecuencia y modo de fallas. | 36 |
| Tabla 17 Porcentaje de incidentes, rupturas y fugas según la causa | 36 |
| Tabla 18 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA | 37 |
| Tabla 19 Estadísticas de fallecimientos relacionados con el transporte- 1989 | 41 |
| Tabla 20 Estadísticas de fallecimientos relacionados con accidente en EE. UU 1989. | 41 |
| Tabla 21 Eventos ocurridos en México. | 45 |
| Tabla 22 Distribución típica de las causas de fallas 1985-1999. | 46 |
| Tabla 23 Clasificación de incidentes en ductos por componentes del sistema | 46 |
| Tabla 24 Histogramas de frecuencia de localización de fugas en tuberías de diferente diámetro para el sistema de ductos de Cuenca de Burgos | 47 |
| Tabla 25 Condiciones de estabilidad meteorológica de Pasquill | 54 |
| Tabla 26 Probabilidad de ocurrencia | 55 |
| Tabla 27 Interpretación de resultados | 56 |
| Tabla 28 Jerarquización de Riesgos. Resultados HazOp. | 56 |
| Tabla 29 Grado de riesgo. | 644 |
| Tabla 30 Registros de incidentes | 644 |
| Tabla 31 Potencial de explosión. | 655 |
| Tabla 32 Índice de explosión varios valores A. | 655 |
| Tabla 33 Categorías de toxicidad (U) | 655 |
| Tabla 34 Categorías de toxicidad (C) | 666 |
| Tabla 35 Categorías de toxicidad (R) | 666 |
| Tabla 36 Resultado índices del sistema | 677 |
| Tabla 37 Resultado índices con reducción | 677 |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

I. Escenarios de los Riesgos Ambientales Relacionados con el Proyecto

I.1. Descripción del Sistema de Transporte

Nombre: Sistema de Transporte de Gas Natural para Suministro a un usuario a instalarse.

El proyecto consiste en el diseño, construcción, puesta en marcha y operación de un Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro de este hidrocarburo a un usuario a instalarse, el proyecto se encuentra ubicado en el municipio de Mexicali, en el Estado de Baja California.

La instalación y operación de esta red de tubería de Acero al Carbón se realizará desde su interconexión con el Gasoducto Rosarito, S. de R.L. de C.V. de 30”, propiedad de Infraestructura Energética Nova (IEnova), en el tramo paralelo al libramiento carretero a Mexicali (carretera federal No. 2D) a la altura del Km 11.1 aprox., para posteriormente al termino de los 120 metros suministrar a la Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP), esta último dentro de los terrenos de la empresa.

Tabla 1 Longitud aproximada por tramos de tubería (en base a los planos de localización) Anexo 3

| Tramo | Referencia | Longitud aproximada | Diámetro |
|-------|---|---------------------|----------------|
| A – B | De la interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal | 0.120 Km | 8” A/C Ced. 80 |
| | TOTAL APROXIMADO | 0.120 Km | |

La tubería anterior servirá para transportar el gas natural desde la interconexión y hasta la Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) que se instalará como límite de responsabilidad entre el usuario final y Accesgas, dicha estación suministrará el combustible al usuario. El inicio del proyecto se conectará de manera exterior con una estación de regulación y medición desde el gasoducto de IEnova en alta presión, y se instalará de manera subterránea hasta la conexión con la Estación proyectada dentro de los predios de la empresa, el trayecto irá en alta presión (42.18 Kg/cm²). Posterior a la estación, se dará una presión regulada de 35 Kg/cm²

Los requerimientos de demanda máxima para el usuario a instalarse, de acuerdo con datos proporcionados por dicha empresa, son los siguientes:

Tabla 2 Requerimientos del usuario

| Usuario | CONSUMO m ³ /hr | CONSUMO m ³ /día |
|--|----------------------------|-----------------------------|
| Empresa Usuaría en Mexicali, Baja California | 30,680 | 736,320 |
| | | |
| • TOTAL ACTUAL | 30,680 | 736,320 |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

I.2. Ubicación de la Instalación o Proyecto

El gasoducto será construido, enterrado y alojado marginalmente a lo largo de terrenos ejidales y particulares, pertenecientes al municipio de Mexicali, Estado de Baja California, como se muestra en la Figura 1.

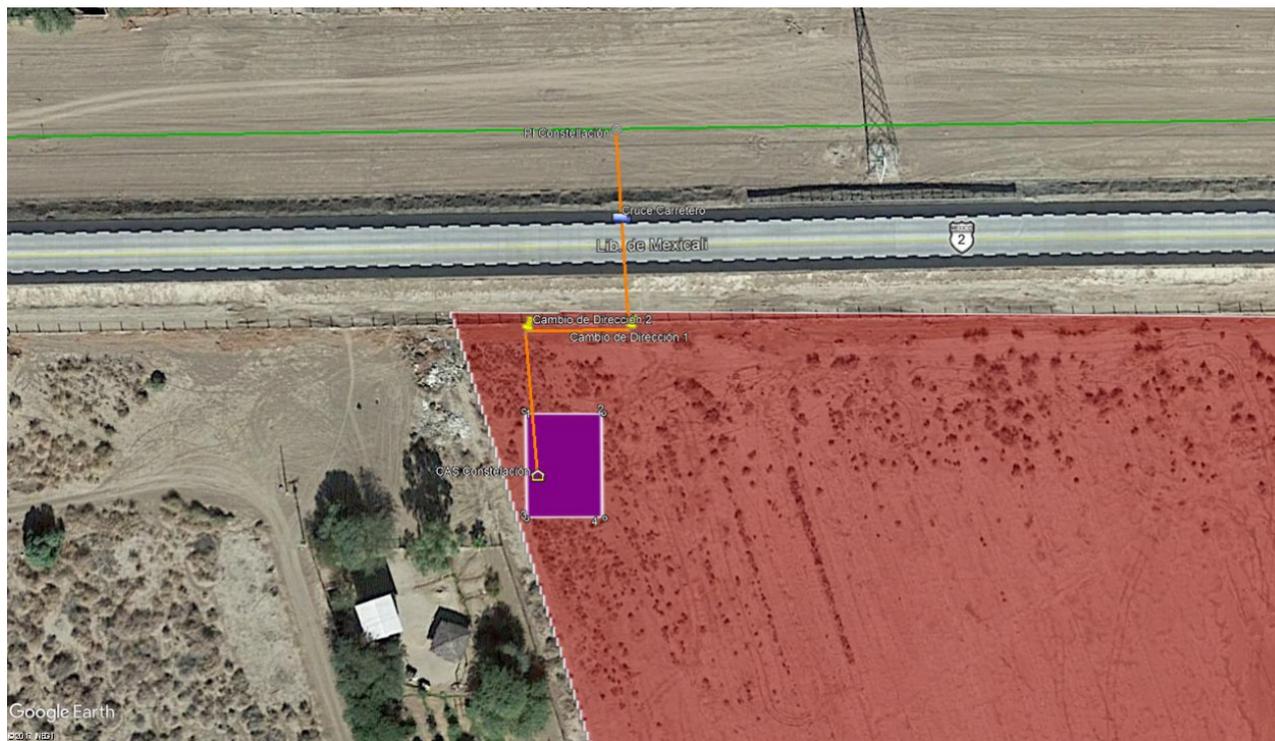


Figura 1 Ubicación del trazo del Sistema de Transporte de Gas Natural.

En principio el sistema partirá desde una interconexión con el Gasoducto Rosarito de 30" D.N. propiedad de IEnova en el tramo paralelo al libramiento carretero a Mexicali (carretera federal No. 2D) a la altura del Km 11.1, ubicada en las coordenadas Latitud Norte 32°32'0.49" Longitud Oeste 115°23'44.56", en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California, para ello se realizará una operación conocida como "Hot Tap" en donde se ubicará una Válvula de Seccionamiento o corte (la cual servirá como transferencia de custodia con el transportista), para después realizar una trayectoria con dirección Sur con tubería de acero al carbono por aproximadamente 120 m cruzando de manera subterránea los cuatro cuerpos del libramiento carretero a Mexicali (carretera federal No. 2D) hasta integrarse en terrenos de la planta del usuario y conectarse con una Estación de Medición y Regulación principal (ERMP) que servirá de límite de responsabilidad y custodia con dicho usuario final. El cruce de la carretera, será de forma direccional, dicho procedimiento se agrega en el Anexo 2 del estudio.

Apegándonos a la norma NOM-007-SECRE-2010, que establece a este proyecto como ZONA DE LOCALIZACIÓN 3, por lo tanto, se instalará 1 válvula de AC. de 8", en cumplimiento con la normatividad sería 1 válvula cada 8 kilómetros (debido a la longitud del ducto, se cumplirá con la válvula de seccionamiento que se localiza en la interconexión y en la ERMP) para cambios de dirección o cambio de profundidad se colocarán codos de 45° de AC. de 8".

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

El sistema de transporte de gas natural tendrá una presión máxima de operación de 600 Psi (42.18 Kg/cm²)

En la **Figura 1** se presenta la **fotografía aérea** correspondiente a la opción de trazo considerado.

En cuanto a consumo máximo se refiere, la empresa usuaria consumirá máximo aproximadamente 30,680 m³/hr. El consumo total máximo esperado por día será de 736,320 m³/día. En cuanto a la capacidad de diseño, el sistema (gasoducto) en su totalidad tiene una capacidad de diseño de 238,506 m³/hr equivalentes a 5,724,151 m³/día aproximadamente, su presión de diseño es de 70.31 Kg/cm²man. Los datos de presión y consumos podrán constatarse en la memoria de cálculo del Anexo 2.

I.3. Justificación

El desarrollo de la empresa, preocupados por cuestiones ambientales y económicas, y con el propósito de suministrar y atender su demanda requerida de gas natural, un usuario a instalarse en Mexicali requiere la instalación de un **Sistema de Transporte de Gas Natural por medio de ducto**.

I.4. Objetivo

Instalar un Sistema de Transporte de Gas Natural con el fin de dar suministro a la empresa usuaria que se localiza en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California.

I.5. Programa general de trabajo

Las actividades que se tienen planeadas en esta etapa del proyecto están enfocadas a la instalación del sistema, así como a todas aquellas actividades encaminadas en la preparación y limpieza del sitio para la posterior operación del equipo en la obra planeada. El proyecto constructivo motivo de este documento se ejecutará en una sola etapa, contemplado lo necesario para permitir construir ampliaciones si se llega a requerir a futuro.

Es importante contar con un buen programa para determinar con precisión los tiempos convenientes para cada etapa (cronograma), pues se deben minimizar los plazos en las tareas sensibles como por ejemplo zanjas abiertas, tendido previo de tubería, etc., se tratará de prever los tiempos más propicios respecto al clima. Esta planificación permitirá contar con los recursos (humanos, de equipo, materiales, contratos, etc.) en tiempo y forma, lo que asegura continuidad, evitando tiempos muertos que pueden constituir una perturbación adicional.

El inicio de las obras de preparación del terreno y construcción del proyecto se programó para el mes de Marzo 2018.

El cronograma conceptual de construcción del gasoducto bajo condiciones ideales se presenta como *Anexo 2*. Este programa puede modificarse en función de las fechas de obtención de permisos.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Tabla 3 Coordenadas geográficas de la instalación o proyecto. (La tabla completa se adjunta en el Anexo 2)

| Identificación | Nombre / Descripción | Kilometraje aproximado | Coordenadas |
|---|--|------------------------|---|
| Interconexión | En tramo paralelo al libramiento a Mexicali "carretera federal No. 2D" Km 11.1 | 0+000 | Latitud Norte 32°32'0.49", Longitud Oeste 115°23'44.56" |
| Cruce Especial | Perforación Direccional de la Carretera Federal No. 2D | 0+016 | Latitud Norte 32°31'59.89", Longitud Oeste 115°23'44.55" |
| Cambio de dirección 1 | Sobre terrenos de usuario | 0+039 | Latitud Norte 32°31'59.24" Longitud Oeste 115°23'44.51" |
| Cambio de dirección 2 | Sobre terrenos de usuario | 0+059 | |
| Estación de Regulación y Medición Principal | Predios del usuario | 0+120 | Latitud Norte 32°31'58.33" Longitud Oeste 115°23'45.21" |

Fuente: Datos propios obtenidos de levantamiento en campo y de la fotografía aérea de Google Earth.

Incluir planos de localización a escala adecuada y legibles, describiendo y señalando las colindancias de la instalación o proyecto y los usos del suelo en un radio de 500 metros en su entorno, así como la ubicación de zonas vulnerables, tales como: asentamientos humanos, áreas naturales protegidas, zonas de reserva ecológica, cuerpos de agua, etc.; indicando claramente la distancia de las mismas.



Figura 1 A) Estación de Regulación y Medición Principal e Interconexión

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

- El proyecto se realizará desde la conexión con el gasoducto de 30” a cargo de IEnova, en un terreno paralelo al tramo carretero Libramiento a Mexicali alrededor del Km 11.1, y hasta la llegada con los terrenos del usuario, el proyecto se encuentra en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California, por lo cual se analizaron las colindancias de todo el recorrido de la instalación, esto de la siguiente manera:
- Hacia la zona Sur del recorrido, se localiza de forma inmediata los terrenos de la empresa usuaria, los cuales se encuentran en movimiento de tierras, ya que se instalarán naves industriales y equipos de la misma empresa, paralelo a estos terrenos se localiza poca vegetación y algunos asentamientos urbanos, los cuales no rebasan las 5 unidades.
- Hacia el Oeste del Sistema de Transporte de Gas Natural, en forma paralela se localiza la continuación del Libramiento a Mexicali (Carretera Federal No. 2D), también encontramos terrenos particulares, los cuales en su interior tienen pocos asentamientos comerciales en su mayoría, existe poca vegetación en la zona, en su mayoría árboles identificados en la visita; solo recorriendo unos pocos Km en esta dirección podemos localizar la carretera San Felipe - Mexicali. La zona es desértica en la mayor parte del área.
- Hacia el Este del sistema, como mencionamos en el punto anterior, de la misma forma encontramos la continuación del Libramiento a Mexicali, el cual se encuentra rodeado de terrenos baldíos, y algunos pertenecientes a la empresa usuaria.
- Hacia el Norte, es donde el trayecto se ubica mayor interacción con el ambiente, ya que se localizan terrenos de cultivo, así como vegetación de la zona (consultar en Manifestación de Impacto Ambiental), de igual forma un cuerpo de agua, sin embargo no encontramos ningún asentamiento urbano ni comercial, solo algunas construcciones como chozas de seguridad para los cultivos.
- En resumen, a lo largo de la trayectoria desde el gasoducto de IEnova y hasta la Estación de Regulación y Medición Principal del usuario a instalarse, este sistema de transporte de gas natural se encuentra rodeado y colindando en su mayoría con Lotes o terrenos baldíos, en dirección Oeste tendríamos que recorrer varios metros para llegar o localizar algún asentamiento urbano, en dirección Sur es donde localizamos mas infraestructura, como asentamientos industriales los cuales todos son pertenecientes a la compañía cervecera; y solo al Norte presenta algo de vegetación y cultivo de tamaño considerable.
- La presente obra pretende proporcionar a un usuario a instalarse (el proyecto en Mexicali, Baja California), suministro de este hidrocarburo, permitiéndoles así contar con la flexibilidad de usar un combustible más limpio y reducir así sus emisiones al ambiente, además de suministro continuo para optimizar su proceso.
- La longitud del trazo será de aproximadamente 0.120 Km, de acuerdo con la opción de trazo seleccionado, no será necesario derribar una cantidad de árboles a lo largo de todo el trazo. El sistema de transporte de gas natural mantendrá una presión de operación de 600 Psi (42.18 Kg/cm²).
- El proyecto cumple con los requisitos señalados en la **NOM-129-SEMARNAT-2006** *Redes de Distribución de Gas Natural*, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de julio de 2007.
- Dicha infraestructura se apoyará para el diseño, construcción y operación de acuerdo a la norma mexicana **NOM-007-SECRE-2010** “Transporte de Gas Natural” y la **NOM-003-SECRE-2011** “Distribución de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por ductos”.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

I.6. Superficie total de la instalación o proyecto y superficie requerida para el desarrollo de la actividad (m² o Ha).

Toda la tubería de este sistema se enterrará alojándose a lo largo de terrenos ejidales y particulares, desde su interconexión con el gasoducto de 30” en un terreno paralelo a la carretera Federal No. 2D (Libramiento a Mexicali), Baja California, dicho ducto a cargo de IEnova, hasta llegar al límite Norte de los predios de la empresa en material Acero al carbón, el área total estimada de este tramo de ducto considerando 6.0 m de franja de afectación (debido al diámetro nominal del ducto: 8”) es de aproximadamente 0.00072 Km² (solo ducto).

| | |
|---|--|
| Longitud total aproximada | 0.120 Km de Acero al Carbón Cedula 80, 8” de diámetro 250 m ² Estación de Regulación y Medición Principal 5 m ² Punto de Interconexión |
| Ancho del derecho de alojamiento | 6.0 metros |
| Infraestructura de apoyo | Bodega de materiales, oficina contratista: N/A |
| Superficie total requerida para el proyecto | Aproximadamente m ² = 0.000975 Km ² |

II. Bases de diseño

II.1. Criterios de Diseño

Mencionar los Criterios de Diseño de la Instalación o Proyecto con base a las Características del Sitio y a la Susceptibilidad de la Zona a Fenómenos Naturales y Efectos Meteorológicos Adversos.

Para este caso en específico el material de tubería que se empleó en diámetro de 8” es Acero al Carbón Cedula 80 el cual se instalará de forma enterrada a lo largo de todo el recorrido.

III.1.1 Cálculo del Diámetro de la Tubería

Se tomará como base para una primera estimación de cálculo la velocidad recomendada por applied process design for Chemical & Petrochemical Plants Vol. 1 de Ernest E. Ludwig donde dice que la velocidad media del rango recomendado para gas natural en tuberías es:

$$v = 1,200 \text{ m/min}$$

El área transversal del tubo se calcula como sigue:

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$Q = 733.42 \text{ m}^3/\text{hr} = 12.22 \text{ m}^3/\text{min}$$

A = área transversal

v = velocidad

$$A = \frac{12.22 \text{ m}^3 / \text{min}}{1,200 \text{ m} / \text{min}} = 0.01018 \text{ m}^2$$

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 \times 0.01018 m^2}{\pi}} = 0.1138 m = 113.88 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el diámetro seleccionado de 203.2 mm (8") para tubo de acero al carbón cedula 80 es correcto.

III.1.2 Cálculo de caída de presión.

Formula Weymouth para cálculo de caídas de presión en tubería mayor a 3" (76.2 mm) y más de 9 Kpa/cm² (100grf/cm²)

$$P_2 = \left(P_1^2 - \frac{(P_0 Q)^2 SLT}{(28.387 T_0)^2 D^{\frac{16}{3}}} \right)^{0.5}$$

Donde:

Q = Flujo de gas en m³/h, en condiciones normales (15,6°C Y 760 mm Hg)

P₁ = Presión absoluta inicial, a la entrada de la tubería, en kgf/cm² ABS.

P₂ = Presión absoluta final, o a la salida de la tubería, kgf/cm² abs.

d = Diámetro de la tubería en cm.

G = Densidad relativa del gas (0.6)

L = Longitud de la tubería en m.

P_{abs} = P_{man} + P_{atm}

P_{man} = 42.18 kgf/cm²

P_{atm} en la zona de Mexicali, Estado de Baja California = 1.032 Kg/cm²

P_{abs} = P_{man} + P_{atm}. = 43.212 kgf/cm²

Tabla 4 Cálculo Porcentaje de pérdida de presión

| Nodos | Presión inicial absoluta en kgf/cm ² | Presión a la cual el flujo se reduce: 1,035 kgf/cm ² | Flujo de gas en la tubería en m ³ /hr 15,6 °C y 760 mm Hg | Peso específico del gas; Natural: 0.6 LP: 1,52 | Longitud de la tubería en metros | Temp. absoluta de flujo: 307 °K | Diámetro interior de la tubería en cm | Temperatura absoluta a la cual el flujo se reduce: 369 °K | Presión final absoluta en kgf/cm ² | Diferencia de presiones | Porcentaje de pérdida |
|-------|---|---|---|--|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---|---|-------------------------|-----------------------|
| A-B | 43.2120 | 1.035 | 30680 | 0.6 | 120 | 307 | 18.605 | 369.8 | 43.2116 | 0.0004 | 0.00% |
| | | | | | | | | | | 0.0004 | 0.00% |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Cálculo del Espesor para Ducto de Acero:

Aplicación de la fórmula de Barlow para espesores de tuberías de transporte y distribución de gas.

$$t = \frac{PD}{2SFET}$$

DONDE:

t = Espesor del tubo en (m)

P = Presión interna de diseño (kg/cm^2)

S = Resistencia de fluencia mínima especificada (kg/cm^2 , kPa) = 2,952.89 kg/cm^2 /289,580 kPa

D = Diámetro nominal exterior del tubo (m)

E = Eficiencia de la junta longitudinal

T = Factor de reducción por temperatura

La presión manométrica a la salida del punto de interconexión es de 42.18 kg/cm^2 , la presión absoluta es de 43.212 kg/cm^2 . NOTA: Cabe mencionar que se cuenta con una ERM Principal que abate esta presión y la adecua a la presión que trabajará el usuario final, dicha estación cuenta con sistemas de seguridad que permiten el control adecuado de condiciones operativas.

Tabla 5 Factor por clase de localización

| CLASE DE LOCALIZACION | F |
|-----------------------|------|
| 1 | 0.72 |
| 2 | 0.60 |
| 3 | 0.50 |
| 4 | 0.40 |

De acuerdo con la NOM-007-SECRE-2010 las clases se definen de la siguiente forma:

- **Clase 1** Área unitaria que cuenta con diez o menos construcciones o aquella en la que la tubería se localice en la periferia de las ciudades, poblados agrícolas o industriales.
- **Clase 2** Área unitaria que cuenta con más de diez y menos de cincuenta construcciones.
- **Clase 3** Área unitaria en la que se registra alguna de las características siguientes:
 - a) Cincuenta o más construcciones destinadas a ocupación humana o uso habitacional
 - b) Una o más construcciones ocupadas normalmente por 20 o más personas a una distancia menor de 100 m del eje de la tubería.
 - c) Un área al aire libre bien definida a una distancia menor de 100 m del eje de la tubería y que dicha área sea ocupada por 20 o más personas durante su uso normal, tal como un campo deportivo, un parque de juegos, un teatro al aire libre u otro lugar público de reunión.
 - d) Áreas destinadas a fraccionamientos y/o comercios en donde se pretende instalar una tubería a una distancia menor de 100 m aun cuando al momento de construirse, solamente existan edificaciones en la décima parte de los lotes adyacentes al trazo, y
 - e) Un Área que registre un tránsito intenso o se encuentren instalaciones subterráneas a una distancia menor de 100 m de donde se pretenda instalar una tubería, se considera tránsito intenso un camino o carretera pavimentada con un flujo de 200 o más vehículos en una hora pico de aforo.
- **Clase 4** Área unitaria en la que se localicen edificios de cuatro o más niveles donde el tránsito sea intenso, o bien, existan otras instalaciones subterráneas.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Tabla 6 Especificaciones para tubería

| CLASE DE TUBERÍA | E |
|--|------|
| SIN COSTURA | 1.0 |
| SOLDADA POR RESISTENCIA ELÉCTRICA | 1.0 |
| SOLDADA A TOPE EN HORNO | 1.0 |
| SOLDADA POR ARCO SUMERGIDO | 1.0 |
| TUBERÍA S/IDENTIFICACIÓN CON DIÁMETRO > 101 mm | 0.80 |
| DIÁMETRO < 101 mm | 0.60 |

T=1 SI LA TEMPERATURA DEL GAS ES <393 °K o 119.84 °C

Sustituyendo para tubo de 8” tenemos:

$$t = \frac{43.212 \text{ kg/cm}^2 \times 0.219075 \text{ m}}{2 \times 2,952.89 \text{ kg/cm}^2 \times 0.50 \times 1 \times 1} = 0.0032058 \text{ m}$$

Si se deja como margen para corrosión 1/8” (0.003175 m)

$$t_{\text{requerida}} = 0.0032058 + 0.003175 = 0.0063808 \text{ m}$$

por lo tanto, el espesor seleccionado de 0.0127 m (0.500”) para tubo de 8” cedula 80 es correcto.

Ahora se calculará la presión máxima que resistirá el tubo considerando que:

t_{real} = espesor del tubo cédula 80 seleccionado menos 1/8” por corrosión futura

$$P = \frac{2St_{\text{real}}FET}{D} = \frac{2 \times 2,952.89 \text{ kg/cm}^2 \times (0.0127 - 0.003175) \text{ m} \times 0.50 \times 1 \times 1}{0.219075 \text{ m}} = 128.38 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto el tubo seleccionado en cédula 80 de 8” nominales resistirá una presión de 128.38 kg/cm^2 , la presión de trabajo manométrica será de 42.18 kg/cm^2 , por lo tanto queda aprobada la selección del tubo.

III.1.3 Tendido de la tubería.

Tubería de Acero al Carbón

La construcción de la red y sus accesorios será regida por la norma vigente NOM-007-SECRE-2010 (Transporte de Gas Natural).

La tubería será de Acero al Carbón 8” API 5L X-42. Ced. 80, con recubrimiento de polietileno extruido tricapa, (material de polietileno espesores: FBE STD (14 a 16 mils min) ADHE (6 mils min) PE (1.15 mim min) o solo Fusion Bond Epoxic, especificación PEMEX NRF-026-PEMEX-2008.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario, en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Especificación de Válvulas

Para el direccionamiento y el control de flujo del gas natural se cuenta con suficientes válvulas de corte de acción manual tipo “bola” de cierre rápido. Se cuenta con una valvula de corte general localizada en la interconexión y una a la salida de la estación de regulación y medición principal.

Ya que el proyecto se considera en Clase de Localización 3, se colocarán válvulas de seccionamiento cada 8 Km, debido a la longitud del ducto, se cumplirá con las válvulas de seccionamiento que se encuentran, tanto en la interconexión así como en la Estación de Regulación y Medición Principal, por lo que se cumplirá la normativa, respetando la NOM-007-SECRE-2010.

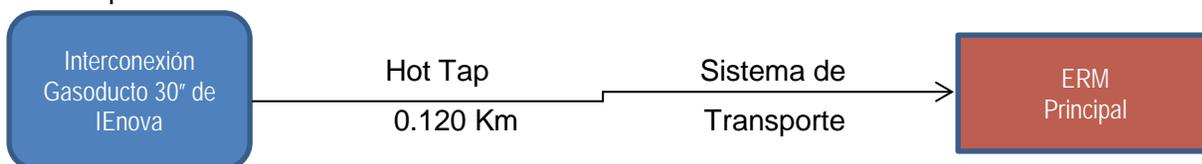
Seguridad en el Sistema

El sistema se encuentra dotada de válvulas de corte de acción manual instaladas antes de cualquier suministro que este sistema proporcioné. Las líneas de servicio cuentan con suficientes válvulas, colocadas en lugares visibles y de rápido acceso, para permitir el control del flujo del gas en todas las áreas.

III.1.4 Descripción del Proceso

Descripción Detallada del Proceso por Líneas de Producción, Reacción Principal y Secundaria en donde Intervienen Materiales Considerados de Alto Riesgo (debiendo anexar diagramas de bloques)

Debido a que se trata solamente de un "Sistema de Transporte de Gas Natural", se referirá solamente a una red de transporte, la cual se puede considerar acorde con el siguiente diagrama de bloques:



Como puede verse no existe en el proceso ninguna reacción ni principal ni secundaria, ya que solamente se esta transfiriendo el Gas Natural hacia quien lo demanda como suministro principal.

III.1.5 Materias primas, Productos y Subproductos Manejados en el Proceso

Para este caso en específico solamente se considerará al Gas Natural por ser la sustancia que se distribuye a lo largo de todo el proceso. (Ver Anexo 4)

Los requerimientos de demanda máxima para el usuario a instalarse, de acuerdo con datos proporcionados por dicha empresa, son los siguientes:

| Usuario | CONSUMO m ³ /hr | CONSUMO m ³ /día |
|--|----------------------------|-----------------------------|
| Empresa Usuaría en Mexicali, Baja California | 30,680 | 736,320 |
| | | |
| TOTAL ACTUAL | 30,680 | 736,320 |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

El gas natural que servirá como combustible en un usuario a instalarse, en Mexicali, Estado de Baja California, de la siguiente forma:

El consumo de gas total será de 30,680 m³/hr $Q_s = 30,680 \text{ m}^3/\text{hr}$

El consumo mensual será $Q_{\text{mensual}} = 22,089,600 \text{ m}^3$

El consumo de gas estimado en el inciso anterior corresponde a condiciones estándar, es decir a 15.6 °C y 1 atm. de presión absoluta.

El gas a la salida del punto de interconexión para efectos de cálculo de caída de presión en su trayectoria se consideró a una presión de 42.18 kg/cm² manométricos.

EL CONSUMO A LAS CONDICIONES REALES ESTÁ DADO POR:

$$Q = \frac{Q_s P_0}{P_1}$$

DONDE:

P = Presión barométrica en la zona Mexicali, Baja California = 1.032 Kg/cm²

Q_s = Consumo estándar

P₀ = Presión a condiciones estándar del gas = 1 ATM = 1.033 kg/cm²

P₁ = Presión absoluta real del gas a las condiciones de salida de la interconexión

P₁ = 42.18 kg/cm² + 1.032 kg/cm² = 43.212 kg/cm²

$$Q = \frac{30,680 \text{ m}^3 / \text{hr} \times 1.033 \text{ kg} / \text{cm}^2}{43.212 \text{ kg} / \text{cm}^2}$$

$$Q = 733.42 \text{ m}^3/\text{hr}$$

De acuerdo con lo señalado en el primer y segundo listados de actividades altamente riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992, respectivamente, la cantidad de reporte para considerar el proyecto como una actividad altamente riesgosa, es de 500 kilogramos. Considerando un ducto principal de **8" de Acero al carbón Ced. 80 x 0.120 Km** de longitud aprox. y una presión de operación de 600 psig (42.18 Kg/cm²), el cálculo de la cantidad de gas natural empacado en todos los diámetros es de máximo **112.40 Kg** por lo que **no** sobrepasa la cantidad de reporte (*se anexa hoja de excel con el cálculo del gas de empaque*), y por lo tanto no es necesario presentar un Estudio de Riesgo Ambiental, de acuerdo con lo señalado en el artículo 147 de la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. También en base a las políticas de la empresa Accesgas y la compañía usuaria, se presentará el Estudio de Riesgo Ambiental.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

III.1.6 Cálculo de gas de empaque

Tabla 7 Cálculo de gas de empaque

| PROYECTO | | Sistema de Transporte de Gas Natural Usuario en Mexicali, Baja California | |
|---------------------------------|----------------------------|--|-----------------------|
| Longitud del Gasoducto | 393.70 pie | | 120 m |
| Diametro Externo del gasoducto | 8.625 pulg | | |
| Espesor del gasoducto | 0.500 pulg | | |
| Presión de operación | 600.00 psig | | |
| Volumen de gas de empaque | 5,221 pie ³ | | |
| EMPAQUE | | 5,221 pie ³ | 147.83 m ³ |
| | | 147.85 m ³ | |
| Densidad del aire | 0.0764 lb/pie ³ | | |
| Gravedad específica gas natural | 0.62 | | |
| | 247.29 lb | | |
| | 112.40 kg | | Densidad aire 60°C |

En cumplimiento con la *Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente*, se requerirá de la Presentación de un Estudio de Riesgo, lo anterior con fundamento en su artículo 7 fracc IV y XVI, 28 y 35 Bis 2; presentando el mismo para su evaluación en la Oficina Federal de la ASEA.

Lo anterior se cumple acorde con las características del proyecto, motivo por el cual se elaborará el estudio de riesgo correspondiente en cumplimiento a la legislación Federal respectiva mencionada.

Asimismo, este documento se entregará acorde con el *La Guía para la Presentación del Estudio de Riesgo (Modalidad Ductos Terrestres)* emitido por la Dirección General de Gestión para la Protección Ambiental perteneciente a la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales Federal (SEMARNAT).

De acuerdo a que el proyecto corresponde al sector de Hidrocarburos, la competencia para la revisión y en todo caso aprobación corresponde a la Agencia de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA).

III.1.7 Tipo de Recipientes y/o Envases de Almacenamiento.

Especificar: Características, Código o Estándares de Construcción, Dimensiones, Cantidad o Volumen Máximo de Almacenamiento por Recipiente, Indicando la Sustancia Contendida, así como los Dispositivos de Seguridad Instalados en éstos.

Debido a que toda la infraestructura requerida para el “Sistema de Transporte de Gas Natural” está formado específicamente por tubería, válvulas y accesorios, y que esta servirá para suministro

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

continuo de este hidrocarburo, no se cuenta con recipientes y/o envases de almacenamiento, por lo que este punto no aplica para el estudio de interés.

III.1.8 Describir Equipos de Proceso y Auxiliares

Especificando Características, Tiempo Estimado de Uso y Localización. Asimismo, Anexar Plano a Escala del Arreglo General de la Instalación o Proyecto.

La Estación o Caseta de Medición y Regulación de Gas Natural se construirán de acuerdo a la NOM-007-SECRE-2010.

La estación reguladora de presión estará equipada con válvulas de bloqueo antes y después de los reguladores. De igual forma, se instalarán manómetros después de la estación de regulación de presión en todo el sistema.

La **Estación de Medición y Regulación** Principal, se construirá de acuerdo a la normatividad nacional e internacional. Estará equipadas con válvulas de bloqueo en la entrada y salida.

La instalación eléctrica debe ser a prueba de explosión y cumplir con los lineamientos de la **NOM-001-SEDE-2012**.

Como señala la **NOM-007-SECRE-2010**, la estación de medición y regulación deberá diseñarse con materiales no combustibles (ver Boletín 294 de la *American Insurance Association*), contar con el espacio necesario para la protección de los equipos e instrumentos que permita las actividades de operación y mantenimiento, tendrá una ventilación cruzada a favor de los vientos dominantes para garantizar que el personal que opera, mantiene, inspecciona y supervisa la instalación no corra riesgos por acumulación de gases.

Como medida preventiva para combate al fuego, en la caseta de medición y regulación se contará con equipo contra incendio (extinguidor tipo ABC), el cual estará disponible, accesible, claramente identificado y en condiciones de operación. De acuerdo con la **NOM-007-SECRE-2010**, la localización de la estación de medición y regulación, debe cumplir con los lineamientos siguientes:

Tabla 8 Distancias para protección

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

Fuente: NOM-007-SECRE-2010

Estar fuera de las zonas fácilmente inundables o aquéllas en las que pudiera haber acumulamiento de gases en caso de fuga, y estar en lugares de fácil acceso. El Gasoducto contará con un solo tipo de estación de regulación y medición.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Caseta de filtración/medición/regulación y odorización, instalada cercana al Punto de Interconexión con el Gasoducto propiedad de IEnova y dentro de los predios del usuario final donde tendrá lugar la reducción de presión del sistema, de 800 a 500 psi (presión de entrega a usuario).

Componentes principales:

Válvula de corte automático en caso de fuga
Válvula de corte principal
Válvula de control de flujo
Filtro coalescente
Equipo de medición
Computador de flujo con comunicación remota
Reguladores de presión instalados en monitor
Válvula de seguridad
Manómetros
Odorizador



Figura 3 ERyM (ejemplo)

Esta caseta tendrá como función:

Filtrar impurezas del gas transportado por IEnova para evitar daños en los equipos de medición. Medir y totalizar el flujo volumétrico y energético totalmente compensado por las variaciones de presión, temperatura y peso específico, supercompresibilidad y calor específico si se le introducen los valores correspondientes en tiempo real (de analizadores) o se le programan mediante el software del equipo, sin necesidad de analizador.

Regular la presión recibida del gasoducto principal para ser transportado por el gasoducto (regula a 500 psig).

Proteger al usuario del gasoducto de recibir una sobrepresión por medio de reguladores y la válvula de seguridad y la válvula de control de flujo.

Aplicar odorizante a todo el sistema para detectar posibles fugas. A parte de ser un requisito por normas oficiales mexicanas, es una práctica de Accesgas, S.A.P.I. de C.V.

III.1.9 Estación de regulación y medición principal

La estación de regulación y medición principal se instalará en una superficie aproximada de 250 m² y contará con válvulas de corte. El área donde será instalada la caseta será en un terreno industrial y estará delimitada con muro de block de 2.40 metros de altura, de frente y fondo variable, rematado con tres hilos de alambre de púas en la parte superior para seguridad, y contará con dos puertas de acceso, una peatonal de 1.00 metro de ancho y otro vehicular de 3.5 metros, que permitan tanto el acceso al personal y al equipo necesario para realizar trabajos de operación, mantenimiento e inspección, como al personal de atención de emergencias. El acceso estará restringido y las puertas contarán con candado. Asimismo, contará con señalamientos adecuados.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”



Figura 4 Estaciones de regulación y medición (ejemplos)

La caseta se adquiere prefabricada, de lámina Pintro-Zintro con ventilación cruzada, con acceso al frente. La caseta está montada en un patín fabricado de perfil estructural, que a su vez se instala sobre 7 durmientes de concreto para nivelar la estación de regulación y medición, por lo que no requieren cimentación.

Después de nivelar el terreno a ocupar por la estación, se colocará una capa de polietileno negro y sobre ella una cama de 4" de espesor de grava triturada de $\frac{3}{4}$ en el área que ocuparán las casetas, para evitar el crecimiento de malezas.

Toda la caseta está fabricada de acero. La presión de operación máxima de la caseta del punto de interconexión es de 1,440 psig (presión máxima que marca norma).

Contará con una válvula de seccionamiento en la tubería de alimentación a la estación de regulación y medición, un filtro separador de partículas de hasta 1 micrón antes del cabezal de regulación y medición, líneas de desvío (by-pass) para mantenimiento sin necesidad de interrumpir el suministro de gas, reguladores de presión instalados en monitor, dispositivos de seguridad para protegerla de cualquier sobrepresión, y válvulas de bloqueo en las conexiones para la instalación de instrumentos.

Además, como se mencionó contará con reguladores en monitor como medio principal de protección y con una válvula de seguridad para desfogar a la atmósfera, diseñada para que se prolongue el venteo hasta una altura de que permita dispersar el gas natural sin que presente riesgos al personal o a las instalaciones.

En lo que se refiere al equipo de medición de flujo cumple con las especificaciones técnicas para Computadores autorizados en la industria. La caseta cuenta con módem y teléfono celular conectados al computador de flujo, para tener acceso a distancia a las lecturas de flujo y presión del gas.

Como medida preventiva para combate al fuego, en la caseta de medición y regulación se contará con equipo contra incendio (extinguidor tipo ABC), el cual estará disponible, accesible, claramente identificado y en condiciones de operación.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”



Figura 5 Extintor tipo ABC en caseta de medición y regulación (Interconexión)

Se pintará toda la tubería aérea de acero de los patines de medición y regulación (a instalar dentro del predio del usuario) de color blanco y amarillo limón. La pintura a aplicar para proteger contra la corrosión exterior cumplirá con las especificaciones de la NOM-007-SECRE-2010.

La estación de regulación y medición contará con un ánodo de sacrificio de magnesio de 9 libras, y aislantes tipo micarta en las bridas ubicadas a la entrada y salida de la ERM principal.

Teniendo en cuenta las distintas fases de la etapa de construcción de una instalación como estas (cuando se produce la mayor interacción con el medio), el conocimiento de los impactos negativos que potencialmente se pueden presentar, elegir la metodología constructiva más adecuada, disminuirá los impactos negativos causados al ecosistema, los que pueden variar en forma considerable según se tengan en cuenta en la fase de planificación o después.

Una vez definido el trazo, los responsables del proyecto deben determinar con mayor exactitud las necesidades de personal, materiales, tiempo y dinero para llevar a cabo el proyecto. De nuevo, esta fase requiere varias horas de trabajo de oficina para establecer los procedimientos de construcción más adecuados en cada uno de los tramos, así como solicitar los permisos pertinentes y, en caso necesario, adquirir los derechos de vía (permisos de ocupación superficial) de los terrenos por los que pasará el gasoducto.

Debido a que la Estación de Regulación y Medición de Gas Natural principal será instalada como parte del mismo proyecto y dentro de los terrenos del usuario final, no será necesario realizar en esta etapa trabajos de limpieza, aplanado y nivelación. Debido a que la caseta será prefabricada, no se requerirá abrir zanjas para cimentaciones. Se requieren trabajos de limpieza y compactación del terreno de forma mínima, debido a que es una zona mixta e industrial a lo largo de todo el trayecto del gasoducto y de la ERM. Se afectará lo menos posible a la vegetación existente, la cual es mínima.

Para estas actividades únicamente se requerirá de una bodega temporal para almacenar materiales y equipo.

Previo al desarrollo de la operación del proyecto, se realizarán los trabajos de preparación y construcción que se describen a continuación:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

III.1.10 Trabajos de preparación y construcción

En tubería enterrada:

- Levantamiento topográfico
- Limpieza
- Tendido de la tubería
- Colocación de soportería
- Trabajos de soldadura y pruebas
- Instalación de señalamientos
- Limpieza del terreno
- Trazo de obra
- Acarreos
- Aplicación de pintura y acabados

Para todas las áreas del proyecto:

- Limpieza, acarreo de material sobrante y desmantelamiento en caso de existir obras de apoyo.

Etapa de preparación del sitio y construcción.

En el sitio propiamente dicho donde se realizarán las obras de preparación del terreno y construcción del sistema de transporte de gas natural, no existen ejemplares de vegetación arbustiva que sea necesario remover, esto debido a que el tramo de tubería es muy corto, una distancia importante será de forma direccional y el terreno del predio fue impactado previamente por el usuario.

Por lo anterior, para realizar los trabajos de preparación del sitio y construcción en una pequeña parte del trazo, únicamente se requiere excavar la zanja (de aproximadamente 0.8 a 1.20 metros de profundidad según sea el caso), y se requerirán actividades de ensamble y soldadura de la tubería.

La preparación del terreno tanto para la instalación de la tubería enterrada como para la conexión con la estación principal, se efectuará en aproximadamente 108 días, después de autorizado el tramo a trabajar.

A.1 Estaciones de Regulación y Medición de Gas Natural

La obra civil requerida para la *preparación del terreno* en el predio de la ERM (principal), consistirá básicamente de:

Nivelación

El terreno donde el usuario pretenda colocar la estación se analizará para ver si se encuentra nivelado de forma adecuada, en caso contrario, se tendrá que realizar este punto. La estación de medición y regulación principal quedará en un terreno ya impactado y probablemente en consecuencia ya nivelado.

Obra Civil

En el caso de la estación de regulación y medición será construida por el constructor contratado por Accesgas. Debido a que se trata de una obra nueva, el terreno donde se colocará dicha estación, no presenta problema alguno para realizar los trabajos en el mismo, ni problemas de servicios.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

El alcance de construcción, y de responsabilidad de la instalación inicia en la brida del punto de interconexión y terminará en su conexión con la brida de la salida de la Estación de Regulación y Medición Principal.

Cabe señalar, que la estación de regulación y medición que estará instalada en el interior del predio del usuario, Accesgas será responsable de su operación y mantenimiento, ya que es propiedad del mismo y formará parte del permiso ambiental correspondiente al sistema de transporte.

A.2 Tubería

Para el caso de la tubería, la obra civil requerida para la preparación del terreno consistirá en marcar la trayectoria del ducto. El sistema estará compuesto de los siguientes tramos:

Tabla 9 Longitud aproximada por tramos de tubería (en base a los planos de localización) Anexo 3

| Tramo | Referencia | Longitud aproximada | Diámetro |
|-------|---|---------------------|----------------|
| A – B | De la interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal | 0.120 Km | 8" A/C Ced. 80 |
| | TOTAL APROXIMADO | 0.120 Km | |

El sistema estará compuesto de los siguientes tramos:

- a. Un ducto de 8" D.N. de acero al carbón cedula 80 de aproximadamente 0.120 Km como parte del ramal principal

Se está considerando una vida útil de la tubería de por lo menos 35 años.

Tabla 10 Características de diseño Gasoducto Principal

Características de diseño Gasoducto Principal

| Parámetro | Sistema Internacional | Unidades Inglesas |
|--|--------------------------------|-------------------------------------|
| Capacidad de diseño del sistema | 736,320 m ³ (N)/Día | 26,000,000 pie ³ (N)/Día |
| Máxima Presión permisible de operación (Presión de diseño) | 6,894.75 kPa | 1,000 psig |
| Presión de Operación | 4,136.85 kPa | 600 psig |
| Clase de localización (Diseño) | 3 | 3 |
| Clase de localización (Operación) | 3 | 3 |
| Tubería de 8" Acero API-5LX42 con recubrimiento epóxico (Fusion Bond) | | |
| Longitud | 120 metros | 393.70 Ft |
| Diámetro exterior | 219.07 mm | 8.625" |
| Espesor de pared | 12.7 mm | 0.500" |
| Condiciones Base | | |
| Factor de eficiencia del flujo | 0.92 | 0.92 |
| Temperatura Base | 298.15 K | 77 °F |
| Presión base | 1.0 atm | 14.7 psig |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Levantamiento Topográfico

En esta actividad, se deberá tener un conocimiento pleno de la sensibilidad del área al trazar el derecho de tendido de ductos.

Alojamiento

Debido a que todo el proyecto se encuentra alojado en su mayoría en zona rural, el ancho de Franja de Afectación (antes “derecho de vía”) será de 6 metros, debido al diámetro de 8”

Por definición, la Franja de afectación se refiere a un área de terreno que permite el acceso de la maquinaria y equipo, así como de los materiales, y es la auténtica plataforma de trabajo durante el tiempo que duren las obras y comiencen a llegar los materiales y la maquinaria necesaria para la realización de las siguientes fases de la obra.

Excavación

Se realizarán excavaciones a todo lo largo del tubo, ya que prácticamente el trayecto será de forma enterrada, desde el punto de interconexión, hasta la estación principal.

Manejo y Transporte de tubo

El tubo de acero (en tramos de 6 o 12 metros aprox. cada uno) será transportado por el contratista desde la bodega de almacenamiento hasta el área de instalación, en tráileres o camiones plataforma equipados con aditamentos de sujeción para tubería.

Los camiones se alinearán a lo largo de la zanja para que una grúa móvil descargue los tubos en el sitio, uno detrás de otro, siguiendo la línea de la trinchera y el trazo respectivo.



Figura 6 Transporte y manejo del tubo

Alineado de la tubería

El tubo será alineado solamente sobre el piso durante los trabajos de soldadura. El contratista alineará los tubos uno detrás de otro, siguiendo la línea del trazo y construidos exprofeso en los que irán colocados finalmente para su posterior soldadura, de manera que el gasoducto va tomando forma sobre la superficie del terreno y los tramos de soportería respectivos.

Tendido e instalación

El interior de las juntas en la tubería será cuidadosamente examinado para detectar la presencia de materiales extraños antes de la alineación para soldar. Tales materiales deberán ser removidos por medio de limpieza mecánica. Posteriormente, los extremos abiertos de las juntas del tubo deberán cubrirse para evitar la entrada de agua, patines de estiba, animales u otras obstrucciones que pudieran interferir con la limpieza final del ducto. Las cubiertas deberán sujetarse firmemente al tubo y no deberán removerse hasta que el tubo vaya a ser soldado.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Soldadura

Para la tubería de acero el diseño de los procedimiento y calificación de los soldadores se llevarán a cabo de acuerdo las especificaciones de la *API Standar 1104 "Standar for Welding Pipelines and Related Facilities"* (Estándar para soldar Gasoductos e Instalaciones Relacionadas), última edición, o la última edición del código *ASME Boiler and Pressure Vessel Code sección IX*. La calidad de la soldadura será determinada mediante pruebas no destructivas (radiografiado).

Inspección de la soldadura

La contratista ejercerá un control continuo del trabajo de soldadura e inspeccionará visualmente la calidad de todas las soldaduras. No se requieren caminos de acceso.

Para cubrir las necesidades fisiológicas de los trabajadores, se utilizarán los servicios sanitarios instalados para este fin en los tramos del trayecto donde se esté trabajando.

Se generarán descargas de aguas residuales, resultantes de pruebas de hermeticidad, debido a que por tratarse de un sistema de transporte de gas natural se requieren realizar pruebas hidrostáticas, sin embargo, por las características de la prueba, el agua debe ser neutra, libre de partículas suspendidas, óxido o cualquier otro contaminante; el agua utilizada en esta prueba será removida a través de pipas lo que no involucrará en ningún momento algún tipo de contaminación.

Accesorios y aditamentos:

Los tubos, válvulas, bridas y conexiones soldables serán de especificación conocida, cumplirán con los estándares y especificaciones de composición, fabricación y calidad enumeradas en la tabla de estándares aplicables.

Válvulas

Todas las válvulas utilizadas en el sistema de tubería serán fabricadas cumpliendo con la **NOM-007-SECRE- 2010**. No se utilizarán válvulas de cobre o bronce.

A continuación, se lista la tubería, válvulas y accesorios preliminares que requiere la construcción del gasoducto.

Tabla 11 Accesorios del gasoducto

| Descripción | Cantidad |
|--|----------|
| Tubería de 8" D.N. de acero al carbón, cedula 80 | 120 m |

A.3 Hojas de Seguridad

La Hoja de Datos de Seguridad del gas natural elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica, se integra como parte del presente documento y podrá consultarse en el Anexo. 4.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

III. Condiciones de Operación

IV.1.1 Operación

El gasoducto será diseñado y construido para tener una Presión Máxima Permissible de Operación (PMPO) de 6,895 KPa (70.31 Kg/cm², 1000 psig). La presión normal de operación del ducto será de 4,136.85 KPa (42.18 Kg/cm² ó 600 psig). El gasoducto ha sido diseñado para transportar Gas Natural hasta por la Cantidad Máxima Diaria de 736,320 m³(N)/Día, a las condiciones de Presión y Temperatura normales, equivalentes a 26,000 MMBTU/día.

La presión regulada al usuario posterior a la ERMP será de 3,447.38 kPa (35 Kg/cm², 500 psig).

En la etapa de operación la función principal será la conducción del gas hacia terrenos del usuario a instalarse.

Para ducto de acero:

El consumo de gas total será de 30,680 m³/hr $Q_s = 30,680 \text{ m}^3/\text{hr}$

El consumo mensual será $Q_{\text{mensual}} = 22,089,600 \text{ m}^3$

El consumo de gas estimado en el inciso anterior corresponde a condiciones estándar, es decir a 15.6 °C y 1 atm. de presión absoluta.

El gas a la salida del punto de interconexión para efectos de cálculo de caída de presión en su trayectoria se consideró a una presión de 42.18 kg/cm² manométricos.

En lo que respecta al balance de materia y energía, este puede verificarse en el Diagrama de Flujo DFP-MBC y su tabla incluidos en el Anexo 2.

Tabla 12 Balance de materia

| No | Descripción de Corriente | Estado Físico | Flujo m ³ /hr / MPCSD | Presión Psig / Kg/cm ² | Temperatura °C / F |
|----|--|---------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| A | Desde el punto de interconexión con el gasoducto de 30" hasta ERyM principal | Gas | 30,680 / 26,000 | 600 / 42.18 | 25.00 / 77.00 |

IV.1.2 Temperaturas y Presiones de diseño y operación

En lo que respecta a las temperaturas y presiones que se manejarán a lo largo del sistema estas pueden verificarse en el Diagrama de Flujo DFP-MBC y su tabla correspondiente incluidos en el Anexo 2.

El gas fluirá a través de la red descrita hasta la estación principal, donde se regulará la presión hasta obtener la necesaria para atender sus necesidades.

La estación de regulación en la planta del usuario contará con una válvula de seguridad y un regulador de respaldo.

Estado físico de las diversas corrientes del proceso.

A lo largo de todo el sistema de suministro de Gas Natural a los equipos correspondientes, este permanecerá en estado gaseoso, como puede verse en el DFP-MBC en el Anexo 2.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Vigilancia e Inspección:

El fin de los trabajos de inspección, es el de comprobar que se mantienen las condiciones originales del proyecto y de las instalaciones. Para ello se efectuarán recorridos de inspección en forma periódica, elaborando los reportes correspondientes.

1. Se contará con un programa de inspección visual de las instalaciones, el cual involucra verificar la correcta operación de los sistemas y dispositivos de seguridad de la instalación eléctrica y conexiones, posible manipulación peligrosa, o evidencia de daños en las instalaciones, y acciones de terceros sobre las tuberías.
2. Se realizará una inspección que coincida con la vigilancia del usuario para asegurarse de que existen marcadores (señalamientos) adecuados, visibles y en buen estado a lo largo de la trayectoria de la tubería.

Para garantizar el buen funcionamiento del equipo e instalaciones, durante la operación del sistema se contempla realizar las siguientes acciones:

1. Seguir las instrucciones del Manual de Operación y Mantenimiento de la red, además de las recomendaciones del fabricante del equipo e instalaciones en general.
2. Se dará mantenimiento a válvulas, reguladores y equipo en general, llevando un registro de las fallas detectadas señalando su localización, causas y tipo de reparación efectuada.
3. Se realizarán trabajos de limpieza y deshierbe en cercas perimetrales y puertas de acceso, de tal manera que el acceso a las instalaciones siempre esté en óptimas condiciones.
4. Se mantendrá en óptimas condiciones la protección anticorrosiva de las instalaciones superficiales y la tubería, corrigiendo cualquier daño mediante el uso de pintura anticorrosiva.
5. Anualmente deberá realizarse un examen de los requerimientos de capacidad de cada sistema o segmento de sistema para asegurarse de que se cumple con el criterio de seguridad establecido.

Reparación:

En este caso se contemplan métodos de reparación específicos para cada caso, en los cuales se indican las precauciones que deben tomarse en cuenta, las prohibiciones al realizar un tipo de reparación en particular, las pruebas que deben realizarse antes de proceder a la reparación con el fin de evitar posibles accidentes, las inspecciones a realizar después de la reparación y los estándares para aceptar la reparación. Para garantizar esto se tiene considerado lo siguiente:

1. Efectuar las reparaciones según el procedimiento aprobado, empleando exclusivamente personal calificado para ese tipo de trabajo.
2. En el caso de los soldadores, deberán contar con pruebas de calificación por lo menos dos veces al año, para garantizar que realizan su trabajo de manera adecuada.
3. En todos los casos se seguirán las técnicas de reparación establecidas y aprobadas por la empresa.
4. Se apegará a los procedimientos de reparación marcados en las normas internacionales.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

5. Se informará al personal y autoridades de atención a emergencias con toda oportunidad si se detecta una fuga o daño en las instalaciones que pudieran poner en peligro su salud.

Con el fin de permitir la correcta operación del sistema de conducción de gas, se establecerán planes y programas que cubrirán los aspectos de operación, inspección, mantenimiento y reparación del sistema, contemplados en la **NOM-007-SECRE-2010**.

Inspecciones

Se realizarán inspecciones visuales de rutina en el equipo y la red de acuerdo a los procedimientos operativos marcados en el manual de operación y mantenimiento. Se deberá comprobar la medición de flujo y la presión de ajuste de los reguladores a los equipos finales, en este caso la ERM principal.

Asimismo, se deberá verificar el estado físico de la tubería, de su pintura, y las uniones roscadas o con bridas.

Inspección de fugas

Las inspecciones de fugas serán realizadas acorde con el manual de operación y mantenimiento en todos los sistemas de la red.

Las inspecciones emplearán uno o más de los siguientes procedimientos para identificar fugas subterráneas:

1. Inspección con Detector de gas
2. Prueba de jabón en tubos y conexiones expuestas

Los señalamientos de la tubería serán inspeccionados durante la vigilancia; cualquier señalamiento dañado, gastado o perdido debe ser reemplazado durante la siguiente inspección o antes si es posible.

Inspección de válvulas

Serán inspeccionadas las **válvulas de bloqueo** al menos **cada año** para comprobar su accesibilidad y asegurar su adecuado funcionamiento. De preferencia, la inspección de válvulas será realizada en forma simultánea con la inspección de fugas.

Todas las inspecciones de válvulas deberán asegurar la instalación y protección adecuada contra polvo, líquidos o condiciones que puedan afectar en forma adversa la operación.

Reparaciones

Cualquier parte dañada o deteriorada de una tubería deberá ser reparada tan pronto como sea posible. Asimismo, todas las fugas deberán ser reparadas inmediatamente.

Si ocurre algún tipo de daño, además de fuga, en una tubería, la presión deberá ser reducida hasta un nivel seguro hasta que pueda programarse la reparación necesaria. Si la presión no puede reducirse, entonces la parte dañada deberá ser reparada inmediatamente.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Las reparaciones deberán hacerse retirando la parte dañada y reemplazándola con una tubería de resistencia similar o mayor. Todas las reparaciones que requieran soldadura deberán realizarse mediante un soldador certificado de acuerdo con API estándar 1104. En todo momento, el personal que realice los trabajos de reparación y de supervisión deberá tener conocimientos de los riesgos a que puede estar expuesto.

Control de la Corrosión.

Dentro del programa de mantenimiento, mensualmente se revisa el estado de la pintura de la estación de regulación y medición, del tramo del punto de interconexión y del gasoducto principal.

Etapa de Abandono

En condiciones normales de operación y mantenimiento, y con base en la demanda de gas natural en la industria regional y nacional, se estima que esta etapa no aplica para el proyecto en cuestión.

IV.1.5 Procedimientos y Medidas de Seguridad

Descripción de las medidas, equipos y dispositivos de seguridad

La reducción de riesgos comienza con el diseño del sistema del gasoducto. Como mínimo, deberán observarse estrictamente todos los códigos, las reglamentaciones y las leyes mexicanas. Durante el proceso del diseño del sistema deben tenerse en cuenta varios factores, entre los cuales se destacan los siguientes:

- Especificaciones para la tubería, tales como la de Resistencia a la Cedencia (SMYS), capacidad de conducción y la de Máxima Presión de Operación (MAOP), inclinación, espesor de las paredes, resistencia a la fractura, recubrimiento, soldabilidad, fatiga y vida útil
- Sobrepresión y control de la velocidad del gas
- Condiciones climáticas y de suelos
- Factor de vientos y actividad sísmica de la zona
- Densidad de la población
- Profundidad a la cual va enterrado el ducto
- Espaciamiento entre válvulas
- Procedimientos e inspecciones de calidad

De acuerdo con **la NOM-007-SECRE-2010**, el Sistema de Transporte deberá cumplir con los requisitos siguientes:

Componentes

- Para el seccionamiento o corte de flujo de gas natural en un sistema, se deben utilizar válvulas para gas natural de cierre rápido, que soporten la presión de diseño, de acuerdo con la normatividad aplicable.
- Se deben usar válvulas para gas natural del tipo cierre rápido de un cuarto de vuelta donde se tenga una línea de desvío o puenteo que soporten la presión de diseño.
- Las válvulas para gas natural de cierre rápido de un cuarto de vuelta se deben localizar en lugares de fácil e inmediato acceso que permitan su operación en casos de emergencia.
- Cuando se instalen manómetros, éstos deben ir precedidos de una válvula de bloqueo.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

- Las bridas y accesorios bridados que se instalen deben satisfacer los requisitos mínimos de temperatura y presión de diseño del sistema de transporte.

IV.1.6 Protección Contra Corrosión

- Los tubos de acero negros, conexiones, accesorios y componentes de la instalación, enterrados, sumergidos y sobre el piso; se deben proteger contra la corrosión con recubrimientos adecuados al medio. Dicho recubrimiento debe cumplir con los requisitos de las normas aplicables, entre otros, los siguientes:
 - a) Adherencia con las superficies metálicas y entre las capas intermedias;
 - b) Resistencia al agrietamiento;
 - c) Resistencia mecánica para soportar daños propios de su aplicación, y
 - d) Resistividad eléctrica alta.
- En caso de requerirse, las tuberías de acero enterradas y/o sumergidas deben tener protección catódica de acuerdo con lo establecido, Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas, de la Norma NOM-007-SECRE-2010, Transporte de Gas Natural.

IV.1.7 Reguladores de Presión

- Los reguladores de presión deben instalarse precedidos de una válvula de corte de operación manual.
- En instalaciones residenciales, incluidos los edificios, los reguladores con válvula de alivio se deben localizar en el exterior.
- La capacidad y ajuste de cada regulador de presión debe ser la apropiada al servicio que presten.
- Los reguladores instalados en recintos cerrados que operen a una presión mayor a 34 kPa, la ventila de éstos deberá de dirigirse al exterior.
- Se debe llevar a cabo un programa continuo de inspección y reparación de reguladores para garantizar una operación segura y eficiente de estos equipos. La capacidad y el tamaño del regulador son los parámetros que se deben considerar en la frecuencia de las inspecciones y el grado de mantenimiento requerido. El mantenimiento para los reguladores de gran capacidad en instalaciones industriales, se debe hacer en forma permanente, de conformidad con lo establecido en el programa de mantenimiento preventivo de la instalación. La revisión de estos reguladores consiste en verificar si existe alguna fuga en su diafragma y observar si hay escape de gas a través de la ventila.

Medidas Preventivas o Programas de Contingencias que se Aplicarán, Durante la Operación Normal de la Instalación o Proyecto, para Evitar el Deterioro del Medio Ambiente (sistemas anticontaminantes)

Etapa de Operación

- Se contará con un **Plan de Atención a Emergencias** que se implementará durante la ejecución de los trabajos.
- Supervisar la correcta implementación del sistema de detección de fugas, de tal manera que se minimice el tiempo de respuesta para evitar daño.
- No exceder la presión de operación establecida para evitar fracturas en las líneas que conduzcan a situaciones de peligro al ambiente o a las instalaciones.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

- Cumplir cabalmente con las actividades incluidas en el Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema, así como revisarlo anualmente por medio de una Unidad de Verificación acreditada por la Comisión Reguladora de Energía.
- Iniciar una bitácora de accidentes y/o fugas en caso de que se presenten en el gasoducto para aplicar posteriormente un programa específico que ataque, evite eventos y consecuencias no deseadas.
- Monitoreo continuo, inspección y limpieza de las instalaciones exteriores, tales como estaciones de regulación y medición, y sus equipos (medidores, reguladores, filtros, etc.)
- Capacitar al personal para que opere en forma correcta los dispositivos manuales de control, conozca los caminos de acceso y los fundamentos básicos de operación de las instalaciones que se encuentran en el área del proyecto y así evitar al máximo errores humanos de operación.
- Será indispensable llevar a cabo supervisión periódica de la trayectoria para evitar invasión al área de alojamiento y evitar también que se realicen trabajos con maquinaria pesada sobre el trayecto del gasoducto.
- Revisión y reposición (en caso de requerirse) de los señalamientos que indican la trayectoria a lo largo del recorrido del gasoducto, contemplando que se mencione el tipo de producto manejado y los teléfonos para comunicarse en caso de emergencia.
- Incluir la instalación y su administración integral al Sistema de Administración Ambiental (SAA) de la planta de usuario, el cual es una herramienta que sustenta la gestión ambiental para mejorar el desempeño en el manejo de datos ambientales y la implantación de programas de manejo del ambiente; es capaz de administrar información sobre aspectos productivos, ambientales, socioeconómicos y normativos, en el espacio geográfico del proyecto y en diversos formatos para atender los requerimientos específicos de la empresa.
- La empresa transportista del hidrocarburo, tomara las medidas preventivas y de control para evitar:
 - Incendios, emisiones y/o descargas de cualquier naturaleza, que pudieran
 - Ocasionar daños a los ecosistemas circundantes al sitio de trabajo, así como a la propiedad de terceras personas.
- El transportista será el responsable de los daños que se lleguen a ocasionar como consecuencia de una ejecución mal planeada o derivada de maniobras, descuidos, secuelas o problemas que generan otro tipo de contaminación a la que se pretenda eliminar o que incremente los daños ecológicos ya existentes o que repercutan en daños materiales a instalaciones, áreas superficiales o subterráneas aledañas
- La empresa deberá presentar un plan de contingencias ambientales que se implementará durante la ejecución de los trabajos.

Plan Integral de Seguridad en Instalaciones Industriales

El usuario de una instalación industrial debe tomar las medidas de prevención sobre dicha instalación, para disminuir la probabilidad de ocurrencia de un siniestro. Las medidas deben incluir como mínimo los puntos siguientes:

- a) Actualización de los planos para la localización precisa de la instalación, de las válvulas de seccionamiento, sistemas de regulación y medición, y sus componentes;
- b) Capacitación de los trabajadores en aspectos de seguridad en la operación y mantenimiento del Sistema de Transporte de Gas Natural (STGN);
- c) Mantenimiento preventivo al sistema, incluyendo la protección catódica de las tuberías de acero enterradas (punto de interconexión a estación de regulación y medición principal).

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

- d) Detección de fugas mediante la revisión detallada del sistema de una manera sistemática y documentada, de conformidad con lo establecido en la NOM-007-SECRE-2010.
- e) Elaboración e instrumentación de procedimientos para el trabajo en líneas vacías y vivas para la supresión y reparación de fugas.

Operación y Mantenimiento de las Instalaciones Industriales

- Cuando se operen tuberías que contienen o han contenido gas, se debe observar lo siguiente:
 - a) No se permite fumar, tener flamas abiertas o cualquier otra fuente de ignición. Se deben usar linternas que sean a prueba de explosión;
 - b) En caso de requerirse corte, éste se debe hacer con equipo mecánico y se debe aterrizar la tubería en ambos lados del corte, se debe asegurar que no exista una mezcla explosiva en el área de trabajo utilizando el equipo de detección adecuado;
 - c) Se debe revisar el potencial eléctrico de la tubería de acero y desconectar la fuente de corriente antes de hacer algún trabajo en la línea. Cuando se trate de tubería de polietileno se debe prever la eliminación de corrientes estáticas, en este caso aplica.
 - d) Antes de proceder a soldar o cortar la tubería se debe cerrar todas las válvulas de suministro, purgar la línea y ventilar el área de trabajo;
 - e) Se puede realizar trabajos en línea viva para la supresión y reparación de fugas, si se cuenta con personal calificado, procedimiento y equipo diseñado para este fin, y
 - f) En caso de requerirse iluminación artificial para realizar trabajos, se deben utilizar lámparas e interruptores a prueba de explosión.
- Descripción del contenido del manual de operación.
El sistema de transporte debe contar con un manual de operación y mantenimiento en el que se describan detalladamente, los procedimientos que se llevan a cabo en el mismo.
El manual de operación y mantenimiento debe estar disponible a la autoridad competente y mantenerse actualizado. El manual debe contener, como mínimo lo siguiente:
 - a) Descripción de los procedimientos de operación y mantenimiento del sistema durante la puesta en operación, operación normal y paro;
 - b) Identificación de los puntos que presenten el mayor riesgo para la seguridad pública;
 - c) Programa de inspecciones periódicas para asegurar que el sistema cumple con las condiciones de diseño;
 - d) Programa de mantenimiento preventivo que incluya los procedimientos y los resultados de las pruebas e inspecciones realizadas en el sistema (bitácora de operación y mantenimiento), y
 - e) Capacitación al personal que ejecuta las actividades de operación y mantenimiento para reconocer condiciones potencialmente peligrosas que estén sujetas a la presentación de informes a la autoridad competente

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Área de Seguridad:

- Será necesario establecer cursos intensivos de capacitación, entrenamiento de personal y elaboración de simulacros.
- Generar las alianzas necesarias con el distribuidor de molécula, los operadores del sistema y las autoridades locales de atención a emergencias, así como la promoción de un Comité Local de Ayuda Mutua con las empresas vecinas y localidades cercanas.
- Cumplir cabalmente con un **Programa de Prevención de Accidentes**, en el que se considere Educación Pública, Capacitación interna y Externa, Simulacros, comunicación con autoridades, etc. Los riesgos en general pueden reducirse aún más mejorando continuamente el mantenimiento, inspección y **auditorias de seguridad y ambiental tanto internas y externas**, lo que es recomendable incluir en los procedimientos normales de la empresa.
- Los riesgos de fugas por rotura o golpe al gasoducto por algún agente externo, se podrían reducir y hasta eliminar si se concientiza a la gente que transite cerca de las instalaciones, sobre los peligros que implica la invasión al Derecho de Vía y a la realización de trabajos en forma irresponsable. Para ello es necesario informar a estas personas mediante pláticas, señalamientos y boletines, sobre qué hacer en caso de que se presente un accidente y cómo actuar con prontitud de acuerdo al Plan de Emergencia del Gasoducto.
- Informar a la comunidad, a las autoridades municipales, estatales y federales sobre los horarios de operación y los riesgos del sistema, así como la coordinación de acciones de emergencia ante un siniestro.
- Implantar rigurosamente los planes y programas de capacitación, seguridad, inspección, controles de operación, vigilancia, etc., de tal forma que se garantice un involucramiento total de los recursos humanos, al esquema de seguridad.
- Contar con un número de atención a emergencias, en un tarjetón protegido por la humedad, el cual deberá colocarse en lugares estratégicos y que se difunda perfectamente bien entre las autoridades locales y estatales, así como las comunidades vecinas del gasoducto.
- Realizar un Programa para la Prevención de Accidentes, de acuerdo con las guías de la ASEA, SEMARNAT y la CRE.

IV. Análisis y Evaluación de Riesgos Antecedentes de Accidentes e Incidentes

VI. Antecedentes de accidentes e incidentes.

El proyecto consiste en el diseño, construcción, puesta en marcha y operación de un Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro de este hidrocarburo a un usuario a instalarse, el proyecto se encuentra ubicado en el municipio de Mexicali, en el Estado de Baja California.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Este sistema se encontrará instalado en el municipio de Mexicali, donde se encontrará la estación de medición y regulación principal del punto de interconexión, hasta la planta de un usuario, desde la zona Norte de la planta donde se encontrará instalada dicha estación dentro del mismo predio.

Para la identificación de los probables tipos de riesgo se consideraron las características de la línea propuesta; un grupo multidisciplinario analizó la trayectoria y diagramas de tubería e instrumentación del sistema de transporte del combustible. Los criterios de selección para la metodología utilizada para la evaluación de riesgo fueron los siguientes:

- Estadísticas de clasificación de incidentes en ductos por componentes del sistema.
- Distribución típica de las causas de fallas.

La identificación de riesgos del ducto se llevó a cabo seleccionando unidades del sistema, en base a lo anterior fueron considerados las siguientes categorías de eventos:

- Defectos de construcción y/o materiales;
- Fallas humanas durante la operación;
- Fuerzas externas/desconocidas;
- Daño por fuerzas naturales; y
- Corrosión.

Los componentes del sistema considerados:

- Conexión con punto de interconexión con IEnova;
- Cuerpo de tubería de la instalación;
- Materiales de construcción.

Por su ubicación:

- Cruce o cercanía con la población
- Cercanía a instalaciones industriales existentes
- Inicio de operación (vida útil)
- Antecedentes de fugas
- Relación de accidentes industriales

A continuación, se presenta una breve descripción de los métodos empleados.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Análisis Histórico de Accidentes

El análisis histórico de accidentes es un método del tipo cualitativo, el cual consiste en estudiar algunas estadísticas de accidentes importantes registrados en el pasado en sistemas similares o con productos idénticos o de la misma naturaleza. Su análisis permite percibir el perfil cualitativo del tema objeto del presente texto: análisis, prevención y mitigación de los accidentes en la industria (Storch de Gracia, 1998).

Se basa en informaciones de procedencia diversa:

- Bibliografía especializada (publicaciones periódicas y libros de consulta).
- Bancos de datos de accidentes informatizados (tal es el caso de la información proporcionada por la Dirección General de Protección Civil, el Centro Nacional de Prevención de Desastres y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente).
- Registro de accidentes de la propia empresa, de asociaciones empresariales o de las autoridades competentes.
- Informes o peritajes realizados normalmente sobre los accidentes más importantes.

El ámbito de aplicación de esta metodología observa una utilidad, principalmente, para el establecimiento de posibles riesgos en un sistema como el que manejamos en el proyecto; además, sirve para hacer una aproximación cuantitativa de la frecuencia de determinados tipos de accidentes, en caso de disponerse de una base estadística suficientemente representativa.

La principal ventaja en el uso de esta metodología de análisis de riesgo ambiental, es que el establecimiento de una hipótesis de accidentes se basa en casos reales.

De esa forma, a continuación, se procede al planteamiento y desarrollo del análisis histórico de accidentes, tomando como marco de referencia los siniestros acontecidos tanto internacional como nacionalmente, conforme los siguientes puntos:

Marco General.

Las actividades petroleras como el transporte de sustancias a través de ductos, como todo proceso industrial tiene cierto margen de riesgo que puede estar vinculado a manifestaciones de eventos no deseados como incendios o explosiones (derivados de fugas e ignición de la sustancia transportada) y otros factores como los siguientes:

- a) Inadecuado control de calidad de los componentes mecánicos del sistema de operación tales como bridas, empaques en válvulas y en los puntos de inicio y final.
- b) La frecuencia, continuidad y características de los programas de verificación y mantenimiento preventivo y correctivo.
- c) La eficiencia y rapidez de respuesta para el control de emergencias, de acuerdo a los planes de Seguridad Industrial y Protección Ambiental.

En lo referente al control de calidad de los componentes mecánicos del sistema de operación, esto representa para el proyecto en estudio un abatimiento del nivel de riesgo muy importante, debido a que la mayor parte de los materiales manejados en la industria del transporte de hidrocarburos, han demostrado cumplir con los estándares de calidad más importantes establecidos por la Internacional Standard Organization (ISO), lo que generalmente resulta en nulas fallas en materiales y equipos de operación.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Debido a que Accesgas operará este sistema, estará atento a realizar con frecuencia, y continuidad los programas de verificación y mantenimiento preventivo y correctivo, así como una oportuna y eficaz atención y respuesta para el control de emergencias a partir de la implementación de programas de Seguridad Industrial y Protección Ambiental y/o con la adopción de estándares de calidad cada vez más exigentes; sin embargo, pudieran persistir problemas, aunque en pequeña proporción, lo que provoca que existan factores extrínsecos a las labores y actividades de operación que pudieran derivar en problemas de accidentes.

A pesar de que la industria petrolera tiene un registro de accidentes inferior al de otras actividades industriales, ésta es considerada de alto riesgo. Para el caso de nuestro país, los accidentes mayores como las explosiones de varios contenedores con gas L. P. el 19 de noviembre de 1984 en San Juan de Ixhuatepec y las explosiones ocurridas en Guadalajara el 23 de abril de 1992, y en el Distrito Federal el 29 de enero de 2015, pusieron de manifiesto el alto grado de consecuencias derivadas de las manifestaciones del riesgo implícito que lleva este tipo de operaciones y manejos industriales.

La European Pipeline Incident Data Group ha publicado la frecuencia de fugas en tuberías por cada 10,000 Km/año; la mayor de ellas se refiere a un orificio pequeño de diámetros equivalentes entre 3.17 mm (0.12") y 12.7 mm (0.50"); un orificio mediano es mayor a 12.7 mm (0.50") y hasta 38.10 mm (1.50") y la ruptura es mayor a un diámetro equivalente a 38.10 mm (1.50") y hasta la ruptura total de los ductos.

Tabla 13 Estadísticas de eventos

| Causa | Frecuencia por 10 000 Km. por año | | | | % | |
|----------------------------|-----------------------------------|------------------|-------------|-------------|---------------|-------|
| | Orificio pequeño | Orificio mediano | Ruptura | | Total | |
| Interferencias externas | 0.70 | 1.70 | 0.50 | 2.90 | 50.43 | |
| Defectos de | Construcción | 0.70 | 0.30 | 0.10 | 1.10 | 19.13 |
| | Corrosión | 0.80 | 0.02 | 0.00 | 0.82 | 14.26 |
| Movimientos de Tierra | 0.10 | 0.12 | 0.12 | 0.34 | 5.91 | |
| Error en una interconexión | 0.20 | 0.06 | 0.00 | 0.26 | 4.52 | |
| Otros | 0.30 | 0.03 | 0.00 | 0.33 | 5.75 | |
| Total | 2.80 | 2.23 | 0.72 | 5.75 | 100.00 | |

Basándose en el comportamiento de oleoductos y gasoductos en Alberta, Canadá de 1983 a 1992, el rango anual de accidentes por falla fluctúa entre 0.6 y 3 por cada 1000 Km/año, con un rango representativo de accidentes del orden de 1 por cada 1000 Km/año (1×10^{-3} por Km/año). Mencionando que los datos estadísticos se estiman para su representatividad por contar con una estructura de 100,000 Km. de gasoductos y 25,000 Km de oleoductos. Con una mayor aproximación se indica que el 85% de todas las fallas son fugas y el 15.0% son rupturas; señalando con esto que una fuga es comparable con categoría de fuga pequeña, y la ruptura es comparable con la categoría de fuga grande o ruptura total. Por lo tanto, la indicación representativa para fallas es la siguiente:

Tabla 14 Tipos de fallas

| Rango | Tipo de falla |
|----------------------------------|-------------------------------|
| 8.5×10^{-4} por Km /año | Para fugas pequeñas |
| 1.5×10^{-4} por Km /año | Para fugas grandes o rupturas |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

En términos de la dimensión del orificio y de acuerdo con datos del Symposium “Control de Riesgos en Ductos de Transporte de Gas” presentado por G.D. Fearnough en 1995, se tiene lo siguiente:

Tabla 15 Distribución relativa de dimensiones de orificios

| Dimensión del orificio | Distribución relativa |
|------------------------|-----------------------|
| Menor a 20 mm | 87 % |
| De 20 a 80 mm | 10 % |
| Mayor de 80 mm | 3 % |

Los datos anteriores son similares a los valores presentados en Alberta, Canadá de 1993 a 2002, lo que nos presenta los siguientes valores representativos con respecto a fugas para oleoductos y gasoductos:

Tabla 16 Frecuencia y modo de fallas

| Modo de falla | Frecuencia Km/año |
|---------------|----------------------|
| Fuga pequeña | 8.7×10^{-4} |
| Fuga grande | 1.0×10^{-4} |
| Ruptura | 0.3×10^{-4} |

Por otro lado, los antecedentes de incidentes en ductos reportados en los EE.UU. proporcionan pautas para evaluar estos peligros. Los datos totales de incidentes, rupturas y derrames, para el periodo desde mediados de 1984 hasta 1989 (Asociación Americana de Gas, 1990) están resumidos en la tabla 1. Tal como se indica en esta tabla, las fuerzas externas y la corrosión son los dos peligros más significativos para los ductos de transporte de gas. Menos significativo es el efecto de los peligros naturales y el fuego. Los datos reportados de 1984 a 1989 respecto a descomposturas o averías debido a fuerzas externas y causas de corrosión son los mencionados con mayor detalle. Estos datos indican que la construcción cercana al DDV o el uso de equipo de movimiento de tierras causan el 89% de los incidentes debidos a fuerzas externas para los gasoductos continentales, mientras que las causas restantes se relacionan a peligros naturales y "Otros". Los datos adicionales también indican que más de la mitad de los incidentes, en los gasoductos continentales están relacionados con la corrosión externa.

Tabla 17 Porcentaje de incidentes, rupturas y fugas según la causa

| Causa | Incidente | Rupturas | Fugas |
|--------------------------|-----------|----------|-------|
| Fuerzas Externas | 39 | 30 | 34 |
| Corrosión | 23 | 37 | 30 |
| Materiales Defectuosos | 9 | 14 | 9 |
| Defectos de Construcción | 6 | 6 | 8 |
| Otros | 23 | 12 | 19 |

Más de un tercio de las causas incluidas en "Otros" son debido a incendios. Las causas restantes son dispersas y forman solo una pequeña parte del total. Los peligros previstos para el proyecto pueden resumirse como sigue:

- Fuerzas externas (construcción o uso de equipo de movimiento de tierra).
- Peligros naturales (terremoto, inundación, asentamiento diferencial).
- Corrosión

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario, en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Estadística General de Accidentes:

Conforme datos publicados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en su página electrónica de internet (www.profepa.gob.mx), el análisis estatal y anual de accidentes en la República Mexicana, para el período 2000 - 2014, presenta la siguiente estadística:

Tabla 18 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA

| Estado | Año | | | | | | | | | | | | | | Total | | Acumulado (%) | |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|--------|
| | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | Eventos | | % |
| Veracruz | 143 | 83 | 73 | 94 | 118 | 85 | 63 | 65 | 44 | 46 | 45 | 57 | 90 | 76 | 123 | 1205 | 15.88 | 15.88 |
| Tabasco | 98 | 93 | 92 | 60 | 65 | 63 | 46 | 59 | 26 | 29 | 9 | 12 | 20 | 24 | 95 | 791 | 10.42 | 26.30 |
| Tamaulipas | 10 | 33 | 30 | 41 | 44 | 32 | 44 | 44 | 58 | 36 | 23 | 22 | 34 | 42 | 63 | 556 | 7.33 | 33.62 |
| Guanajuato | 31 | 34 | 6 | 14 | 6 | 9 | 11 | 16 | 24 | 26 | 25 | 14 | 33 | 53 | 237 | 539 | 7.10 | 40.72 |
| Campeche | 39 | 41 | 41 | 48 | 116 | 38 | 5 | 10 | 2 | 4 | 2 | 6 | 6 | 5 | 12 | 375 | 4.94 | 45.67 |
| México | 25 | 19 | 19 | 21 | 8 | 23 | 15 | 11 | 14 | 12 | 21 | 17 | 35 | 51 | 59 | 350 | 4.61 | 50.28 |
| Oaxaca | 18 | 19 | 17 | 19 | 18 | 23 | 29 | 22 | 24 | 19 | 16 | 21 | 30 | 21 | 29 | 325 | 4.28 | 54.56 |
| Puebla | 12 | 16 | 20 | 30 | 11 | 19 | 8 | 7 | 7 | 22 | 20 | 28 | 25 | 23 | 62 | 310 | 4.08 | 58.64 |
| Nuevo Leon | 18 | 21 | 25 | 4 | 7 | 5 | 16 | 9 | 14 | 20 | 25 | 24 | 30 | 28 | 35 | 281 | 3.70 | 62.35 |
| Sonora | 13 | 15 | 4 | 6 | 13 | 15 | 10 | 18 | 12 | 4 | 9 | 20 | 55 | 29 | 37 | 260 | 3.43 | 65.77 |
| Chiapas | 21 | 21 | 32 | 20 | 13 | 21 | 13 | 18 | 14 | 12 | 8 | 4 | 13 | 3 | 9 | 222 | 2.92 | 68.70 |
| Jalisco | 19 | 8 | 5 | 8 | 2 | 13 | 11 | 11 | 7 | 11 | 18 | 13 | 30 | 24 | 38 | 218 | 2.87 | 71.57 |
| Hidalgo | 22 | 20 | 13 | 8 | 8 | 11 | 8 | 7 | 9 | 9 | 8 | 16 | 17 | 22 | 32 | 210 | 2.77 | 74.33 |
| Distrito Federal | 14 | 3 | 4 | 7 | 16 | 19 | 11 | 9 | 6 | 12 | 9 | 13 | 15 | 34 | 34 | 206 | 2.71 | 77.05 |
| Chihuahua | 4 | 8 | 3 | 0 | 1 | 6 | 13 | 13 | 12 | 8 | 10 | 20 | 24 | 29 | 35 | 186 | 2.45 | 79.50 |
| Coahuila | 25 | 19 | 12 | 9 | 7 | 6 | 7 | 5 | 6 | 14 | 8 | 18 | 15 | 10 | 10 | 171 | 2.25 | 81.75 |
| Baja California | 7 | 10 | 10 | 2 | 2 | 4 | 5 | 13 | 2 | 6 | 7 | 20 | 23 | 23 | 17 | 149 | 1.96 | 83.72 |
| Michoacán | 11 | 14 | 13 | 11 | 7 | 3 | 7 | 6 | 6 | 6 | 12 | 9 | 15 | 10 | 13 | 143 | 1.88 | 85.60 |
| San Luis Potosí | 11 | 16 | 17 | 13 | 2 | 17 | 2 | 8 | 7 | 7 | 5 | 9 | 8 | 8 | 9 | 139 | 1.83 | 87.43 |
| Querétaro | 9 | 3 | 5 | 6 | 6 | 1 | 6 | 9 | 7 | 11 | 10 | 11 | 13 | 10 | 27 | 134 | 1.77 | 89.20 |
| Sinaloa | 6 | 5 | 9 | 3 | 2 | 2 | 2 | 5 | 4 | 3 | 4 | 13 | 16 | 21 | 34 | 129 | 1.70 | 90.90 |
| Zacatecas | 2 | 4 | 3 | 3 | 1 | 8 | 4 | 10 | 5 | 9 | 15 | 11 | 15 | 13 | 22 | 125 | 1.65 | 92.54 |
| Yucatán | 3 | 5 | 2 | 7 | 7 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 4 | 8 | 13 | 8 | 8 | 89 | 1.17 | 93.72 |
| Durango | 5 | 10 | 4 | 3 | 5 | 9 | 1 | 9 | 4 | 0 | 3 | 4 | 8 | 5 | 8 | 78 | 1.03 | 94.74 |
| Morelos | 8 | 1 | 1 | 2 | 5 | 1 | 4 | 4 | 5 | 7 | 4 | 5 | 4 | 8 | 6 | 65 | 0.86 | 95.60 |
| Tlaxcala | 6 | 7 | 1 | 0 | 1 | 6 | 4 | 4 | 1 | 2 | 1 | 8 | 7 | 6 | 10 | 64 | 0.84 | 96.44 |
| Guerrero | 2 | 3 | 0 | 5 | 4 | 2 | 2 | 1 | 6 | 7 | 3 | 8 | 3 | 5 | 6 | 57 | 0.75 | 97.19 |
| Baja California Sur | 0 | 5 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 | 4 | 7 | 8 | 6 | 6 | 4 | 50 | 0.66 | 97.85 |
| Aguascalientes | 4 | 5 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 | 8 | 3 | 2 | 2 | 2 | 7 | 43 | 0.57 | 98.42 |
| Colima | 2 | 0 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 5 | 1 | 0 | 3 | 2 | 8 | 43 | 0.57 | 98.99 |
| Nayarit | 5 | 3 | 1 | 4 | 0 | 4 | 3 | 3 | 2 | 0 | 0 | 3 | 5 | 3 | 5 | 41 | 0.54 | 99.53 |
| Quintana Roo | 3 | 0 | 3 | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 2 | 5 | 7 | 1 | 36 | 0.47 | 100.00 |
| Total | 596 | 544 | 470 | 454 | 502 | 455 | 362 | 405 | 350 | 368 | 339 | 426 | 618 | 606 | 1095 | 7590 | 100.00 | |
| Eventos / Día | 1.63 | 1.49 | 1.29 | 1.24 | 1.38 | 1.25 | 0.99 | 1.11 | 0.96 | 1.01 | 0.93 | 1.17 | 1.69 | 1.66 | 3.00 | 1.39 | | |

Puede observarse que el Estado de Baja California, se encuentra registrado en la 17ª posición con respecto a la incidencia de accidentes y los años con más eventos (20 – 23) fueron desde 2011 a 2014.

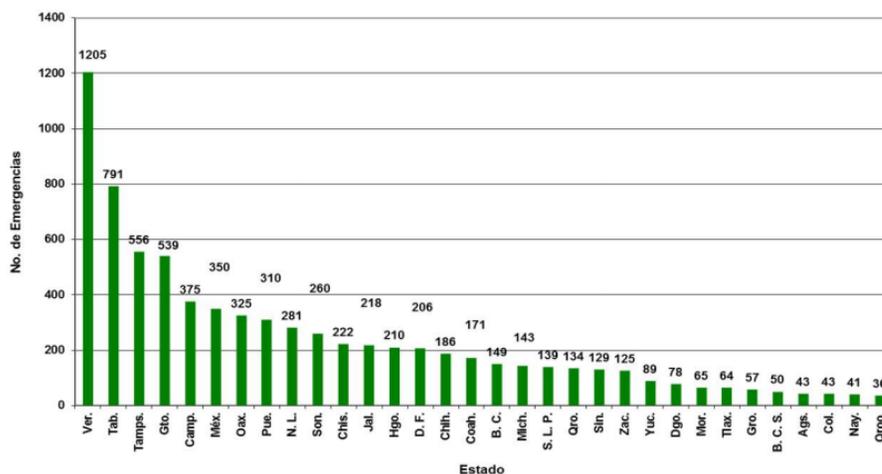


Figura 8 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario, en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

De los accidentes reportados, en el período 1998 – 2009, la PROFEPA establece que las principales sustancias involucradas, son:

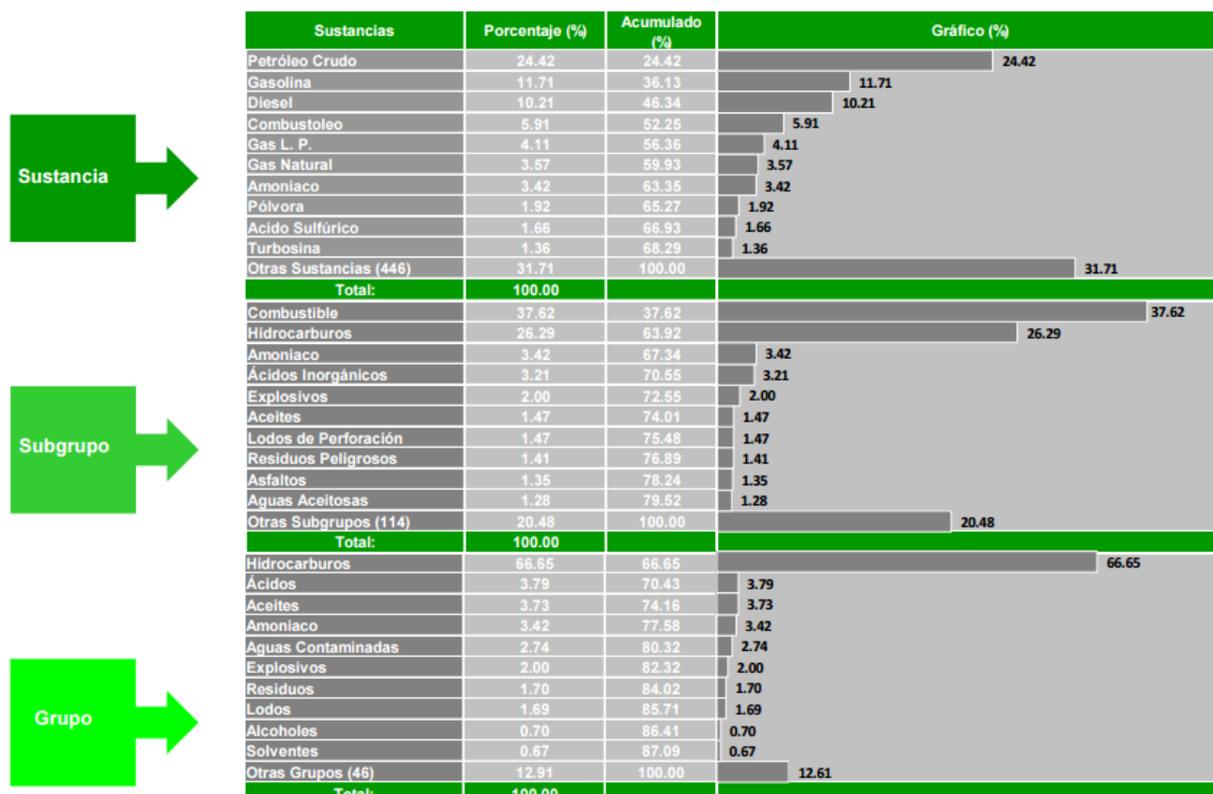
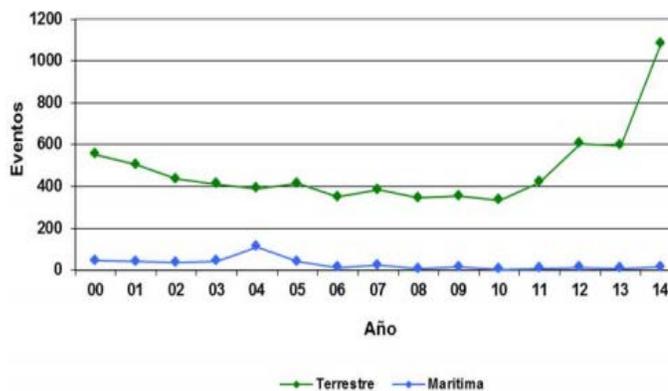


Figura 9 Sustancias involucradas en emergencias

A este respecto, se puede apreciar que el Gas Natural se encuentra situado como una de las sustancias reportadas con menor frecuencia en los accidentes analizados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Esta sustancia se relaciona con un 3.57 % de los accidentes ocurridos en la República Mexicana (para el período 1998 - 2009).

Por otra parte, para el período señalado entre 2000 y 2014, los accidentes reportados en el país se han presentado mayoritariamente en actividades de transporte, conforme se establece enseguida:

| Año | Número de Eventos | Localización | | | |
|---------------|-------------------|--------------|-------------|------------|------------|
| | | Terrestre | | Marítima | |
| | | No. | % | No. | % |
| 2000 | 596 | 552 | 92.5 | 44 | 7.4 |
| 2001 | 544 | 503 | 92.5 | 41 | 7.5 |
| 2002 | 470 | 435 | 92.6 | 35 | 7.4 |
| 2003 | 454 | 411 | 90.5 | 43 | 9.5 |
| 2004 | 502 | 390 | 77.7 | 112 | 22.3 |
| 2005 | 455 | 414 | 91.0 | 41 | 9.0 |
| 2006 | 362 | 349 | 96.4 | 13 | 3.6 |
| 2007 | 405 | 383 | 94.6 | 22 | 5.4 |
| 2008 | 350 | 344 | 98.3 | 6 | 1.7 |
| 2009 | 358 | 354 | 96.2 | 14 | 3.8 |
| 2010 | 339 | 335 | 98.8 | 4 | 1.2 |
| 2011 | 425 | 419 | 98.4 | 7 | 1.6 |
| 2012 | 618 | 605 | 97.9 | 13 | 2.1 |
| 2013 | 606 | 597 | 98.5 | 9 | 1.5 |
| 2014 | 1095 | 1080 | 98.6 | 15 | 1.4 |
| Total: | 7590 | 7171 | 94.5 | 419 | 5.5 |



“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario, en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

| Año | Número de Eventos | Tipo | | | | | | | | | |
|---------------|-------------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| | | Fuga | | Derrame | | Explosión | | Incendio | | Otro | |
| | | No. | % | No. | % | No. | % | No. | % | No. | % |
| 2000 | 596 | 46 | 7.7 | 483 | 81.0 | 26 | 4.6 | 35 | 5.9 | 6 | 1.0 |
| 2001 | 544 | 60 | 9.2 | 455 | 83.6 | 14 | 2.5 | 21 | 3.9 | 4 | 0.7 |
| 2002 | 470 | 22 | 4.7 | 403 | 85.7 | 15 | 2.6 | 27 | 5.7 | 3 | 0.6 |
| 2003 | 454 | 22 | 4.8 | 385 | 84.8 | 18 | 3.2 | 21 | 4.6 | 8 | 1.8 |
| 2004 | 502 | 29 | 5.8 | 445 | 88.6 | 10 | 1.8 | 18 | 3.6 | 0 | 0.0 |
| 2005 | 455 | 61 | 11.2 | 338 | 74.3 | 28 | 4.9 | 38 | 8.4 | 0 | 0.0 |
| 2006 | 362 | 61 | 14.1 | 251 | 69.3 | 31 | 5.5 | 29 | 8.0 | 0 | 0.0 |
| 2007 | 405 | 54 | 13.3 | 292 | 72.1 | 25 | 4.4 | 34 | 8.4 | 0 | 0.0 |
| 2008 | 350 | 54 | 15.4 | 249 | 71.1 | 16 | 2.8 | 30 | 8.6 | 1 | 0.3 |
| 2009 | 368 | 67 | 18.2 | 245 | 66.6 | 22 | 3.9 | 34 | 9.2 | 0 | 0.0 |
| 2010 | 339 | 44 | 13.0 | 228 | 67.3 | 33 | 5.8 | 34 | 10.0 | 0 | 0.0 |
| 2011 | 426 | 65 | 15.3 | 273 | 64.1 | 50 | 8.8 | 36 | 8.5 | 2 | 0.5 |
| 2012 | 618 | 87 | 14.1 | 408 | 66.0 | 66 | 11.6 | 51 | 8.3 | 6 | 1.0 |
| 2013 | 606 | 102 | 16.8 | 384 | 63.4 | 70 | 12.3 | 44 | 7.3 | 6 | 1.0 |
| 2014 | 1095 | 139 | 12.7 | 819 | 74.8 | 51 | 9.0 | 83 | 7.6 | 3 | 0.3 |
| Total: | 7590 | 883 | 11.6 | 5658 | 74.5 | 475 | 6.3 | 535 | 7.0 | 39 | 0.5 |

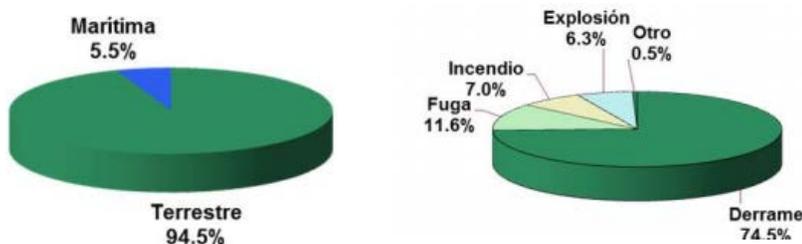
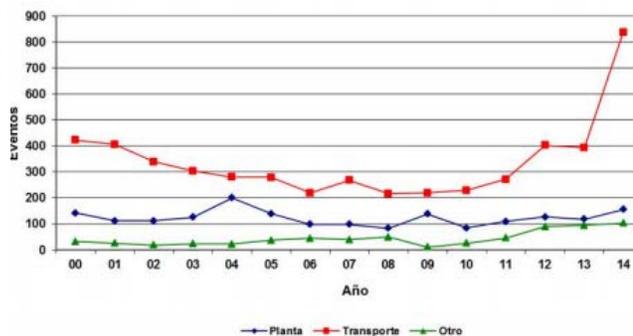


Figura 10 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 – 2014) Número, Localización y Tipo de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA

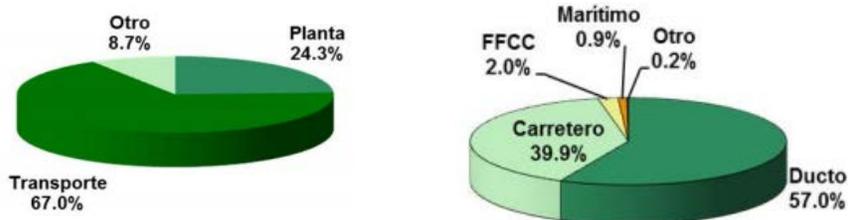
Observando los datos anteriores, se verifica una amplia preponderancia de accidentes relacionados con el transporte de sustancias peligrosas por medio de ductos, aunque se debe señalar que no necesariamente son por falta de medidas precautorias del responsable de este medio, puesto que es sabido que los ductos son sujetos a allanamientos para el robo de combustibles ó dañados por causa de obras que no respetan los distanciamientos y condiciones de seguridad establecidos por la normatividad correspondiente.

Otro aspecto relacionado con la estadística de accidentes en México, tiene referencia a la localización de los siniestros y el tipo de los mismos, conforme se muestra a continuación:

| Año | Número de Eventos | Ubicación | | | | | |
|---------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|
| | | Planta | | Transporte | | Otro | |
| | | No. | % | No. | % | No. | % |
| 2000 | 596 | 142 | 23.8 | 422 | 70.8 | 32 | 5.4 |
| 2001 | 544 | 112 | 20.6 | 406 | 74.6 | 26 | 4.8 |
| 2002 | 470 | 112 | 23.8 | 339 | 72.1 | 19 | 4.0 |
| 2003 | 454 | 126 | 27.8 | 304 | 67.0 | 24 | 5.3 |
| 2004 | 502 | 200 | 39.8 | 280 | 55.8 | 22 | 4.4 |
| 2005 | 455 | 139 | 30.5 | 279 | 61.3 | 37 | 8.1 |
| 2006 | 362 | 98 | 27.1 | 219 | 60.5 | 45 | 12.4 |
| 2007 | 405 | 98 | 24.2 | 268 | 66.2 | 39 | 9.6 |
| 2008 | 350 | 83 | 23.7 | 217 | 62.0 | 50 | 14.3 |
| 2009 | 368 | 138 | 37.5 | 219 | 59.5 | 11 | 3.0 |
| 2010 | 339 | 84 | 24.8 | 229 | 67.6 | 26 | 7.7 |
| 2011 | 426 | 109 | 25.6 | 271 | 63.6 | 46 | 10.8 |
| 2012 | 618 | 127 | 20.6 | 402 | 65.0 | 89 | 14.4 |
| 2013 | 606 | 118 | 19.5 | 394 | 65.0 | 94 | 15.5 |
| 2014 | 1095 | 155 | 14.2 | 837 | 76.4 | 103 | 9.4 |
| Total: | 7590 | 1841 | 24.3 | 5086 | 67.0 | 663 | 8.7 |



“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario, en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”



| Año | Número de Eventos | Transporte | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-----------|------------|-------------|-------------|----------|------------|
| | | Total | FFCC | | Carretero | | Marítimo | | Ducto | | Otro | |
| | | | No. | % | No. | % | No. | % | No. | % | No. | % |
| 2000 | 596 | 422 | 8 | 1.9 | 134 | 31.8 | 3 | 0.7 | 277 | 65.6 | 0 | 0.0 |
| 2001 | 544 | 406 | 10 | 2.5 | 149 | 36.7 | 4 | 1.0 | 243 | 59.9 | 0 | 0.0 |
| 2002 | 470 | 339 | 9 | 2.7 | 143 | 42.2 | 6 | 1.8 | 181 | 53.4 | 0 | 0.0 |
| 2003 | 454 | 304 | 7 | 2.3 | 125 | 41.1 | 2 | 0.7 | 170 | 55.9 | 0 | 0.0 |
| 2004 | 502 | 280 | 4 | 1.4 | 99 | 35.4 | 2 | 0.7 | 175 | 62.5 | 0 | 0.0 |
| 2005 | 455 | 279 | 11 | 3.9 | 121 | 43.4 | 1 | 0.4 | 143 | 51.3 | 3 | 1.1 |
| 2006 | 362 | 219 | 2 | 0.9 | 102 | 46.6 | 4 | 1.8 | 111 | 50.7 | 0 | 0.0 |
| 2007 | 405 | 268 | 8 | 3.0 | 118 | 44.0 | 2 | 0.7 | 140 | 52.2 | 0 | 0.0 |
| 2008 | 350 | 217 | 7 | 3.2 | 133 | 61.3 | 2 | 0.9 | 74 | 34.1 | 1 | 0.5 |
| 2009 | 368 | 219 | 6 | 2.7 | 138 | 63.0 | 3 | 1.4 | 72 | 32.9 | 0 | 0.0 |
| 2010 | 339 | 229 | 5 | 2.2 | 143 | 62.4 | 2 | 0.9 | 78 | 34.1 | 1 | 0.4 |
| 2011 | 426 | 271 | 7 | 2.6 | 161 | 59.4 | 4 | 1.5 | 99 | 36.5 | 0 | 0.0 |
| 2012 | 618 | 402 | 9 | 2.2 | 177 | 44.0 | 4 | 1.0 | 210 | 52.2 | 2 | 0.5 |
| 2013 | 606 | 394 | 4 | 1.0 | 148 | 37.6 | 6 | 1.5 | 236 | 59.9 | 0 | 0.0 |
| 2014 | 1095 | 837 | 7 | 0.8 | 136 | 16.2 | 1 | 0.1 | 692 | 82.7 | 1 | 0.1 |
| Total: | 7590 | 5086 | 104 | 2.0 | 2027 | 39.9 | 46 | 0.9 | 2901 | 57.0 | 8 | 0.2 |

Figura 11 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 – 2014) Número, Ubicación y Medio de Transporte de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA.

De la información anterior, se desprende que la localización de accidentes en la República Mexicana se presenta en número superior en forma terrestre; sin embargo, esto no quiere decir que sean los que mayor daño provoquen al ambiente, dado que gran parte de los siniestros acontecidos en el medio marítimo han tenido consecuencias catastróficas sobre los recursos bióticos, principalmente en los marinos, por tratarse de sistemas muy frágiles.

Así también, se puede apreciar que el mayor número de eventos analizados por la PROFEPA en el período 2000 – 2014, se vincula con fugas o derrames, lo cual tiene relación directa con el tipo de sustancias principales ligadas con accidentes, mencionadas anteriormente, destacando el petróleo, la gasolina, el diesel, el combustóleo, el amoníaco y el Gas L.P.

Estadísticas de fallecimientos relacionados con el manejo, transporte de gas natural.

En 1989, había más de 1.6 millones de millas (2.6 millones de km.) de ductos de gas natural en los E.E.U.U. (Departamento de Transporte de los E.E.U.U., 1989). Este departamento ha mantenido registros de fallas o fugas reportadas que incluyen los cálculos de costos de daños, lesiones y muertos desde 1979 (Asociación Americana de Gas 1990). Debido a que en 1984 se cambiaron los requisitos de dichos informes, haciendo difícil combinar los datos anteriores y posteriores a estas fechas. Se seleccionaron los datos desde 1984 hasta 1989 junto con otras fuentes para realizar el análisis que se presenta en esta sección.

Tal como las estadísticas americanas lo muestran, los gasoductos son una de las modalidades de transporte disponible más seguras (Departamento de Transporte de los E.E. U.U., 1989). Tomando

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

como base el millaje calculado de ductos de gas de 1989 y los datos de desempeño entre 1984 y 1989 mencionados anteriormente, la incidencia anual de fugas de gas de gasoducto es menor de una por cada 6,500 millas y la incidencia anual de ruptura es menor de uno por cada 10,000 millas.

La tabla siguiente enumera las muertes a causa de las diferentes modalidades de transporte en 1989. Tal como se muestra en esta tabla los gasoductos tienen las tasas anuales de muerte más baja (0,08%) de todas las modalidades enumeradas.

Tabla 19 Estadísticas de fallecimientos relacionados con el transporte- 1989

| Modalidades de Transporte: | Muerte: |
|-----------------------------------|----------------|
| Carros de pasajeros | 24,929 |
| Camiones y vagonetas | 9,365 |
| Motocicletas y bicicletas | 4,147 |
| Peatones | 6,525 |
| Otra carretera | 668 |
| Aviación | 1,158 |
| Marítimo | 991 |
| Ferrocarril | 601 |
| Recreación | 896 |
| Tránsito | 801 |
| Otro comercial | 95 |
| Gasoductos | 39 |

FUENTE: Compendio NTSB Vol. 9, No.S. Programa de Manejo: Dames& Moore, 1996.

Del 100% de las muertes reportadas en relación con ductos, los gasoductos representaron menos del 0,059% del total de muertes en el transporte.

En el cuadro siguiente, se muestra una comparación de las muertes relacionadas con el transporte de gas y los ductos en general con otras muestras de muertes accidentales.

Comparado con el total de muertes accidentales, el número de muertes con gasoductos desciende a una tasa aún más baja, menor al 0,03% del total nacional.

Tabla 20 Estadísticas de fallecimientos relacionados con accidente en EE. UU 1989.

| Tipo de accidente: | Muertes: |
|------------------------------------|-----------------|
| Vehículos Motorizados | 46,900 |
| Caídas | 12,400 |
| Envenenamiento | 6,500 |
| Ahogamiento | 4,600 |
| Sofocación por ingestión de objeto | 3,900 |
| Armas de fuego | 1,600 |
| Otro | 14,200 |
| Ductos | 39 |
| Ductos de Transporte de gas | 22 |

NOTAS

* Todos los datos fuera de lo observado, son estadísticas de 1989 según "Hechos de Accidentes" Edición 1990, Consejo Nacional de Seguridad Chicago, Il.

** Incluyen las Complicaciones Médicas, Transporte Aéreo, Maquinaria, Sofocación Mecánica, Golpe por Caída de Objeto, etc.

*** Departamento de Transporte de los EE.UU., 1989.

Identificación de las Causas de los Accidentes

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

VI.3.1. Errores humanos.

Los errores humanos se originan por un sin número de causas y que no son necesariamente atribuibles a los operadores, ya que la organización o bien las condiciones del centro de trabajo, influyen en gran medida.

El error humano incluye actitudes o prácticas incorrectas (inseguras) que originan como consecuencia que una persona no logre el objetivo o propósito deseado, esto es, por omisiones, acciones equivocadas o insuficiencia en los requerimientos de ejecución.

El origen de los errores humanos presenta diversas vertientes, destacando:

- Administración inadecuada.
- Distracción o fatiga.
- Falta de concentración o de memoria.
- Negligencia.
- Fallas personales por falta de o entrenamiento inadecuado.
- Secuencia indebida en la operación por deficiencias en el entrenamiento (incluye la falta de evaluación de operarios).
- Interrupción de operaciones en un momento no pertinente, por capacitación deficiente o negligencia.
- Condiciones ambientales relacionadas con la empresa.

De hecho, durante el análisis de los accidentes ocurridos en las diferentes instalaciones, el ambiente de trabajo es, probablemente, el factor que más contribuye a la causa de errores humanos, debido a que si los señalamientos o la presentación de información no resultan claros y evidentes, el acceso a los dispositivos de seguridad es complicado, o si las áreas operativas son reducidas, demasiado calientes o frías, o no existe una disposición ordenada, es muy alta la probabilidad de que los operadores cometan faltas.

Otro factor que es motivo de causa de accidentes por error humano, se refiere a los hábitos de trabajo inadecuados, incluyéndose deficientes prácticas de trabajo para llevar a cabo la producción, suministro o trasiego de combustibles, manejo de vehículos utilitarios (implicando el provocar rotura de tuberías y recipientes de almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, por impacto con vehículos), realización de actividades de mantenimiento (reparaciones improvisadas o mal realizadas) y aplicación de medidas de control y protección de riesgos (instalación y ubicación deficiente de equipos y dispositivos contra incendio).

En cuanto a la administración, una situación de riesgo se induce por acostumbrar operaciones sin tener recordatorios, mediante capacitación o campañas de seguridad continuas, referentes a las condiciones de riesgo específicas en el centro de trabajo.

VI.3.2. Fallo de equipos

Algunas de las fallas más frecuentes, ligadas con la generación de accidentes, son:

- Operación de equipos e instalaciones obsoletas y en malas condiciones.
- Falta de inspección y de mantenimiento de equipos y accesorios, con lo que pueden presentar fracturas u orificios originados por corrosión en elementos metálicos. A este respecto, se incluyen las fallas o accidentes mecánicos producidos en equipos de proceso por desgaste o mala operación, lo cual puede debilitar las instalaciones de ocasionando eventos de riesgo.
- Instalación inadecuada de válvulas y demás accesorios de seguridad en los sistemas operativos, referentes a procedimientos y selección de materiales deficientes.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

- Defectuosa calidad en la manufactura de válvulas y accesorios de calidad.
- Fugas y derrames ocasionados por deficientes prácticas de mantenimiento (falta de procedimientos, instrumentos y personal calificado).
- Rotura de tuberías y recipientes de almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, por impacto con vehículos utilitarios o de proveedores.
- Fugas y explosiones provocadas por incendios en áreas contiguas.
- Explosión por sobrepresión en recipientes de almacenamiento, rebasándose su presión de diseño y la de la prueba hidrostática, conjuntándose con la falta de disparo de la respectiva válvula de alivio.
- Reparaciones improvisadas o mal realizadas.

VI.3.3.Fallo de diseño o de proceso

En este rubro, los factores que más inciden en la generación de accidentes, son:

- Incumplimiento a la normatividad referente al diseño y construcción de instalaciones (incluye sistemas hidráulicos, eléctricos, sanitarios, de combustibles y de manejo de insumos).
- Falta de implementación de sistemas de seguridad y de apoyo de las áreas operativas.
- Falta de instrumentación o mal estado de la existente, para medición de condiciones de operación o de detección de condiciones inseguras o de riesgo.
- Falta de sistemas de alarma o de comunicación que ayuden a que se controle oportunamente cualquier riesgo inminente.
- Instalaciones eléctricas no pertinentes para ambientes explosivos, en su caso.
- Consideraciones inadecuadas de la capacidad necesarias para la operación de los equipos de proceso.

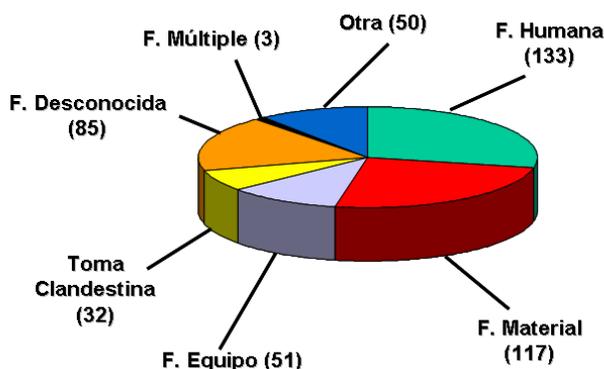


Figura 12 Tipos de falla

Fuente: Página electrónica www.profepa.gob.mx
Fecha de consulta: Julio 2010.

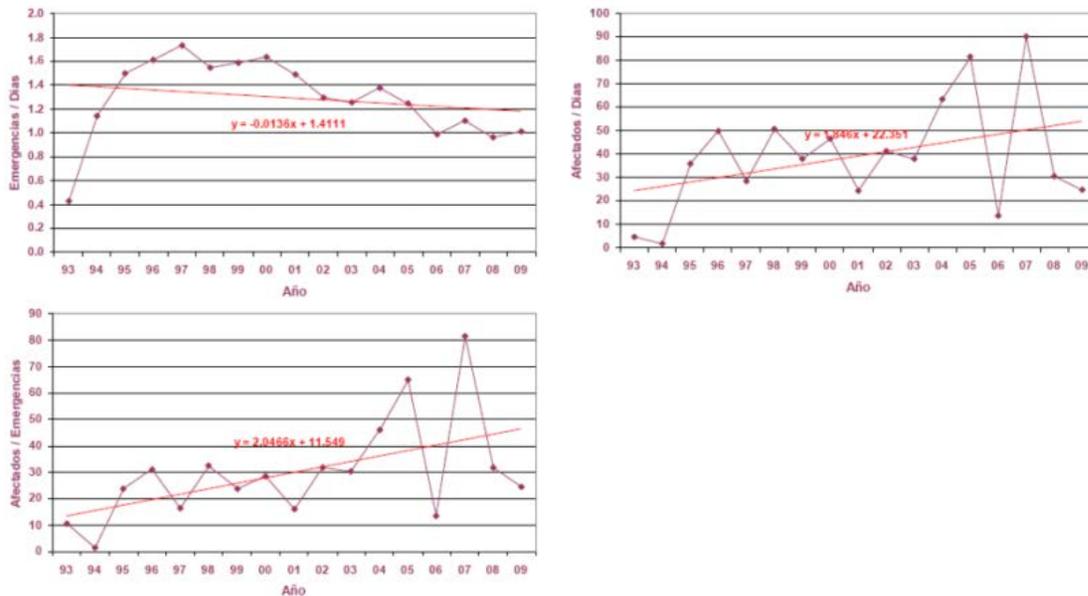
VI.3.4.Alcance de los daños causados

Anteriormente, en el reporte de accidentes relacionados con el manejo de sustancias químicas en la República Mexicana, se establecieron de forma particular los daños provocados por cada uno de los accidentes registrados. De manera complementaria, a continuación, se establece una relación general entre el número de emergencia y personas afectadas en accidentes ocurridos en el país, durante el período 1993 – 2009:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario, en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

| AÑO | NO. DE EMERGENCIAS | AFFECTADOS | AFFECTADOS/ EMERGENCIA | EMERGENCIAS POR DIA | AFFECTADOS POR DIA |
|--------------|--------------------|------------------|------------------------|---------------------|--------------------|
| 1993 | 157 | 1,653 | 10.53 | 0.43 | 4.53 |
| 1994 | 416 | 667 | 1.60 | 1.14 | 1.83 |
| 1995 | 547 | 13,044 | 23.85 | 1.50 | 35.74 |
| 1996 | 587 | 18,190 | 30.99 | 1.61 | 49.84 |
| 1997 | 632 | 10,323 | 16.33 | 1.73 | 28.28 |
| 1998 | 538 | 7,792 | 14.48 | 1.47 | 21.35 |
| 1999 | 469 | 12,772 | 27.23 | 1.28 | 34.99 |
| 2000 | 470 | 16,390 | 34.87 | 1.29 | 44.90 |
| 2001 | 565 | 7,151 | 12.66 | 1.55 | 19.59 |
| 2002 | 470 | 13,881 | 29.53 | 1.29 | 38.03 |
| 2003 | 457 | 13,807 | 30.21 | 1.25 | 37.83 |
| 2004 | 503 | 23,197 | 46.12 | 1.38 | 63.55 |
| 2005 | 456 | 26,682 | 65.09 | 1.25 | 81.32 |
| 2006 | 362 | 4,932 | 13.62 | 0.99 | 13.51 |
| 2007 | 403 | 32,923 | 81.69 | 1.10 | 90.20 |
| 2008 | 349 | 11,141 | 31.92 | 0.96 | 30.52 |
| 2009 | 370 | 9,035 | 24.42 | 1.01 | 24.75 |
| TOTAL | 7998 | 241,785 | | | |
| PROM. | 470.47 | 14,222.65 | 30.23 | 1.29 | 38.97 |

Figura 131 Análisis Estadístico de los Daños a la Población Ocasionados por las emergencias Ambientales



Fuente: Página electrónica www.profepa.gob.mx

Figura 14 Reportadas a la PROFEPA Durante el período 1993 – 2009

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Algunos de los eventos ocurridos en México referentes al transporte de gas natural se resumen en la tabla siguiente.

Tabla 21 Eventos ocurridos en México

| Lugar | Fecha | Lugar | Sustancia | Evento | Consecuencias |
|--|-------------------|---------------------------------|----------------|---------------------|--|
| El Pejelagartero Cárdenas, Tabasco | Noviembre 1978 | Ducto | Gas Natural | Fuego/ Explosión | Pérdidas Humanas Daños Ecológicos |
| Villa la Venta Huamanguillo, Tabasco | Enero 1992 | Ducto | Gas Natural | Fuego/ Explosión | Pérdidas Humanas Daños Ecológicos Daños Materiales |
| R/a Acachapan y Colmena 1ª. Sección Centro, Tabasco | Abril 1984 | Área de válvulas y ductos | Gas Natural | Fuego/ Explosión | Pérdidas Humanas Daños Ecológicos Daños Materiales |
| Villa Benito Juárez, Cárdenas, Tabasco | Mayo 1998 | Ducto | Gas Natural | Fuga/ incendio | Pérdidas Humanas Daños Ecológicos |

Fuente: PROFEPA Tabasco. México 2000.

Históricamente, los ductos o tuberías son una de las formas más seguras para transportar grandes cantidades de hidrocarburos, incluyendo al gas natural. Sin embargo, la posibilidad de fuego o explosión existe aun cuando esto sea un evento extremadamente raro para cualquier tubería.

La Oficina para la Seguridad de las Tuberías (Office of Pipeline Safety) (OPS) del Departamento de Transporte de los Estados Unidos de Norteamérica (Department of Transport) (DOT), mantiene una de las bases de datos de incidentes en gasoductos más extensa del mundo.

Los datos registrados en dicha base comprenden los incidentes ocurridos en aproximadamente 482,800 km (300,000 millas) de tuberías dedicadas al transporte de gas, en un periodo superior a 30 años. Esta base de datos provee una visión de las causas y consecuencias de fallas en gasoductos.

El análisis de la base de datos revela que las causas de falla pueden ser ampliamente clasificadas en diferentes categorías:

- Defectos de construcción y/o materiales;
- Corrosión (interna y/o externa);
- Daño por fuerzas naturales (temblores, rayos, fuego, etc.);
- Fallas humanas durante la operación;
- Daño por excavaciones por terceras partes;
- Fuerzas externas desconocidas;
- Otras.

El potencial para que ocurra un accidente en gasoductos es relativamente bajo. Utilizando la base de datos OPS para hacer estimaciones, la tasa promedio de falla de ductos de gran diámetro transportando gas natural (por ejemplo, líneas con un diámetro mayor a 28”) es calculada en 7.3×10^{-5} incidentes reportables por milla-año basado en datos históricos para el periodo 1985-1997 (Reporte PRCI).

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

La línea propuesta es un sistema nuevo que utilizará mejores materiales y avances tecnológicos para su construcción y operación. Por tanto, la probabilidad de falla debería ser mucho menor que la estadística promedio. Aun cuando se presenten fugas accidentales de gas natural, no siempre se presenta fuego ni ocurre una explosión. Dichas categorías fueron compiladas a partir de datos de fallas en ductos de grandes diámetros para la transmisión de gas natural de información obtenida de la OPS. La tabla muestra la probabilidad relativa de diferentes causas respecto a todas las causas identificadas en el Reporte GRI del año 2001.

Tabla 22 Distribución típica de las causas de fallas 1985-1999.

| Causas de Falla | Porcentaje |
|---|-------------------|
| Defectos de construcción y/o materiales | 24.0 |
| Corrosión | 21.0 |
| Daño por fuerzas naturales | 9.0 |
| Daño por excavaciones por terceras partes | 30.0 |
| Fuerzas externas desconocidas | 1.0 |
| Desconocidas/Otras | 16.0 |
| Total | 100% |

Nota: Se excluyen incidentes asociados con tuberías submarinas, estaciones de compresión y estaciones de regulación/medición.
Fuente: PRCI report, Análisis of DOT Reportable Incidents for Gas Transmission and Gathering System Pipelines 1985 through 1997, PR-218-9801, March 2001

Como se muestra en la tabla anterior, los defectos de construcción y/o materiales, corrosión y el daño por excavaciones por terceras partes son las causas más frecuentes de fallas en ductos, representando el 75% de las fallas. Las causas de falla también se pueden clasificar por la parte del sistema de tubería involucrado tales como: válvulas, estaciones de compresión, estaciones de medición, etc.

La tabla siguiente muestra una clasificación por componente para todos los incidentes de tubería de gas natural interestatal para el periodo 1985-1999 (GRI report, Gas Transmisión System Integrity Indicators by Incident Data Análisis, GRI 001/0207, January 2001 and Dot Transmisión IncidentDatabase).

Tabla 23 Clasificación de incidentes en ductos por componentes del sistema

| Componente con Falla | Porcentaje |
|-----------------------------------|-------------------|
| Cuerpo del ducto | 54.9 |
| Accesorios | 1.9 |
| Juntas Mecánicas | 2.5 |
| Válvulas | 1.3 |
| Soldadura | 10.2 |
| Sin datos | 6.9 |
| Otros componentes | 7.3 |
| Estaciones de compresión | 9.2 |
| Estaciones de medición/regulación | 5.9 |
| Total | 100% |

Fuente: GRI Report, Gas Transmission System Integrity Performance Indicators by Incident Data Análisis, GRI-001/0207, January 2001.

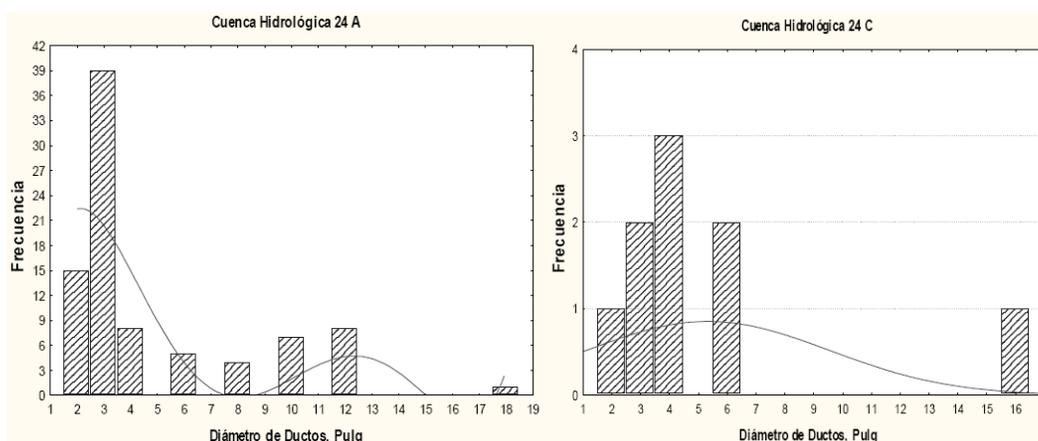
“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Como se muestra en la tabla anterior, las fallas asociadas con el cuerpo del ducto comprenden casi el 55% de los incidentes reportados. Relacionando lo anterior con la tabla donde la causa más probable de los incidentes mayores en la tubería es el daño causado por terceros mediante el golpe y perforación de los gasoductos durante actividades de excavación, perforación, barrenamiento, u otras actividades cerca del ducto.

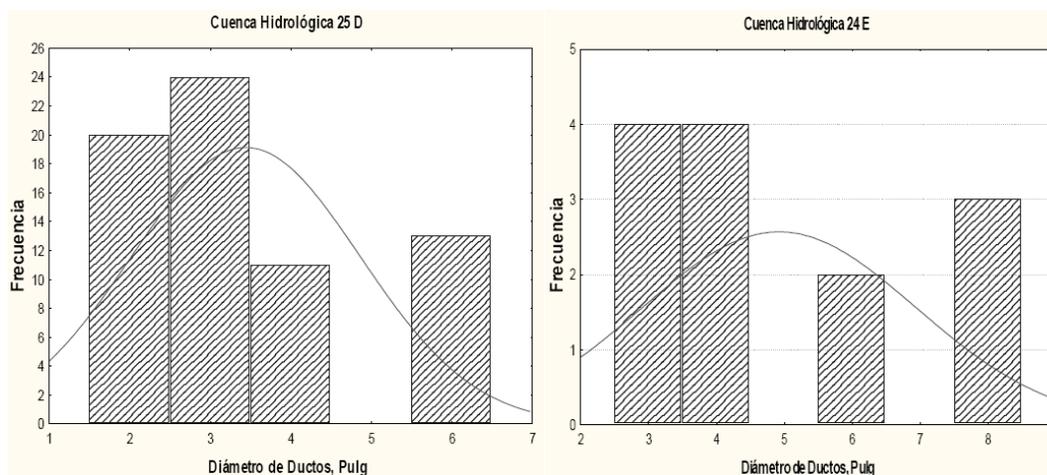
El análisis DOT reporta que una ruptura del gasoducto se esperaría que ocurriera en únicamente un tercio de todos los casos. Adicionalmente, la ignición en promedio ocurriría únicamente en el 30% de los casos de fuga (U.S. Federal Emergency Management Agency, Department of Transportation, and Environmental Protection Agency, Handbook of Chemical Hazard Analysis Procedures, 1989). Del porcentaje de gas que puede encenderse, alrededor del 70% permanece como fuego y el 30% puede explotar. La ligereza del gas reduce estos riesgos.

Por otro lado, de la experiencia de la aplicación de los programas de mantenimiento a ductos de PEMEX, de la Cuenca de Burgos se identificaron aquellos que, debido a la mayor frecuencia de fugas, debidas a corrosión externa (CE) y/o a corrosión interna (CO), han incrementado la probabilidad de tener una condición de ruptura en el caso de un represionamiento en el sistema. En la siguiente ilustración se observa la distribución de fugas, de 1/16 a 1/2 pulg de Φ equivalente, para los diferentes ductos agrupados según su diámetro.

Tabla 24 Histogramas de frecuencia de localización de fugas en tuberías de diferente diámetro para el sistema de ductos de Cuenca de Burgos



“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”



Frecuencia

Para determinar la frecuencia de accidentes en el ducto se consideró que de acuerdo con el Anexo F de U.S. Federal Emergency Management Agency, Department of Transportation, and Environmental Protection Agency, Handbook of Chemical Hazard Analysis Procedures, 1989; se establece un fallo promedio de 1.5×10^{-3} incidentes/ milla-año para líneas con un tamaño menor a 20" de diámetro.

En este caso se determinó para la longitud de un ducto de 2,000 m (1.4 millas) y de diámetro de 12" se tiene que:

$$\text{Frecuencia (fallo en el ducto)} = (1.5 \times 10^{-3}) (1.4 \text{ millas}) = 0.0021 \times 10^{-3} \text{ incidentes/año.}$$

Es decir, de acuerdo con este estimado un ducto de 2,000 m, tiene muy poca probabilidad de falla, adicional a que el material fue seleccionado y probado adecuadamente, y se contó con el uso de tecnología adecuada para su colocación y operación.

Descripción y valoración de las medidas aplicadas y, si es posible, de las estudiadas para evitar la repetición del accidente.

En referencia al reporte de accidentes relacionados con el manejo de sustancias químicas en la República Mexicana, la medida coincidente aplicada por los respectivos involucrados en eventos de derrames fue la aplicación de bloqueo al flujo de la sustancia y limpieza de la zona afectada. En algunos casos fue posible la recuperación del producto.

De cualquier forma, todos los reportes de accidentes incurridos en instalaciones, al ser del conocimiento por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, requieren de una reevaluación de sus Estudios de Riesgo Ambiental, así como sus correspondientes Programas para la Prevención de Accidentes.

Particularmente para el proyecto de estudio, es necesario indicar que, entre las medidas establecidas para evitar la repetición de algunos accidentes registrados en la estadística nacional, se encuentra antes que todo, el hecho de que la ingeniería del ducto para Gas Natural fue diseñada

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

y será construida en estricto apego de las Normas Oficiales Mexicanas. Bajo esta consideración, se determina que el ducto cumplió y cumplirá con los requisitos mínimos técnicos y de seguridad que se deben observar en el territorio nacional para esta clase de instalaciones.

En cuanto a la ejecución de actividades de distribución, se seguirá un conjunto de procedimientos operativos previamente establecidos, encaminados a la prevención de accidentes y promoción de un desarrollo seguro de las labores.

Adicionalmente, se debe señalar que las condiciones de **Construcción y operación del sistema de transporte para suministro de gas natural a un usuario a instalarse, ubicado en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California**, se sujetará a una evaluación del cumplimiento estricto con respecto a las especificaciones marcadas en la normatividad técnica vigente.

Metodologías de Identificación y Jerarquización

VI.4.1. Criterios de selección de las metodologías empleadas para la identificación de riesgos

Dado que el propósito de la evaluación de riesgos es identificar posibles accidentes, determinar su causa y sus consecuencias. Con este fin se define un accidente como la secuencia de sucesos imprevistos que provocan consecuencias no deseadas. Generalmente existe un suceso indicador y otro intermedio entre este y la aparición de la consecuencia.

Estos sucesos intermedios son la respuesta del sistema ante el suceso indicador. Por lo tanto, el mismo suceso indicador puede provocar una consecuencia distinta en función de las intermedias.

Basado en lo anterior los procedimientos de evaluación predicativa de riesgos han sido desarrollados para el análisis de procesos, sistemas y operaciones que difieren de la experiencia previa que ofrecen las técnicas de buena práctica. Estas pueden utilizarse incluso para evaluar accidentes muy poco probables de consecuencias muy grandes para los que no hay experiencias o estas son muy pobres.

Sabemos también que hay esencialmente dos aproximaciones a la evaluación y control de riesgos: la buena práctica y la evaluación predictiva de riesgos.

Durante años la industria química ha aceptado y aprobado normas, códigos, procedimientos y otras formas de buena práctica, suponiendo que estas han sido implementadas correctamente tanto en el diseño como en la construcción, operación, mantenimiento cambios en equipo y diseño es obvio que se alcanzan muy altos niveles de seguridad.

Sin embargo, cuando existen desviaciones en el proceso, procedimientos etc. De los establecidos previamente surge la necesidad de disponer de una herramienta para la identificación de riesgos y determinación de los accidentes susceptibles de aparecer como consecuencias de los mismos, por lo que a continuación se describe de manera general los criterios de selección de la metodología empleada para este estudio.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Su selección se realiza según los siguientes parámetros:

- Objeto. ¿Que buscamos?
- Momento. ¿Cuándo lo vamos a utilizar? (en fase de diseño, operación, etc.)
- Resultados ¿Lista, Ranking de riesgos, etc.)
- Naturaleza de resultados ¿Cuantitativos / cualitativos?
- Información Necesaria ¿Proyectos, operación, procesos, etc.?
- Personal ¿Calificación y número de participantes?
- Tiempo y costo ¿Disponibilidad de recursos?

Los métodos de evaluación de riesgos más utilizados en la industria química para identificar desviaciones de la “buena práctica son: Lista de Chequeo y Revisiones de seguridad” otra aproximación que requiere experiencia previa son los índices Dow/Mond que permiten confeccionar un ranking de riesgo.

Para un análisis predictivo de riesgo se utiliza la técnica HAZOP (estudio de riesgo y operatividad), análisis de modos de fallo efecto y criticidad (FMECA), el método “what if” (que pasa si) y el análisis de árboles de fallo complementado con el análisis de árbol de sucesos.

Considerando además de lo anteriormente expuesto las características particulares del caso estudio como son:

- Las sustancias manejadas en la empresa, consideradas como peligrosas ya sea por su toxicidad, explosividad, reactividad, inflamabilidad y corrosividad que pueden ocasionar un daño a la salud pública o al equilibrio ecológico del sitio.
- Las cantidades manejadas, volúmenes almacenados, procesados y/o los desechos generados
- Las características y complejidad de los procesos en que se utilizan estas sustancias

Basados pues en todos estos factores, el presente estudio se desarrollará bajo las técnicas Lista de Verificación y Hazop.

Las cuales presentan las siguientes características

- Técnica: What if
- Fase de la planta: Diseño / Arranque
- Objetivo: Fallos técnicos
- Procedimientos de operación
- Fallo humano
- Consecuencia
- Resultados: Cuantitativos
- Reducción del riesgo
- Complejidad del sistema Simple / medio
- Datos necesarios: Detallados / entrevistas
- Tiempo/costo Relativamente bajo/medio
- Medios humanos Especialista en planta
- Especialista en seguridad.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

VI.4.2. Factores de Riesgo.

Para la evaluación de riesgo se consideraron las siguientes etapas del proceso:

- Conexión con ducto;
- Línea de transporte de gas, desde conexión con separador hasta válvula de conexión;
- Estación de medición y regulación de gas natural, principal.
- Las variables de proceso que se aplicaron fueron:
- Flujo;
- Presión,
- Temperatura, y
- Nivel.

VI.4.3. Identificación de los Riesgos Potenciales

En el análisis de la estimación de las consecuencias de las emisiones accidentales a la atmósfera de contaminantes o sustancias peligrosas como puede ser el gas natural, uno de los aspectos clave a considerar es su dispersión en el medio ambiente.

Una de las características principales que condiciona la evolución de un gas/vapor en la atmósfera es su densidad, distinguiéndose tres posibilidades:

- Gases ligeros. Densidad inferior a la del aire.
- Gases pasivos o neutros. Densidad similar a la del aire.
- Gases pesados. Densidad mayor que la del aire.

Para efectos prácticos no se puede hablar, en la mayoría de los casos, de un comportamiento puro de gas ligero neutro o pesado, ya que los factores que influyen en él son múltiples y variables en el tiempo y una mezcla gas/aire puede evolucionar como un gas pesado sin serlo debido a:

- Peso molecular del gas.
- Temperatura del gas.
- Temperatura y humedad del aire ambiente.
- Presencia de gotas líquidas arrastradas en la emisión.
- Reacciones químicas en la nube, etc.

Otra característica es la duración de la fuga, que puede dar lugar a:

- Fugas instantáneas formando una bocanada ("puf").
- Fugas continuas sin depender del tiempo, formando un penacho ("plume").
- Fugas continuas dependiendo del tiempo.

La mayoría de los incidentes por fuga empiezan con una descarga de un producto peligroso desde su fuente original. Estos incidentes se pueden originar por orificios o roturas de recipientes de proceso, por juntas de unión en bridas, o por válvulas y venteos de emergencia, por destacar las causas más frecuentes.

Los escapes pueden ser en forma de gas, de líquido o en fase mixta líquido-gas; nosotros trataremos únicamente el primer tipo, si bien debe señalarse que en fase líquida y mixta la aportación másica del escape es muy superior y la velocidad de evaporación determinará la cantidad aportada para la formación de la nube. De ahí la peligrosidad de escapes de gases licuados del petróleo o gasolinas.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Fuga puntual continúa.

El modelo Gaussiano de fuente puntual continua que se va a analizar en este documento supone como hipótesis de partida que las concentraciones del gas natural en cualquier punto considerado viento abajo están estabilizadas y no dependen del tiempo. Este modelo describe el comportamiento de los gases/vapores de fuerza ascensional neutra, que se dispersan en la dirección del viento y son arrastrados a la misma velocidad.

Respecto a los gases pesados una configuración típica de una fuga a nivel del suelo se muestra en la ilustración siguiente.

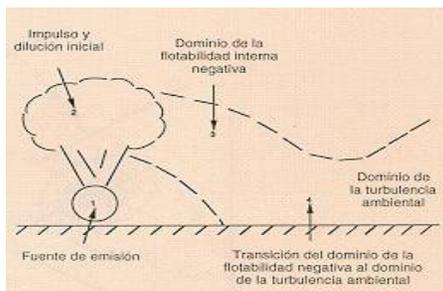


Figura 15 Desarrollo y dispersión de una nube de gas pesado

Los gases pesados muestran una elevación inicial del penacho debido al impulso de salida, como sucede en toda fuga, seguida de una cierta caída en curva por influencia de su densidad. Comparándolos con los gases neutros se ve que los gases pesados presentan en los momentos iniciales un comportamiento distinto. Sin embargo, al cabo de un cierto tiempo y a medida que se diluyen en el aire, las características y el comportamiento se pueden asimilar a los de un gas neutro. Si la fuga de un gas pesado es de una proporción o intensidad de descarga moderadas, se puede tratar aceptablemente con el modelo Gaussiano de gas neutro que es de aplicación mucho más sencilla, especialmente si lo que queremos es estudiar lo que sucede en puntos que no sean excesivamente próximos al punto de emisión.

En resumen, en caso de que se presente una fuga de material inflamable, el mayor peligro proviene del repentino escape masivo de gas, el cual produce una gran nube de vapor inflamable y posiblemente explosiva. Si la nube se llega a incendiar, los efectos de la combustión dependerán de múltiples factores, entre ellos la velocidad del viento y la medida en que la nube este diluida con el aire. Estos riesgos pueden causar un gran número de víctimas y daños al lugar en donde se producen e inclusive más allá de sus fronteras (zona de influencia).

Explosión.

Una explosión de Gas natural se puede presentar de dos formas:

- Por la formación de nubes explosivas en lugares confinados
- Una **nube explosiva** se forma por la acumulación del gas proveniente de una fuga en un área determinada. Al estar mezclada con el aire en las condiciones adecuadas (encontrarse entre el límite superior e inferior de explosividad de la sustancia) y encontrar una fuente de ignición la nube puede deflagrar, liberando una gran cantidad de energía en forma de calor y como ondas de sobrepresión.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Las causas para la formación de una **nube explosiva**, en el sistema de transporte de Gas natural, son las siguientes:

- Fuga en línea de distribución debido a corrosión y falta de mantenimiento conjugados
- Fuga en el cuerpo de equipos de regulación y/o medición debido a corrosión y falta de mantenimiento conjugados
- Fuga en válvulas debido a mal funcionamiento
- Ruptura de tubería por colisión

El **gas natural** forma mezclas inflamables con el aire en concentraciones que oscilan aproximadamente entre el 4.5% y el 14.5%. Por consiguiente, una fuga puede constituir un riesgo de incendio y explosión. Ha habido casos en que escapes de **gas natural** se han inflamado, provocando incendios graves. Si el **gas natural** se escapa en un espacio cerrado y se inflama, se puede producir una explosión. Si la parte aérea de un ducto de **gas natural** está en medio de un incendio, puede calentarse excesivamente y explotar con violencia, proyectando trozos del recipiente a considerables distancias.

En concentraciones muy elevadas, cuando está mezclado con el aire, el vapor de **gas natural** es anestésico y posteriormente asfixiante al desplazar el oxígeno disponible.

Una superficie caliente también es una fuente potencial de ignición.

Aunque es muy difícil de presentarse, las posibles causas de este fenómeno son las siguientes:

- Sobrecalentamiento del ducto por una fuga incendiada no controlada
- Incendio de origen externo que afecta al recipiente
- No tomar las precauciones adecuada al efectuar reparaciones

Incendio.

El incendio tipo “antorcha” se ve relacionado con una fuga localizada del gas a presión, misma que al encontrar de forma casi inmediata una fuente de ignición, produciría la combustión del energético dando lugar a un fuego semejante al dardo de un soplete.

Las dimensiones del incendio se verán directamente relacionadas a la cantidad de material fugado y su tiempo de desarrollo.

Las condiciones meteorológicas y la duración del escape tienen una gran importancia en el alcance de la dispersión del penacho. Los factores principales son: la velocidad del viento y la estabilidad atmosférica.

La estabilidad atmosférica viene definida en función del gradiente vertical de temperatura de las capas del aire. Dado que no siempre es posible disponer de esta información, a través de una tabla establecida por Pasquill (puede obtenerse la categoría de estabilidad atmosférica estimada según las condiciones de insolación y velocidad del viento).

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Tabla 25 Condiciones de estabilidad meteorológica de Pasquill

| Velocidad del viento (m/s) a 10 m de altura | Insolación diurna | | | Condiciones nocturnas | |
|---|-------------------|----------|--------|---|----------------------|
| | Fuerte | Moderada | Ligera | Finamente cubierto ó más de la mitad cubierto | Nubosidad $\leq 3/8$ |
| <2 | A | A-B | B | | |
| 2-3 | A-B | B | C | E | F |
| 3-4 | B | B-C | C | D | E |
| 4-6 | C | C-D | D | D | D |
| >6 | C | D | D | D | D |

Aplicación de las Metodologías de Análisis y Evaluación de Riesgos Potenciales

Las metodologías que se utilizarán para la determinación del riesgo involucrado en el manejo de la sustancia química peligrosa relacionada a la operación del sistema de transporte son los métodos conocidos como **Lista de verificación** y **HAZOP (Hazard and Operability)**.

VI.5.1. Lista de verificación

Se utilizan para determinar la adecuación de los equipos, procedimientos, materiales, etc. a un determinado procedimiento o reglamento establecido por la propia organización industrial basado en experiencia y en los códigos de diseño y operación. Se pueden aplicar en cualquier fase de un proyecto o modificación de una instalación: diseño, construcción, puesta en marcha, operación y paradas.

Permite comprobar con cierto detalle la adecuación de las instalaciones y constituye una buena base de partida para complementarlas con otros métodos de identificación que tienen un alcance superior al cubierto por los reglamentos e instrucciones técnicas.

Para el presente proyecto se tiene una copia de la Lista de Verificación correspondiente en el *Anexo 2* de este documento.

VI.5.2. HAZOP

La metodología HAZOP, es un procedimiento que permite reconocer riesgos difícilmente reconocibles por simple observación o revisiones de seguridad de tipo general. En la aplicación de esta metodología, se cuestiona a cada una de las partes críticas del proceso para descubrir que desviaciones del propósito original pueden ocurrir y determinar cuáles de esas desviaciones pueden dar lugar a riesgos al personal, al proceso o las instalaciones.

De esa forma, a continuación, se muestra el desarrollo de las citadas metodologías, aplicada a la sustancia de interés:

Para su aplicación, se partió de considerar a todo el proyecto como un sistema; el cual se dividió en partes, que fueron analizadas independientemente con la finalidad de detectar las posibles desviaciones que se pudieran presentar; así como sus causas, efectos y alcance; en función de las características de operación, del equipo involucrado, de los posibles factores externos y fenómenos naturales que pudieran influir en la desviación de su funcionamiento o condiciones normales.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Las “Desviaciones” son cambios que se presentan al propósito y puestas al descubierto por la aplicación sistemática de palabras claves (que pasa sí se reduce, sí se aumenta, sí se para, sí se arranca, sí se rompe, sí se descompone, etc.).

Las “Causas” son los motivos por los que se pueden presentar las desviaciones, cuando se demuestra que una desviación tiene una causa real, se considera como una desviación significativa.

Las “Consecuencias” son los resultados que se obtendrían en caso de que se presentaran las desviaciones.

Posteriormente, en función de la cantidad de material peligroso manejado y como consecuencia del alcance de las consecuencias, de cada parte del sistema, se procedió a calificar la magnitud de las consecuencias de las posibles desviaciones de cada parte del sistema, la cual se da con el producto de la Probabilidad (P) por la Exposición (E) por las Consecuencias (C) y se expresa de la siguiente manera:

$$MR = P \times E \times C$$

También se calificó cada parte del sistema en cuanto a la probabilidad de ocurrencia de sus desviaciones, y por consiguiente de sus consecuencias, de acuerdo a los antecedentes de riesgo registrados y de la facilidad con que podrían ocurrir. Mediante los siguientes valores:

Tabla 26 Probabilidad de ocurrencia

| PROBABILIDAD DE RIESGO | | CALIFICACIÓN |
|--|--|---------------------|
| Virtualmente imposible (que prácticamente no ocurre) | | 0.1 |
| Poco probable, pero posible (que puede ocurrir) | | 3.0 |
| Muy probable (que puede ocurrir frecuentemente) | | 6.0 |
| Altamente probable (que sí ocurre) | | 10.0 |
| FRECUENCIA DE EXPOSICIÓN | | |
| Exposición mínima | | 0.1 |
| Raro (unas pocas veces al año) | | 1.0 |
| Ocasional (semanalmente) | | 3.0 |
| Continuo (frecuente, diario) | | 10.0 |
| DESCRIPCIÓN DE LAS CONSECUENCIAS | | |
| No graves (sin lesión alguna, casi nada de daño material) | | 0.5 |
| Apenas graves (lesiones tratadas con primeros auxilios) | | 1.0 |
| Seria (lesión incapacitante y daños materiales por un monto de 365 días de salario mínimo para el D.F.) | | 7.0 |
| Desastre (de una a cinco defunciones y daños materiales por un monto de hasta 30 veces el salario mínimo anual para el D.F.) | | 40 |
| Catástrofe (más de cinco defunciones y daños materiales por un monto mayor de 30 veces el salario mínimo anual para el D.F.) | | 100 |

Con base a los valores numéricos que arbitrariamente se han fijado para efectos de esta explicación, la interpretación de los resultados puede ser expresada de la manera siguiente:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Tabla 27 Interpretación de resultados

| MAGNITUD DEL RIESGO | DESCRIPCIÓN DEL RIESGO |
|----------------------------|--|
| Mayor de 400 | El riesgo es muy alto, por lo cual se debe considerar que la ejecución de la operación requiere de la aplicación de medidas de seguridad estrictas y particulares. |
| De 200 a 400 | El riesgo es alto y requiere corrección de inmediato |
| De 70 a 199 | El riesgo es sustancial y necesita corrección |
| De 20 a 69 | El riesgo es posible y reclama atención |
| Menor de 20 | El riesgo es aceptable en el estado actual |

Para poder cuantificar cada parte del sistema y obtener como conclusión, su jerarquización, no se han considerado las medidas de seguridad que tendrá cada parte del sistema; ya que, para minimizar los riesgos, en la parte correspondiente a medidas de seguridad, se indican todas aquéllas que se han considerado dentro del proyecto y las que se tendrían que implementar para conseguir una instalación y operación segura, se pueden ver con más detalle HAZOP en el *Anexo 2* de este documento.

De acuerdo a lo anterior se pueden jerarquizar los riesgos en el presente proyecto de la siguiente manera (resumen de casos más críticos):

Tabla 28 Jerarquización de Riesgos. Resultado HazOp

| | EVENTO | MAGNITUD | PROBABILIDAD |
|-----------|---|-----------------|---------------------|
| I1 | 1.- GASODUCTO DE ACERO 8" DE DIÁMETRO | 49.7 | 21.7 |
| | 1.1.- No se tiene un procedimiento ordenado de mantenimiento de tuberías y accesorios. | 3.0 | 3.0 |
| | 1.2.- No se cuenta con un programa de revisión (fugas, corrosión, debilitamiento) y mantenimiento de tuberías y accesorios. | 21.0 | 3.0 |
| | 1.5.- Ausencia de flujo de gas natural | 0.15 | 3.0 |
| | 1.8.- Las temperaturas y presiones de operación exceden las de diseño de tuberías y accesorios | 0.7 | 0.1 |
| | 1.9.- Sellos de válvulas y bridas en mal estado, falta de apriete o torque inadecuado. | 0.7 | 0.1 |
| | 1.11.- Falta de precaución en el desalojo de fluidos en el interior de tuberías para reparación | 0.3 | 3.0 |
| | 2.- ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN PRINCIPAL | 62.2 | 30.5 |
| II | 2.1.- Deterioro de líneas y accesorios de regulación (válvulas) de gas, por falta de recubrimiento u obsolescencia (corrosión). | 21.0 | 3.0 |
| | 2.2.- Fuga de gas en línea de llegada a caseta. | 2.1 | 3.0 |
| | 2.3.- Fuga de gas en línea de distribución después de la caseta. | 21.0 | 3.0 |
| | 2.7.- Falta de supervisión o de instrumentación de detección de fugas (monitoreo de condiciones de operación) o instrumentación en mal estado | 3.0 | 3.0 |
| | 2.8.- Falta de mantenimiento (recubrimientos) de pruebas de hermeticidad periódicas, radiografiado, mantenimiento menor | 3.0 | 3.0 |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

| | EVENTO | MAGNITUD | PROBABILIDAD |
|--|---|----------|--------------|
| | (pintura anticorrosiva en instalaciones superficiales en línea de conducción de gas) | | |
| | 2.10.- Falta de sistemas de corte de flujo rápido en el sitio no se tienen válvulas operadas a control remoto | 3.0 | 3.0 |

Para realizar una mejor Jerarquización de los riesgos involucrados en el Sistema de Transporte de Gas Natural, se llevó a cabo la metodología de evaluación por una Matriz de Jerarquización y como adicional también un índice de Mond, los cuales se definen y determinan en el *Anexo 2* de este documento.

Determinar los Radios Potenciales de Afectación, a través de la Aplicación de Modelos Matemáticos de Simulación, del o los eventos Máximos Probables de Riesgo Identificados en el punto 1.6.1, e Incluir la Memoria de Cálculo para la Determinación de los Gastos, Volúmenes y Tiempos de Fuga Utilizados en las Simulaciones, Debiendo Justificar y Sustentar Todos y Cada Uno de los Datos Empleados en Dichas Determinaciones.

También como parte de la jerarquización de riesgos, decidió utilizarse de Matriz de Jerarquización de Riesgos y como adicional un Índice de Mond.

VII. Descripción del Proyecto

El proyecto comprende la elaboración de un Estudio de Riesgo que permita identificar los riesgos probables en este proyecto, definiendo solamente el área operativa correspondiente a la:

a) Sistema de Transporte de Gas Natural

En el análisis se incluirán las líneas de servicio involucradas, así como la Estación de Regulación y Medición principal.

El proyecto considera buscar mediante un cumplimiento estricto de la normatividad vigente (tanto técnica como ambiental y de seguridad) un incremento sustancial en la seguridad del sistema.

VII.1.1. Alcance

El presente estudio comprende la aplicación del método de jerarquización “Matriz de Jerarquización de Riesgos” y como adicional un “Índice de Mond” a la sección que comprende el Sistema de Transporte de Gas Natural para un usuario, en Mexicali, Estado de Baja California.

Desarrollo del estudio

VII.2.1. Jerarquización de Riesgos

Matriz de Jerarquización de Riesgos

Mediante los puntos de riesgos establecidos en el párrafo anterior, se condensó la información de los riesgos en una matriz de jerarquización, la cual permite identificar de manera más visual la clasificación de cada riesgo.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

La matriz se clasificará de acuerdo a los siguientes colores (los colores estarán determinados por los valores totales obtenidos):

| | POR FALLO | POR NODO |
|----------|--|---|
| Rojo | Evento que requiere corrección | Nodo más crítico y necesita acción preventiva |
| Amarillo | Evento que requiere atención | Nodo que requiere procedimiento preventivo |
| Verde | Evento aceptable, y requiere procedimiento de prevención | Nodo con riesgo aceptable |

Nota: Se puede visualizar la presente matriz en el Anexo 2

Justificación de la metodología seleccionada

El número de metodologías para identificar y jerarquizar los riesgos ambientales se ha ido diversificando conforme la tecnología, generación y accesibilidad de información han ido mejorando, es por ello que el primer aspecto a resolver es la elección del enfoque y método adecuados con base a las características particulares del proyecto y a la información base disponible.

En términos generales, los métodos existentes* varían en nivel de complejidad y requieren de distintos tipos de datos, experiencia y herramientas tecnológicas; por lo tanto, producen diferentes niveles de precisión y certidumbre, sin embargo, en general dependen en buena parte de la experiencia del grupo de expertos quien realiza el estudio.

Con base en lo anterior, se consideró como mejor opción el uso de matrices numéricas de interacción como metodología para la jerarquización de los riesgos debido a que es un procedimiento lógico, objetivo y presenta la información de manera clara y concisa lo que permite jerarquizar los riesgos de acuerdo a las particularidades del proyecto.

Mediante el uso de esta metodología, es posible apreciar la afectación de cada riesgo en su medio ambiente. También, al asignárseles un valor numérico en función de la magnitud del riesgo, se identifica y jerarquiza fácilmente aquellas acciones más relevantes.

Conclusión de la Jerarquización

Al finalizar ambas metodologías para la identificación y jerarquización de riesgos, refiriéndonos al HazOp y jerarquización de riesgos, hablando de la matriz, se puede concluir, que posterior a la interconexión, a lo largo del ducto y en la Estación de Regulación y Medición Principal (es decir todos los elementos del sistema), el proceso tiene una magnitud de riesgo, recayendo principalmente en el gasoducto, esto debido a la infraestructura que lo conforma, así como a sus condiciones de operación.

* Por mencionar algunos: *Métodos ad hoc*, útiles cuando existen limitantes con respecto al tiempo e información, por lo que la evaluación depende casi en su totalidad en la opinión de los expertos. Los *Checklists* y *matrices* son adecuadas para organizar y presentar información; los *Métodos de Evaluación Rápida* son útiles para evaluar los impactos en sitios donde los cambios en los ecosistemas son acelerados; entre otros.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Los escenarios de Riesgo a simular se proponen que sean en los puntos clave a lo largo del sistema, realizando énfasis en el área de mayor riesgo como se observó en el HazOp y la matriz de riesgo, quedando de la siguiente manera:

- Gasoducto de 8” (Posterior al punto de interconexión) (Ruptura total y 20% del diámetro total) (Escenario que se puede localizar en el NODO 1A y 1B del Anexo 2)
- Estación de Regulación y Medición Principal (Previo y Posterior a la Regulación) (Escenario que se puede localizar en el NODO 2A y 2B del Anexo 2)

Como metodología adicional y de apoyo se realizó un índice de Mond, describiéndolo a continuación:

Metodología Índice de Mond

Para el desarrollo de esta etapa se optó por aplicar una metodología semicuantitativa para la jerarquización de los riesgos, la cual, aunque no llega al detalle y rigor de una evaluación cuantitativa, supone un avance hacia ello desde los métodos cualitativos, dado que el resultado obtenido es una clasificación relativa del riesgo asociado a la planta o a partes de la misma.

Este método conocido como “Índice de Mond” fue desarrollado por técnicos de Imperial Chemical Industries (ICI) a partir del Índice DOW. La primera versión fue publicada en 1979 y la segunda en 1985.

Dicho método se basa en la asignación de penalizaciones y/o bonificaciones a diferentes áreas e instalaciones de una planta química.

Las penalizaciones son asignadas en función de las sustancias presentes y las condiciones de proceso.

Dichas bonificaciones tienen en cuenta las instalaciones de seguridad que pueden mitigar o prevenir efectos adversos a la operación de la instalación.

Esta metodología encuentra su empleo como método de clasificación previa en grandes unidades o complejos como la que estamos estudiando, permitiendo de esta forma identificar y clasificar las áreas con mayor riesgo potencial, a las que se deben aplicar otro tipo de eventos de mayor interés tomando en cuenta los escenarios de incidentes más recurrentes y sus efectos, de una manera objetiva y práctica.

La principal diferencia frente al “Índice DOW” es que se considera la toxicidad de las sustancias presentes como un factor independiente y su efecto en contacto con el ser humano.

VII.2.2 Proceso de Cálculo del Índice de Mond

El proceso de cálculo del Índice Mond puede verificarse en la descripción de las fases siguientes, así como en el Esquema anexo al final:

VII.2.3 Primera Fase de Cálculo

Considera la unidad en su forma más básica con el número mínimo de controles necesarios para su operación normal.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Se mide la energía de la unidad acorde con la magnitud del material que contiene y consiste en determinar.

- Material o mezcla principal
- Factor de Material (B)

VII.2.4 Segunda Fase de Cálculo

Considera los factores que pueden agravar el riesgo y consiste en ponderar cada una de las siguientes variables:

Riesgos Especiales del Material

- Productos Oxidantes
- Da lugar a gas combustible con agua
- Características de mezcla y dispersión
- Puede inflamarse espontáneamente
- Puede polimerizar espontáneamente de forma rápida
- Sensibilidad a la ignición
- Puede dar descomposición explosiva
- Puede dar lugar a detonación del gas
- Propiedades de la fase condensada
- Otros

Se obtiene un Factor de Riesgo Especial del Material **(M)**

Riesgos Generales del Proceso

- Manejo y cambios físicos
- Características de la reacción
- Reacciones Batch
- Multiplicidad de reacciones
- Desplazamiento de material
- Contenedores Transportables

Se obtiene un Factor de Riesgo General del Proceso **(P)**

Riesgos Especiales del Proceso

- Baja presión
- Alta presión
- Baja temperatura
- Alta temperatura
- Corrosión y erosión
- Fuga por juntas y cierres
- Vibración, fatiga, etc.
- Reacciones difíciles de contemplar
- Operación cercana al rango de inflamabilidad
- Oxidantes potentes
- Sensibilidad del proceso a la ignición
- Riesgo de electricidad estática

Se obtiene un Factor de Riesgos Especiales del Proceso **(S)**

Riesgos Asociados a las Cantidades

- Cantidad total de material **(K)**
- Factor de cantidad **(Q)**

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Riesgos Asociados a la Implantación

Altura en metros (**H**)

Área de Trabajo en m² (**N**)

- Diseño de la estructura
- Efecto dominó
- Bajo tierra
- Superficie de drenaje
- Otros

Se obtiene un Factor de Riesgo de Implantación (**L**)

Riesgos Asociados a Daños Graves a la Salud

- Efectos sobre la piel
- Efectos por inhalación

Se obtiene un Factor de Riesgos Graves a la Salud (**T**)

***Tercera Fase de Cálculo.* - Determinación de los Factores de Bonificación**

Considera los factores que pueden abatir el riesgo y consiste en ponderar cada una de las siguientes variables:

Riesgos Asociados a la Contención

- Recipientes a presión
- Tanques verticales atmosféricos
- Tuberías de Transferencia
- Detección y respuestas frente a una fuga o derrame
- Alivio de presión de emergencia

Se obtiene un Factor de Riesgos Asociados a la Contención (**K1**)

Riesgos Asociados al Control del Proceso

- Sistemas de alarma
- Suministros eléctricos de emergencia
- Sistemas de refrigeración
- Sistemas de inertización
- Actividades de estudios de riesgos
- Sistemas de seguridad de paro de la planta
- Control computarizado
- Protección de reactores
- Procedimientos de operación
- Supervisión de la planta

Se obtiene un Factor de Control del Proceso (**K2**)

Actitud con Respecto a la Seguridad

- Implicación por parte de la dirección

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

- Entrenamiento de seguridad
- Procedimientos y mantenimiento de seguridad

Se obtiene un Factor de Actitud Frente a la Seguridad **(K3)**

Protección Contra Incendio

- Protección Estructural contra el fuego
- Barreras y/o muros contra el fuego
- Equipo de protección Contra incendio

Se obtiene un Factor de Protección Contra Incendio **(K4)**

Aislamiento

- Sistemas de válvulas
- Ventilación
- Procedimientos y mantenimiento de seguridad

Se obtiene un Factor de Aislamiento de Fugas **(K5)**

Lucha Contra Incendios

- Alarmas de incendio
- Extintores manuales
- Suministro de agua
- Rociadores de agua o monitores
- Instalación de espuma o inertización
- Brigada contra incendio
- Pactos de ayuda mutua en caso de incendio
- Ventilación de gases

Se obtiene un Factor de Lucha Contra Incendios **(K6)**

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario, en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

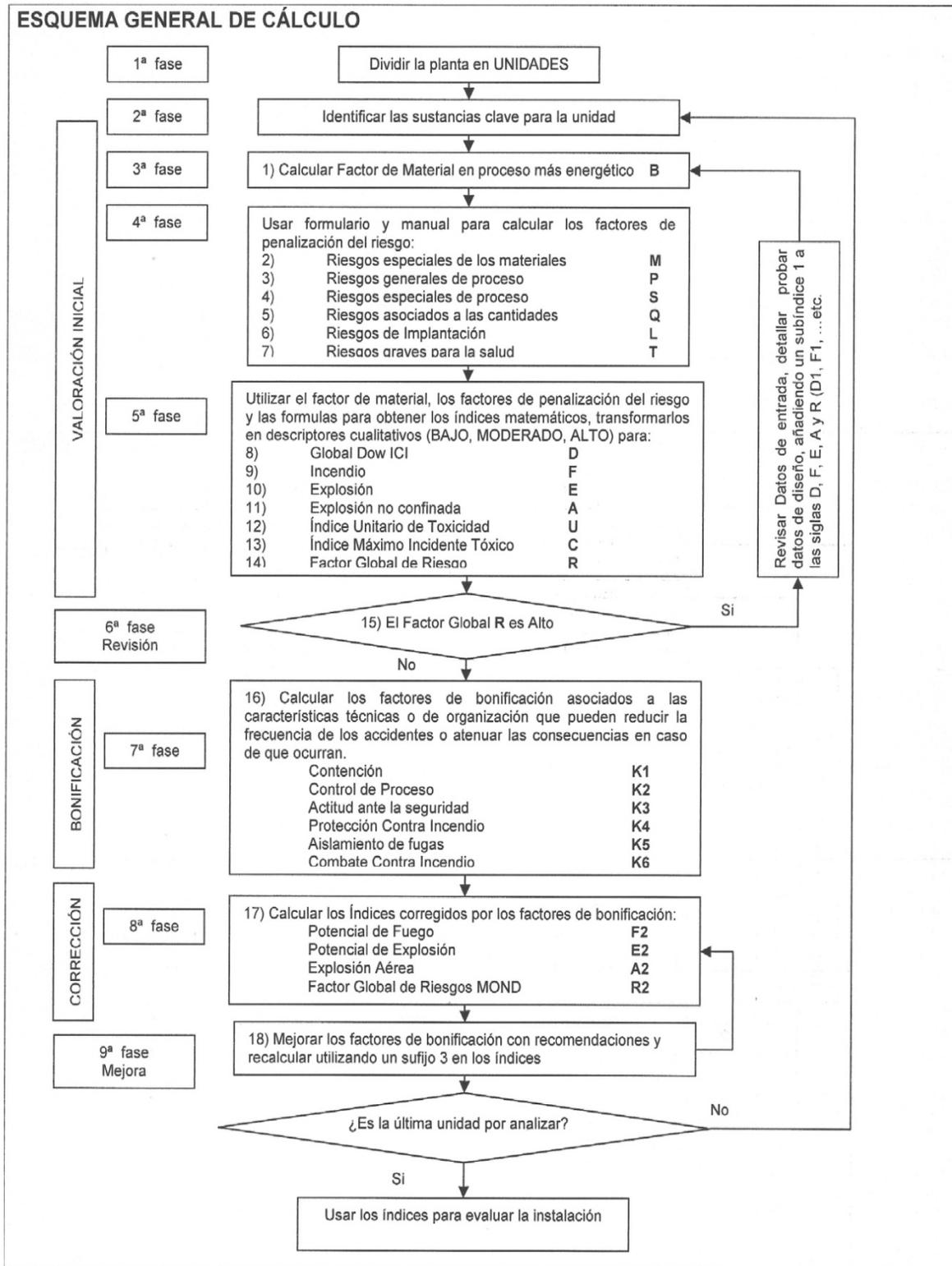


Figura 16 Diagrama de Flujo del Método

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

VII.2.5 Rangos de Clasificación de los Diferentes Índices Calculados

Cálculo del Índice Global DOW/ICI

Los factores individuales incluidos en los diferentes rubros, se totalizan en varios subgrupos que después, se incluyen en el Índice Global DOW/ICI **D**, según las bases establecidas originalmente por DOW.

Las descripciones del grado de riesgo global representado por el Índice Global DOW/ICI se estandarizan como sigue:

Tabla 29 Grado de riesgo

| Rango del Índice Global DOW/ICI (D) | Grado Total de Riesgo |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| 0 – 20 | Suave |
| 20 – 40 | Ligero |
| 40 – 60 | Moderado |
| 60 – 75 | Moderadamente Alto |
| 75 – 90 | Alto |
| 90 – 115 | Extremo |
| 115 – 150 | Muy Extremo |
| 150 – 200 | Potencialmente Catastrófico |
| Mayor a 200 | Muy Catastrófico |

Cálculo de Potencial de Fuego

Se considera útil estimar el potencial de fuego de la unidad porque esto da una indicación de la duración del fuego en el caso de un incidente.

Se han dado también categorías para los valores de la cantidad de fuego **F** y se han identificado con duraciones de fuego usando datos y registros de incidentes como sigue:

Tabla 30 Registros de incidentes

| Cantidad de Fuego (F) en BTU/ft ² del Área Normal de Trabajo | Categoría | Rango de Duración (Fuego-Horas) | Comentarios |
|---|-------------|---------------------------------|--------------------|
| 0 – 50,000 | Ligero | ¼ - ½ | |
| 50,000 – 100,000 | Bajo | ½ - 1 | Casas |
| 100,000 – 200,000 | Moderado | 1 – 2 | Fábricas |
| 200,000 – 400,000 | Alto | 2 – 4 | Fábricas |
| 400,000 – 1'000,000 | Muy Alto | 4 – 10 | Edificios ocupados |
| 1'000,000 – 2'000,000 | Intenso | 10 – 20 | Bodegas de Hule |
| 2'000,000 – 5'000,000 | Extremo | 20 – 50 | |
| 5'000,000 – 10'000,000 | Muy Extremo | 50 -100 | |

Cálculo de Potencial de Explosión

En determinadas situaciones se observará que un nivel dado de categoría del Índice Global DOW/ICI, se acompañará por una cantidad de Fuego de menor categoría. Esto indica que se deben examinar variaciones en el Riesgo de Explosión, lo que se hace de las dos siguientes formas:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Se calcula un Índice **E** de explosión interna de la planta, como una medida del riesgo de explosión interior. Las categorías asignadas a los valores del Índice son:

Tabla 31 Potencial de explosión

| Índice de Explosión Interna de la Sección (E) | Categoría |
|---|-----------|
| 0 – 1 | Ligero |
| 1 – 2.5 | Bajo |
| 2.5 – 4 | Moderado |
| 4 – 6 | Alto |
| Arriba de 6 | Muy Alto |

Esto no representa el único potencial de explosión de la sección, como lo confirma el consenso general acerca de los riesgos de explosión aérea. De un estudio de un gran número de escapes de sustancias inflamables que han dado lugar ya sea a explosiones aéreas o a nubes que han causado únicamente fuego por ignición, ha sido posible identificar un número de factores incluidos en el Índice de Mond y que pueden usarse para derivar el Índice A de Explosión Aérea.

Las categorías asignadas a varios valores de **A** son:

Tabla 32 Índice de explosión varios valores A

| Índice de Explosión Aérea (A) | Categoría |
|-------------------------------|-----------|
| 0 – 10 | Ligero |
| 10 – 30 | Bajo |
| 30 – 100 | Moderado |
| 100 – 500 | Alto |
| Arriba de 500 | Muy Alto |

Cálculo de Riesgos de Toxicidad

Un índice unitario de Toxicidad **U** se calcula de manera que represente la influencia de la toxicidad y consideraciones afines sobre el control y supervisión de la sección de la planta. Las categorías asignadas a los valores del Índice Unitario de Toxicidad **U** son:

Tabla 33 Categorías de toxicidad (U)

| Índice Unitario de Toxicidad (U) | Categoría |
|----------------------------------|-----------|
| 0 – 1 | Ligero |
| 1 – 3 | Bajo |
| 3 – 6 | Moderado |
| 6 – 10 | Alto |
| Arriba de 10 | Muy Alto |

Usando una combinación del Índice Unitario de Toxicidad **U** y el Factor de Cantidad **Q**, se obtiene el Índice del Máximo incidente Tóxico **C**.

Las categorías asignadas a valores del Índice **C** del Máximo incidente Tóxico son:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Tabla 34 Categorías de toxicidad (C)

| Índice del Máximo Incidente Tóxico (C) | Categoría |
|--|-----------|
| 0 – 20 | Ligero |
| 20 – 50 | Bajo |
| 50 – 200 | Moderado |
| 200 – 500 | Alto |
| Arriba de 500 | Muy Alto |

Cálculo de Factor Global de Riesgos (MOND)

En la división MOND se ha visto que la magnitud global de riesgo a usarse cuando se considera el arreglo de equipo de una planta, debe tener mayor influencia de los siguientes factores que lo permitido en el Índice Global DOW/ICI.

De acuerdo a lo anterior, se ha desarrollado una Magnitud Global de Riesgos R, que maneja estos factores de manera más adecuada.

Las categorías asignadas a los valores del Factor Global de Riesgo **R** son:

Tabla 35 Categorías de toxicidad (R)

| Factor Global de Riesgo (R) | Categoría del Riesgo Global |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 0 – 20 | Suave |
| 20 – 100 | Bajo |
| 100 – 500 | Moderado |
| 500 – 1,100 | Alto (Grupo 1) Aceptable |
| 1,100 – 2,500 | Alto (Grupo 2) No Aceptable |
| 2,500 – 12,500 | Muy Alto |
| 12,500 – 65,000 | Extremo |
| Mayor a 65,000 | Muy extremo |

Resumen de la aplicación del índice de Mond al proyecto

El Factor **R** de Riesgo Global (más los otros índices) se pueden considerar aceptables; en caso contrario, se requerirá trabajo posterior para lograr tal objetivo.

El primer paso es revisar los factores individuales y asegurarse si se puede hacer una reducción por cualquiera de las siguientes razones:

- Si se ha sobre enfatizado un riesgo dado en la estimación general.
- Alteraciones hechas a tamaños, condiciones de operación, etc., relativas a las unidades que forman parte de la sección.
- Sustitución por diferentes tipos de equipo de proceso de aquellos seleccionados originalmente.
- Adopción de diseños de equipo que involucren menos riesgo de falla de operación de la unidad o fuga de materiales clave.

En el caso de propuestas para una planta con proceso nuevo, pueden existir pocas posibilidades de efectuar cambios a menos que se efectúe una investigación adecuada de las alternativas. Si un

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

cambio en particular puede reducir en forma considerable el riesgo, se justifica el trabajo de investigación necesario.

Con plantas en operación, los registros y experiencia de accidentes pueden tomarse como guía para mejorar diseños y técnicas de operación. Sin embargo, debe tenerse cuidado al usar las experiencias de operación para disminuir los factores de riesgo en áreas donde no se hayan presentado accidentes.

Si no se cumple con estos requisitos, es fácil concluir que no existe riesgo y por un incidente posterior confirmar que el riesgo existía, pero no se había presentado debido a circunstancias fortuitas. Siempre que los factores de riesgo individual se reduzcan, el nuevo valor debe aparecer en una columna de “valor reducido” en los formatos correspondientes y deberá adicionarse una nota de la razón del cambio. Una vez que los cambios individuales se hayan hecho, los varios índices se deben re-calcular.

VII.3.1 Tabulación de los resultados

A continuación, se presentarán tabulados los resultados obtenidos para cada la sección de estudio, los cuales se estructuraron a partir de los reportes del “Índice de Mond” correspondientes (*Ver tabla anexa*) y podrá de esta manera verse el grado de influencia que tuvieron para considerar y abatir los riesgos involucrados:

Sistema de Transporte de Gas Natural

Tabla 36 Resultado índices del sistema

| Índice | Inicial | Valor | Categoría |
|---------------------------------------|----------|---------------|-----------------|
| Índice DOW Equivalente | D | 134.10 | Muy Extremo |
| Índice de Riesgo de Incendio | F | 0.1082 | Ligero |
| Índice de Riesgo de Explosión Interna | E | 3.4 | Moderado |
| Índice de Riesgo de Explosión Aérea | A | 3.29 | Ligero |
| Índice Global de Riesgo | R | 188.52 | Moderado |

Tabla 37 Resultado índices con reducción

| Índice con Reducción | Inicial | Valor | Categoría |
|--|----------------------|--------------|-------------|
| Índice DOW Equivalente Reducido | D_R | 75.90 | Alto |
| Índice de Riesgo de Incendio Reducido | F_R | 0.04708 | Ligero |
| Índice de Riesgo de Explosión Interna Reducido | E_R | 1.84 | Bajo |
| Índice de Riesgo de Explosión Aérea Reducido | A_R | 0.02 | Ligero |
| Índice Global de Riesgo Reducido | R_R | 20.11 | Bajo |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Conclusiones

Como resultado de este estudio se puede concluir que el sistema de transporte considerado en el Proyecto, utilizará equipos modernos y contará con las medidas necesarias para aminorar los riesgos que implica la operación de este sistema.

Asimismo, se observa que el diseño actual considera la aplicación de la normatividad y prácticas recomendadas apropiadas como corresponde a este tipo de instalaciones industriales y sus riesgos asociados.

Para el caso de su diseño de detalle y su construcción se ha previsto el cumplimiento de la normatividad y especificaciones más estrictas, mismas que son las requeridas por la industria de distribución de hidrocarburos a nivel internacional y que se le ha dado relevancia a la seguridad y a las previsiones ambientales enfocadas al cuidado de la salud y seguridad de los trabajadores y de la comunidad, así como el cuidado del ambiente.

Sin embargo, se detecta también que se cuenta con un área de oportunidad importante en lo referente a la postura de la seguridad por parte de la administración y sus trabajadores, ya que, al implementar prácticas de capacitación y continuidad en el proceso de seguridad, mejorarán sus prácticas operativas.

De acuerdo con la información técnica del proyecto, se puede observar que se han cubierto adecuadamente los aspectos de la seguridad a través de la integridad mecánica de los equipos y sistemas y que las instalaciones contarán con los medios adecuados para el cuidado del ambiente.

Se advierten también las previsiones apropiadas para evitar y controlar las posibles alteraciones a las condiciones normales de operación que pudieran originar riesgos por fuga de Gas Natural.

Acorde con los resultados del estudio es factible mencionar que el área verificada con la revisión de las políticas, sistemas, características del diseño y compromisos de seguridad involucrados, el nivel de riesgo de la instalación es aceptable y sus consecuencias no afectarían a la población aledaña ni a sus bienes alrededor de la instalación.

Por lo anterior, se puede resumir diciendo que el proyecto, tiene un nivel de riesgo aceptable y el control y atención de los mismos se verá centralizado dentro de los límites del área destinada a estas obras de ampliación.

Una vez identificados y jerarquizados estos riesgos, se simulan en forma matemática por medio del software ARCHIE (**AutomatedResourceforChemicalHazardIncidentEvaluation**), versión 1.0 de Microsoft Corp. 1982-1986; este Software ha sido aceptado por OSHA y USEPA.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Contenido

| | |
|---|----------|
| I. Descripción de las Zonas de Protección entorno a las Instalaciones..... | 2 |
| I.1 Radios Potenciales de Afectación..... | 2 |
| I.1.1 Simulación de Eventos de Riesgo..... | 3 |
| I.2 Interacciones de Riesgo..... | 7 |
| I.3 Efectos sobre el sistema ambiental..... | 8 |
| I.3.1 Generalidades..... | 8 |
| I.3.2 Desarrollo del Estudio..... | 9 |
| I.3.3 Recomendaciones..... | 15 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 37 Interacciones de Riesgo resultantes de su identificación, jerarquización y evaluación. | 6 |
| Tabla 38 Grado de Riesgo..... | 10 |
| Tabla 39 Registro de Incidentes..... | 10 |
| Tabla 40 Potencial de explosión..... | 11 |
| Tabla 41 Índice de explosión varios valores A..... | 12 |
| Tabla 42 Categorías de toxicidad (U)..... | 12 |
| Tabla 43 Categorías de toxicidad (C)..... | 12 |
| Tabla 44 Categorías de toxicidad (R)..... | 13 |
| Tabla 45 Resultado índices del sistema..... | 15 |
| Tabla 46 Resultado índices con reducción..... | 15 |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

I. Descripción de las Zonas de Protección en torno a las Instalaciones

I.1 Radios Potenciales de Afectación

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACION

La emisión de contaminantes a la atmósfera y el importante manejo de sustancias peligrosas debido a las actividades industriales, son actualmente un aspecto de gran atención ambiental, salud y seguridad. Por lo que la siguiente etapa del análisis de riesgo ambiental es determinar cuáles serían las consecuencias de los posibles eventos no deseados, para ello se utilizó un programa electrónico de simulación a manera de poder cuantificar sus efectos.

El aspecto de manejo, transporte o almacenamiento de sustancias peligrosas es de importancia debido a los efectos que se pueden presentar en caso de accidente; de particular interés es el referente a la liberación en la atmósfera de un gas o vapor tóxicos provenientes de una fuga. Al respecto, el factor crítico a considerar es la posible exposición de la gente a concentraciones que puedan afectar severamente su salud o incluso provocar su muerte.

Una situación parecida a la anterior es la relativa a la liberación masiva e instantánea de un gas tóxico el cual forma una nube o "puff" que es transportada por el viento. Aquí es también importante poder prevenir la exposición de la población a niveles peligrosos o letales.

En este proyecto, el manejo de gas natural implica riesgos de fuga y deflagración entre otros. En este caso, es importante estimar los radios de afectación y la magnitud de los daños potenciales por la ocurrencia de un evento explosivo, considerando el personal expuesto y las características de las instalaciones y procesos existentes.

En general, los riesgos potenciales tendrán una probabilidad de ocurrencia dependiendo de los siguientes parámetros:

- Presión
- Corrosión
- Flujo
- Agentes externos
- Errores humanos

La falla se puede detectar por medio de la diferencia entre presiones y cantidades el suministro y el consumo de gas natural, o por un tercero que notifique la fuga. Es importante señalar que las simulaciones que se presentan fueron realizadas observando las condiciones climatológicas y meteorológicas extremas del sitio en estudio (anexo 2 del estudio que se está realizando), así como las propiedades específicas de la sustancia estudiada. La importancia de esta observación radica en el hecho de que, en caso de presentarse alguno de los eventos definidos, no significa que se presentará el comportamiento que se determinó con la simulación, ya que las condiciones pueden ser completamente diferentes y pueden generar situaciones de menor riesgo.

Juegan un papel importante entre los criterios a observar en la evaluación de riesgo ambiental, el establecimiento de parámetros de medición mediante los cuales se fijan valores tope que permitan salvaguardar la salud de quienes se encuentran en los alrededores de instalaciones de alto riesgo, así como proteger sus bienes.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

En lo relativo a afectación por riesgo de actividades en las cuales se utilizan sustancias con características explosivas, tal es el caso del proyecto en comento para la determinación de la **zona de alto riesgo**, se establece como parámetro de afectación las ondas de sobrepresión de 0.070 Kg/cm² (1 PSIG), tomando como zona de afectación, el área de un círculo con un radio que considera la distancia desde el punto donde se puede formar la nube explosiva y cuyo extremo representa la distancia a la cual se tiene una onda con valor equivalente a dicha sobrepresión.

Para el establecimiento de la **zona de amortiguamiento**, se establece como parámetro de afectación 0.035 Kg/cm² (0.5 PSIG), tomando como zona de afectación, el área de un círculo con un radio que considera la distancia desde donde se encuentra el punto de formación de la nube explosiva y cuyo extremo representa la distancia a la cual se tiene la citada onda de sobrepresión.

Para definir y justificar las zonas de seguridad entorno al proyecto, se aplicaron los criterios establecidos por la propia Guía para la presentación del Estudio de Riesgo Ambiental, Modalidad, Ductos Terrestres, expedida por la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, los cuales se muestran en la siguiente Tabla.

Criterios de zonas de seguridad

| | ALTO RIESGO | AMORTIGUAMIENTO |
|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Explosividad (sobrepresión) | 0.070 Kg/cm ² (1 psig) | 0.035 Kg/cm ² (0.5 psig) |

I.1.1 Simulación de Eventos de Riesgo

Es relevante señalar el hecho de que los eventos modelados a continuación, se refieren a los posibles escenarios que mayores consecuencias pueden tener en la operación del ducto de Gas natural.

La simulación o modelación de estos eventos se ha realizado con los modelos matemáticos del paquete ARCHIE (**Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation**), el cual está integrado por tres modelos:

- Evaluación del riesgo de chorros de flama o dardos de fuego.
- Evaluación del riesgo de fuego por nube o pluma de vapor.
- Evaluación del riesgo de explosión de nubes de vapor (no confinadas).

Los tres modelos de dispersión son del tipo Gaussiano y permiten obtener estimaciones de concentraciones en el aire, considerando condiciones de emisión y estabilidad atmosférica particulares. Este paquete de simulación debe considerarse primariamente como herramienta de evaluación preliminar para el análisis detallado de posibles situaciones de dispersión de un contaminante a través del cual se pueden simular o representar condiciones específicas de un emisor y su entorno.

Consideraciones primarias

Es muy importante mencionar los siguientes aspectos considerados en la determinación del evento de riesgo:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

- El modelo que se utilizará para simular este escenario es de la una nube de explosiva de vapor sin confinar, mencionado anteriormente. El efecto de explosividad que se puede producir por la ignición de una nube de vapor inflamable sin confinar, es una de las **menos** frecuentes pero con consecuencias más severas.
- Es importante mencionar que, en la mayoría de los programas de simulación, es común expresar la energía liberada de la sustancia explosiva relacionada a una carga equivalente de TNT, así como también se emplean los datos disponibles de sobrepresión producidas en explosiones por TNT.

En el *Anexo 2* se pueden verificar los correspondientes a las modelaciones realizadas para este proyecto.

NODO NO. 1A: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE AL 20% DEL DIÁMETRO NOMINAL DEL DUCTO (1.6”), EN UN TRAMO DE TUBO DEBIDO A UNA RUPTURA DEL MISMO, ESTO EN UN PUNTO CUALQUIERA DEL TRAYECTO DESDE EL PUNTO DE INTERCONEXIÓN Y HASTA LA ERM PRINCIPAL, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE OPERACIÓN DE ACCEGAS Y IENOVA, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 1B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL DEBIDO A LA RUPTURA TOTAL DEL DUCTO (8”), ESTO EN UN PUNTO CUALQUIERA DEL TRAYECTO DESDE EL PUNTO DE INTERCONEXIÓN Y HASTA LA ERM PRINCIPAL, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **4 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE OPERACIÓN DE ACCEGAS Y IENOVA, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 2A: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1/2” DE DIAMETRO, EN UNA JUNTA O BRIDA EN MAL ESTADO PREVIO A LA REGULACIÓN DE LA ESTACION DE MEDICIÓN Y REGULACION PRINCIPAL (ERMP) UBICADA EN LOS PREDIOS DEL USUARIO, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE ACCEGAS Y DEL USUARIO, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 2B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1/2” DE DIAMETRO, EN UNA JUNTA O BRIDA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN DE LA ESTACION DE MEDICIÓN Y REGULACION PRINCIPAL (ERMP) UBICADA EN LOS PREDIOS DEL USUARIO, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE ACCEGAS Y DEL USUARIO, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

Los modelos utilizados del menú de opciones del programa de simulación, fueron los siguientes:

- ✓ G) Evaluación del riesgo de chorros de flama o dardos de fuego.
- ✓ H) Evaluación del riesgo de fuego por nube o pluma de vapor.
- ✓ I) Evaluación del riesgo de explosión de nubes de vapor (no confinadas).

El análisis de riesgo se efectuó considerando los siguientes aspectos: la naturaleza del proceso, las características físico-químicas del **gas natural** a utilizar; las características de manejo y las condiciones de operación. Para evaluar la magnitud de las consecuencias o daños que ocasionarían accidentes o eventos relacionados con la liberación o emisión de **gas natural**, se realizó utilizando el programa de simulación conocido como:

Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation (ARCHIE, ver.1.00).
Federal Emergency Management Agency, U.S.A.
U.S. Department of Transportation

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

U.S. Environmental Protection Agency
Microsoft Corp. 1982-1986

Este programa fue desarrollado por el Gobierno Federal de los Estados Unidos a través de la Administración de Programas Especiales e Investigación de la Oficina de Transporte de Materiales Peligrosos de su Departamento de Transportación. Considerando los criterios del Instituto Americano de Ingenieros Químicos de U.S.A., AICHE y del Banco Mundial.

Este simulador de riesgo es aceptado por la Ocupacional Safety and Health Administration (OSHA) y la United States Environmental Protection Agency (USEPA).

Mediante este paquete se asignan parámetros que caracterizan al evento y se efectúa la modelación de consecuencias considerando dispersión atmosférica, inflamabilidad y toxicidad en su descarga hacia la atmósfera.

Es de suma importancia, se aplique y observe a detalle la descripción y actualización de las especificaciones técnicas de los equipos, materiales, instalaciones y demás dispositivos utilizados en el sistema de transporte a que serán sujetos en el diseño y la construcción del sistema, así como los métodos y procedimientos de seguridad que serán utilizados para la construcción, operación y el mantenimiento del mismo, incluyendo los procedimientos relativos a las pruebas que llevará a cabo para comprobar que el sistema cumple con las especificaciones técnicas, la periodicidad para la realización de dichas pruebas, así como la forma y los plazos para informar a la autoridad sobre los resultados obtenidos.

Cumpliendo siempre con las especificaciones técnicas establecidas por la NOM-007-SECRE-2010 y el Código ASME B31.3 Process Piping Code, API STD 1104 Standard for Welding Pipelines and Related Facilities, los cuales se utilizan internacionalmente en los sistemas de transporte de gas; de manera adicional, se cumplirá con las especificaciones propias de; Nom-009-SECRE-2002, Monitoreo, detección y clasificación de fugas de gas natural y gas L.P. en ductos.

Con lo anterior será suficiente y adecuado para garantizar la seguridad de su sistema de transporte. En caso de modificaciones al sistema de las especificaciones técnicas, los equipos, materiales, instalaciones y demás dispositivos utilizados en la Instalación en estudio y los métodos y procedimientos de seguridad en la medida que las necesidades de seguridad así lo ameriten.

El fundamento matemático y científico del citado simulador, así como las instrucciones para su utilización están contenidos en el Software correspondiente. Ver *Anexo 2* de resultados de este documento.

Adicionalmente se recurrió a la aplicación de ecuaciones utilizadas para estimación de los parámetros de riesgo, ecuaciones citadas en la publicación "Control de Riesgo de Accidentes Mayores" editado por la Organización Internacional del Trabajo OIT, basadas a su vez en datos del Banco Mundial, así mismo también citadas en diversos textos y artículos técnicos de análisis de riesgo.

Debido a que la hoja de datos de seguridad de Pemex del gas natural no reporta valores de TLV y de IDLH, no se corrió el modelo de evaluación del riesgo de dispersión de vapores tóxicos. Sin embargo, para la modelación de eventos de fuga, incendio y explosión, se consideró una fuga inicial de gas natural.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Para realizar la modelación de una fuga de **gas natural**, se consideraron las peores condiciones posibles, es decir el caso de una fuga que no es detectada y atendida a tiempo, fugándose el **gas natural**, con una **estabilidad atmosférica tipo F**, o sea muy estable, de noche, con nubosidad poco densa y sin capa de inversión durante por lo menos 15 minutos.

Tabla 37 Interacciones de Riesgo resultantes de su identificación, jerarquización y evaluación

| ANÁLISIS DE LAS ZONAS DE ALTO RIESGO | | |
|--|---|---|
| EVENTOS | CONSECUENCIAS | RECOMENDACIONES |
| I. Fractura de la línea de conducción de gas natural (tubería) | a) Fuga de gas en proporción al tamaño de la ruptura y la cantidad de gas existente | <ul style="list-style-type: none"> - Cerrar las válvulas de seccionamiento que se encuentren corriente arriba y abajo de la fuga. - Tratar de controlar la fuga - Dar la voz de alarma. - Informar via telefónica al área de seguridad y medio ambiente de la planta del usuario. |
| II. Falla de válvulas conexiones y juntas del sistema de regulación y medición | a) Fuga de gas en proporción a la magnitud del problema b) Una vez que se ha liberado la presión, la válvula no cierra por falta de calibración c) La válvula no abre provocando un incremento de la presión interna, con la posible afectación de alguna unión o junta, con su consecuente fuga de gas descontrolada. | <ul style="list-style-type: none"> - Cerrar válvulas de seccionamiento que se encuentren corriente arriba y abajo de la fuga. - Controlar la fuga. - Dar la voz de alarma. - Informar via telefónica al área de seguridad y medio ambiente de ACCESGAS - Hacer las reparaciones inherentes al problema. - Mantener todo el sistema de regulación y medición protegidos de la intemperie. - Realizar la calibración de válvulas según programa de mantenimiento y verificar su correcto funcionamiento. |
| II. Falla de sistema instrumentación medidores del sistema de regulación y de medición | a) Lecturas erróneas de los instrumentos. b) Posible sobre-presión del sistema total de tuberías. c) Una vez que se ha liberado la sobre-presión del sistema, la válvula no cierra por falta de calibración d) La válvula no abre provocando un incremento de la presión interna, con la posible afectación de alguna unión o junta, con la consecuente fuga de gas descontrolada. | <ul style="list-style-type: none"> - Revisar rutinariamente la operación y estado de los instrumentos y hacer reemplazo oportuno de los que presenten fallas. - Cerrar válvulas de seccionamiento que se encuentren corriente arriba y debajo de la fuga. - Controlar la fuga. - Dar la voz de alarma. - Informar via telefónica al área de seguridad y medio ambiente de IENOVA - Hacer las reparaciones inherentes al problema. - Mantener todo el sistema de regulación y medición protegidos de la intemperie. - Realizar la calibración de válvulas según programa y verificar su funcionamiento correcto. |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

| | | |
|---|--|---|
| <p>IV. Se presenta un siniestro fuera de las instalaciones del proyecto pero interaccionan con el mismo (gasoducto principal de distribuidor)</p> | <p>a) El siniestro puede afectar las instalaciones de conducción de gas o sus equipos de regulación</p> <p>b) Suspensión del suministro de gas</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Control inmediato de cualquier conato de incendio. - Cerrar válvulas de seccionamiento que se encuentren corriente arriba y debajo del sistema total. - Mantener en buen estado y con carga los extintores de las casetas. - Aplicar plan de contingencias. - Suspender todas las operaciones que conlleven un riesgo de fuego y explosión, cerrar todas las válvulas de seccionamiento. - Dar lá voz de alarma. - Informar via telefónica al área de seguridad y medio ambiente de IENOVA - Aplicar el plan de contingencias de acuerdo a la magnitud y características del siniestro como medida de protección interna y como apoyo al exterior. |
|---|--|---|

Representar las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento en un Plano a Escala Adecuada donde se Indiquen los Puntos de Interés que Pudieran Verse Afectados (asentamientos humanos, cuerpos de agua, vías de comunicación, caminos, etc.).

El resumen de los radios de afectación podrá verificarse en el plano de conjunto, así como en las fotografías aéreas mostradas en el *Anexo 6*.

I.2 Interacciones de Riesgo

Realizar un Análisis y Evaluación de Posibles Interacciones de Riesgo con Otras Áreas, Equipos o Instalaciones Próximas a la Instalación o Proyecto que se Encuentren Dentro de la Zona de Alto Riesgo, Indicando las Medidas Preventivas Orientadas a la Reducción del Riesgo de las Mismas.

INTERACCIONES DE RIESGO

El medio de transporte masivo de hidrocarburos más utilizado en el mundo son los ductos. No obstante el avance tecnológico patente en toda la infraestructura del transporte por ductos, el riesgo está siempre presente en la operación de los mismos.

Los accidentes en tuberías de conducción de hidrocarburos se distribuyen aproximadamente de la siguiente manera: 41% corrosión, falla de material 25%, golpes de maquinaria 13%, toma clandestina 4.5%, fisura en soldaduras 3%, otras causas 13.5%.

Si bien el riesgo existirá siempre, su cuantificación es una parte esencial para su mejor administración y prevención, por lo que se debe contar con herramientas adecuadas para evaluarlo de la mejor manera posible.

Los métodos actuales de diseño toman en cuenta la parte aleatoria de las variables únicamente mediante factores de seguridad. Este nivel de aproximación es muy limitado.

Los análisis de consecuencias y riesgos, consisten en generar situaciones de riesgo o los denominados posibles escenarios de riesgo. En la simulación de los peores escenarios no se consideró intencionalmente ninguna de las medidas de seguridad con que se cuenta (sistemas de

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

control y mecanismos o procedimientos de respuesta) con el fin de visualizar el grado de afectación que tendría lugar en cada uno de los eventos máximos catastróficos considerados durante la modelación.

Como se menciona anteriormente, para evaluar la magnitud de las consecuencias o daños que ocasionarían accidentes o eventos relacionados con la liberación o emisión de **gas natural**, se realizó utilizando el programa de simulación conocido como:

Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation (ARCHIE, ver.1.00).
Federal Emergency Management Agency, U.S.A.
U.S. Department of Transportation
U.S. Environmental Protection Agency
Microsoft Corp. 1982-1986

I.3 Efectos sobre el Sistema Ambiental

I.3.1 GENERALIDADES

Este proyecto del usuario a instalarse, en el municipio de Mexicali, en el Estado de Baja California, se realizó apegándose a los lineamientos que señala la Norma Oficial Mexicana NOM-007-SECRE-2010 “Sistema de Transporte de Gas Natural”.

Su ubicación geográfica lo sitúa en un lugar cercano a una zona con potencial para crecer industrialmente y vías de comunicación importantes, motivo por el cual es conveniente considerar cualquier interacción que esta unidad pueda tener con sus alrededores. Es importante señalar que se cuenta con espacio suficiente para el proyecto dentro del terreno contemplado que recorrerá el gasoducto.

- **Descripción del Proyecto**

El proyecto comprende la elaboración de un Estudio de Riesgo que permita identificar los riesgos probables en este proyecto, definiendo solamente el área operativa correspondiente a la:

a) Sistema de Transporte de Gas Natural

En el análisis se incluirán las líneas de servicio involucradas, así como la Estación de Regulación y Medición principal.

El proyecto considera buscar mediante un cumplimiento estricto de la normatividad vigente (tanto técnica como ambiental y de seguridad) un incremento sustancial en la seguridad del sistema.

- **Alcance**

El presente estudio comprende la aplicación del método de jerarquización “Matriz de Jerarquización de Riesgos” y como apoyo y adicional “Índice de Mond” a la sección que comprende el Sistema de Transporte de Gas Natural del usuario a instalarse, en Mexicali, Estado de Baja California.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

I.3.2 DESARROLLO DEL ESTUDIO

- **Jerarquización de Riesgos**

Matriz de Jerarquización de Riesgos

Mediante los puntos de riesgos establecidos en el párrafo anterior, se condensó la información de los riesgos en una matriz de jerarquización, la cual permite identificar de manera más visual la clasificación de cada riesgo.

La matriz se clasificará de acuerdo a los siguientes colores (los colores estarán determinados por los valores totales obtenidos):

| | POR FALLO | POR NODO |
|----------|--|---|
| Rojo | Evento que requiere corrección | Nodo más crítico y necesita acción preventiva |
| Amarillo | Evento que requiere atención | Nodo que requiere procedimiento preventivo |
| Verde | Evento aceptable, y requiere procedimiento de prevención | Nodo con riesgo aceptable |

Nota: Se puede visualizar la presente matriz en el Anexo 2

Justificación de la metodología seleccionada

El número de metodologías para identificar y jerarquizar los riesgos ambientales se ha ido diversificando conforme la tecnología, generación y accesibilidad de información han ido mejorando, es por ello que el primer aspecto a resolver es la elección del enfoque y método adecuados con base a las características particulares del proyecto y a la información base disponible.

En términos generales, los métodos existentes* varían en nivel de complejidad y requieren de distintos tipos de datos, experiencia y herramientas tecnológicas; por lo tanto, producen diferentes niveles de precisión y certidumbre, sin embargo, en general dependen en buena parte de la experiencia del grupo de expertos quien realiza el estudio.

Con base en lo anterior, se consideró como mejor opción el uso de matrices numéricas de interacción como metodología para la jerarquización de los riesgos debido a que es un procedimiento lógico, objetivo y presenta la información de manera clara y concisa lo que permite jerarquizar los riesgos de acuerdo a las particularidades del proyecto.

Mediante el uso de esta metodología, es posible apreciar la afectación de cada riesgo en su medio ambiente. También, al asignárseles un valor numérico en función de la magnitud del riesgo, se identifica y jerarquiza fácilmente aquellas acciones más relevantes.

* Por mencionar algunos: *Métodos ad hoc*, útiles cuando existen limitantes con respecto al tiempo e información, por lo que la evaluación depende casi en su totalidad en la opinión de los expertos. Los *Checklists* y *matrices* son adecuadas para organizar y presentar información; los *Métodos de Evaluación Rápida* son útiles para evaluar los impactos en sitios donde los cambios en los ecosistemas son acelerados; entre otros.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Conclusión de la Jerarquización

Al finalizar ambas metodologías para la identificación y jerarquización de riesgos, refiriéndonos al HazOp y jerarquización de riesgos, hablando de la matriz, se puede concluir, que posterior a la interconexión, a lo largo del ducto y en la Estación de Regulación y Medición Principal (es decir todos los elementos del sistema), el proceso tiene una magnitud de riesgo, recayendo principalmente en el gasoducto, esto debido a la infraestructura que lo conforma, así como a sus condiciones de operación.

Los escenarios de Riesgo a simular se proponen que sean en los puntos clave a lo largo del sistema, realizando énfasis en el área de mayor riesgo como se observó en el HazOp y la matriz de riesgo, quedando de la siguiente manera:

- Gasoducto de 8" (Posterior al punto de interconexión) (Ruptura total y 20% del diámetro total) (Escenario que se puede localizar en el NODO 1A y 1B del Anexo 2)
- Estación de Regulación y Medición Principal (Previo y Posterior a la Regulación) (Escenario que se puede localizar en el NODO 2A y 2B del Anexo 2)

Como metodología adicional y de apoyo se realizó un índice de Mond, describiéndolo a continuación:

Para el desarrollo de esta etapa se optó por aplicar una metodología semicuantitativa para la jerarquización de los riesgos, la cual aunque no llega al detalle y rigor de una evaluación cuantitativa, supone un avance hacia ello desde los métodos cualitativos, dado que el resultado obtenido es una clasificación relativa del riesgo asociado a la planta o a partes de la misma.

Este método conocido como “Índice de Mond” fue desarrollado por técnicos de Imperial Chemical Industries (ICI) a partir del Índice DOW. La primera versión fue publicada en 1979 y la segunda en 1985. Dicho método se basa en la asignación de penalizaciones y/o bonificaciones a diferentes áreas e instalaciones de una planta química. Las penalizaciones son asignadas en función de las sustancias presentes y las condiciones de proceso. Dichas bonificaciones tienen en cuenta las instalaciones de seguridad que pueden mitigar o prevenir efectos adversos a la operación de la instalación.

Esta metodología encuentra su empleo como método de clasificación previa en grandes unidades o complejos como la que estamos estudiando, permitiendo de esta forma identificar y clasificar las áreas con mayor riesgo potencial, a las que se deben aplicar otro tipo de eventos de mayor interés tomando en cuenta los escenarios de incidentes más recurrentes y sus efectos, de una manera objetiva y práctica.

La principal diferencia frente al “Índice DOW” es que se considera la toxicidad de las sustancias presentes como un factor independiente y su efecto en contacto con el ser humano.

Rangos de Clasificación de los Diferentes Índices Calculados

Cálculo del Índice Global DOW/ICI

Los factores individuales incluidos en los diferentes rubros, se totalizan en varios subgrupos que después, se incluyen en el Índice Global DOW/ICI **D**, según las bases establecidas originalmente por DOW.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Las descripciones del grado de riesgo global representado por el Índice Global DOW/ICI se estandarizan como sigue:

Tabla 38 Grado de riesgo

| Rango del Índice Global DOW/ICI (D) | Grado Total de Riesgo |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| 0 – 20 | Suave |
| 20 – 40 | Ligero |
| 40 – 60 | Moderado |
| 60 – 75 | Moderadamente Alto |
| 75 – 90 | Alto |
| 90 – 115 | Extremo |
| 115 – 150 | Muy Extremo |
| 150 – 200 | Potencialmente Catastrófico |
| Mayor a 200 | Muy Catastrófico |

Cálculo de Potencial de Fuego

Se considera útil estimar el potencial de fuego de la unidad porque esto da una indicación de la duración del fuego en el caso de un incidente.

Se han dado también categorías para los valores de la cantidad de fuego F y se han identificado con duraciones de fuego usando datos y registros de incidentes como sigue:

Tabla 39 Registros de incidentes

| Cantidad de Fuego (F) en BTU/ft ² del Área Normal de Trabajo | Categoría | Rango de Duración (Fuego-Horas) | Comentarios |
|---|-------------|---------------------------------|--------------------|
| 0 – 50,000 | Ligero | ¼ - ½ | |
| 50,000 – 100,000 | Bajo | ½ - 1 | Casas |
| 100,000 – 200,000 | Moderado | 1 – 2 | Fábricas |
| 200,000 – 400,000 | Alto | 2 – 4 | Fábricas |
| 400,000 – 1'000,000 | Muy Alto | 4 – 10 | Edificios ocupados |
| 1'000,000 – 2'000,000 | Intenso | 10 – 20 | Bodegas de Hule |
| 2'000,000 – 5'000,000 | Extremo | 20 – 50 | |
| 5'000,000 – 10'000,000 | Muy Extremo | 50 -100 | |

Cálculo de Potencial de Explosión

En determinadas situaciones se observará que un nivel dado de categoría del Índice Global DOW/ICI, se acompañará por una cantidad de Fuego de menor categoría. Esto indica que se deben examinar variaciones en el Riesgo de Explosión, lo que se hace de las dos siguientes formas:

Se calcula un Índice E de explosión interna de la planta, como una medida del riesgo de explosión interior. Las categorías asignadas a los valores del Índice son:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Tabla 40 Potencial de explosión

| Índice de Explosión Interna de la Sección (E) | Categoría |
|---|-----------|
| 0 – 1 | Ligero |
| 1 – 2.5 | Bajo |
| 2.5 – 4 | Moderado |
| 4 – 6 | Alto |
| Arriba de 6 | Muy Alto |

Esto no representa el único potencial de explosión de la sección, como lo confirma el consenso general acerca de los riesgos de explosión aérea. De un estudio de un gran número de escapes de sustancias inflamables que han dado lugar ya sea a explosiones aéreas o a nubes que han causado únicamente fuego por ignición, ha sido posible identificar un número de factores incluidos en el Índice de Mond y que pueden usarse para derivar el Índice A de Explosión Aérea.

Las categorías asignadas a varios valores de **A** son:

Tabla 41 Índice de explosión varios valores A

| Índice de Explosión Aérea (A) | Categoría |
|-------------------------------|-----------|
| 0 – 10 | Ligero |
| 10 – 30 | Bajo |
| 30 – 100 | Moderado |
| 100 – 500 | Alto |
| Arriba de 500 | Muy Alto |

Cálculo de Riesgos de Toxicidad

Un índice unitario de Toxicidad **U** se calcula de manera que represente la influencia de la toxicidad y consideraciones afines sobre el control y supervisión de la sección de la planta. Las categorías asignadas a los valores del Índice Unitario de Toxicidad **U** son:

Tabla 42 Categorías de toxicidad (U)

| Índice Unitario de Toxicidad (U) | Categoría |
|----------------------------------|-----------|
| 0 – 1 | Ligero |
| 1 – 3 | Bajo |
| 3 – 6 | Moderado |
| 6 – 10 | Alto |
| Arriba de 10 | Muy Alto |

Usando una combinación del Índice Unitario de Toxicidad **U** y el Factor de Cantidad **Q**, se obtiene el Índice del Máximo incidente Tóxico **C**.

Las categorías asignadas a valores del Índice **C** del Máximo incidente Tóxico son:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Tabla 43 Categorías de toxicidad (C)

| Índice del Máximo Incidente Tóxico (C) | Categoría |
|--|-----------|
| 0 – 20 | Ligero |
| 20 – 50 | Bajo |
| 50 – 200 | Moderado |
| 200 – 500 | Alto |
| Arriba de 500 | Muy Alto |

Cálculo de Factor Global de Riesgos (MOND)

En la división MOND se ha visto que la magnitud global de riesgo a usarse cuando se considera el arreglo de equipo de una planta, debe tener mayor influencia de los siguientes factores que lo permitido en el Índice Global DOW/ICI.

De acuerdo a lo anterior, se ha desarrollado una Magnitud Global de Riesgos R, que maneja estos factores de manera más adecuada.

Las categorías asignadas a los valores del Factor Global de Riesgo **R** son:

Tabla 44 Categorías de toxicidad (R)

| Factor Global de Riesgo (R) | Categoría del Riesgo Global |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 0 – 20 | Suave |
| 20 – 100 | Bajo |
| 100 – 500 | Moderado |
| 500 – 1,100 | Alto (Grupo 1) Aceptable |
| 1,100 – 2,500 | Alto (Grupo 2) No Aceptable |
| 2,500 – 12,500 | Muy Alto |
| 12,500 – 65,000 | Extremo |
| Mayor a 65,000 | Muy extremo |

Resumen de la aplicación del índice de Mond al proyecto

El Factor **R** de Riesgo Global (más los otros índices) se pueden considerar aceptables; en caso contrario, se requerirá trabajo posterior para lograr tal objetivo.

El primer paso es revisar los factores individuales y asegurarse si se puede hacer una reducción por cualquiera de las siguientes razones:

- Si se ha sobre enfatizado un riesgo dado en la estimación general.
- Alteraciones hechas a tamaños, condiciones de operación, etc., relativas a las unidades que forman parte de la sección.
- Sustitución por diferentes tipos de equipo de proceso de aquellos seleccionados originalmente.
- Adopción de diseños de equipo que involucren menos riesgo de falla de operación de la unidad o fuga de materiales clave.

En el caso de propuestas para una planta con proceso nuevo, pueden existir pocas posibilidades de efectuar cambios a menos que se efectúe una investigación adecuada de las alternativas. Si

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

un cambio en particular puede reducir en forma considerable el riesgo, se justifica el trabajo de investigación necesario.

Con plantas en operación, los registros y experiencia de accidentes pueden tomarse como guía para mejorar diseños y técnicas de operación. Sin embargo, debe tenerse cuidado al usar las experiencias de operación para disminuir los factores de riesgo en áreas donde no se hayan presentado accidentes.

Si no se cumple con estos requisitos, es fácil concluir que no existe riesgo y por un incidente posterior confirmar que el riesgo existía, pero no se había presentado debido a circunstancias fortuitas. Siempre que los factores de riesgo individual se reduzcan, el nuevo valor debe aparecer en una columna de “valor reducido” en los formatos correspondientes y deberá adicionarse una nota de la razón del cambio. Una vez que los cambios individuales se hayan hecho, los varios índices se deben re-calcular.

Tabulación de los resultados

A continuación, se presentarán tabulados los resultados obtenidos para cada la sección de estudio, los cuales se estructuraron a partir de los reportes del “Índice de Mond” correspondientes (*Ver tabla anexa*) y podrá de esta manera verse el grado de influencia que tuvieron para considerar y abatir los riesgos involucrados:

Sistema de Transporte de Gas Natural

Tabla 45 Resultado índices del sistema

| Índice | Inicial | Valor | Categoría |
|---------------------------------------|----------|---------------|-----------------|
| Índice DOW Equivalente | D | 134.10 | Muy Extremo |
| Índice de Riesgo de Incendio | F | 0.1082 | Ligero |
| Índice de Riesgo de Explosión Interna | E | 3.4 | Moderado |
| Índice de Riesgo de Explosión Aérea | A | 3.29 | Ligero |
| Índice Global de Riesgo | R | 188.52 | Moderado |

Tabla 46 Resultado índices con reducción

| Índice con Reducción | Inicial | Valor | Categoría |
|--|----------------------|--------------|-------------|
| Índice DOW Equivalente Reducido | D_R | 75.90 | Alto |
| Índice de Riesgo de Incendio Reducido | F_R | 0.04708 | Ligero |
| Índice de Riesgo de Explosión Interna Reducido | E_R | 1.84 | Bajo |
| Índice de Riesgo de Explosión Aérea Reducido | A_R | 0.02 | Ligero |
| Índice Global de Riesgo Reducido | R_R | 20.11 | Bajo |

Con base en el punto anterior, señalar todas las recomendaciones derivadas del análisis de riesgo efectuado incluidas aquellas determinadas en función de la identificación, evaluación e interacciones de riesgo y las medidas y equipos de seguridad y protección con que contará la instalación para mitigar, eliminar o reducir los riesgos identificados

I.3.3 RECOMENDACIONES

El seguimiento de las siguientes recomendaciones, fomentará tanto en los directivos como encargados de la planta en general una cultura de seguridad, con miras a una mejora continua que dará como resultado una instalación con un menor nivel de riesgo:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Técnicas

- Es muy conveniente que se mantenga la cobertura total de agua contra incendio a suministrar con monitores.
- Contar con un sistema de aspersión de agua contra incendio dirigidos a lo largo de todo el trayecto del gasoducto
- No escatimar en los detectores de explosividad, humo, fuego o tóxicos asociados a sistemas de alarmas sonoras y luminosas en campo y vincularlos con un área de control.
- Mantener en condiciones óptimas los sistemas de contención y drenaje.
- Ya que se cuenta con válvulas de seccionamiento de equipo y la general, se recomienda darle el mantenimiento correspondiente.

Administrativas

- Contar con un buen control y archivo de los programas de inspección técnica y seguridad (calibración de tuberías, equipos y válvulas de seguridad, pruebas de hermeticidad, etc.).
- Implementar un programa de integridad mecánica basado en el código API-581 (Inspección basada en riesgos).
- Elaborar e implementar un programa de capacitación efectiva teórico-práctica del personal operativo tanto en cuestiones operativas como de atención en caso de emergencia.
- Mantener en las áreas operativas y de mantenimiento los procedimientos de emergencia generales y específicos para cada área.
- Documentar de forma sencilla y ordenada la estructura, organización y responsabilidades definidas, de todos los involucrados con la atención de emergencias en el sistema de transporte.
- Revisión continua del cumplimiento normativo involucrado, así como acceso, difusión y cumplimiento de la normatividad aplicable vigente.
- Administración y documentación adecuada de los cambios durante todas y cada una de las fases del proyecto, acorde a los programas establecidos por el área de seguridad correspondiente
- Planes de respuesta a emergencias para escenarios de riesgo mayor, así como la búsqueda de la conformación y/o participación con algún Comité Local de Ayuda Mutua (CLAM).
- Contar en las instalaciones y gerencias de área con los procedimientos de operación, mantenimiento y seguridad por escrito.
- Realizar reuniones continuas en las que se acuerden con los encargados y supervisores, los pasos a seguir para mantener una cultura de seguridad en el sistema.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Operación y Mantenimiento

- Contar con un programa de mantenimiento predictivo, preventivo y refacciones suficientes para el correctivo.
- Ajustarse a las guías estatales de la Dirección de Ecología para el cumplimiento documental requerido.
- Mantener un programa intenso de capacitación y desarrollo de profesionistas en las áreas de operación, mantenimiento, seguridad y atención a emergencias para atender las instalaciones.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Contenido

| | |
|--|-----------------|
| <i>I. Señalamiento de las Medidas de Seguridad y Preventivas en Material Ambiental.....</i> | <i>2</i> |
| I.1 Recomendaciones Técnico-Operativas..... | 2 |
| I.1.1 Sistemas de Seguridad..... | 3 |
| I.1.2 Medidas Preventivas..... | 4 |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

I. Señalamiento de las Medidas de Seguridad y Preventivas en Materia Ambiental

I.1 Recomendaciones Técnico-Operativas

Indicar Claramente las Recomendaciones Técnico Operativas Resultantes de la Aplicación de la (s) Metodología (s) para la Identificación de Riesgos, Así como de la Evaluación de los Mismos

Recomendaciones técnico-operativas

Sistemas de Seguridad

El manejo adecuado y seguro del **gas natural** es posible, siempre y cuando se conozcan sus peligros y las diferentes formas en que estos pueden presentarse; esto no quiere decir que no existe riesgo alguno; sí existen, por lo que siempre se tendrán al alcance de todas las personas involucradas en la operación del gasoducto, así como las medidas preventivas para su rápido control, por si llegase a ocurrir algún evento inesperado. Algunas recomendaciones serían las siguientes, algunas de ellas en etapas que serán ejecutadas a la brevedad:

Etapas de Construcción

- Establecer un procedimiento de control de calidad de los equipos a instalar por el responsable de la obra, en él se deberá incluir el número de lote, composición química, propiedades mecánicas, espesores, etc.
- Diseñar y aplicar un procedimiento de soldadura y uno similar para la calificación de los soldadores, de acuerdo a las características de la tubería, accesorios y a los estándares nacionales e internacionales vigentes.
- Aplicar la normatividad vigente para protección de secciones superficiales de tubería con recubrimiento para evitar el inicio de procesos corrosivos por intemperismo.
- Supervisar el proceso de apertura de zanja, alojamiento de tubería y tapado de la misma se haga de acuerdo a la normatividad aplicable, reportando cualquier anomalía o desviación que se presente.
- Supervisar por medio de una unidad verificadora y documentar las pruebas que se realicen al ducto en campo en todas sus fases.
- Los posibles accidentes se pueden dar durante la obra, para lo cual se tomarán las medidas de prevención reglamentarias de construcción, así como las dispuestas por el reglamento de seguridad e higiene en el trabajo. El personal será dotado de equipos protectores tales como cascos, zapatos de seguridad, goggles, arneses y guantes.
- Se colocarán señalizaciones con cinta fluorescente para delimitar las áreas peligrosas o restringidas. Se dotará de un botiquín en obra para accidentes menores y se aseguró la vacunación antitetánica del personal.
- Durante la construcción, como en toda obra, existen riesgos para los trabajadores de caídas, por colapso, por derrumbes, por quemaduras eléctricas o de combustible, en el manejo de la herramienta y equipo, etc., sin embargo todos estos riesgos son comunes en todo proceso de construcción, por lo que existirán residentes y supervisores de la construcción quienes, además de vigilar la calidad y procesos constructivos, vigilaran la seguridad de las operaciones. Se tomarán todas las medidas de seguridad y de prevención de accidentes conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Construcciones y en el Reglamento de Prevención de accidentes en el trabajo.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

- El posible riesgo de incendio estará cubierto con la utilización de materiales incombustibles en la mayoría de las actividades a realizarse, así como con la existencia de las instalaciones contra incendio.
- Deberá de tomar las medidas de seguridad adecuadas para evitar descargas eléctricas en los trabajos de soldadura.
- Se integrara una cuadrilla de limpieza en el entorno del trazo para mantenerlo limpio de tierra.

I.1.1 Sistemas de seguridad

Descripción de las medidas, equipos y dispositivos de seguridad

La reducción de riesgos comienza con el diseño del sistema del gasoducto. Como mínimo, deberán observarse estrictamente todos los códigos, las reglamentaciones y las leyes mexicanas. Durante el proceso del diseño del sistema deben tenerse en cuenta varios factores, entre los cuales se destacan los siguientes:

- Especificaciones para la tubería, tales como la de Resistencia a la Cedencia (SMYS), capacidad de conducción y la de Máxima Presión de Operación (MAOP), inclinación, espesor de las paredes, resistencia a la fractura, recubrimiento, soldabilidad, fatiga y vida útil
- Sobrepresión y control de la velocidad del gas
- Condiciones climáticas y de suelos
- Factor de vientos y actividad sísmica de la zona
- Densidad de la población
- Profundidad a la cual va enterrado el ducto
- Espaciamiento entre válvulas
- Procedimientos e inspecciones de calidad

De acuerdo con la **NOM-007-SECRE-2010** el Sistema de Transporte deberá cumplir con los requisitos siguientes:

Componentes

- Para el seccionamiento o corte de flujo de gas natural en un sistema, se deben utilizar válvulas para gas natural de cierre rápido, que soporten la presión de diseño, de acuerdo con la normatividad aplicable.
- Se deben usar válvulas para gas natural del tipo cierre rápido de un cuarto de vuelta donde se tenga una línea de desvío o puenteo que soporten la presión de diseño.
- Las válvulas para gas natural de cierre rápido de un cuarto de vuelta se deben localizar en lugares de fácil e inmediato acceso que permitan su operación en casos de emergencia.
- Cuando se instalen manómetros, éstos deben ir precedidos de una válvula de bloqueo.
- Las bridas y accesorios bridados que se instalen deben satisfacer los requisitos mínimos de temperatura y presión de diseño del sistema de transporte.

Protección Contra Corrosión

- Los tubos de acero negro, conexiones, accesorios y componentes de la instalación, enterrados, sumergidos y sobre el piso; se deben proteger contra la corrosión con recubrimientos adecuados al medio. Dicho recubrimiento debe cumplir con los requisitos de las normas aplicables, entre otros, los siguientes:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

- a) Adherencia con las superficies metálicas y entre las capas intermedias;
 - b) Resistencia al agrietamiento;
 - c) Resistencia mecánica para soportar daños propios de su aplicación, y
 - d) Resistividad eléctrica alta.
- En caso de requerirse, las tuberías de acero enterradas y/o sumergidas deben tener protección catódica de acuerdo con lo establecido, Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas, de la Norma NOM-007-SECRE-2010, Transporte de Gas Natural.

Reguladores de Presión

- Los reguladores de presión deben instalarse precedidos de una válvula de corte de operación manual.
- En instalaciones residenciales, incluidos los edificios, los reguladores con válvula de alivio se deben localizar en el exterior.
- La capacidad y ajuste de cada regulador de presión debe ser la apropiada al servicio que presten.
- Los reguladores instalados en recintos cerrados que operen a una presión mayor a 34 kPa, la ventila de éstos deberá de dirigirse al exterior.
- Se debe llevar a cabo un programa continuo de inspección y reparación de reguladores para garantizar una operación segura y eficiente de estos equipos. La capacidad y el tamaño del regulador son los parámetros que se deben considerar en la frecuencia de las inspecciones y el grado de mantenimiento requerido. El mantenimiento para los reguladores de gran capacidad en instalaciones industriales, se debe hacer en forma permanente, de conformidad con lo establecido en el programa de mantenimiento preventivo de la instalación. La revisión de estos reguladores consiste en verificar si existe alguna fuga en su diafragma y observar si hay escape de gas a través de la ventila.

I.1.2 Medidas Preventivas

Indicar las Medidas Preventivas o Programas de Contingencias que se Aplicarán, Durante la Operación Normal de la Instalación o Proyecto, para Evitar el Deterioro del Medio Ambiente (sistemas anticontaminantes), Incluidas Aquellas Orientadas a la Restauración de la Zona Afectada en Caso de Accidente.

Etapas de Operación

- Se contará con un **Plan de Atención a Emergencias** que se implementará durante la ejecución de los trabajos.
- Supervisar la correcta implementación del sistema de detección de fugas, de tal manera que se minimice el tiempo de respuesta para evitar daño.
- No exceder la presión de operación establecida para evitar fracturas en las líneas que conduzcan a situaciones de peligro al ambiente o a las instalaciones.
- Cumplir cabalmente con las actividades incluidas en el Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema, así como revisarlo anualmente por medio de una Unidad de Verificación acreditada por la Comisión Reguladora de Energía.
- Iniciar una bitácora de accidentes y/o fugas en caso que se presenten en el gasoducto para aplicar posteriormente un programa específico que ataque, evite eventos y consecuencias no deseadas.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

- Monitoreo continuo, inspección y limpieza de las instalaciones exteriores, tales como casetas de regulación y medición, y sus equipos (medidores, reguladores, filtros, etc.)
- Capacitar al personal para que opere en forma correcta los dispositivos manuales de control, conozca los caminos de acceso y los fundamentos básicos de operación de las instalaciones que se encuentran en el área del proyecto y así evitar al máximo errores humanos de operación.
- Será indispensable llevar a cabo supervisión periódica de la trayectoria para evitar invasión al área de alojamiento y evitar también que se realicen trabajos con maquinaria pesada sobre el trayecto del gasoducto.
- Revisión y reposición (en caso de requerirse) de los señalamientos que indican la trayectoria a lo largo del recorrido del gasoducto, contemplando que se mencione el tipo de producto manejado y los teléfonos para comunicarse en caso de emergencia.
- Incluir la instalación y su administración integral al Sistema de Administración Ambiental (SAA) de la planta, el cual es una herramienta que sustenta la gestión ambiental para mejorar el desempeño en el manejo de datos ambientales y la implantación de programas de manejo del ambiente; es capaz de administrar información sobre aspectos productivos, ambientales, socioeconómicos y normativos, en el espacio geográfico del proyecto y en diversos formatos para atender los requerimientos específicos de la empresa.
- La empresa transportista del hidrocarburo, tomara las medidas preventivas y de control para evitar:
 - Incendios, emisiones y/o descargas de cualquier naturaleza, que pudieran
 - Ocasionar daños a los ecosistemas circundantes al sitio de trabajo, así como a la propiedad de terceras personas.
- El transportista será el responsable de los daños que se lleguen a ocasionar como consecuencia de una ejecución mal planeada o derivada de maniobras, descuidos, secuelas o problemas que generan otro tipo de contaminación a la que se pretenda eliminar o que incrementen los daños ecológicos ya existentes o que repercutan en daños materiales a instalaciones, áreas superficiales o subterráneas aledañas
- La empresa deberá presentar un plan de contingencias ambientales que se implementará durante la ejecución de los trabajos.

Plan Integral de Seguridad en Instalaciones Industriales

El usuario de una instalación industrial debe tomar las medidas de prevención sobre dicha instalación, para disminuir la probabilidad de ocurrencia de un siniestro. Las medidas deben incluir como mínimo los puntos siguientes:

- a) Actualización de los planos para la localización precisa de la instalación, de las válvulas de seccionamiento, sistemas de regulación y medición, y sus componentes;
- b) Capacitación de los trabajadores en aspectos de seguridad en la operación y mantenimiento del Sistema de Transporte de Gas Natural (STGN);
- c) Mantenimiento preventivo al sistema, incluyendo la protección catódica de las tuberías de acero enterradas (punto de interconexión a estación de regulación y medición principal).
- d) Detección de fugas mediante la revisión detallada del sistema de una manera sistemática y documentada, de conformidad con lo establecido en la NOM-007-SECRE-2010.
- e) Elaboración e instrumentación de procedimientos para el trabajo en líneas vacías y vivas para la supresión y reparación de fugas.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Operación y Mantenimiento de las Instalaciones Industriales

- Cuando se operen tuberías que contienen o han contenido gas, se debe observar lo siguiente:
 - a) No se permite fumar, tener flamas abiertas o cualquier otra fuente de ignición. Se deben usar linternas que sean a prueba de explosión;
 - b) En caso de requerirse corte, éste se debe hacer con equipo mecánico y se debe aterrizar la tubería en ambos lados del corte, se debe asegurar que no exista una mezcla explosiva en el área de trabajo utilizando el equipo de detección adecuado;
 - c) Se debe revisar el potencial eléctrico de la tubería de acero y desconectar la fuente de corriente antes de hacer algún trabajo en la línea. Cuando se trate de tubería de polietileno se debe prever la eliminación de corrientes estáticas. En este caso no aplica.
 - d) Antes de proceder a soldar o cortar la tubería se debe cerrar todas las válvulas de suministro, purgar la línea y ventilar el área de trabajo;
 - e) Se puede realizar trabajos en línea viva para la supresión y reparación de fugas, si se cuenta con personal calificado, procedimiento y equipo diseñado para este fin, y
 - f) En caso de requerirse iluminación artificial para realizar trabajos, se deben utilizar lámparas e interruptores a prueba de explosión.
- Descripción del contenido del manual de operación.

El sistema de transporte debe contar con un manual de operación y mantenimiento en el que se describan detalladamente, los procedimientos que se llevan a cabo en el mismo.

El manual de operación y mantenimiento debe estar disponible a la autoridad competente y mantenerse actualizado. El manual debe contener, como mínimo lo siguiente:

- a) Descripción de los procedimientos de operación y mantenimiento del sistema durante la puesta en operación, operación normal y paro;
- b) Identificación de los puntos que presenten el mayor riesgo para la seguridad pública;
- c) Programa de inspecciones periódicas para asegurar que el sistema cumple con las condiciones de diseño;
- d) Programa de mantenimiento preventivo que incluya los procedimientos y los resultados de las pruebas e inspecciones realizadas en el sistema (bitácora de operación y mantenimiento), y
- e) Capacitación al personal que ejecuta las actividades de operación y mantenimiento para reconocer condiciones potencialmente peligrosas que estén sujetas a la presentación de informes a la autoridad competente

Área de Seguridad:

- Será necesario establecer cursos intensivos de capacitación, entrenamiento de personal y elaboración de simulacros.
- Generar las alianzas necesarias con el distribuidor, los operadores del sistema y las autoridades locales de atención a emergencias, así como la promoción de un Comité Local de Ayuda Mutua con las empresas vecinas y localidades cercanas.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

- Cumplir cabalmente con un **Programa de Prevención de Accidentes**, en el que se considere Educación Pública, Capacitación interna y Externa, Simulacros, comunicación con autoridades, etc. Los riesgos en general pueden reducirse aún más mejorando continuamente el mantenimiento, inspección y **auditorias de seguridad y ambiental tanto internas y externas**, lo que es recomendable incluir en los procedimientos normales de la empresa.
- Los riesgos de fugas por rotura o golpe al gasoducto por algún agente externo, se podrían reducir y hasta eliminar si se concientiza a la gente que transite cerca de las instalaciones, sobre los peligros que implica la invasión al Derecho de Vía y a la realización de trabajos en forma irresponsable. Para ello es necesario informar a estas personas mediante pláticas, señalamientos y boletines, sobre que hacer en caso de que se presente un accidente y como actuar con prontitud de acuerdo al Plan de Emergencia del Gasoducto.
- Informar a la comunidad, a las autoridades municipales, estatales y federales sobre los horarios de operación y los riesgos del sistema, así como la coordinación de acciones de emergencia ante un siniestro.
- Implantar rigurosamente los planes y programas de capacitación, seguridad, inspección, controles de operación, vigilancia, etc., de tal forma que se garantice un involucramiento total de los recursos humanos, al esquema de seguridad.
- Contar con un número de atención a emergencias, en un tarjetón protegido por la humedad, el cual deberá colocarse en lugares estratégicos y que se difunda perfectamente bien entre las autoridades locales y estatales, así como las comunidades vecinas del gasoducto.
- Realizar un Programa para la Prevención de Accidentes, de acuerdo con las guías de la ASEA, SEMARNAT y la CRE.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Contenido

| | |
|---|----------|
| I. Resumen..... | 2 |
| I.1 Señalar las conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental..... | 2 |
| I.2 Resumen de la Situación General que presenta el Proyecto en materia de Riesgo Ambiental..... | 3 |
| I.2.1 Desarrollo del Estudio..... | 3 |
| I.3 Informe Técnico..... | 9 |

Índice de Tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 47 Grado de Riesgo..... | 4 |
| Tabla 48 Registros de incidentes..... | 4 6 |
| Tabla 49 Potencial de explosión..... | 5 |
| Tabla 50 Índice de explosión varios valores A..... | 6 |
| Tabla 51 Categorías de toxicidad (U)..... | 6 |
| Tabla 52 Categorías de toxicidad (C)..... | 7 |
| Tabla 53 Categorías de toxicidad (R)..... | 8 |
| Tabla 54 Resultado índices del sistema..... | 9 |
| Tabla 55 Resultado índices con reducción..... | 9 |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

I. Resumen

I.1 Señalar las conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental

CONCLUSIONES

- Como resultado de este estudio se puede concluir que el sistema de transporte considerado en el Proyecto, utilizará equipos modernos y contará con las medidas necesarias para aminorar los riesgos que implica la operación de este sistema.
- Asimismo, el diseño actual considera la aplicación de la normatividad y prácticas recomendadas apropiadas como corresponde a este tipo de instalaciones industriales y sus riesgos asociados.
- Para el caso de su diseño de detalle y su construcción se ha previsto el cumplimiento de la normatividad y especificaciones más estrictas, mismas que son las requeridas por la industria de distribución de hidrocarburos a nivel internacional y que se le ha dado relevancia a la seguridad y a las previsiones ambientales enfocadas al cuidado de la salud y seguridad de los trabajadores y de la comunidad, así como el cuidado del ambiente.
- Sin embargo se detecta también que se cuenta con un área de oportunidad importante en lo referente a la postura de la seguridad por parte de la administración y sus trabajadores, ya que al implementar prácticas de capacitación y continuidad en el proceso de seguridad, mejorarán sus prácticas operativas.
- De acuerdo con la información técnica del proyecto, podemos decir que se cubre adecuadamente los aspectos de la seguridad a través de la integridad mecánica de los equipos y sistemas y que las instalaciones contarán con los medios adecuados para el cuidado del ambiente. Se advierten también las previsiones apropiadas para evitar y controlar las posibles alteraciones a las condiciones normales de operación que pudieran originar riesgos por fuga de Gas Natural.
- Acorde con los resultados del estudio es factible mencionar que el área verificada con la revisión de las políticas, sistemas, características del diseño y compromisos de seguridad involucrados, el nivel de riesgo del sistema de transporte de gas natural es aceptable y sus consecuencias no afectarían a la población aledaña ni a sus bienes alrededor de dicho sistema.
- Por lo anterior, se puede resumir diciendo que el proyecto, tiene un nivel de riesgo aceptable y el control y atención de los mismos se verá centralizado dentro de los límites del área destinada a estas obras de ampliación.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

I.2 Resumen de la Situación General que presenta el Proyecto en materia de Riesgo Ambiental

Este proyecto de suministro a un usuario, en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California, se realizó apegándose a los lineamientos que señala la Norma Oficial Mexicana NOM-007-SECRE-2010 “Sistema de Transporte de Gas Natural”.

Su ubicación geográfica lo sitúa en un lugar cercano a una zona con potencial para crecer industrialmente y vías de comunicación importantes, motivo por el cual es conveniente considerar cualquier interacción que esta unidad pueda tener con sus alrededores.

Es importante señalar que se cuenta con espacio suficiente para el proyecto dentro del terreno contemplado que recorrerá el gasoducto.

- **Descripción del Proyecto**

El proyecto comprende la elaboración de un Estudio de Riesgo que permita identificar los riesgos probables en este proyecto, definiendo solamente el área operativa correspondiente a la:

a) Sistema de Transporte de Gas Natural

En el análisis se incluirán las líneas de servicio involucradas, así como la Estación de Regulación y Medición principal.

El proyecto considera buscar mediante un cumplimiento estricto de la normatividad vigente (tanto técnica como ambiental y de seguridad) un incremento sustancial en la seguridad del sistema.

- **Alcance**

El presente estudio comprende la aplicación del método de jerarquización de riesgos “Índice de Mond” a la sección que comprende el Sistema de Transporte de Gas Natural para un usuario a instalarse, en Mexicali, Estado de Baja California.

I.2.1 DESARROLLO DEL ESTUDIO

- **Jerarquización de Riesgos**

Matriz de Jerarquización de Riesgos

Mediante los puntos de riesgos establecidos en el párrafo anterior, se condensó la información de los riesgos en una matriz de jerarquización, la cual permite identificar de manera más visual la clasificación de cada riesgo.

La matriz se clasificará de acuerdo a los siguientes colores (los colores estarán determinados por los valores totales obtenidos):

| | POR FALLO | POR NODO |
|----------|--|---|
| Rojo | Evento que requiere corrección | Nodo más crítico y necesita acción preventiva |
| Amarillo | Evento que requiere atención | Nodo que requiere procedimiento preventivo |
| Verde | Evento aceptable, y requiere procedimiento de prevención | Nodo con riesgo aceptable |

Nota: Se puede visualizar la presente matriz en el Anexo 2

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Justificación de la metodología seleccionada

El número de metodologías para identificar y jerarquizar los riesgos ambientales se ha ido diversificando conforme la tecnología, generación y accesibilidad de información han ido mejorando, es por ello que el primer aspecto a resolver es la elección del enfoque y método adecuados con base a las características particulares del proyecto y a la información base disponible.

En términos generales, los métodos existentes* varían en nivel de complejidad y requieren de distintos tipos de datos, experiencia y herramientas tecnológicas; por lo tanto, producen diferentes niveles de precisión y certidumbre, sin embargo, en general dependen en buena parte de la experiencia del grupo de expertos quien realiza el estudio.

Con base en lo anterior, se consideró como mejor opción el uso de matrices numéricas de interacción como metodología para la jerarquización de los riesgos debido a que es un procedimiento lógico, objetivo y presenta la información de manera clara y concisa lo que permite jerarquizar los riesgos de acuerdo a las particularidades del proyecto.

Mediante el uso de esta metodología, es posible apreciar la afectación de cada riesgo en su medio ambiente. También, al asignárseles un valor numérico en función de la magnitud del riesgo, se identifica y jerarquiza fácilmente aquellas acciones más relevantes.

Conclusión de la Jerarquización

Al finalizar ambas metodologías para la identificación y jerarquización de riesgos, refiriéndonos al HazOp y jerarquización de riesgos, hablando de la matriz, se puede concluir, que posterior a la interconexión, a lo largo del ducto y en la Estación de Regulación y Medición Principal (es decir todos los elementos del sistema), el proceso tiene una magnitud de riesgo, recayendo principalmente en el gasoducto, esto debido a la infraestructura que lo conforma, así como a sus condiciones de operación.

Los escenarios de Riesgo a simular se proponen que sean en los puntos clave a lo largo del sistema, realizando énfasis en el área de mayor riesgo como se observó en el HazOp y la matriz de riesgo, quedando de la siguiente manera:

- Gasoducto de 8" (Posterior al punto de interconexión) (Ruptura total y 20% del diámetro total) (Escenario que se puede localizar en el NODO 1A y 1B del Anexo 2)
- Estación de Regulación y Medición Principal (Previo y Posterior a la Regulación) (Escenario que se puede localizar en el NODO 2A y 2B del Anexo 2)

Como metodología adicional y de apoyo se realizó un índice de Mond, describiéndolo a continuación:

Para el desarrollo de esta etapa se optó por aplicar una metodología semicuantitativa para la jerarquización de los riesgos, la cual aunque no llega al detalle y rigor de una evaluación

* Por mencionar algunos: *Métodos ad hoc*, útiles cuando existen limitantes con respecto al tiempo e información, por lo que la evaluación depende casi en su totalidad en la opinión de los expertos. Los *Checklists* y *matrices* son adecuadas para organizar y presentar información; los *Métodos de Evaluación Rápida* son útiles para evaluar los impactos en sitios donde los cambios en los ecosistemas son acelerados; entre otros.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

cuantitativa, supone un avance hacia ello desde los métodos cualitativos, dado que el resultado obtenido es una clasificación relativa del riesgo asociado a la planta o a partes de la misma.

Este método conocido como “Índice de Mond” fue desarrollado por técnicos de Imperial Chemical Industries (ICI) a partir del Índice DOW. La primera versión fue publicada en 1979 y la segunda en 1985.

Dicho método se basa en la asignación de penalizaciones y/o bonificaciones a diferentes áreas e instalaciones de una planta química. Las penalizaciones son asignadas en función de las sustancias presentes y las condiciones de proceso. Dichas bonificaciones tienen en cuenta las instalaciones de seguridad que pueden mitigar o prevenir efectos adversos a la operación de la instalación.

Esta metodología encuentra su empleo como método de clasificación previa en grandes unidades o complejos como la que estamos estudiando, permitiendo de esta forma identificar y clasificar las áreas con mayor riesgo potencial, a las que se deben aplicar otro tipo de eventos de mayor interés tomando en cuenta los escenarios de incidentes más recurrentes y sus efectos, de una manera objetiva y práctica.

La principal diferencia frente al “Índice DOW” es que se considera la toxicidad de las sustancias presentes como un factor independiente y su efecto en contacto con el ser humano.

Rangos de Clasificación de los Diferentes Índices Calculados

Cálculo del Índice Global DOW/ICI

Los factores individuales incluidos en los diferentes rubros, se totalizan en varios subgrupos que después, se incluyen en el Índice Global DOW/ICI **D**, según las bases establecidas originalmente por DOW. Las descripciones del grado de riesgo global representado por el Índice Global DOW/ICI se estandarizan como sigue:

Tabla 47 Grado de riesgo

| Rango del Índice Global DOW/ICI (D) | Grado Total de Riesgo |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| 0 – 20 | Suave |
| 20 – 40 | Ligero |
| 40 – 60 | Moderado |
| 60 – 75 | Moderadamente Alto |
| 75 – 90 | Alto |
| 90 – 115 | Extremo |
| 115 – 150 | Muy Extremo |
| 150 – 200 | Potencialmente Catastrófico |
| Mayor a 200 | Muy Catastrófico |

Cálculo de Potencial de Fuego

Se considera útil estimar el potencial de fuego de la unidad porque esto da una indicación de la duración del fuego en el caso de un incidente.

Se han dado también categorías para los valores de la cantidad de fuego **F** y se han identificado con duraciones de fuego usando datos y registros de incidentes como sigue:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Tabla 48 Registros de incidentes

| Cantidad de Fuego (F) en BTU/ft ² del Área Normal de Trabajo | Categoría | Rango de Duración (Fuego-Horas) | Comentarios |
|---|-------------|------------------------------------|--------------------|
| 0 – 50,000 | Ligero | ¼ - ½ | |
| 50,000 – 100,000 | Bajo | ½ - 1 | Casas |
| 100,000 – 200,000 | Moderado | 1 – 2 | Fábricas |
| 200,000 – 400,000 | Alto | 2 – 4 | Fábricas |
| 400,000 – 1'000,000 | Muy Alto | 4 – 10 | Edificios ocupados |
| 1'000,000 – 2'000,000 | Intenso | 10 – 20 | Bodegas de Hule |
| 2'000,000 – 5'000,000 | Extremo | 20 – 50 | |
| 5'000,000 – 10'000,000 | Muy Extremo | 50 -100 | |

Cálculo de Potencial de Explosión

En determinadas situaciones se observará que un nivel dado de categoría del Índice Global DOW/ICI, se acompañará por una cantidad de Fuego de menor categoría. Esto indica que se deben examinar variaciones en el Riesgo de Explosión, lo que se hace de las dos siguientes formas:

Se calcula un Índice **E** de explosión interna de la planta, como una medida del riesgo de explosión interior. Las categorías asignadas a los valores del Índice son:

Tabla 49 Potencial de explosión

| Índice de Explosión Interna de la Sección (E) | Categoría |
|--|-----------|
| 0 – 1 | Ligero |
| 1 – 2.5 | Bajo |
| 2.5 – 4 | Moderado |
| 4 – 6 | Alto |
| Arriba de 6 | Muy Alto |

Esto no representa el único potencial de explosión de la sección, como lo confirma el consenso general acerca de los riesgos de explosión aérea. De un estudio de un gran número de escapes de sustancias inflamables que han dado lugar ya sea a explosiones aéreas o a nubes que han causado únicamente fuego por ignición, ha sido posible identificar un número de factores incluidos en el Índice de Mond y que pueden usarse para derivar el Índice A de Explosión Aérea.

Las categorías asignadas a varios valores de **A** son:

Tabla 50 Índice de explosión varios valores A

| Índice de Explosión Aérea (A) | Categoría |
|----------------------------------|-----------|
| 0 – 10 | Ligero |
| 10 – 30 | Bajo |
| 30 – 100 | Moderado |
| 100 – 500 | Alto |
| Arriba de 500 | Muy Alto |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Cálculo de Riesgos de Toxicidad

Un índice unitario de Toxicidad U se calcula de manera que represente la influencia de la toxicidad y consideraciones afines sobre el control y supervisión de la sección de la planta. Las categorías asignadas a los valores del Índice Unitario de Toxicidad U son:

Tabla 51 Categorías de toxicidad (U)

| Índice Unitario de Toxicidad (U) | Categoría |
|----------------------------------|-----------|
| 0 – 1 | Ligero |
| 1 – 3 | Bajo |
| 3 – 6 | Moderado |
| 6 – 10 | Alto |
| Arriba de 10 | Muy Alto |

Usando una combinación del Índice Unitario de Toxicidad U y el Factor de Cantidad Q , se obtiene el Índice del Máximo incidente Tóxico C .

Las categorías asignadas a valores del Índice C del Máximo incidente Tóxico son:

Tabla 52 Categorías de toxicidad (C)

| Índice del Máximo Incidente Tóxico (C) | Categoría |
|--|-----------|
| 0 – 20 | Ligero |
| 20 – 50 | Bajo |
| 50 – 200 | Moderado |
| 200 – 500 | Alto |
| Arriba de 500 | Muy Alto |

Cálculo de Factor Global de Riesgos (MOND)

En la división MOND se ha visto que la magnitud global de riesgo a usarse cuando se considera el arreglo de equipo de una planta, debe tener mayor influencia de los siguientes factores que lo permitido en el Índice Global DOW/ICI.

De acuerdo a lo anterior, se ha desarrollado una Magnitud Global de Riesgos R , que maneja estos factores de manera más adecuada.

Las categorías asignadas a los valores del Factor Global de Riesgo R son:

Tabla 53 Categorías de toxicidad (R)

| Factor Global de Riesgo (R) | Categoría del Riesgo Global |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 0 – 20 | Suave |
| 20 – 100 | Bajo |
| 100 – 500 | Moderado |
| 500 – 1,100 | Alto (Grupo 1) Aceptable |
| 1,100 – 2,500 | Alto (Grupo 2) No Aceptable |
| 2,500 – 12,500 | Muy Alto |
| 12,500 – 65,000 | Extremo |
| Mayor a 65,000 | Muy extremo |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Resumen de la aplicación del índice de Mond al proyecto

El Factor **R** de Riesgo Global (más los otros índices) se pueden considerar aceptables; en caso contrario, se requerirá trabajo posterior para lograr tal objetivo.

El primer paso es revisar los factores individuales y asegurarse si se puede hacer una reducción por cualquiera de las siguientes razones:

- Si se ha sobre enfatizado un riesgo dado en la estimación general.
- Alteraciones hechas a tamaños, condiciones de operación, etc., relativas a las unidades que forman parte de la sección.
- Sustitución por diferentes tipos de equipo de proceso de aquellos seleccionados originalmente.
- Adopción de diseños de equipo que involucren menos riesgo de falla de operación de la unidad o fuga de materiales clave.

En el caso de propuestas para una planta con proceso nuevo, pueden existir pocas posibilidades de efectuar cambios a menos que se efectúe una investigación adecuada de las alternativas. Si un cambio en particular puede reducir en forma considerable el riesgo, se justifica el trabajo de investigación necesario.

Con plantas en operación, los registros y experiencia de accidentes pueden tomarse como guía para mejorar diseños y técnicas de operación. Sin embargo, debe tenerse cuidado al usar las experiencias de operación para disminuir los factores de riesgo en áreas donde no se hayan presentado accidentes.

Si no se cumple con estos requisitos, es fácil concluir que no existe riesgo y por un incidente posterior confirmar que el riesgo existía, pero no se había presentado debido a circunstancias fortuitas. Siempre que los factores de riesgo individual se reduzcan, el nuevo valor debe aparecer en una columna de “valor reducido” en los formatos correspondientes y deberá adicionarse una nota de la razón del cambio. Una vez que los cambios individuales se hayan hecho, los varios índices se deben re-calcular.

Tabulación de los resultados

A continuación, se presentarán tabulados los resultados obtenidos para cada la sección de estudio, los cuales se estructuraron a partir de los reportes del “Índice de Mond” correspondientes (*Ver tabla anexa*) y podrá de esta manera verse el grado de influencia que tuvieron para considerar y abatir los riesgos involucrados:

Sistema de Transporte de Gas Natural

Tabla 54 Resultado índices del sistema

| Índice | Inicial | Valor | Categoría |
|---------------------------------------|----------|---------------|-----------------|
| Índice DOW Equivalente | D | 134.10 | Muy Extremo |
| Índice de Riesgo de Incendio | F | 0.1082 | Ligero |
| Índice de Riesgo de Explosión Interna | E | 3.4 | Moderado |
| Índice de Riesgo de Explosión Aérea | A | 3.29 | Ligero |
| Índice Global de Riesgo | R | 188.52 | Moderado |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Tabla 55 Resultado índices con reducción

| Índice con Reducción | Inicial | Valor | Categoría |
|--|-----------------------------|--------------|------------------|
| Índice DOW Equivalente Reducido | <i>D_R</i> | 75.90 | Alto |
| Índice de Riesgo de Incendio Reducido | <i>F_R</i> | 0.04708 | Ligero |
| Índice de Riesgo de Explosión Interna Reducido | <i>E_R</i> | 1.84 | Bajo |
| Índice de Riesgo de Explosión Aérea Reducido | <i>A_R</i> | 0.02 | Ligero |
| Índice Global de Riesgo Reducido | <i>R_R</i> | 20.11 | Bajo |

I.3 Informe Técnico

El informe técnico del estudio de riesgo, se encuentra formando parte del presente documento como inciso a) del Anexo 7.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Contenido

| | |
|---|----------|
| <i>I. Identificación de los Instrumentos Metodológicos y Elementos Técnicos que sustentan la información señalada en el Estudio de Riesgo Ambiental.....</i> | 2 |
| I.1 Formatos de Presentación..... | 2 |
| I.1.1 Planos de localización..... | 2 |
| I.1.2 Fotografías..... | 3 |
| I.2 Otros anexos..... | 3 |

Índice de Tablas

| | |
|--|---|
| Tabla 56 Información Vectorial y Raster utilizada en el trabajo..... | 2 |
|--|---|

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

I. Identificación de los Instrumentos Metodológicos y Elementos Técnicos que sustentan la información señalada en el Estudio de Riesgo Ambiental

I.1 Formatos de Presentación

De acuerdo al artículo 19 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, se entregará un (1) ejemplare impresos de la Manifestación de Impacto Ambiental (por un uso responsable del papel); y dos CD's con el respaldo magnético de la ERA en formato Word y sus anexos (planos e información que complementa el estudio) de los cuales uno será utilizado para consulta pública.

1.1.1. Planos de Localización

El Diagrama de Flujo de Proceso y los planos de localización, se podrán observar en el anexo 2 y 3 de forma correspondiente, al final del documento.

La información vectorial y raster utilizada en éste trabajo se describe a continuación:

Tabla 56 Información Vectorial y Raster utilizada en el trabajo

| RASTER | | |
|--|--|---|
| Insumo | Descripción | Fuente |
| Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) V 2.0 escala 1:50,000 | Son archivos que almacenan datos de elevación (MDE) del terreno los cuales se pueden procesar posteriormente para obtener diversos productos. | http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/continuoElevaciones.aspx |
| Cuencas Visuales | Se obtienen mediante ArcMap, empleando una herramienta llamada Viewshed y el MDE del CEM | ESRI Inc. ArcGis Desktop 9.3 Service Pack 1 |
| Fallas y Fracturas. Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000. | Representa las estructuras geológicas originadas por los eventos tectónicos. Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000. | http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx |
| Climas | Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 y 1:50 000 de INEGI. | http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx |
| Suelos | Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 y 1:50 000 de INEGI. | http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx |
| Vías de comunicación | Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 y 1:50 000 de INEGI | http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx |

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario, en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

| RASTER | | |
|--|--|---|
| Insumo | Descripción | Fuente |
| Rasgos hidrográficos | Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 y 1:50 000 de INEGI. | http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx |
| Localidades | Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 y 1:50 000 de INEGI | http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx |
| Datos del relieve | Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 y 1:50 000 de INEGI. | http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx |
| Zonas de protección de la naturaleza | Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 de INEGI. | http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx |
| Áreas de Interés para las Aves (AICAS) | Datos Vectoriales de Áreas de Interés para las Aves en México. | http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/aica250kgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no |
| Regiones Terrestres Prioritarias | Datos Vectoriales de regiones prioritarias terrestres para la conservación de la biodiversidad en México | http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/rtp1mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no |
| Regiones Hidrológicas Prioritarias | Datos Vectoriales de regiones hidrológicas prioritarias por su biodiversidad | http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/rhpri4mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no |
| Áreas Naturales Protegidas (ANP) | Datos Vectoriales de las áreas declaradas como Áreas Naturales Protegidas | http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/ |

1.1.2 Fotografías

Las fotografías están integradas en cada uno de los capítulos correspondientes, ya que aún no se ha realizado la obra no se tiene un anexo fotográfico como tal.

Se referencian algunos croquis en los que se utilizaron fotografías aéreas del área a partir del uso del Google Earth



1.2 Otros Anexos

En cada capítulo vienen indicados sus propios anexos

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Bibliografía Consultada

AGUILERA, H.N., 1989 Tratado de Edafología de México. Tomo I. Facultad de Ciencias, UNAM, México: 222 pp.

ARANDA, 1981. Identificación de mamíferos: Guía de Campo. Limusa, México, 80 pp.

ARELLANO, M., y P. ROJAS, 1956 Aves acuáticas migratorias en México I. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A.C., México: 270 pp.

ARRIAGA C. L., V. S. AGUILAR y ALCOCER, D. J. 2000. Aguas continentales y Diversidad Biológica de México. Pág. 118-119. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

ARRIAGA, L, J. M. ESPINOZA et al (Coord.). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

BLAK, E.R. 1969 Bird of Mexico, The University of Chicago of Press, Chicago, USA.

BOJORQUES TAPIA, L. y ORTEGA RUBIO, A. 1989 Análisis de Técnicas de Simulación Cualitativa para la Predicción del Impacto Ecológico, Ciencias 40:71-78.

BOOTH, S.C. 1971 How to Know the mammals, WM.C. Brown Con. Publishers, Iowa, USA.

BOUL S.W.-HOLE F.D.-MCCRACKEN R.J., 1983.Génesis y Clasificación de Suelos. Editorial Trillas, pp 35-58.

CANTER, W. L., 1977 Environmental Impact Assessment. Ed. McGraw-Hill, U.S.A.

CANTER, W. L., 1979 Handbook of Variables for Environmental Impact Assessment. Ann Arbor Science, U.S.A.

CANTER, W. L., et al, 1991 Identification and Evaluation of Biological Impact Mitigation Measures. Journal of Environmental Management U.S.A. 33:35-50 p.

CANTER W. L. 1998 Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: segunda edición. Mc Graw Hill Interamericana de España, S.A.U. Pág. 71-121.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

CHERMISINOFF, P.N. AND MORRESI, A.C., 1979 Environmental Assessment and Impact Statement Handbook, Ed. Ann Arbor Science, U.S.A.

CHERMISINOFF, N. PAUL. Environmental Assessment & Impact Statement Handbook. Ann Arbor Science. U.S.A.

CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Versión preliminar.

CONZATTI, C., 1988 Flora Taxonómica Mexicana Vol. I, CONACyT, México.

D.A.E.U., 1973 Manual de Conservación de suelos. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Ed. Limusa, México, 327pp.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION, 1994 Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. 16 de mayo de 1994. 2-59 p.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION, 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, miércoles 6 de marzo del 2002.

ENKERLI, E. CANO, G. GARZA R. y VOGEL E. 1997 Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. Thomas editores.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1992 Environmental Impact Assessments. U.S.A.

ESPÍNDOLA, C. J. M., 1990. Las catástrofes geológicas. Cuaderno 3 del Instituto de Geofísica de la U. N. A. M. México, D. F.

ESPÍNDOLA, C. J. M., 1999. La actividad volcánica. Cuaderno 12 del Instituto de Geofísica de la U. N. A. M. México, D. F.

ESPÍNDOLA, J. M. y JIMÉNEZ, Z., 1994. Terremotos y ondas sísmicas, una breve introducción. Cuaderno 1 del Instituto de Geofísica de la U. N. A. M. México, D. F.

ESPITIA, C. ALFONSO. Las Evaluaciones de Impacto Ambiental. U.A.M. Azcapotzalco.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

ESTEVA, M. LUIS, 1970. Regionalización Sísmica de México para fines de Ingeniería. Revista del Instituto de Ingeniería, No. 246, abril de 1970, UNAM.: 229-246 P.

ESTEVAN, B. MA. TERESA. Las Evaluaciones de Impacto Ambiental. Cuadernos del CIFCA.

FLORES-VILLELA, O. y NAVARRO, S. A. G., 1993. Un análisis de los vertebrados terrestres endémicos de Mesoamérica en México. Vol. Esp. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. (XLIV): 387-395.

FLORES-VILLELA, O. y GEREZ, P., 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. CONABIO – U. N. A. M., México, D. F.

FOSTER ALBERT B, 1981. Métodos aprobados de conservación de suelos. Editorial Trillas, pp 393, 397-399, 403, 406.

GARCIA, E. 1988 Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köopen para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía UNAM, 4a. ed. Ed. SIGSA, México, 217pp.

GOLDEN, J., OVELLETTE, R.P., SAARI, S. y CHEREMISINOFF P.N., Environmental Impact, Data Book Arun Arbor Science.

GOLDMAN, E. and MORE, R.T., 1946 The biotic provinces of Mexico. Journ. Mam. vol. 26 No. 4 347-360.

GRANADOS, S.D. y R. TAPIA, 1990 Comunidades Vegetales. Colección de Cuadernos Universitarios, Universidad Autónoma de Chapingo, México, 162p.

GUIA ROJI, 2008 Atlas de carreteras de México.

Hazardous Chemical Data. NFPA 49, 1975

HENRY, J. GLYNN y HEINKE, GARY W., 1999. Ingeniería Ambiental, Prentice Hall, México, 800 pp.

HORBERRY, JOHN. 1984 Status and Application of Environmental Impact Assessment for Development. DSE/UNEP International Seminar on Environmental Impact Assessment for Development, U.S.A.

Índice de Incendio y Explosión “Guía para la Clasificación de Riesgos” 5ª Edición, 1980

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

INE – CONABIO, 1997. Guía de aves canoras y de ornato. Instituto Nacional de Ecología – Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.

INEGI, 1981 Guías para la Interpretación Cartográfica: Climatología. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. México, 2ª. Reimpresión. 50p.

INEGI, 1981 Guías para la Interpretación Cartográfica: Edafología. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, México, 2ª. Reimpresión. 41p.

INEGI, 1981 Guías para la Interpretación cartográfica: Geología. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. México, 2ª. Reimpresión. 32p.

INEGI, 1981 Guías para la Interpretación Cartográfica: Topografía. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. México, 2ª. Reimpresión. 30p.

INEGI, 1981 Guías para la Interpretación Cartográfica: Uso del Suelo. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. México, 2ª. Reimpresión. 49p.

INEGI, 1989 Guías para la Interpretación Cartográfica: Hidrología. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. México, 2ª. Reimpresión. 33p.

INEGI, 1994 Estadísticas del Medio Ambiente, México 1994: 447 pp.

INEGI, 2000. Herbario INEGI. Sistema de Consulta. CD. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

INEGI, 2001. Síntesis de información geográfica del Estado de Baja California. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Estado de Baja California.

INEGI, 2009. INEGI. Sistema para la Consulta del Anuario Estadístico Estado de Baja California. CD. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

INEGI. Carta Topográfica de La Paz 1:50,000, edición 2010

KREBS, CH., 1985 Ecología. Estudio de la Distribución y Abundancia. Ed. Harla, 2a. ed. México.

LEIN, K. JAMES, 1991-92 On the Application of Expert System in Environmental Performance Assessment. J. Environmental Systems. Vol. 21 (2) 167-183.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

LEOPOLD, L.B. et al, 1971 A Procedure for Evaluating Environmental Impact. Geological Survey Circular, U.S.A. Department of Interior, Washington D.C., 654pp.

LEOPOLD, A.S., 1950 Vegetation Zones of México. Ecology 31:507-518.

LEOPOLD, A.S., 1977 Fauna Silvestre de México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. PAX-MEX. México. 467pp.

MARIN CORDOVA, S., y J. EDUARDO AGUAYO C., 1989 Evolución geológica de la Cuenca de México e importancia de sus rasgos estructurales. Ecología Urbana volumen especial. Sociedad Mexicana de Historia Natural A.C., México, D.F.:61-65 p.

MEDINA, M. F., 1997. Sismicidad y volcanismo en México. La ciencia / 151 para todos. SEP-FCE-CONACYT. México, D. F.

MEXICO DESCONOCIDO, 1995 Parques Nacionales. Edición Especial No. 2, Revista México Desconocido, Editorial Jilguero, S.A. de C.V., México: 95 pp.

MIRANDA, F. y HERNANDEZ X., 1963 Los Tipos de Vegetación de México y su Clasificación. Bol.Soc. Bot., México. 28:29-179.

Nacional Electric Code, Última Edición

NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY, 1987 A Field Guide to the Birds of North America. National Geographic Society, U.S.A.

NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY, 1987. Métodos para la identificación de aves. NGS, EU, 50 pp.

NIEMBRO, R. A., 1990. Árboles y arbustos útiles de México. LIMUSA-NORIEGA - Universidad Autónoma de Chapingo. México, D. F.

ORDÓÑEZ, M. J. y O. FLORES. 1995. Áreas naturales protegidas en México. Pronatura. México.

ORTIZ-VILLANUEVA, B. y ORTIZ SOLORIO, C. 1990 Edafología, Universidad Autónoma de Chapingo. México.

PENNINGTON, T.D. y SARUKHAN, J., 1998. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. UNAM-FCE, México.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

PETERSON, R. T. y CHALIF, E. L., 1989. Aves de México, Guía de Campo. Ed. DIANA, México, D. F. 473 pp.

Properties of Flammable Liquids, Gases and Volatiles Solides. NFPA 325 M, 1984

RAMIREZ-PULIDO, J. y Col. 1986 Guía de los mamíferos de México, UAM-Iztapalapa, México.

RAU, G. JOHN AND D.C. WOOTEN N., 1985 Environmental Impact Analysis Handbook. Ed. McGraw-Hill, Book Company, U.S.A.

ROBBINS, S. C., BRUUN, B. y ZIM. S. H., 1983. A guide to field identification birds of North America. Golden Press, N. Y.

ROMERO A. H. 1991 Impacto ambiental: Cuadernos técnicos de Ingeniería y medio Ambiente N° 1. 1ª reimpresión. Pág. 174.

RZEDOWSKI, J., 1981 Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. 432 pp.

SANCHEZ VICENTE, et al, 1982 Glosario de Términos sobre Medio Ambiente. El Colegio de México. México.

SECRETARIA DE GOBERNACION, 1991 Atlas Nacional de Riesgos. 121 pp.

SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO, 1981. INEGI Atlas Nacional del Medio Físico. México.

SEDUE, 1987 Información Básica sobre Areas Protegidas de México. Dirección General de Conservación Ecológica de los Recursos Naturales. México.

SEDUE, 1987 Sistema Nacional de Areas Naturales Protegidas. Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Parques, Reservas y Areas Ecológicas Protegidas. México, D.F.

SEDUE, 1989 Información Básica sobre las áreas Naturales Protegidas de México. Dirección General de Parques. Reservas y Areas Ecológicas Protegidas, México, D.F.

SEDUE, 1988 Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio. Subsecretaría de Ecología. Dirección de Normatividad y Regulación Ecológica. México, DF.

SEDUE, 1988 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación, 28 de enero de 1988.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

SEMARNAP-INE. Ordenamiento Ecológico General del Territorio, Memoria Técnica 1995-2000, 540 pp.

SEMARNAP-INE. Ordenamiento Ecológico General del Territorio 2000, 36 pp.

SEMARNAP, 1998. Calendario cinegético temporada agosto 1998 – mayo 1999. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL. Consulta de las normales climatológicas del Municipio de Ixtapaluca, Estado de Estado de México. CNA, Observatorio Tacubaya, México, D.F.

SMITH, H.M. AND TAYLOR E.H., 1945 An Annotated Checklist and Key to the Reptiles and Amphibians of México. Nat. Mus. Bull 199. 230pp. Washington, D.C.

SMITH, M. H. y TAYLOR, H. E., 1945. An annotated checklist and key to the snakes of México. Smithsonian Institution United States National Museum. Bulletin 187.

SMITH, M. H. y TAYLOR, H. E., 1948. An annotated checklist and key to the amphibia of México. Smithsonian Institution United States National Museum. Bulletin 194.

SMITH, M. H. y TAYLOR, H. E., 1950. An annotated checklist and key to the reptiles of México exclusive of the snakes. Smithsonian Institution United States National Museum. Bulletin 199.

SZÉKELY, A. 1994. Protección legal a la biodiversidad en México. Informe de trabajo. Conabio. México.

TAMAYO L. J., 1985 Geografía Moderna de México, Ed. Trillas, 9a edición, México.

TOLEDO, V. M., 1988. La diversidad biológica en México. Ciencia y Desarrollo XIV (81):17 –30.

The Application of the Mond FIRE, Explosion & Toxicity Index to Plant Layout and Spacing Distances. Paper for presentation at the AIChE Loss Prevention Symposium, Texas on April 1-5, 1979, Lewis, D.J.

UNAM, INSTITUTO DE GEOGRAFIA, 1990 Atlas Nacional de México. Vol. I-III

VALDEZ E.C. y VÁZQUEZ GONZÁLEZ E., 1994. Impacto ambiental 1a Edición UNAM – IMTA.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

VARGAS, F. 1984. Parques nacionales de México y reservas equivalentes. Instituto de Investigaciones Económicas/UNAM. México.

WARK K. y. WARNER, C. 1990, Contaminación del aire. Origen y Control, 1ª Edición, editorial Limusa. 650 p.

Páginas de Internet:

Petróleos Mexicanos: www.pemex.com

Instituto Mexicano de Petróleo: www.imp.gob.mx

Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática: www.inegi.gob.mx

Secretaría de Energía: www.energia.gob.mx

Secretaría de Economía: www.economia.gob.mx

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: www.semarnat.gob.mx

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas: <http://www.conanp.gob.mx/anp>

Comisión Nacional del Agua: www.cna.gob.mx

Servicio Meteorológico Nacional: <http://smn.cna.gob.mx>

Normales Climatológicas del Estado de Baja California
<http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica>

INEGI: <http://www.inegi.org.mx/>

Anuario Estadístico INEGI Baja California:
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/productos/>

Portal del Estado de Baja California
<http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/index.jsp>

Climatología Estado de Baja California- Enciclopedia de los Municipios
siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM02bajacalifornia/index.html

INEGI Climatología Baja California:
<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/bc/default.aspx?tema=me&e=02>

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Enciclopedia de los Municipios, Mexicali

siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM02bajacalifornia/index.html

Programa Estatal de Desarrollo Baja California

<http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/gobierno/ped/ped.jsp>

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

Listado de Anexos

Anexos

- ANEXO 1**
- A) Acta Constitutiva de Accesgas, S.A.P.I. de C.V.
 - B) Copia de Cédula Fiscal Empresa (RFC)
 - C) Copia de Identificación Oficial del Representante Legal
- ANEXO 2** **DOCUMENTACION TECNICA DEL PROYECTO**
- A) **Memorias Descriptivas de la(s) metodología(s) utilizada(s)**
 - * Lista de Verificación (Check List)
 - * Análisis HAZOP
 - * Matriz de Jerarquización
 - * Resumen Índice Mond
 - B) **Memoria Técnica de las Modelaciones**
 - * Nodo 1A y 1B
 - * Nodo 2A y 2B
 - C) **Memoria Técnico-Descriptiva y Memoria de Cálculo**
 - D) **Diagrama de Flujo de Proceso, y Diagrama Nodalizado**
 - E) **Programa de Ejecución**
 - F) **Proceso Constructivo Perforación Direccional Controlada**
- ANEXO 3** **Planos de Trayectoria**
- ANEXO 4** **HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL GAS NATURAL**
- ANEXO 5** **FOTO AEREA DE LA ZONA DE INTERES (RADIO DE 500 M)**
- ANEXO 6** **FOTOS DE RADIOS DE AFECTACIÓN**
- ANEXO 7** **RESUMEN EJECUTIVO**
- A) **Informe Técnico**

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a un usuario,
en el municipio de Mexicali, Estado de Baja California”

ANEXO 8**Análisis de Posibles Riesgos de Contaminación hacia el Suelo y los Recursos Hídricos y subterráneos, que incluya:**

- **Caracterización de los Materiales o Residuos que serán manejados o depositados en el sitio, anexando la información toxicológica de las sustancias peligrosas identificadas.**
- **Identificación de los niveles de contaminación en el medio (agua subterránea, agua superficial, suelo, sedimentos, etc.)**
- **Características ambientales que afectan el destino y transporte de los contaminantes.**
 - a. **Geológicas y geohidrológicas**
 - b. **Topográficas**
 - c. **Corrientes Superficiales**
 - d. **Atmosféricas**
- **Población potencialmente expuesta**
- **Biota potencialmente expuesta**
- **Identificar los puntos, rutas y vías de exposición hacia la población y biota expuesta**
- **Con base en la información anterior, analizar el comportamiento de los contaminantes en el ambiente (entre otros aspectos, detectar el tiempo en que llegaría una concentración de sustancias a los mantos freáticos que pudiera causar problemas de contaminación) y su afectación hacia la biota y la población, por su exposición cronológica a los mismos. Estimar la concentración por la exposición a los contaminantes.**
- **Recomendaciones para reducir la exposición y afectaciones hacia el ambiente.**