Índice

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO 2
I.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE 2
I.2 BASES DE DISEÑO 4
I.2.1 Especificaciones Técnicas y Cálculos del Sistema para Transporte de Gas Natural. 6
I.2.2 Trazo y Perfil del Ducto. 7
I.3 HOJAS DE SEGURIDAD 7
I.4 CONDICIONES DE OPERACIÓN 8
I.4.1 Operación 8
I.4.2 Pruebas de verificación. 13
I.5 PROCEDIMIENTOS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD 14
I.6 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS 16
I.6.1 Antecedentes de accidentes e incidentes 16
I.6.2 Metodologías de identificación y jerarquización 23

Índice de Tablas

Tabla I. 1 Características de los gasoductos que conforman el STGN. 2
Tabla I. 2 Elementos que complementan el STGN. 3
Tabla I. 3 Condiciones de operación del Sistema para Transporte de gas natural. 8
Tabla I. 4 Programa de Actividades de Seguridad. 14
Tabla I. 5 Actividades de mantenimiento. 15
Tabla I. 6 Identificación de diagramas de tubería e instrumentación utilizados 26
Tabla I. 7 Nodos Seleccionados en el Sistema para transporte de gas natural. 27
Tabla I. 8 Consecuencias (en forma descriptiva). 28
Tabla I. 9 Frecuencia de ocurrencia de los eventos. 29
Tabla I. 10 Matriz de riesgos. 30
Tabla I. 11 Matriz de Riesgo considerando los resultados del HAZOP 31
Tabla I. 12 Descripción de fallas de mayor riesgo en los Nodos del HAZOP. 32
Tabla I. 13 Fallas con probable fuga de gas natural. 33
Tabla I. 14 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas. 34
Tabla I. 15 Probabilidades de falla. 35
Tabla I. 16 Escenarios de Riesgo. 35

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

I.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

A. Alcance e instalaciones que conforman el proyecto.

El alcance del presente proyecto es la instalación de un Sistema para Transporte de Gas Natural (STGN), con la finalidad de suministrar gas natural principalmente a las nuevas instalaciones de Granjas Carroll que se construyen actualmente en el municipio de Oriental, Pue.

B. Origen y destino.

El sistema para transporte de gas natural tendrá como origen el punto de interconexión con el gasoducto de 48'' Cempoala – Venta de Carpio, administrado por el CENAGAS, quien será el proveedor del energético; posterior al registro de interconexión se realizará la instalación de una Estación de Regulación y Medición (City Gate) en la que se recibirá el gas natural para su filtración, regulación y medición y posteriormente entregarlo al Sistema para Transporte de Gas Natural (STGN) que a la salida de la City Gate estará conformado en su totalidad por tubería en acero al carbón de 6'' D.N. (especificación API 5L Grado X42) el cual se proyectará en dirección Oeste desde la salida de la City Gate hasta la ERM a instalarse en la empresa Granjas Carroll.

C. Número de líneas, diámetro, longitud.

El STGN estará compuesto por una línea principal de acero al carbón de 6'' D.N. que estará operando a una presión máxima de 300 psi (21 kg/cm^2). En las tablas siguientes se indican las características del gasoducto a instalar, así como la infraestructura complementaria que conformará el STGN, que corresponde a la City Gate, ERMs y Válvulas de Seccionamiento.

Tabla I. 1 Características de los gasoductos que conforman el STGN.

Diámetro	Longitud (m)	Especificación de material	Presión de Diseño (psi)	Presión de Operación (psi)	Temperatura de Diseño (°C)
6''	6 530 m	API 5L Grado X42	500	300	20

Tabla I. 2 Elementos que complementan el STGN.

No.	Elemento	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WG84 Región: 14
1	Interconexión (Válvula troncal)	0+000 A	[redacted]
2	City Gate	0+015 A	
3	Válvula de Seccionamiento de 6'' AC (V.S. 01)	4+825 A	
4	Válvula de Seccionamiento de 6'' AC (V.S. 02)	6+500 A	
5	Estación de Regulación y Medición (ERM 01)	6+530 A	

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Para mayor detalle se incluyen los planos del STGN. ***Ver Anexo 1.***

Para conocer las coordenadas puntos de inflexión de todo el sistema para transporte de gas natural. ***Ver Anexo 2.***

D. Vida útil.

En base a la experiencia acumulada de la empresa Promovente, diseñó el proyecto y realizará la construcción del sistema para transporte de gas natural para una vida útil de al menos 30 años en estado de operación, sin embargo, este periodo de tiempo puede ser modificado hacia una vida mayor considerando el mantenimiento predictivo, preventivo y en su caso correctivo de la infraestructura a instalar.

E. Flujo.

El flujo máximo que será manejado a la salida de la City Gate es de 15 MMSCFD (millones de pies cúbicos estándar por día).

I.2 BASES DE DISEÑO

Considerando que las instalaciones para el transporte de Gas Natural están regidas por normas, códigos y estándares; la fase de diseño contempla aspectos necesarios para dar seguridad física al sistema conformado en su totalidad por tubería en Acero Carbón.

El diseño de las tuberías que conforman el sistema de trasporte, además de la instrumentación considerada para el control y seguridad del mismo, se encuentran de acuerdo a lo especificado en el código **ASME B 31.8** - Edición 2007 ‘‘Sistemas de Transmisión y Distribución de Gas por Tuberías’‘, el cual es un estándar internacional establecido por la industria de los Estados Unidos de América (EUA).

Aunado a lo anterior el sistema para transporte de Gas Natural está diseñado y será construido con estricto apego a la **NOM-007-ASEA-2016** ‘‘Transporte de Gas Natural‘, principal regulación aplicada en el desarrollo de los sistemas para transporte de gas natural por ductos. Cabe mencionar, que para dar cumplimiento a dicha norma, Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., deberá ser auditada por una Unidad de Verificación en materia de Gas Natural, misma que evaluará las condiciones de operación del sistema para transporte y ERMs, para dar cumplimiento a las normas establecidas por la Comisión Reguladora de Energía.

El diseño bajo el cual será construido el sistema para transporte de gas natural, así como las ERMs a cargo de la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., involucra los siguientes aspectos:

1. **Cargas estáticas a las que esté sometida la tubería.**

   Se considera la no afectación por cargas externas originadas por suelos inestables, vibraciones mecánicas o sónicas y adición de pesos adicionales a la tubería, como lo son estructuras y edificaciones, principalmente.

2. **Cargas dinámicas que afectan al sistema.**

   Se consideran a aquellos cruces especiales por donde pasará el gasoducto, tales como: cruces carreteros y caminos rurales, los cuales no se verán afectados ni tampoco representarán un riesgo para la integridad física del gasoducto.

3. **Presión a que están sujetas las tuberías.**

   El cálculo del espesor necesario para soportar la presión de operación de la red, fue determinado con la fórmula de Barlow, utilizando factores para la clase de localización 4, en el caso de tuberías metálicas.

4. **Corrosión.**

   La tubería que se instalará en las ERMs, estará cumpliendo con los requisitos de seguridad y operación establecidos en la **NOM-007-ASEA-2016**.

5. Esfuerzos debidos a afectaciones exteriores.

Estos factores están considerados por la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., en los procedimientos de diseño utilizados por la empresa en el ducto que conforma el sistema para transporte de gas natural.

Además de lo indicado anteriormente, en el diseño de la construcción de la tubería, fueron considerados factores, tales como expansión y contracción térmica de la tubería, vibración, fatiga, cruzamientos y condiciones de cargas especiales, sismos y efectos provocados por los cambios de estación, lluvias, inundaciones y deslaves, principalmente.

Así mismo, los materiales utilizados en este proyecto, cumplen con las siguientes especificaciones:

- Tubería de transporte y la utilizada dentro de las estaciones: **API 5L ó ASTM A53**,
- Válvulas de bloqueo y de operación: **API 6D** y partes 192 y 193 del **DOT 49**,
- Bridas y conexiones: **ASME B16.6 y B16.9**,

La tubería metálica de las estaciones de regulación deberá cumplir con los requisitos de la **NOM-007-ASEA-2016**, así mismo concuerda con los estándares **ASME-B 31.8 2007** y **DOT 49 CFR** en su parte 192.

Las instalaciones como casetas de regulación y medición de los asociados estarán debidamente resguardadas de agentes externos, mediante bardas perimetrales y/o cercas metálicas con acceso restringido, permitiendo la entrada sólo al personal de la empresa.

Aunado a lo anterior, dentro del diseño del presente proyecto fueron considerados los siguientes estándares:

- NOM-001-SECRE 2010.- Especificaciones del GN.
- NOM-007-SECRE 2010.- Transporte de Gas Natural.
- ASME B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping Systems
- American Petroleum Institute (API-5L)
- American Gas Association (AGA)
- Reporte AGA-5
- Reporte AGA-8
- Reporte AGA-9
- Gas Processors Association (GPA)
- American Petrolum Institute (API)

I.2.1 Especificaciones Técnicas y Cálculos del Sistema para Transporte de Gas Natural.

A) Cálculo para la tubería de DN 150 mm (6" de Ø) de acero al carbón

El espesor mínimo de pared del tubo se calcula de acuerdo a la NOM-007-ASEA-2016. Transporte de Gas natural de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

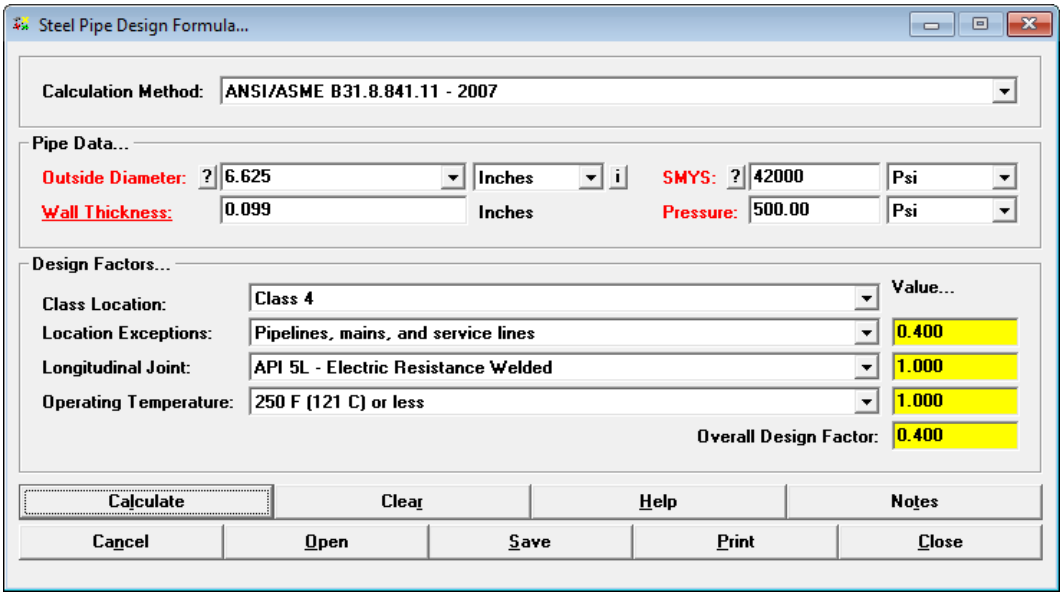
Dónde:

t = espesor mínimo de la tubería
P = presión manométrica de diseño
D = diámetro exterior de la tubería
S = resistencia mínima a la cadencia
F = factor de diseño por densidad de población
E = eficiencia de la junta longitudinal de la tubería
T = factor de corrección por temperatura del gas.
T=1 si la temperatura del gas es igual ò menor a 400º K

Obtenemos el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería.

S = 42 000 psi = 289 581 kPa

Utilizando la presión de diseño, que es de 35.15 kg/cm² (500 psi).



De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de DN 150 mm (6" de Ø) tenga un espesor mínimo de 2.514 mm (0.099").

Por tal motivo se instalará tubería de DN 150 mm (6"Ø) Grado X42, construido bajo las especificaciones API 5L, la cual tiene un espesor de 5.562 mm (**0.219"),** sobrepasando en gran medida el espesor mínimo requerido.

Las Memorias de Cálculo y Filosofías de Operación de la City Gate y ERM se incluyen en el ***Anexo 3.***

I.2.2 Trazo y Perfil del Ducto.

El perfil de la zona donde se ubicará el sistema para transporte de gas natural, muestra una topografía en donde la altitud mínima es de 2 344 metros sobre el nivel medio del mar (msnm) cerca del Cadenamiento 01+600, y como altitud máxima 2 351 msnm en la zona donde se localizará la ERM de Granjas Carroll. La diferencia en la elevación es de 7 m entre la altitud mínima y la altitud máxima del Sistema para Transporte de Gas Natural (STGN), por lo que este cambio de altitud no es significativo para cuestiones constructivas y de operación del proyecto.

Los planos del trazo y perfil del sistema para transporte de gas natural se incluyen en el **Anexo 4.**

I.3 HOJAS DE SEGURIDAD

La sustancia química peligrosa involucrada en la etapa de operación del proyecto, es el Gas Natural, por lo que a continuación se describen algunas de las características de esta sustancia.

Nombre: Gas Natural - Gas Metano,
Familia química: Hidrocarburo parafínico,
Peso molecular: 16,042,
Estado físico, color y olor: Gas incoloro, inodoro e insípido,
Punto de fusión (760 mm Hg): - 182,50 °C,
Punto de ebullición (760 mm Hg): - 161,50 °C,
Temperatura crítica: - 82,50°C,
Calor específico: 1,308 Kcal/Kg,
Calor de fusión: 14 Kcal/Kg,
Calor de vaporización: 122 Kcal/Kg,
Presión crítica: 45,8 atm,
Densidad crítica: 0,162,
Densidad del vapor (760 mm Hg): 0,554,
Densidad específica (aire= 1): 0,68,
Temperatura de auto ignición: Entre 5 370 y 6 510°C
Volumen crítico: 0,098 m^3/Kg/mol,
Solubilidad en agua: 0,4 – 20 microgramos/100 cm^3,
Punto de inflamación: 5 370 °C,
Límite inferior de explosividad: 5 % gas en el aire,
Límite superior de explosividad: 15 % gas en el aire,

El gas natural es incoloro, inodoro, insípido, sin forma particular y más ligero que el aire. Se presenta en su forma gaseosa por debajo de los -161 ºC. Por razones de seguridad, se le añade mercaptano, un agente químico que le da un olor a huevo podrido, con el propósito de detectar fugas de esta sustancia.

Es una mezcla de hidrocarburos ligeros, compuesto principalmente de metano, etano, propano, butanos y pentanos; además de lo anterior, cuenta con otros componentes tales como el CO_2, el helio, el sulfuro de hidrógeno y el nitrógeno, su composición nunca es constante, sin embargo, se puede decir que su componente principal es el metano (mínimo 90%). Posee una estructura de hidrocarburo simple, compuesto por un átomo de carbono y cuatro de hidrógeno (CH_4). Cabe mencionar, que el metano es altamente inflamable, se quema fácilmente y emite muy poca contaminación. Por lo anterior el Gas Natural no es ni corrosivo ni tóxico, su temperatura de combustión es elevada y posee un estrecho intervalo de inflamabilidad, lo que hace de él un combustible fósil seguro en comparación con otras fuentes de energía; es más ligero que el aire y a pesar de sus altos niveles de inflamabilidad y explosividad las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas en el aire. Esta característica permite su preferencia y explica su uso cada vez más generalizado en instalaciones domésticas e industriales y como carburante en motores de combustión interna. Además, presenta ventajas ecológicas, ya que al quemarse produce bajos índices de contaminación, en comparación con otros combustibles.

Así mismo el gas natural, es un asfixiante simple que no tiene propiedades peligrosas inherentes, ni presenta efectos tóxicos específicos, pero que actúa como excluyente del oxígeno para los pulmones. El efecto de los gases asfixiantes simples es proporcional al grado en que disminuye el oxígeno en el aire que se respira; por lo que en altas concentraciones puede producir asfixia.

Ver Anexo 5. HDS del Gas Natural.

I.4 CONDICIONES DE OPERACIÓN

I.4.1 Operación

La sustancia manejada en el Sistema para Transporte será el Gas Natural, el cual se distribuirá en estado gaseoso, desde la salida de la City Gate hasta las instalaciones de los socios comerciales.

A continuación, se indican las condiciones de operación del proyecto:

Tabla I. 3 Condiciones de operación del Sistema para Transporte de gas natural.

Sistema	Transporte de Gas Natural
Longitud	6 530 m
Diámetro	6'' AC
Profundidad	1.5 m
Presión máxima de trabajo	298.68 psi (21.00 kg/cm^2)

Presión mínima de trabajo	227.57 psi (16.00 kg/cm^2)
Flujo	8 MMSCFD (mínimo) 15 MMSCFD (máximo)
Temperatura	18°C

Las condiciones de operación del proyecto se indican a continuación:

1. CONDICIONES DE OPERACIÓN ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN (CITY GATE).

Para la siguiente filosofía de operación se tomaron en cuenta las siguientes condiciones operativas y de diseño:

Presiones de trabajo del gasoducto de 48" D.N. Cempoala – Venta de Carpio, al cual estará conectada la Estación de Regulación y Medición (City Gate).

Presión normal de entrada: **1 015.97 psi (71.43 kg/cm²)**

Presión mínima de entrada: **763.65 psi (53.69 kg/cm²)**

Presión de diseño: **1 218.94 psi (85.70 kg/cm²)**

Presión máxima de salida de la City Gate **300 psi (21.00 kg/cm^2)**

Presión normal a la salida de la City Gate **300 psi (21.00 kg/cm^2)**

Presión mínima de salida de la City Gate **227.57 psi (16.00 Kg/cm^2)**

Los consumos establecidos para el diseño de la estación de regulación y medición (City Gate) son los siguientes

Consumos	SCMD[1]	MMSCFD[2]	SCMH[3]	SCFH[4]
Consumo mínimo inicial	226 534.77	8	9 438.95	333 333.33
Consumo máximo	424 752.70	15	17 698.03	625 000.00

De igual manera, las condiciones de operación en la ERM (Tipo 7 alta Presión) del cliente se indican a continuación:

[1] Metros Cúbicos Diarios (estándar).

[2] Millones de Pies Cúbicos Diarios (estándar).

[3] Metros Cúbicos por Hora (estándar).

[4] Pies Cúbicos por Hora (estándar).

Presión máxima de entrada: **298.69 psig (21 kg/cm²)**

Presión mínima de entrada: **199.13 psig (14 kg/cm²)**

Presión máxima de salida: **78.23 psig (5.50 kg/cm²)**

Presión mínima de salida: **71.12 psi (5 Kg/cm²)**

Flujo máximo: **1.413 MMSCFD**

Condiciones Generales de Operación y Mantenimiento

Los manuales de operación y mantenimiento son preparados de acuerdo con los códigos aplicables, estándares como API, ASME B31.8, en base a la parte 192 del título 49 del Código Federal de Regulaciones de los Estados Unidos de América, las leyes y regulaciones mexicanas han sido base para el diseño del sistema para transporte de gas natural propiedad de la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.. Estos manuales estarán disponibles desde el primer año de operación del sistema para transporte de gas natural. Serán revisados anualmente y modificados y corregidos con base a los principios de ingeniería y experiencia. El conocimiento del sistema permitirá en el futuro, mejorar consideraciones y condiciones de operación en el sistema, avances tecnológicos serán también considerados para su aplicación.

Emergencias en el gasoducto y estación de regulación y medición de gas natural

Los procedimientos de emergencia son establecidos para operación segura del sistema para transporte y paro total del sistema y/o estaciones de regulación y medición de gas natural. También para la seguridad e integridad del personal tanto en el sitio de emergencia como en los alrededores y el entorno ecológico, en caso de falla del sistema o cualquier otra situación de emergencia. Estos procedimientos incluyen:

- Procedimientos de notificación.
- Para movilización de personal que tenga instrucción directa y maneje las situaciones de emergencia. Esto incluye notificación al personal adecuado de la compañía y a las autoridades locales (si procede) como policía, bomberos y hospitales.

Guías de seguridad para el personal

Se incluyen los procedimientos para asegurar el sitio de la emergencia y evaluación, procedimientos para la estación de gas y otros lugares de trabajo o de comunidades cercanas.

Procedimientos de identificación y aislamiento

Para identificar el origen del peligro, aislar la zona lo más pronto posible y minimizar los daños lo más que se pueda.

Procedimientos de restauración y reparación

Para ofrecer guía en la agilización de las reparaciones de las instalaciones, así como los servicios de

orden crítico que deberán ser reparados con prioridad, y/o la restitución del entorno que requiera reparación con la mayor rapidez.

Prevención y control de la contaminación

Medidas de control y prevención de la contaminación serán establecidas para minimizar el efecto de la construcción, instalación y operación del sistema para transporte de gas natural. Temas de consideración en estos procedimientos incluirán lo siguiente:

La fase de construcción del sistema es analizada y se establecen los posibles impactos al medio durante el tendido de tuberías, definiendo su magnitud y presencia en cada fase del programa de instalación. Derivado de lo anterior se presentan las medidas preventivas y de mitigación para reducir su magnitud y se declaran los indicadores de seguimiento para asegurar su éxito.

Durante la operación y mantenimiento del proyecto, el posible impacto al medio ambiente es mínimo, resultando ser el más riesgoso las posibles fugas del gas con sus consecuencias de afectación por incendio o explosión.

Detección de fugas.

Procedimientos que son incluidos en el manual informan el método de detección por medio de explosímetro, donde personal calificado efectúa recorridos frecuentes sobre el derecho de vía, siguiendo la trayectoria del sistema y usando el equipo de detección, estos procedimientos tienen lo siguiente en consideración:

- Áreas de densa población deben ser inspeccionadas con mayor frecuencia.
- Caminos más frecuentados, cruzamientos y válvulas serán inspeccionadas en forma regular.
- Las ERMs serán detectadas con mayor frecuencia.
- Otras áreas urbanas y no pobladas pueden ser inspeccionadas con menor frecuencia.

Identificación de instalaciones y señalización.

Procedimientos de diseño y adecuación de simbología y señalización que permiten identificar y localizar la tubería, son implementados con la finalidad de reducir la probabilidad de siniestro o daños ocasionados por terceros a las instalaciones del sistema para transporte. Estos procedimientos consideran lo siguiente:

Diseño de letreros de identificación.

Aquí se toma en cuenta el incluir toda la información pertinente que tenga relación con números de emergencia, autoridades o áreas a quien informar, enunciados indicando la presencia de tubería de gas a presión enterrada para evitar excavaciones y alguna otra información relacionada a la seguridad, identificación, información de la presencia del tubo y localización.

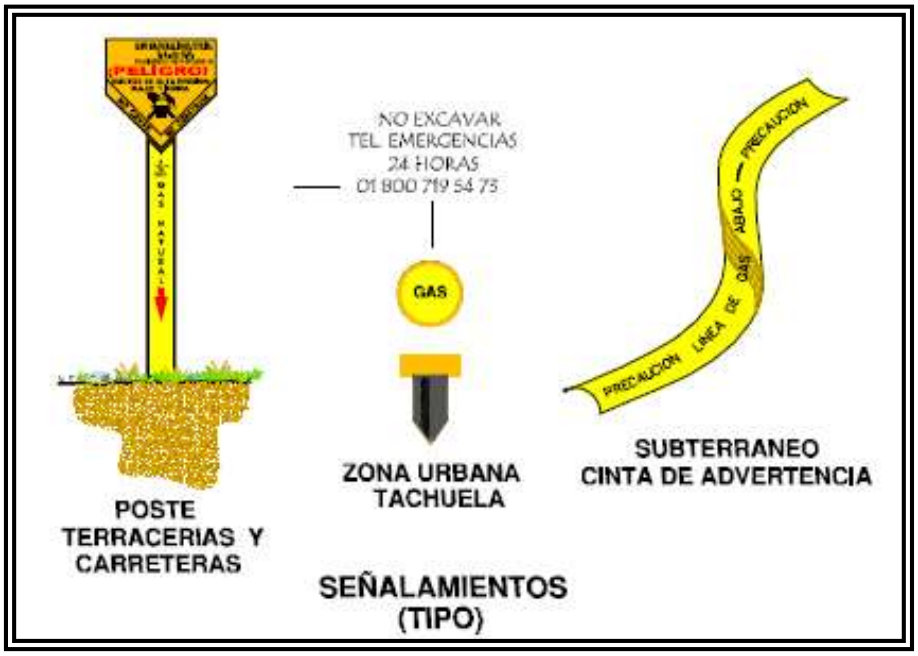


Figura I. 1 Letreros de señalización a instalar en el derecho de vía del sistema para transporte de gas natural.

Localización de letreros y anuncios

Los avisos son colocados a lo largo de la trayectoria del sistema para transporte, sobre el derecho de vía y lo más visible que sea posible, considerando las zonas estratégicas conforme a continuación se indica:

- Caminos, carreteras y cruzamientos del derecho de vía,
- Corredores de servicio,
- Zonas de urbanización probable,
- Actividades de construcción.
- Sistemas de drenaje,
- Sistemas de irrigación,
- Cruzamientos direccionales,
- Otros de ser necesario.

Montaje de anuncios y letreros

Los postes y signos son inspeccionados periódicamente para asegurar con mantenimiento que sean siempre visibles y legibles, debiendo localizarse conforme a lo establecido en el diseño de colocación.

La operación de los gasoductos es continua y permanente, ajustándose los flujos a los requerimientos del energético de sus asociados en el área.

Para el funcionamiento del sistema para transporte de gas natural de la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., no se requieren recursos o materia auxiliar para sus actividades de

operación, no genera residuos, ni emisiones contaminantes a la atmósfera y el balance de agua es cero.

I.4.2 Pruebas de verificación.

Las verificaciones realizadas por las Unidades de Verificación, contemplan el diseño, los materiales y equipos, la construcción y pruebas, la operación, el mantenimiento y la seguridad del sistema para transporte.

La obligatoriedad de la realización de verificaciones a cumplimientos de la normatividad que aplica a los sistemas para transporte de gas natural, emana del título de permiso con que cuenta el transportista otorgado por la Comisión Reguladora de Energía. En dicho título se obliga al regulado a la inspección y verificación de sus actividades de operación y mantenimiento a través de una Unidad de Verificación acreditada y de la misma forma todas las adiciones, cambios o reposiciones de la red deben de contar con un dictamen de una Unidad de Verificación acreditada previo a la puesta en operación de cada modificación a la instalación.

La revisión sobre el diseño abarca la memoria de cálculo del proyecto, la determinación de espesores y diámetros de tubería en función de los niveles de presión de la estación y las caídas de presión a demanda máxima.

La verificación de materiales y equipos utilizados comprueba que éstos sean aprobados por las normas y se ratifica que sus especificaciones concuerden con las condiciones a que estarán sometidos durante la operación del sistema.

Durante la construcción del gasoducto, la verificación abarca la vigilancia de los requisitos estipulados en el diseño, el cumplimiento de profundidades, cruces especiales, y radiografiado de la red, principalmente, y la realización de todas las pruebas que las propias normas aplicables estipulan en esta fase.

En el **Anexo 6**, se incluyen los procedimientos para la realización de pruebas de verificación previo arranque del sistema para transporte de gas natural.

I.5 PROCEDIMIENTOS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

La promovente cuenta con procedimientos técnicos operativos, mismos que se encuentran actualizados y serán aplicados por parte del personal al momento de presentarse una situación de emergencia. Dichos procedimientos se indican a continuación:

- PR-SYS-SGS-01 Programa Anual de Capacitación de Seguridad
- PR-SYS-SGS-02 Programa Anual de Simulacros
- PR-SYS-SGS-06 Programa Anual de Platicas a la Comunidad
- PO-SYS-SGS-18. Plan Integral de Seguridad (PIS)
- PO-SYS-SGS-19. Programa de Auxilio
- PO-SYS-SGS-20. Programa de Prevención de Daños
- PO-SYS-SGS-21. Programa de Recuperación
- PO-SYS-GEN-06. Activación del Plan Integral de Seguridad PIS (ITO-000)
- Programa Anual de Capacitación Técnica
- Programa Anual de Mantenimiento y Operación

Ver en Anexo 7. Procedimientos y Programas de seguridad

Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., cuenta con un programa de seguridad, del cual se deriva una serie de actividades preventivas-correctivas para la eficiente operación de la red de gas natural, las cuales se indican en la siguiente tabla:

Tabla I. 4 Programa de Actividades de Seguridad.

Actividades de Seguridad	Frecuencia
Patrullaje de la franja de desarrollo del sistema.	Diario
Descargo de información en el sistema para promedios de medición de facturación.	Quincenal
Inspección, verificación y prueba de válvula registro de interconexión.	Mensual
Inspección y verificación de equipos e instrumentos de las ERMs.	
Inspección y verificación de equipos e instrumentos de los registros de seccionamiento.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones del cuarto de interconexión.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones de las ERMs.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural en el interior de los registros de seccionamiento.	
Monitoreo de porcentaje de odorización en el sistema.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural sobre la franja de desarrollo del sistema.	Trimestral
Inspección en el incremento de la clase de localización.	Anual

Tabla I. 5 Actividades de mantenimiento.

Actividades de Mantenimiento	Frecuencia
Mantenimiento instrumentación.	
Calibración de manómetros en las ERMs.	Semestral
Mantenimiento eléctrico.	
Levantamiento de potenciales del sistema.	Mensual
Toma de resistividad del suelo donde se aloja el gasoducto.	Anual
Medición de tierras físicas.	
Mantenimiento mecánico.	
Mantenimiento y prueba en registros de válvulas de seccionamiento y disparos del sistema.	Bimestral
Mantenimiento preventivo de los filtros en las ERMs.	Semestral
Mantenimiento preventivo, calibración y ajuste a las válvulas reguladoras de las ERMs.	Anual
Mantenimiento preventivo, calibración y ajuste a las válvulas de seguridad de las ERMs.	Semestral
Aplicación de recubrimiento en la interconexión.	
Aplicación de recubrimiento en las ERMs.	
Aplicación de recubrimiento en los registros de seccionamiento.	
Medición de espesores en instalaciones superficiales.	Anual
Mantenimiento al equipo de motorización.	
Servicios generales.	
Limpieza y aseo general de las instalaciones del cuarto de interconexión.	Mensual
Limpieza y aseo general de las instalaciones de las ERMs.	
Limpieza y aseo general de las instalaciones de los registros de seccionamiento.	
Limpieza y desazolve de la señalización tipo "4" y tipo "R".	Trimestral
Aplicación de pintura a la señalización tipo "4" y tipo "R" en el sistema.	
Limpieza y desazolve de la franja de desarrollo del sistema.	Cuatrimestral

I.6 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

I.6.1 Antecedentes de accidentes e incidentes

En el manejo y operación de gasoductos utilizados para la conducción de gas natural, se propone una metodología de análisis de riesgo operativo, debido a los daños causados por fallas mecánicas y debido a terceras partes originadas por la extracción descontrolada de gas natural en tomas no autorizadas (tomas clandestinas), en los ductos de conducción de gas natural de las diferentes compañías abastecedoras de gas y principalmente, en ductos a cargo de PEMEX-GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA (PGPB).

De los estudios y análisis realizados por dependencias con gran experiencia dentro del ramo (tal es el caso de PEMEX), se concluye que el factor de riesgo con mayor probabilidad de ocurrencia en gasoductos, es debido principalmente por daños de terceras partes, seguido de los daños por corrosión.

En años recientes, algunas causas fundamentales del incremento de accidentes en los gasoductos de PEMEX han sido, la inadecuada evaluación de los mismos y la falta de gestión para erradicar esta problemática, adicionalmente no hay una base de datos histórica de accidentes en ductos de transporte de hidrocarburos disponible de manera oficial en el país, estas circunstancias repercuten negativamente en la funcionalidad de los ductos en México.

Fuente: Estudio del Riesgo en Ductos de transporte de gasolina y diesel en México. Instituto Politécnico Nacional.

Como datos históricos, se presenta a continuación la descripción de casos ocurridos en México, relacionados con fugas de gas natural en gasoductos de diferentes partes del país.

Explosión en gasoducto en San Pedro Garza García, Nuevo León.

Una explosión e incendio en una tubería de gas natural en una construcción cercana a la zona comercial y hotelera en el municipio de San Pedro Garza García movilizó a elementos de Protección Civil, Bomberos de Nuevo León y unidades de las cruces Roja y Verde.

El incendio se originó luego de una fuga de agua la que reblandeció la tierra, lo que ocasionó la caída de un poste de energía eléctrica sobre un ducto de gas de 12 pulgadas, lo que ocasionó la conflagración.

El incendio se originó alrededor de las 10:00 horas, a causa del rompimiento de la tubería de gas, lo que ocasionó la explosión e incendio sobre la lateral de la avenida Lázaro Cárdenas y Diego Rivera, en el citado municipio, sin que se presenten personas lesionadas.

Foto I.1 Daños generados por la explosión.

Explosión en gasoducto de PEMEX en el estado de Tabasco.

Una explosión se registró el 06 de abril del 2013, en un gasoducto de 16"Ø, a la altura del rancho "Aquiles Serdán", en la localidad La Venta, municipio de Huimanguillo, Tabasco, con saldo de tres heridos, reportaron Pemex y autoridades locales.

La paraestatal, precisó que el incendio se presentó en el gasoducto de 16"Ø Cinco Presidentes, del complejo procesador de gas La Venta, a la altura de la carretera vecinal a Villa La Venta, en el municipio referido.

La explosión, fue ocasionada por el ***golpe de una retroexcavadora*** de la empresa privada FIRESA.

Como consecuencia de este hecho, resultaron lesionados tres trabajadores de la compañía privada, de los cuales en un principio uno de ellos permanecía desaparecido, pero fue hallado sin mayores consecuencias.

Así mismo, confirmó que una retroexcavadora, una motocicleta y un vehículo resultaron quemados como consecuencia de la explosión.

Por su lado, personal de operación de pozos e instalaciones de Petróleos Mexicanos (PEMEX) procedió a bloquear las válvulas de seccionamiento La Venta 80 y Margen Derecha del Río Chicozapote, y a suspender el bombeo de las Baterías de Separación Cinco Presidentes 1, 2 y Rodador, indicó la empresa petrolera.

Protección Civil evacuó a personas cercanas al lugar de la explosión para trasladarlas a un lugar seguro. El incendio fue controlado totalmente antes del mediodía.

Por separado, autoridades locales de Huimanguillo informaron antes que la paraestatal que el accidente fue causado por una retroexcavadora que realizaba trabajos en el lugar, y que los heridos fueron trasladados por una ambulancia de servicios comunitarios a una clínica de dicho municipio colindante con Veracruz.

El flamazo dañó aproximadamente 80 m^2 de pastizales y como medida preventiva Pemex acordonó el sitio donde se registró la conflagración, en un operativo en que participaron militares y personal de Seguridad Física de Pemex, Protección Civil y Tránsito Municipal.

Foto I.2 Chorro de fuego a causa de la fuga de gas natural en el municipio de Huimanguillo, Tabasco.

Fuente: La Crónica.com.mx. 07 de Abril del 2013

Fuga de Gas e incendio en el municipio de Zapotlanejo, Jalisco.

La fuga de gas natural fue ocasionada por el golpe de una retroexcavadora de la empresa Cobra Construcciones, que realizaba trabajos en el área, sin el permiso de Pemex, indicó la paraestatal en un comunicado emitido posterior al evento.

El funcionario precisó que a poco más de 24 horas del incidente, el riesgo comenzó a ceder, ya que la presión de salida de gas bajó de 36 kg/cm^2 a 10 kg/cm^2, mientras que el tamaño de la flama pasó de 30 metros de altura a 4 m.

El incidente, ocurrió alrededor de las 18:30 horas, pero el flamazo se dio a las 23:00 horas. Un bombero y un empleado de la compañía Infraestructura Carretera quedaron con heridas leves.

Luego del estallido, las autoridades evacuaron la comunidad de Corralillos y cerraron la autopista México-Morelia, a la altura del kilómetro 461. Los evacuados fueron llevados a la Casa de la Cultura del municipio de Zapotlanejo.

En tanto, Pemex informó que personal especializado atendió el incendio ocasionado por la ruptura del ducto de 14"Ø (35 cm).

Pemex anunció que el abasto de combustible estuvo garantizado en todo momento, ya que solo se suspendió el flujo en el tramo Abasolo-Guadalajara, mientras que continuó en operación otro gasoducto que va de Cactus, Chiapas, a Abasolo, Guanajuato, ya que la única terminal de distribución de Pemex-Gas afectada fue la de Guadalajara, pero ésta cuenta con suficiente producto almacenado para cumplir con su programa de distribución.

Fotos I.3 y I.4 Incendio en el municipio de Zapotlanejo, Jalisco, debido a una fuga de gas natural.

Fuente: CNN México. 19 de Octubre del 2012.

Explosión en Gasoductos de PEMEX, en el municipio de Pedro Escobedo, Estado de Querétaro.

Seis trabajadores de PEMEX resultaron heridos al ocurrir una explosión mientras trabajaban controlando la fuga de un gasoducto en el municipio de Pedro Escobedo.

La fuga fue detectada a la altura de la comunidad Las Postas, en un ducto de 14"Ø correspondiente al tramo Cactus-Guadalajara, tras un percance ocasionado por una retroexcavadora que operaba en el lugar instalando equipo de riego.

Unos 200 pobladores de la localidad fueron evacuados y concentrados en un albergue habilitado en el auditorio municipal de Pedro Escobedo, además de que fueron cerradas las Válvulas de Seccionamiento (V.S.), que permiten la circulación del gas por ese tramo y personal del sector Ductos de Salamanca y de Petroquímica acudieron a efectuar las reparaciones necesarias, según informó la paraestatal.

Dos días después se reportó la situación bajo control y la gente volvió a sus actividades normales. Sin embargo, más tarde un grupo de trabajadores permanecía efectuando tareas para concluir con la reparación del gasoducto, cuando se produjo el flamazo, aparentemente por un error de los mismos técnicos.

En un comunicado, Pemex confirmó que ya no existe riesgo para la población de la zona según los monitoreos efectuados, pero adjudicó a una falta de seguridad y errores de protocolo el percance ocurrido a los trabajadores.

Fuente: Proceso.com.mx. 28 de Marzo del 2013.

Fuga de Gas Natural en Gasoductos de PEMEX, en el Estado de Veracruz.

Petróleos Mexicanos (PEMEX) informó que a las 2:00 a.m. del día 10 de septiembre del 2007, el sistema SCADA detectó una pérdida de presión inusual en seis puntos de diferentes ductos en el estado de Veracruz ocasionados por actos premeditados, por lo que de inmediato suspendió el suministro de gas natural en dichas líneas. La baja de presión fue ocasionada por explosiones en los siguientes puntos:

Válvula de Seccionamiento (V.S.), del gasoducto de cuarenta y ocho pulgadas de diámetro (48''Φ), que coincide con Gas Natural de Cactus - San Fernando, a la altura del municipio La Antigua, sin que se presentara incendio. Sin embargo, por motivos de seguridad, Protección Civil estatal realizó la evacuación de los habitantes que se encontraban cerca del evento,

Válvula de Seccionamiento (V.S.), en el mismo gasoducto de 48''Φ, a la altura del Río Actopan, en el cual se registró un incendio,

Trampa de diablos del gasoducto de 48''Φ, Cempoala - Santa Ana, a la altura de Delicias, Tlaxcala., en la cual no se presentó incendio,

Válvula de Seccionamiento (V.S.), en el gasoducto de 30''Φ, de Minatitlán Veracruz - México D.F. y en el ducto de 24''Φ Cactus, Chiapas – Guadalajara, Jalisco.

Válvula de Seccionamiento (V.S.), en el mismo gasoducto de 30'' (Minatitlán, Veracruz – México, D.F.), además del ducto de 24"Φ (Cactus – Guadalajara), poliducto de 12''Φ y oleoducto de 24''Φ en el Municipio La Balastrera, donde se presentaron incendios debidos a las fugas.

Cruce aéreo Algodonera en el gasoducto de 30''Φ, Minatitlán – México, D.F., poliducto de 12''Φ y Oleoducto de 30''Φ, en los cuales se presentó incendio.

Sin embargo, cabe mencionar que cada una de las situaciones de emergencia fue controlada oportunamente por personal de la paraestatal, además de protección civil estatal y municipal.

Fuente: Frente de Trabajadores de la Energía de México. FTE México Energía.

Fuga de Gas natural en Gasoducto ubicado en Ecatepec, Estado de México.

Una fuga de gas natural se registró frente al centro comercial Las Américas el día 05 de septiembre del 2011, por lo que se evacuaron a huéspedes y personal de dicho centro comercial y un hotel ubicado dentro del perímetro de afectación.

De acuerdo con los primeros reportes generados, una de las máquinas que son utilizadas para la construcción de un puente peatonal, ubicado sobre la avenida Central, rompió uno de los ductos que conducen gas natural, propiedad y administrado por la empresa MAXIGAS, así lo indicó el gobierno municipal de Ecatepec, estado de México.

Para evitar riesgos mayores las autoridades cerraron la circulación de la avenida Central frente al centro comercial Las Américas.

Al lugar acudieron de inmediato elementos del cuerpo de bomberos y Protección Civil, así como de la policía estatal y municipal para tratar de reparar la fuga en uno de los tubos de conducción del gas natural.

Fuente: Periódico El Universal, 06 de Septiembre del 2011

Fuga en Gasoducto ubicado en el Distrito Federal.

El día 10 de mayo del 2009, elementos del Cuerpo de Bomberos controlaron una fuga de gas natural que se presentó en el perímetro de la colonia CTM Culhuacán sección V, la cual provocó alerta entre los vecinos del lugar.

Reportes de Secretaría de Seguridad Pública del Distrito Federal (SSPDF) indican que los hechos tuvieron lugar en la zona que se ubica sobre la avenida Santa Ana, casi al cruce con Rosa María Sequeira, en la referida colonia de la delegación Coyoacán.

Fueron vecinos y peatones los que reportaron un olor a gas en la zona, por lo que al sitio se movilizaron bomberos y personal de Protección Civil, quienes ubicaron una fisura en un tubo alimentador de gas natural de 4’’Φ.

La zona fue acordonada por la policía capitalina mientras se trabajaba para sellar el tubo de gas fracturado. La circulación vehicular se mantuvo abierta y sólo se restringió el paso en el carril de extrema derecha de Santa Ana, con dirección a la Escuela Naval Militar.

Reportes de la Secretaría de Protección Civil capitalina indicaron que como medida preventiva se desalojó a 65 personas de un edificio habitacional cercano y de un plantel de nivel preescolar. La fuga fue controlada y no se reportaron intoxicaciones ni personas afectadas.

Fuente: Noticias Terra TV, 11 de Mayo del 2009.

Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en el municipio de Las Choapas, Veracruz.

El 21 de octubre del 2011, personal activo de Pemex Exploración y Producción (PEP), controló una fuga de gas natural que se presentó en el gasoducto de 6'' Φ que va de la Estación de Compresoras El Plan, a la Batería Los Soldados, ubicado en el kilómetro 3 dentro del municipio de Las Choapas, Veracruz.

Personal de Mantenimiento a Ductos del Sector Operativo El Plan, procedió a bloquear las válvulas, dejando la línea fuera de operación, y realizar la reparación correspondiente, así como la restauración del área afectada.

Asimismo, personal de Seguridad Física acordonó el lugar en coordinación con personal militar de la Base de Operación El Plan, como medida preventiva.

PEMEX Exploración y Producción realizó el análisis de integridad mecánica para determinar la causa del incidente, y declaró que no hubo lesiones en el lugar ni afectaciones por intoxicación.

Fuente: Periódico Excelsior, 22 de Octubre del 2011.

Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en el municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila.

El día 25 de enero del 2011, personal especializado de Petróleos Mexicanos (PEMEX) controló una fuga de gas natural detectada en el kilómetro 283+007 del gasoducto de 18''Φ Monterrey, N.L. - Chávez, Coahuila ubicado en las inmediaciones del municipio de Francisco I. Madero, en el estado de Coahuila.

Al tenerse conocimiento de los hechos, de inmediato los técnicos de la paraestatal procedieron a sacar de operación el gasoducto para realizar los movimientos operativos e iniciar los trabajos de reparación del ducto. Personal del Sector Torreón de PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB), en coordinación con autoridades de Protección Civil, Bomberos y la Dirección de Seguridad Pública de San Pedro de las Colonias, trabajaron conjuntamente para la atención, control y erradicación del incidente.

Como medida preventiva, se determinó necesaria la evacuación de dos empresas maquiladoras, además de dos instituciones educativas de nivel medio superior y superior.

Fuente: Periódico El Universal, 26 de Enero del 2011.

Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en la ciudad de Pachuca, Hidalgo.

El 30 de noviembre del 2010, Petróleos Mexicanos (PEMEX) puso bajo control una fuga de gas natural que se había registrado en un gasoducto de 6''Φ en el tramo que corre de Ranchería - Minera Autlán en el kilómetro 39, dentro del municipio de Villas de Tezontepec en el estado de Hidalgo.

A través del área de comunicación social de la paraestatal, se informó que la fuga fue ocasionada por un acto vandálico y pudo ser detectada durante los trabajos de control que realiza PGPB.

Explicó que la perforación en el ducto y artefactos se dio durante los trabajos que realizaron personas ajenas a la dependencia para la instalación de una toma clandestina. Como medida de seguridad se suspendió de manera momentánea la operación del ducto afectado.

A fin de evitar algún riesgo a la población, se bloquearon las válvulas de bombeo y se disminuyó la presión del fluido para proceder a su reparación. Se destacó la importancia de mantener la vigilancia en la red nacional de ductos a cargo del personal de seguridad de PEMEX-PGPB.

Fuente: Periódico Vanguardia, 01 de Diciembre del 2010.

Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en Cosamaloapan, Veracruz.

El 24 de agosto del 2011 se generó una fuga de gas natural en los pozos de PEMEX que atraviesan el ejido Fernando López Arias, ubicado a 15 km de la cabecera municipal de Cosamaloapan, Veracruz.

La fuga se originó en la tarde del miércoles 24 de agosto, en una válvula en el Pozo de PEMEX denominado “CEHUALACA”, Protección Civil Municipal recibió el reporte de parte de habitantes que se encontraban muy alarmados, también se informó a Protección Civil del Estado, para que se tomaran las medidas conducentes con dicha paraestatal, ya que el objetivo fundamental de Protección Civil es la salvaguarda de la integridad física de la población, de su patrimonio y el entorno ambiental

Al lugar de la fuga, se presentó el Coordinador regional de protección civil, la unidad Municipal de Protección Civil Cosamaloapan, acudiendo posteriormente personal de PEMEX-PGPB encargado de Producción de Campo Alquimia.

La fuga de gas, se controló por la mañana del jueves siguiente, realizando el personal de PEMEX-PGPB los trabajos de cierre de ductos y mantenimiento pertinentes.

Fuente: Periódico Vanguardia.

I.6.2 Metodologías de identificación y jerarquización

Los Estudios de Riesgo involucran principalmente tres grandes temas; la identificación de los riesgos, la probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos, y el análisis de consecuencias.

La identificación de los riesgos permite determinar las localizaciones, rutas, características y cantidad de materiales de fuentes potenciales de accidentes por explosión, incendio, fuga o derrame de una sustancia peligrosa. Esto lleva a la formulación de escenarios fundamentales de accidentes, que requiera una mayor consideración y análisis.

El análisis probabilístico permite identificar la verosimilitud de ocurrencia del accidente para examinar y priorizar los escenarios de accidentes potenciales en términos de su probabilidad de ocurrencia.

La evaluación de las consecuencias e impactos asociados con la ocurrencia de los escenarios identificados de accidentes, es el proceso denominado análisis de consecuencias. Este paso permite una comprensión de la naturaleza y gravedad de un accidente y permite un análisis y priorización de los escenarios en términos del impacto potencial del daño en la gente y las instalaciones.

La combinación de resultados de la probabilidad del accidente y del análisis de consecuencias proporciona una medida del riesgo con la actividad específica y este proceso es lo que constituye el análisis de riesgos, que permite, priorizar y examinar los escenarios potenciales de accidentes en términos de un riesgo total, que a la vez logre el desarrollo y preparación de un plan de emergencias.

Para la identificación de los riesgos involucrados con el transporte de gas natural, se analizan las condiciones de operación del presente sistema para transporte de gas natural, mediante los diagramas de tubería e instrumentación del sistema, así como las memorias técnico - descriptivas de cada una de las instalaciones que lo componen.

Cabe mencionar que todas las técnicas de evaluación de riesgos comparten la meta de identificar peligros en el proceso de manera sistemática y proporcionar un análisis preliminar, dando la primera fase del estudio. Las técnicas comúnmente usadas para esta evaluación deben cumplir los requerimientos de análisis de riesgo contemplados en la OSHA (Occupational Safety and Health Administration), EPA (Environmental Protection Agency) y la CMA (Chemical Manufacturers Association, así como en Literatura especializada como, Loss Prevention in the Process Industries. Frank P. Less, second edition.

Con el objetivo de evaluar el riesgo de presentarse incidentes a lo largo de la trayectoria, se seleccionó el método HAZOP, para identificar peligros y así emitir recomendaciones tendientes a controlar y prevenir incidentes, mitigar las consecuencias para evitar pérdidas humanas, daños a la salud, a la propiedad, instalaciones y medio ambiente.

El HAZOP fue seleccionado porque es un método completo y por lo regular se utiliza en complejos de gas y refinerías para evaluar el riesgo considerando factores como: tipo de proceso y las condiciones de operación de las instalaciones superficiales.

Los aspectos complementarios en la identificación de peligros y evaluación de riesgos, utilizados en la metodología HAZOP, se indican a continuación:

HAZOP. Metodología de análisis de riesgos operacionales que analiza las variables operacionales del sistema para transporte de gas natural, para determinar las posibles fallas en el mismo, mediante la designación de Nodos y la aplicación de palabras guía. Este método da como resultado la matriz de riesgos.

Es importante resaltar que con este método se analizan las desviaciones propias que pueden presentarse con la operabilidad del sistema para transporte, y deriva en recomendaciones que son complementarias para aumentar la seguridad en la operación del sistema, por la existencia de riesgos en la localización de todo el proyecto.

Una vez determinado el nivel de riesgo de cada desviación (bajo, medio, alto y muy alto) se seleccionaron todas aquellas desviaciones con mayor nivel de riesgo para centrarse en las fallas que tienen mayor frecuencia de presentarse y que sus consecuencias son significativas.

Posteriormente, se determinó la probabilidad de ocurrencia con la metodología árbol de fallas.

Tomando en cuenta las fallas resultantes de mayor probabilidad se procedió a proponer los escenarios de simulación.

Adicionalmente, toda vez que el análisis HAZOP solo fue realizado en la City Gate y la ERM, con apego a la Guía para la Presentación del Estudio de Riesgo modalidad ductos terrestres, se propusieron escenarios con rotura diametral de gasoductos al 100% y 20%, respectivamente, en puntos estratégicos del sistema para transporte de gas natural, a los cuales también se les determinó su probabilidad de falla.

A manera de abstract, en el presente Estudio de Riesgo se emplearon las siguientes metodologías:

- HAZOP para determinar las desviaciones (fallas) de mayor riesgo en las instalaciones superficiales, mismas que pueden repercutir en eventos de riesgo ambiental.
- Árbol de Fallas, para determinar la probabilidad de ocurrencia de desviaciones de mayor riesgo ambiental identificadas en el HAZOP y proponer escenarios de simulación.

A continuación, se describen brevemente cada una de las metodologías utilizadas:

A) Análisis HAZOP.

El método Hazop (**HAZ**ard and **OP**erability “Riesgo y Operabilidad”) o análisis de Riesgo y de Operabilidad se concentra en una metodología mediante un enfoque sistemático para identificar tanto riesgos como problemas de operabilidad. Aunque la identificación de riesgos es el tema principal, los problemas de operabilidad se examinan, ya que tienen el potencial de producir riesgos en los procesos, que resulten en violaciones ambientales y/o laborales o tener un impacto negativo en la productividad.

El análisis de operación y riesgo Hazop, es el método más amplio y reconocido para realizar un análisis de riesgo en procesos industriales. El análisis HAZOP, es un estudio que identifica cada desviación posible de un diseño, de una operación o de una afectación cualquiera, además de todas las posibles causas y consecuencias que pueden ocurrir en las condiciones más adversas para el proceso, siendo así, éste sirve para identificar problemas de seguridad y mejorar la operabilidad de una instalación industrial.

Para la realización del análisis HAZOP se emplearon los siguientes Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs):

Tabla I. 6 Identificación de diagramas de tubería e instrumentación utilizados.

ID del Plano	Título (DTI)
GNN-PUE-Ori-TRAA-CG-DTI-17_01 R.C.	City Gate Oriental
GNN-PUE-Ori-TRAA-ERM-AP-T7-DTI-17_01 R.C.	ERM Granjas Carroll

Ver Anexo 8. Diagramas de Tubería e Instrumentación.

El HAZOP fue realizado bajo el siguiente procedimiento:

1. Seleccione un nodo.

   El proceso se analiza seccionándolo en partes discretas o nodos. Un nodo es generalmente una línea o un recipiente o un procedimiento. Los nodos deben ser bastante pequeños para ser manejables, y a la vez lo bastante grandes para reducir la duplicación y hacer buen uso del tiempo.

2. Registre la intención, los parámetros de diseño y las condiciones de proceso. Es decir, parámetros de diseño del equipo, condiciones de operación normales y máximas. Esto incluye típicamente la temperatura, la presión, la composición, el nivel, el flujo, etc..

3. Repase con el equipo la matriz de desviación preparada previamente para este nodo y agregue otras desviaciones si es necesario.

4. Identificar las causas o las razones por las que las desviaciones pueden ocurrir. Las causas deben ser locales en el origen, es decir, originan en el nodo bajo evaluación. Con el nodo de la alimentación o de la fuente, considere causas en aguas arriba. Donde no haya causas identificadas escribir "No se identificaron causas".

   El estudio del HAZOP sólo considerará eventos causales únicos (errores o fallas). Escenarios que requieran de analizar dos fallas separadas, dos errores de operador o una falla más un error son considerados “doble falla” y no son considerados normalmente durante un estudio de HAZOP.

   Los drenes y válvulas que están normalmente cerradas, y con tapones o bridas ciegas, no son considerados fuentes de fugas. Similarmente, medidores reemplazables localizados en las tuberías con válvulas de raíz no son consideradas fuentes de fuga, si el procedimiento estándar requiere verificar que la válvula esté cerrada y el sistema al cual está conectado ya sea que este despresurizado o bien que no surja ningún riesgo debido a una fuga, o la apertura de dos válvulas en serie simultáneamente no es considerada una causa creíble para la fuga o mezcla de fluidos, etc.

   La Causa deberá estar en el Nodo en cuestión.

5. Identifique las consecuencias o los resultados de las desviaciones asumiendo que los controles básicos de proceso fallan y las salvaguardas no existen. Considere las consecuencias fuera del nodo así como en el interior. Si no hay consecuencias de que preocupase, escribir "ninguna consecuencia de preocupación".

Las Consecuencias podrán ser identificadas dentro del nodo o en todo el universo de la planta.

6. Identifique la severidad de las consecuencias identificadas asumiendo que los sistemas básicos de control y los sistemas de protección fallan.
7. Identifique las capas adicionales de protección requeridas para reducir el riesgo a un nivel aceptable. Si el riesgo del peligro no se ha reducido a un nivel aceptable, la eficacia de las capas propuestas debe ser mejorada o capas adicionales deben ser agregadas según sea necesario.
8. Asigne una categoría a la consecuencia identificada.
9. Asigne una categoría a la probabilidad de ocurrencia de la consecuencia analizada, considerando esta vez los sistemas de control y/o capas de protección válidas, así como cualquier otro modificador de frecuencia que aplique.
10. Identifique las recomendaciones y asigne las responsabilidades. Donde esté clara una solución específica, deberá ser registrada como tal. Los equipos a menudo se detienen a intentar conseguir una recomendación. Es absolutamente apropiado que la recomendación sea investigar las medidas de protección apropiadas. Es también bueno redactar las recomendaciones que permitan una cierta flexibilidad, por ejemplo diciendo: considerar tales y tal opción. La recomendación se debe escribir con bastante detalle para poder entender el intento sin el resto de la hoja de trabajo delante del lector.

A.1) Nodos Seleccionados para el Desarrollo del Análisis de Riesgo de Operabilidad "HAZOP".

Para facilitar el análisis de riesgos y la aplicación de la técnica HAZOP, se analizaron 4 nodos con apego a los Diagramas de Tubería e Instrumentación de las Estaciones de Regulación y Medición, mismos que se describen a continuación:

Tabla I. 7 Nodos Seleccionados en el Sistema para transporte de gas natural.

Nodo	Descripción	DTI
1	Sistema de Filtración de la City Gate	GNN-PUE-Ori-TRAA-CG-DTI-17_01 R.C.
2	Reguladores de Gas Natural en la City Gate	
3	Sistema de Filtración de la ERM Granjas Carroll	GNN-PUE-Ori-TRAA-CG-DTI-17_01 R.C.
4	Reguladores de Gas Natural en la ERM Granjas Carroll	

Ver en el **Anexo 9. HAZOP**, el desarrollo de cada uno de los HAZOP realizados.

Para establecer la Matriz de Rango de Riesgo (Risk Ranking) con la cual se calificaron y jerarquizaron los riesgos identificados, asignando niveles de CONSECUENCIAS de acuerdo a lo que indica la **Tabla I.8**, así como la FRECUENCIA de falla de acuerdo a lo que establece la **Tabla I.9**, con lo cual, mediante lo establecido en la **Tabla I.10**, se determina el Nivel de Riesgo del nodo analizado.

Tabla I. 8 Consecuencias (en forma descriptiva).

Gravedad	Salud y seguridad	Medio ambiente	Regulaciones	Economía	Reputación
1	- Primeros auxilios - Efectos menores en la salud - No requiere evacuación	[redacted]	[redacted]	[redacted]	- Impacto insignificante: preocupaciones individuales.
2	- Ayuda médica o trabajo limitado - Efectos medios en la salud - Requiere unidad de evacuación	[redacted]	[redacted]	[redacted]	-Cobertura periodística local; quejas informales múltiples de la comunidad; Preocupaciones del propietario
3	- Tiempo perdido por lesiones. - Efectos significantes a la salud. - Evacuación requerida de Área	[redacted]	[redacted]	[redacted]	- Cobertura periodística provisional; gran preocupación de la comunidad; quejas formales y/o repetidas.
4	- Lesiones permanentes o discapacidades. - Efectos a la salud mayores. - Requiere evacuación de	[redacted]	[redacted]	[redacted]	Cobertura periodística Nacional; gran indignación de la comunidad; Litigación

INFORMACIÓN PATRIMONIAL DE LA PERSONA MORAL, ART. 116 PÁRRAFO CUARTO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN III DE LA LFTAIP

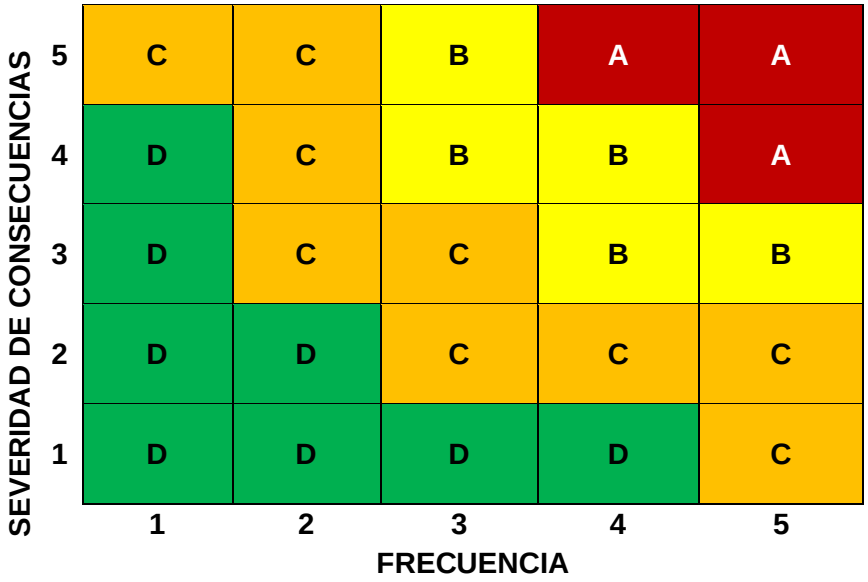
Gravedad	Salud y seguridad	Medio ambiente	Regulaciones	Economía	Reputación
	instalaciones.	[redacted]			
5	- Muerte - Efectos graves a la salud. - Requiere evacuación de la comunidad e instalaciones.				Cobertura periodística Nacional e Internacional

INFORMACIÓN PATRIMONIAL DE LA PERSONA MORAL, ART. 116 PÁRRAFO CUARTO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN III DE LA LFTAIP

Tabla I. 9 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.

Frecuencia	Descripción	L
1/10000 años=<f<1/1000 años	Remotamente ocurre en la industria	0.0001
1/1000 años=<f<1/100 años	Raramente ocurre en la compañía	0.001
1/100 años=<f<1/10 años	Ocasionalmente ocurre en la compañía	0.01
1/10 años=<f<1/año	Comúnmente ocurre en la unidad	0.1
F<=1/año	Frecuentemente ocurre en la unidad	1

Tabla I. 10 Matriz de riesgos.



A continuación, se describe el significado de cada nivel de Riesgo:

- **Muy Alto. Riesgo intolerable.** El riesgo requiere acción inmediata; el costo no debe ser una limitación y el no hacer nada no es una opción aceptable. Un riesgo Muy Alto representa una situación de emergencia y deben establecerse controles temporales inmediatos. La mitigación debe hacerse por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a Medio o de preferencia a Bajo, en un lapso de tiempo menor a 90 días.
- **Alto. Riesgo indeseable.** El riesgo debe ser reducido y hay margen para investigar y analizar a más detalle. No obstante, la acción correctiva debe darse en los próximos 90 días. Si la solución se demora más tiempo, deben establecerse controles temporales inmediatos en sitio, para reducir el riesgo.
- **Medio. Riesgo aceptable con controles.** El riesgo es significativo, pero se pueden compensar con las acciones correctivas en el paro de instalaciones programado, para no presionar programas de trabajo y costos. Las medidas de solución para atender los hallazgos deben darse en los próximos 18 meses. La mitigación debe enfocarse en la disciplina operativa y en la confiabilidad de los sistemas de protección.
- **Bajo. Riesgo razonablemente aceptable.** El riesgo requiere control, pero es de bajo impacto y puede programarse su atención conjuntamente con otras mejoras operativas.

Los riesgos no tolerables se deberán considerar para establecer los objetivos de seguridad y salud ocupacional y los requisitos de las instalaciones, maquinaria, necesidades de capacitación y los controles operacionales para el control de riesgos, así como considerar las acciones requeridas de supervisión para asegurar la efectividad y oportunidad.

El proceso se dividió en 4 nodos. Los equipos de trabajo se conformaron por especialistas de las áreas de proceso, mantenimiento, y seguridad y protección ambiental.

A continuación, se incluye la matriz de riesgos con los resultados de cada uno de los nodos evaluados en el HAZOP, el cual fue determinado después de considerar las salvaguardas:

Tabla I. 11 Matriz de Riesgo considerando los resultados del HAZOP

Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
1	1.1 Más Presión	1.1.1				
		1.1.2				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
		1.2.2				
	1.5 Más Flujo	1.5.1				
	1.6 Menos Flujo	1.6.1				
	1.7 No hay Flujo	1.7.1				
	1.8 Más Nivel	1.8.1				
	1.9 Bajo Nivel	1.9.1				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
	1.11 Mantenimiento	1.11.1				
2	1.1 Más Presión	1.1.1				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
		1.2.2				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
	1.11 Mantenimiento	1.11.1				
3	1.1 Más Presión	1.1.1				
		1.1.2				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
		1.2.2				
	1.5 Más Flujo	1.5.1				
	1.6 Menos Flujo	1.6.1				
	1.7 No hay Flujo	1.7.1				
	1.8 Más Nivel	1.8.1				
	1.9 Bajo Nivel	1.9.1				
	1.10 Corrosión	1.10.1				

Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
	1.11 Mantenimiento	1.11.1				
4	1.1 Más Presión	1.1.1				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
		1.2.2				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
	1.11 Mantenimiento	1.11.1				

A continuación, se indican las desviaciones (fallas) de cada uno de los nodos analizados en el HAZOP que resultaron con nivel de riesgo C.

Tabla I. 12 Descripción de fallas de mayor riesgo en los Nodos del HAZOP.

Nodo	Desviación	Falla/Causa	Consecuencias significativas
1	Más Presión	▪ Más presión proveniente del gasoducto de 48'' D.N.	▪ Sobrepresión en la tubería de entrada a los filtros.
	Bajo Nivel	▪ Bajo nivel de condensados en el filtro por apertura en falso de la válvula de drenado.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
2	Menos Presión	▪ Taponamiento en los filtros coalescentes.	▪ Desabasto de gas natural hacia los socios comerciales.
3	Más Presión	▪ Más presión proveniente del STGN	▪ Sobrepresión en la tubería de entrada a los filtros.
	Menos Presión	▪ Fuga de gas natural aguas arriba de la ERM por rotura del ducto de 6'' D.N..	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Menos Flujo	▪ Fuga de gas natural aguas arriba de la ERM por rotura del ducto de 6'' D.N..	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Bajo Nivel	▪ Bajo nivel de condensados en el filtro por apertura en falso de la válvula de drenado.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
4	Menos Presión	▪ Taponamiento en los filtros coalescentes.	▪ Desabasto de gas natural hacia instalaciones de socio comercial.

La tabla anterior, establece las fallas de mayor riesgo de acuerdo a los resultados del HAZOP, por lo que, como siguiente etapa, se descartaron las fallas que de acuerdo a sus consecuencias no representaban un riesgo al ambiente, es decir, se seleccionaron únicamente las fallas que repercutían en fugas de gas natural.

Tabla I. 13 Fallas con probable fuga de gas natural.

Nodo	Desviación	Falla/Causa	Consecuencias significativas
1	Bajo Nivel	▪ Bajo nivel de condensados en el filtro por apertura en falso de la válvula de drenado.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
3	Menos Presión	▪ Fuga de gas natural aguas arriba de la ERM por rotura del ducto de 6'' D.N..	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Menos Flujo	▪ Fuga de gas natural aguas arriba de la ERM por rotura del ducto de 6'' D.N..	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Bajo Nivel	▪ Bajo nivel de condensados en el filtro por apertura en falso de la válvula de drenado.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.

La tabla anterior, establece las fallas de mayor riesgo con repercusiones en el ambiente que fueron determinadas con el HAZOP, por lo que, como siguiente etapa, se determinaron las probabilidades de ocurrencia de cada una de las fallas indicadas en la tabla anterior, a través de la herramienta de Árbol de Fallas, para posteriormente definir los escenarios de riesgo en base a las fallas de mayor probabilidad.

B) Árbol de Fallas.

El árbol de fallas es una herramienta empleada para el análisis de cómo pueden llegar a ocurrir y de las posibles interrelaciones entre los eventos. Se trata de un proceso deductivo que permite determinar cómo puede tener lugar un suceso en particular apoyando en la cuantificación de los riesgos involucrados.

El árbol de fallas descompone un accidente en sus elementos contribuyentes, ya sean éstos, fallas humanas o de equipos del proceso y sucesos externos, principalmente. El resultado es una representación lógica en la que aparecen cadenas de sucesos capaces de generar un suceso culminante que ocupa la cúspide del árbol.

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

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

La metodología empleada consiste en representar cada interrelación con un símbolo del álgebra de Boole.

Si para la ocurrencia de un evento se requiere que dos o más condiciones se cumplan simultáneamente, utilizamos el símbolo “AND” y si para la ocurrencia sólo se requiere que una de dos o más condiciones se cumpla, usamos la compuerta “OR”. Multiplicando y/o sumando todas las probabilidades de los eventos contribuyentes unidos mediante una misma compuerta “AND” o “OR”, se obtiene la probabilidad del evento del siguiente nivel jerárquico.

En este caso de analizar los modos y efectos de fallas del gasoducto, se utilizan modelos de fallas de componentes y se analizan sus efectos potenciales a partir de parámetros disponibles en información bibliográfica especializada, para cada tipo de fallas.

El árbol de fallas es un diagrama lógico que muestra las interrelaciones entre el evento no deseado en un sistema (efecto) y las razones para el evento (causas). Las razones pueden ser condiciones ambientales o eventos normales que se espera que ocurran en la vida del sistema y fallas de componentes específicos. Así, un árbol de fallas construido coherentemente muestra las diferentes combinaciones de fallas y otros eventos los cuales pueden guiar a un evento no deseado.

Probabilidad de ocurrencia en sistemas de transporte

Para la determinación del valor de probabilidad en componentes del sistema de transporte se recurrió a un árbol de fallas, que contenga los elementos de mayor ponderación al riesgo, determinados en el análisis HAZOP.

Mediante la asignación de probabilidades de cada evento que pueda tener participación en el riesgo, la probabilidad de su ocurrencia puede ser calculada. Una vez procesados los datos se obtiene la probabilidad de ocurrencia de un evento final. Las probabilidades pueden ser clasificadas de varias formas, como se muestran en la siguiente tabla.

Tabla I. 14 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.

Frecuencia	Descripción	Valor
10^{-1}	Frecuentemente ocurre	0.1
10^{-2}	Comúnmente ocurre	0.01
10^{-3}	Ocasionalmente ocurre	0.001
10^{-4}	Raramente ocurre	0.0001
10^{-5}	Remotamente ocurre	0.00001

FUENTE: Health and Safety Briefing No 26a Sept.2004 .

The Institution of Electrical Engineers

Una vez elaborado el árbol de fallas para cada riesgo determinado, se pueden dar las asignaciones de probabilidad de ocurrencia a cada falla que participe en distintos eventos que conformen su posible desarrollo.

Tabla I. 15 Probabilidades de falla.

Nodo	Desviación	Falla/Causa	Probabilidad de Falla
1	Bajo Nivel	▪ Bajo nivel de condensados en el filtro por apertura en falso de la válvula de drenado.	$4.5X10^{-3}$
3	Menos Presión	▪ Fuga de gas natural aguas arriba de la ERM por rotura del ducto de 6'' D.N..	$3.7X10^{-3}$
	Menos Flujo	▪ Fuga de gas natural aguas arriba de la ERM por rotura del ducto de 6'' D.N..	$3.7X10^{-3}$
	Bajo Nivel	▪ Bajo nivel de condensados en el filtro por apertura en falso de la válvula de drenado.	$4.5X10^{-3}$

Ver en **Anexo 10.** Árboles de Falla.

A partir de la identificación de Riesgos mediante el HAZOP, se procedió a la determinación de los escenarios de simulación para cada una de las fallas de mayor riesgo en cada Nodo, por tal motivo, los escenarios de riesgo propuestos fueron los siguientes:

Tabla I. 16 Escenarios de Riesgo.

No.	Descripción
1	Fuga de Gas Natural por la apertura indebida de la válvula manual de 1'' instalada para realizar el purgado del Filtro Coalescente de la City Gate Oriental.
2	Fuga de Gas Natural por la apertura indebida de la válvula manual de 1'' instalada para realizar el purgado del Filtro Coalescente de la ERM Granjas Carroll.
3	Ruptura al 100% del gasoducto de 6'' D.N. a causa del golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de la carretera estatal Amozoc – Teziutlán. Las coordenadas del cruce son [redacted]
4	Ruptura al 20% del gasoducto de 6'' D.N. a causa del golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de la carretera estatal Amozoc – Teziutlán. Las coordenadas del cruce son [redacted].

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Índice

II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES. 2
II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN 2
II.1.1 Descripción de los Escenarios. 5
II.1.2 Representación gráfica de los Radios de afectación. 13
II.2 INTERACCIONES DE RIESGO 14
II.2.1 Medidas Preventivas y sistemas de seguridad orientados a reducir la ocurrencia de los escenarios de riesgo. 21
II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL 24

Índice de Tablas

Tabla II. 1 Efectos de la Radiación Térmica. 4
Tabla II. 2 Efectos por sobrepresión. 5
Tabla II. 3 Criterios para el análisis de consecuencias. 5
Tabla II. 4 Condiciones Ambientales. 5
Tabla II. 5 Medidas Preventivas y de seguridad para prevenir la ocurrencia de los escenarios identificados. 21
Tabla II. 6 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de un Jet Fire (1 de 2). 24
Tabla II. 7 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de un Jet Fire (2 de 2). 25
Tabla II. 8 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de una explosión no confinada (1 de 2). 26
Tabla II. 9 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de una explosión no confinada (2 de 2). 27

II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.

II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

Por la naturaleza de las actividades que realiza la empresa, se tienen riesgos potenciales en todas las secciones y componentes que constituyen el sistema para transporte. En todo el sistema existen una serie de uniones, accesorios y equipos que pueden llegar a fallar bajo determinadas circunstancias y dado que están sometidas a presión interna positiva, en caso de fallas la emisión del gas natural a la atmósfera es inmediata.

Una fuga procedente de las tuberías, equipos y accesorios, deriva en el traslado de una masa de gas a través de la atmósfera en forma de una nube limitada geométricamente o de una pluma gaseosa, con un punto de escape y una masa extendida en la dirección del viento y con la distribución de distintas concentraciones en su interior.

Ambas formas de emisión, están sometidas a un grado creciente de dilución en el aire que hace que las concentraciones en la nube o en la pluma vayan disminuyendo conforme transcurre el tiempo y se alejan del punto de emisión. El grado de dilución depende de varios factores siendo los más relevantes la cantidad de material emitida, la densidad de la nube de gas, la estabilidad de la atmósfera y la altura del punto de emisión.

La evaluación de los riesgos a través de los escenarios más probables junto a la simulación de los eventos máximos definidos con el software SCRI Fuego Versión 2.1, permite determinar las áreas potencialmente vulnerables, de tal manera que se generen recomendaciones para evitar la ocurrencia del evento o contar con la protección adecuada en caso de que este ocurra. Para las actividades de operación y mantenimiento del sistema para transporte de gas natural, se han identificado los escenarios de riesgo potencial, los cuales involucran eventos por incendio que a su vez podrían desencadenar una explosión.

Modelación de Explosiones (Sobrepresión).

Para realizar las simulaciones de los efectos por sobrepresiones en los escenarios definidos para el presente estudio se utilizó el modelo SCRI Fuego en la versión 2.1, el cual es un conjunto de herramientas, para simular en computadora; emisiones de contaminantes, fugas y derrames de productos tóxicos y daños por nubes explosivas, para estimar escenarios de afectación de emisiones continuas o instantáneas, bajo diversas condiciones meteorológicas, para estudios de riesgo e impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones industriales y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal, en el manejo de situaciones de emergencia.

Si partimos de la premisa que una explosión se caracteriza por la liberación repentina de energía que produce un área momentánea de alta presión en el medio ambiente, entonces la emisión de energía y la disipación de la energía hacia el medio ambiente debe ocurrir muy rápido a fin de que el evento sea clasificado como explosión.

El efecto de una explosión se debe a la disipación de la energía liberada y una gran parte de la energía liberada se transforma en un incremento de presión en la atmósfera (sobrepresión explosiva).

Modelación de incendio.

Este modelo calcula y proporciona los radios de la zona en donde el fuego provoca quemaduras a personas sin protección, dichos radios están dados en dos escalas que determinan quemaduras letales para el radio que delimita los 9.5 kw/m^2 y quemaduras de segundo grado para el radio que marca los 5 kW/m^2 de radiación. El modelo trabaja con los siguientes parámetros del gas natural:

- Peso molecular,
- Gravedad específica,
- Temperatura,
- Área del incendio.

El modelo asume que la velocidad del viento es insuficiente, como para mantener un área circular de fuego y que las personas expuestas no están protegidas completamente contra los efectos de la radiación térmica por el uso de cualquier ropa.

Límites para definición de las áreas de riesgo y amortiguamiento.

Para la radiación térmica y las sobrepresiones se cuenta con los siguientes valores definidos por el Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAT.

Inflamabilidad (radiación térmica).

- Zona de alto riesgo: 5 kW/m^2 (Kilowatt por metro cuadrado),
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): 1.4 kW/m^2 (Kilowatt por metro cuadrado).

Explosividad (sobrepresión)

- Zona de alto riesgo: 1 lb/plg^2 (Libras por pulgada cuadrada),
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): 0.5 lb/plg^2 (Libras por pulgada cuadrada).

Una evaluación del riesgo sólo queda completa si se conocen las consecuencias de un accidente por muy eventual que sea. Por este motivo, la última etapa de una evaluación de riesgo consiste en analizar las consecuencias de un accidente potencial importante en el sistema para transporte de gas natural y su efecto en las inmediaciones de la instalación y en el medio ambiente.

El análisis de consecuencias busca determinar la magnitud de las consecuencias de un incidente peligroso, esto es, un acontecimiento que por lo general ocurre sin advertencia, durante un periodo corto y con efectos potencialmente serios en personas y propiedades.

En la práctica, el análisis de consecuencias atiende los siguientes factores:

- Término de la fuente,
- Dispersión,
- Efecto.

Factores de mitigación.

Término de la fuente. Es la evaluación de las características de la liberación peligrosa inicial, y es la base sobre la cual se construye el resto de la secuencia del análisis.

Dispersión. Los modelos de dispersión se aplican a escenarios de liberaciones al aire y se clasifican en términos de la diferencia en densidad entre el material liberado y la atmósfera.

Fuego y explosión. Se hace énfasis en peligros provenientes de liberaciones que causan radiación térmica e impactos de presión para poder estimar los efectos de éstos en personas y materiales.

Factores de mitigación. Estos modelos analizan datos para sistemas de aislamiento, barreras, procedimientos de evacuación y acciones evasivas durante accidentes.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición.

La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m^2 durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m^2 durante sólo 0.4 segundos antes de que sienta dolor.

Para evaluar los efectos en un incendio, se tomarán como base los datos indicados en la siguiente tabla:

Tabla II. 1 Efectos de la Radiación Térmica.

Intensidad (kW/m^2)	Efectos
37.5	Suficiente para causar daños en materiales,
25	Energía mínima para ignición de madera en una exposición indefinida,
12.5	Energía mínima para ignición de madera, fusión de tubería plástica,
9.5	Umbral de dolor alcanzado después de 8 segundos, quemaduras de segundo grado después de 20 segundos,
4	Suficiente para causar dolor a personas si no se resguarda después de 20 segundos; posibles quemaduras de segundo grado
1.6	No causará incomodidad en exposiciones prolongadas.

FUENTE: Chemical Process Quantitative Risk Analysis, CCPS, 1989.

Los efectos producidos por una explosión, se generan a través de una serie de ondas expansivas, de tal forma que las ondas de mayor presión están situadas formando una circunferencia cercana al centro de la

nube y las de menor presión se sitúan en circunferencias de diámetros mayores. La tabla siguiente muestra la relación entre la sobrepresión y el tipo de daño asociado

Tabla II. 2 Efectos por sobrepresión.

Sobrepresión		Efectos
kPa	psi	
0.7 a 1	0.1 a 0.15	Cristales rotos (5%).
1.4 a 3	0.2 a 0.44	Cristales rotos (50%).
3 a 6	0.44 a 0.87	Cristales rotos (90%).
3 a 5	0.44 a 0.73	Tejas desplazadas.
6 a 9	0.87 a 1.31	Marcos de puertas y ventanas rotos.
14 a 28	2.03 a 4.06	Caída parcial de casas.
35 a 80	5.08 a 11.6	50% a 75% destrucción de casas.
80 a 260	11.6 a 37.71	Demolición completa.

II.1.1 Descripción de los Escenarios.

Los parámetros utilizados para realizar las simulaciones, fueron en base a lo establecido por la guía SEMARNAT, así mismo, las condiciones ambientales consideradas fueron tomadas de la Guía COMERI 144 rev 1.

Tabla II. 3 Criterios para el análisis de consecuencias.

	TOXICIDAD **(CONCENTRACIÓN)**	***INFLAMABILIDAD*** **(RADIACIÓN TÉRMICA)**	***EXPLOSIVIDAD*** **(SOBREPRESIÓN)**
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 KW/m^2 o 1 500 BTU/Pie^2 h	1 psi (lb/plg^2)
Zona de Amortiguamiento	TLV_8 o TLV_{15}	1.4 KW/m^2 o 440 BTU/Pie^2h	0.5 psi (lb/plg^2)

Tabla II. 4 Condiciones Ambientales.

Condiciones Ambientales	
Temperatura Ambiental	23.9ºC
Humedad Relativa	71%
Velocidad del Viento	0.06 m/s

Los escenarios que se describen a continuación, corresponden a fugas de gas que alcanzan una fuente de ignición (JET FIRE) y sobrepresión provocada por nubes explosivas, en algunos puntos de la trayectoria del sistema para transporte, principalmente.

Escenario 1. Fuga de Gas Natural por la apertura indebida de la válvula manual de 1'' instalada para realizar el purgado del Filtro Coalescente de la City Gate Oriental.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 15 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la City Gate mediante SCADA vía remota las 24 hrs.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0254 m.

Escenarios hipotéticos.

- El Gas Natural que se escapa por la apertura de la válvula, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de la electricidad estática existente en la instalación, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura diametral del gasoducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 18°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 23.9°C (de acuerdo a la CONAGUA),
- Velocidad del viento: 0.06 m/s (promedio de acuerdo a la estación climatológica del INIFAP),
- Humedad relativa: 71% (promedio de acuerdo a la estación climatológica del INIFAP),
- Presión del gas en la fuga: 1 015.97 psig (7 004.87 kPa que es la presión normal de entrada a la City Gate),
- Altura de la fuente de emisión: 1 m.

RESULTADOS DE SIMULACIONES

Fuga de Gas	Diámetro de fuga	Cantidad
Tasa de emisión	0.0254 m	3.83 kg/s
Masa explosiva		229.8 kg

Para mayor detalle Ver Anexo 11. Resultados de las simulaciones con software SCRI.

Fuego y Explosión:

Una vez identificados los riesgos en un sistema, es necesario evaluar los efectos de su ocurrencia en términos de sus consecuencias hacia las personas y sus bienes materiales.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m^2 durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m^2 durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor.

La evaluación de los efectos térmicos en el escenario reporta que el gas fugado por la fuga de gas en el filtro, en caso de encontrar una fuente de ignición tendría los siguientes radios de afectación, considerando como tiempo de exposición 60 segundos, así los resultados son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro.

Radios de afectación por radiación térmica en el Escenario 1. Fuga de gas natural por la apertura de la válvula de purgado del filtro.

Radiación (kW/m^2)	Radios de afectación (m)
1.4	39.65
5	21.34

Radios de afectación por explosión en el Escenario 1. Fuga de gas natural por la apertura de la válvula de purgado del filtro.

Sobrepresión (psi)	Radios de afectación (m)
0.5	128.68
1	75.70

Para mayor detalle Ver Anexo 11. Resultados de las simulaciones con software SCRI.

Escenario 2. Fuga de Gas Natural por la apertura indebida de la válvula manual de 1'' instalada para realizar el purgado del Filtro Coalescente de la ERM Granjas Carroll.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 15 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la ERM mediante SCADA vía remota las 24 hrs.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0254 m.

Escenarios hipotéticos.

- El Gas Natural que se escapa por la apertura de la válvula, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de la electricidad estática existente en la instalación, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura diametral del gasoducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 18°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 23.9°C (de acuerdo a la CONAGUA),
- Velocidad del viento: 0.06 m/s (promedio de acuerdo a la estación climatológica del INIFAP),
- Humedad relativa: 71% (promedio de acuerdo a la estación climatológica del INIFAP),
- Presión del gas en la fuga: 298.7 psig (2 059.4 kPa que es la presión normal de entrada a la City Gate),
- Altura de la fuente de emisión: 1 m.

RESULTADOS DE SIMULACIONES

Fuga de Gas	Diámetro de fuga	Cantidad
Tasa de emisión	0.0254 m	1.13 kg/s
Masa explosiva		67.8 kg

Para mayor detalle Ver Anexo 11. Resultados de las simulaciones con software SCRI.

Fuego y Explosión:

Una vez identificados los riesgos en un sistema, es necesario evaluar los efectos de su ocurrencia en términos de sus consecuencias hacia las personas y sus bienes materiales.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m^2 durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m^2 durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor.

La evaluación de los efectos térmicos en el escenario reporta que el gas fugado por la fuga de gas en el filtro, en caso de encontrar una fuente de ignición tendría los siguientes radios de afectación, considerando como tiempo de exposición 60 segundos, así los resultados son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro.

Radios de afectación por radiación térmica en el Escenario 2. Fuga de gas natural por la apertura de la válvula de purgado del filtro.

Radiación (kW/m^2)	Radios de afectación (m)
1.4	21.86
5	11.47

Radios de afectación por explosión en el Escenario 2. Fuga de gas natural por la apertura de la válvula de purgado del filtro.

Sobrepresión (psi)	Radios de afectación (m)
0.5	85.67
1	50.4

Para mayor detalle Ver Anexo 11. Resultados de las simulaciones con software SCRI.

Escenario 3. Ruptura al 100% del gasoducto de 6'' D.N. a causa del golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de la carretera estatal Amozoc – Teziutlán. Las coordenadas del cruce son [redacted]

Consideraciones técnicas y operacionales: COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 30 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa el sistema para transporte y activa el cierre de las válvulas de seccionamiento para interrumpir el flujo de gas natural; lo anterior ya que el sistema estará inspeccionado vía remota las 24 hrs. mediante sistema SCADA en la City Gate.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.1524 m.

Escenarios hipotéticos.

- El Gas Natural que se escapa por la rotura diametral, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de un chispazo generado por un vehículo que transita por la zona, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura diametral del gasoducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 18°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 23.9°C (de acuerdo a la CONAGUA),
- Velocidad del viento: 0.06 m/s (promedio de acuerdo a la estación climatológica del INIFAP),
- Humedad relativa: 71% (promedio de acuerdo a la estación climatológica del INIFAP),
- Presión del gas en la fuga: 298.7 psig (2 059.4 kPa que es la presión normal de entrada a la City Gate),
- Altura de la fuente de emisión: 0 m.

RESULTADOS DE SIMULACIONES

Fuga de Gas	Diámetro de rotura	Cantidad
Tasa de emisión	0.1524 m	40.09 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto		2 405.4 kg

Para mayor detalle Ver Anexo 11. Resultados de las simulaciones con software SCRI.

Fuego y Explosión:

Una vez identificados los riesgos en un sistema, es necesario evaluar los efectos de su ocurrencia en términos de sus consecuencias hacia las personas y sus bienes materiales.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m^2 durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m^2 durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor.

La evaluación de los efectos térmicos en el escenario reporta que el gas fugado por la rotura del gasoducto, en caso de encontrar una fuente de ignición tendría los siguientes radios de afectación, considerando como tiempo de exposición 60 segundos, así los resultados son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro:

Radios de afectación por radiación térmica en el Escenario 3. Rotura al 100% del gasoducto de 6'' D.N.

Intensidad de Radiación (kW/m^2)	Distancia de los radios de afectación (m)
1.4	121.44
5	64.63

Radios de afectación por Sobrepresión en el Escenario 3. Rotura al 100% del gasoducto de 6'' D.N.

Sobrepresión (psi)	Radios de afectación (m)
0.5	281.5
1	165.6

Para mayor detalle Ver Anexo 11. Resultados de las simulaciones con software SCRI.

Escenario 4. Ruptura al 20% del gasoducto de 6'' D.N. a causa del golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de la carretera estatal Amozoc – Teziutlán. Las coordenadas del cruce son [redacted].

Consideraciones técnicas y operacionales: COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 30 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa el sistema para transporte y activa el cierre de las válvulas de seccionamiento para interrumpir el flujo de gas natural; lo anterior ya que el sistema estará inspeccionado vía remota las 24 hrs. mediante sistema SCADA en la City Gate.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0304 m.

Escenarios hipotéticos.

- El Gas Natural que se escapa por la rotura diametral, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de un chispazo generado por un vehículo que transita por la zona, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura diametral del gasoducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 18°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 23.9°C (de acuerdo a la CONAGUA),
- Velocidad del viento: 0.06 m/s (promedio de acuerdo a la estación climatológica del INIFAP),
- Humedad relativa: 71% (promedio de acuerdo a la estación climatológica del INIFAP),
- Presión del gas en la fuga: 298.7 psig (2 059.4 kPa que es la presión normal de entrada a la City Gate),
- Altura de la fuente de emisión: 0 m.

RESULTADOS DE SIMULACIONES

Fuga de Gas	Diámetro de rotura	Cantidad
Tasa de emisión	0.0304 m	1.6 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto		96 kg

Para mayor detalle Ver Anexo 11. Resultados de las simulaciones con software SCRI.

Fuego y Explosión:

Una vez identificados los riesgos en un sistema, es necesario evaluar los efectos de su ocurrencia en términos de sus consecuencias hacia las personas y sus bienes materiales.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m^2 durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m^2 durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor.

La evaluación de los efectos térmicos en el escenario reporta que el gas fugado por la rotura del gasoducto, en caso de encontrar una fuente de ignición tendría los siguientes radios de afectación, considerando como tiempo de exposición 60 segundos, así los resultados son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro:

Radios de afectación por radiación térmica en el Escenario 4. Rotura al 20% del gasoducto de 6'' D.N.

Intensidad de Radiación (kW/m^2)	Distancia de los radios de afectación (m)
1.4	26.06
5	13.91

Radios de afectación por Sobrepresión en el Escenario 4. Rotura al 20% del gasoducto de 6'' D.N.

Sobrepresión (psi)	Radios de afectación (m)
0.5	96.2
1	56.59

Para mayor detalle Ver Anexo 11. Resultados de las simulaciones con software SCRI.

II.1.2 Representación gráfica de los Radios de afectación.

Los planos donde se representan los radios de afectación se incluyen en el **Anexo 12.**

II.2 INTERACCIONES DE RIESGO

A continuación se incluye el análisis de interacciones de los eventos simulados en el Estudio de Riesgo.

ESCENARIO 1.

El presente escenario se sitúa en la City Gate Oriental.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 156.79 kW/m^2 (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m^2, a una distancia de 21.34 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentran las instalaciones de la propia City Gate, donde las afectaciones a la integridad mecánica de las estructuras metálicas es inevitable, ya que toda la infraestructura que se encuentre a una distancia de 8 m se colapsará por los niveles de radiación generados; y de 8 m a 11 m, únicamente se presentaran algunas afectaciones en las estructuras de acero delgado, pero la radiación no será suficiente para causar el colapso de las mismas; aunado a lo anterior, la máxima radiación alcanzada por el Chorro de Fuego equivalente a 156.79 kW/m^2 en el punto donde éste se genera, es suficiente para la generación de un incendio en la vegetación aledaña a la City Gate, lo cual, considerando que en este punto existe vegetación perteneciente a pastizal halófilo, puede propagarse hacia zonas aledañas y desencadenar un incendio forestal con repercusiones en la infraestructura rural y zonas urbanas cercanas, así como al ecosistema en general; adicionalmente se consideran afectaciones al propio sistema para transporte de gas natural. Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 8 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de segundo grado si se exponen a la radiación en un periodo mayor a 20 segundos en el límite de la ZAR (21.34 m).

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m^2 a una distancia de 21.34 m hasta 1.4 kW/m^2 a una distancia de 39.65 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con campos agrícolas e infraestructura provisional para el trabajo en los campos de cultivo, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas que puedan encontrarse en su momento, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán dolor si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 20 segundos. En esta zona no es posible la formación de conatos de incendio ya que la intensidad de radiación no es suficiente.

Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 10 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 75.7 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a las instalaciones de la City Gate y el sistema de transporte de gas natural son inminentes, ya que en un radio de 3 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en la tierra considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 3 m y hasta los 75.7 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a las instalaciones de la propia City Gate, en donde, se espera la afectación a las tuberías y equipos

superficiales provocando la fuga de gas natural. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 9 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 9 m y hasta el límite de la ZAR (75.7 m) se considera la rotura de tímpanos en personas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 75.7 m hasta 0.5 psi a una distancia de 128.68 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

A manera de resumen, a continuación se indican las interacciones del presente escenario:

Evento	Zonas de Riesgo	Infraestructura presente	Interacciones
Chorro de Fuego	Zona de Alto riesgo	– Gasoducto de 6''	No se esperan daños en el gasoducto, puesto que este va enterrado.
		– City Gate	Debilitamiento de estructuras de acero.
	Zona de Amortiguamiento	– Gasoducto de 6''	No se esperan daños en el gasoducto, puesto que este va enterrado.
Explosión no confinada	Zona de Alto riesgo	– Gasoducto de 6''	Afectación al gasoducto por la formación del cráter en el suelo; incremento de fuga de gas natural.
		– City Gate	Colapso de techos y paredes producto de la sobrepresión generada por la explosión.
	Zona de Amortiguamiento	– Gasoducto de 6''	No se esperan daños al gasoducto.

ESCENARIO 2.

El presente escenario se sitúa en la ubicación de la ERM Granjas Carroll.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 59.10 kW/m^2 (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m^2, a una distancia de 11.47 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentran las instalaciones de la ERM, donde las afectaciones a la integridad mecánica de las estructuras metálicas es inevitable, ya que toda la infraestructura que se encuentre a una distancia de 3 m se colapsará por los niveles de radiación generados; y de 3 m a 7 m, únicamente se presentaran algunas afectaciones en las estructuras de acero delgado, pero la radiación no será suficiente para causar el colapso de las mismas; aunado a lo anterior, la máxima radiación alcanzada por el Chorro de Fuego equivalente a 59.10 kW/m^2 en el punto donde éste se genera, es suficiente para la generación de un incendio en la vegetación aledaña a la ERM, lo cual, considerando que en este punto existe vegetación perteneciente inducida por localizarse campos agrícolas, puede propagarse hacia zonas aledañas y desencadenar un incendio forestal con repercusiones en la infraestructura rural y zonas urbanas cercanas, así como al ecosistema en general; adicionalmente se consideran afectaciones al propio sistema para transporte

de gas natural. Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 3 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de segundo grado si se exponen a la radiación en un periodo mayor a 20 segundos en el límite de la ZAR (11.47 m).

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m^2 a una distancia de 11.47 m hasta 1.4 kW/m^2 a una distancia de 21.86 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con campos agrícolas e infraestructura provisional para el trabajo en los campos de cultivo, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas que puedan encontrarse en su momento, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán dolor si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 20 segundos. En esta zona no es posible la formación de conatos de incendio ya que la intensidad de radiación no es suficiente.

Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 10 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 50.40 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a las instalaciones de la City Gate y el sistema de transporte de gas natural son inminentes, ya que en un radio de 2 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en la tierra considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 2 m y hasta los 50.4 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a las instalaciones de la ERM, en donde, se espera la afectación a las tuberías y equipos superficiales provocando la fuga de gas natural. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 7 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 7 m y hasta el límite de la ZAR (50.4 m) se considera la rotura de tímpanos en personas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 50.4 m hasta 0.5 psi a una distancia de 85.67 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

A manera de resumen, a continuación se indican las interacciones del presente escenario:

Evento	Zonas de Riesgo	Infraestructura presente	Interacciones
Chorro de Fuego	Zona de Alto riesgo	– Gasoducto de 6''	No se esperan daños en el gasoducto, puesto que este va enterrado.
		– ERM Granjas Carroll	Debilitamiento de estructuras de acero.
	Zona de Amortiguamiento	– Gasoducto de 6''	No se esperan daños en el gasoducto, puesto que este va enterrado.
Explosión no confinada	Zona de Alto riesgo	– Gasoducto de 6''	Afectación al gasoducto por la formación del cráter en el suelo; incremento de fuga de gas natural.

Evento	Zonas de Riesgo	Infraestructura presente	Interacciones
		– ERM Granjas Carroll	Colapso de techos y paredes producto de la sobrepresión generada por la explosión.
		– Futuras Instalaciones de Granjas Carroll.	
	Zona de Amortiguamiento	– Gasoducto de 6''	No se esperan daños al gasoducto.
		– Futuras Instalaciones de Granjas Carroll.	No se esperan daños

ESCENARIO 3.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 94.74 kW/m^2 (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m^2, a una distancia de 64.63 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentra el derecho de vía de la carretera Amozoc – Teziutlán, donde las afectaciones a la integridad física de la misma es inevitable, ya que en un radio de 10 m, la radiación será suficiente para dañar de manera significativa el material que conforma la carretera así como los usuarios de la misma, ocasionando posibles accidentes vehiculares, y de 10 m a 40 m, únicamente se presentaran algunas afectaciones en las estructuras de acero delgado, pero la radiación no será suficiente para causar el colapso de las mismas; aunado a lo anterior, la máxima radiación alcanzada por el Chorro de Fuego equivalente a 94.74 kW/m^2 en el punto donde éste se genera, es suficiente para la generación de un incendio en la vegetación aledaña a la trayectoria del gasoducto, lo cual, considerando que en este punto existe vegetación perteneciente a pastizal halófilo y campos agrícolas, puede propagarse hacia zonas aledañas y desencadenar un incendio forestal con repercusiones en la infraestructura rural y zonas urbanas cercanas, así como al ecosistema en general; adicionalmente se consideran afectaciones al propio sistema para transporte de gas natural. Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 8 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de segundo grado si se exponen a la radiación en un periodo mayor a 20 segundos en el límite de la ZAR (64.63 m).

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m^2 a una distancia de 64.63 m hasta 1.4 kW/m^2 a una distancia de 121.44 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con campos agrícolas e infraestructura provisional para el trabajo en los campos de cultivo, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas que puedan encontrarse en su momento, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán dolor si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 20 segundos. En esta zona no es posible la formación de conatos de incendio ya que la intensidad de radiación no es suficiente.

Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 10 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 165.6 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones al sistema de transporte de gas natural son inminentes, ya

que en un radio de 10 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en la tierra considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, que en este caso corresponde a la carretera libre Amozoc – Teziutlán, además de los usuarios que transiten por la zona al momento de la explosión, posterior a 10 m y hasta los 165.6 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a posible infraestructura agrícola que se encuentre laborando en el momento de la explosión. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 20 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 20 m y hasta el límite de la ZAR (165.6 m) se considera la rotura de tímpanos en personas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 165.6 m hasta 0.5 psi a una distancia de 281.50 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos), sin embargo, en esta zona no hay infraestructura rural o urbana que pueda ser afectada; en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

A manera de resumen, a continuación se indican las interacciones del presente escenario:

Evento	Zonas de Riesgo	Infraestructura presente	Interacciones
Chorro de Fuego	Zona de Alto riesgo	– Gasoducto de 6''	No se esperan daños en el gasoducto, puesto que este va enterrado.
		– Carretera Amozoc – Teziutlán.	Debilitamiento de estructuras y pérdida del material carretero.
	Zona de Amortiguamiento	– Gasoducto de 6''	No se esperan daños en el gasoducto, puesto que este va enterrado.
		– Carretera Amozoc – Teziutlán.	No se esperan daños.
Explosión no confinada	Zona de Alto riesgo	– Gasoducto de 6''	Afectación al gasoducto por la formación del cráter en el suelo; incremento de fuga de gas natural.
		– Carretera Amozoc – Teziutlán	Afectación a la carretera por la formación del cráter en el suelo
	Zona de Amortiguamiento	– Gasoducto de 6''	No se esperan daños al gasoducto.
		– Carretera Amozoc – Teziutlán.	No se esperan daños.

ESCENARIO 4.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 79.33 kW/m^2 (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m^2, a una distancia de 13.91 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentra el derecho de vía de la carretera Amozoc – Teziutlán, donde las afectaciones a la integridad física de la misma es inevitable, ya que en un radio de 3 m, la radiación será suficiente para dañar de manera significativa el material que conforma la carretera así como los usuarios de la misma, ocasionando posibles accidentes vehiculares, y de 3 m a 10 m, únicamente se presentaran algunas afectaciones en las estructuras de acero delgado, pero la radiación no será suficiente para causar el colapso de las mismas; aunado a lo anterior, la máxima radiación alcanzada por el Chorro de Fuego equivalente a 79.33 kW/m^2 en el punto donde éste se genera, es suficiente para la generación de un incendio en la vegetación aledaña a la trayectoria del gasoducto, lo cual, considerando que en este punto existe vegetación perteneciente a pastizal halófilo y campos agrícolas, puede propagarse hacia zonas aledañas y desencadenar un incendio forestal con repercusiones en la infraestructura rural y zonas urbanas cercanas, así como al ecosistema en general; adicionalmente se consideran afectaciones al propio sistema para transporte de gas natural. Las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 5 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de segundo grado si se exponen a la radiación en un periodo mayor a 20 segundos en el límite de la ZAR (13.91 m).

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m^2 a una distancia de 13.91 m hasta 1.4 kW/m^2 a una distancia de 26.06 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con campos agrícolas e infraestructura provisional para el trabajo en los campos de cultivo, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas que puedan encontrarse en su momento, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán dolor si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 20 segundos. En esta zona no es posible la formación de conatos de incendio ya que la intensidad de radiación no es suficiente.

Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 10 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 56.59 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones al sistema de transporte de gas natural son inminentes, ya que en un radio de 3 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en la tierra considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, que en este caso corresponde a la carretera libre Amozoc – Teziutlán, además de los usuarios que transiten por la zona al momento de la explosión, posterior a 3 m y hasta los 56.59 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a posible infraestructura agrícola que se encuentre laborando en el momento de la explosión. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 8 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 8 m y hasta el límite de la ZAR (56.59 m) se considera la rotura de tímpanos en personas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 56.59 m hasta 0.5 psi a una distancia de 96.2 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos), sin embargo, en esta zona no hay infraestructura rural o urbana que pueda ser afectada; en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

A manera de resumen, a continuación se indican las interacciones del presente escenario:

Evento	Zonas de Riesgo	Infraestructura presente	Interacciones
Chorro de Fuego	Zona de Alto riesgo	– Gasoducto de 6''	No se esperan daños en el gasoducto, puesto que este va enterrado.
		– Carretera Amozoc – Teziutlán.	Debilitamiento de estructuras y pérdida del material carretero.
	Zona de Amortiguamiento	– Gasoducto de 6''	No se esperan daños en el gasoducto, puesto que este va enterrado.
		– Carretera Amozoc – Teziutlán.	No se esperan daños.
Explosión no confinada	Zona de Alto riesgo	– Gasoducto de 6''	Afectación al gasoducto por la formación del cráter en el suelo; incremento de fuga de gas natural.
		– Carretera Amozoc – Teziutlán	Afectación a la carretera por la formación del cráter en el suelo
	Zona de Amortiguamiento	– Gasoducto de 6''	No se esperan daños al gasoducto.
		– Carretera Amozoc – Teziutlán.	No se esperan daños.

II.2.1 Medidas Preventivas y sistemas de seguridad orientados a reducir la ocurrencia de los escenarios de riesgo.

A continuación se indican las medidas preventivas y sistemas de seguridad que se tienen implementadas para prevenir la ocurrencia de cada uno de los eventos de riesgo:

Tabla II. 5 Medidas Preventivas y de seguridad para prevenir la ocurrencia de los escenarios identificados.

Escenario	Medidas Preventivas
ESCENARIO 1. Fuga de Gas Natural por la apertura indebida de la válvula manual de 1'' instalada para realizar el purgado del Filtro Coalescente de la City Gate Oriental	▪ Teléfono de contacto para atención de emergencias. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ SCADA. Se tiene un sistema que permite monitorear vía remota el comportamiento de la presión en la City Gate y en cada ERM para envío de datos al proveedor del gas natural. ▪ Cada tres meses se realiza inspección de fugas a la red general de suministro de gas natural, utilizando detectores de fugas certificados. ▪ Revisión diaria de las condiciones de operación de la ERM. ▪ Programa anual de mantenimiento a las instalaciones del sistema. ▪ Procedimiento para el cambio de filtros coalescentes para evitar realizar la apertura de la válvula de drenado. ▪ Plan Integral de Seguridad. ▪ Plan de Atención a Emergencias. ▪ Programa de Mantenimiento ejecutado por personal calificado. ▪ Capacitación constante al personal encargado de la operación y supervisión de la ERM.
ESCENARIO 2. Fuga de Gas Natural por la apertura indebida de la válvula manual de 1'' instalada para realizar el purgado del Filtro Coalescente de la ERM Granjas Carroll.	▪ Teléfono de contacto para atención de emergencias. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ SCADA. Se tiene un sistema que permite monitorear vía remota el comportamiento de la presión en la City Gate y en cada ERM para envío de datos al proveedor del gas natural. ▪ Cada tres meses se realiza inspección de fugas a la red general de suministro de gas natural, utilizando detectores de fugas certificados. ▪ Revisión diaria de las condiciones de operación de la ERM. ▪ Programa anual de mantenimiento a las instalaciones del sistema. ▪ Procedimiento para el cambio de filtros coalescentes

Escenario	Medidas Preventivas
	para evitar realizar la apertura de la válvula de drenado. ▪ Plan Integral de Seguridad. ▪ Plan de Atención a Emergencias. ▪ Programa de Mantenimiento ejecutado por personal calificado. ▪ Capacitación constante al personal encargado de la operación y supervisión de la ERM.
ESCENARIO 3. Ruptura al 100% del gasoducto de 6'' D.N. a causa del golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de la carretera estatal Amozoc – Teziutlán. [redacted] COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP	▪ Señalización del derecho de vía del STGN. ▪ Ductos enterrados a no menos de 1.5 m, sobrepasando en gran medida lo requerido por la NOM-007-ASEA-2016. ▪ Patrullajes sobre el derecho de vía conforme a lo establecido en la NOM-007-ASEA-2016 para la detección de posibles afectaciones al STGN. ▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas del Sistema de Transporte en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo del Sistema de Transporte conforme a los lineamientos de la NOM-007-ASEA-2016. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) del Sistema de Transporte. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en el Sistema de Transporte. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas del Sistema de Transporte. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP **ESCENARIO 4.** Ruptura al 20% del gasoducto de 6'' D.N. a causa del golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de la carretera estatal Amozoc – Teziutlán. [redacted]	▪ Señalización del derecho de vía del STGN. ▪ Ductos enterrados a no menos de 1.5 m, sobrepasando en gran medida lo requerido por la NOM-007-ASEA-2016. ▪ Patrullajes sobre el derecho de vía conforme a lo establecido en la NOM-007-ASEA-2016 para la detección de posibles afectaciones al STGN. ▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones

Escenario	Medidas Preventivas
	superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas del Sistema de Transporte en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo del Sistema de Transporte conforme a los lineamientos de la NOM-007-ASEA-2016. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) del Sistema de Transporte. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en el Sistema de Transporte. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas del Sistema de Transporte. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.

II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

A continuación se presentan de manera general los efectos en el Sistema Ambiental producto de la generación de un Jet Fire o Explosión no Confinada, de acuerdo a las características planteadas en cada Escenario de simulación:

Tabla II. 6 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de un Jet Fire (1 de 2).

Aspectos Abióticos	
Componente del SA	**Nivel de Impacto *(Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)***
Clima: Un evento de las características planteadas que desencadene un incendio producto de la fuga de gas natural, no causara ninguna modificación en las condiciones del clima existente en el Sistema Ambiental del proyecto; si bien, se generarán emisiones producto de la combustión de materiales que en su momento se encuentren en contacto con el chorro de fuego, éstas no serán significativas y no causarán variaciones en las condiciones micro climáticas de la zona, ya que además, la atención por parte del personal encargado de la supervisión de la red de gas natural será expedita y consistirá principalmente en el cierre de válvulas de seccionamiento.	***Ninguno***
Geología y Geomorfología: La zona donde se ubicará el proyecto, es caracterizada por presentar un suelo aluvial y lacustre en su mayor parte, mismo que en caso de generarse un incendio producto de la fuga de gas natural, no presentará afectaciones derivadas del contacto con la radiación del incendio.	***Ninguno***
Suelos: El tipo de suelo existente en el Sistema Ambiental del proyecto, es en mayor parte Phaeozem y Regosol que son suelos minerales muy débilmente desarrollados en materiales no consolidados; la generación de un incendio no producirá cambios de ningún tipo en el suelo presente.	***Ninguno***
Hidrología superficial y subterránea: No se causarán afectaciones hacia los cuerpos de agua o arroyos que se localicen dentro del SA del proyecto; así mismo, en el caso de la hidrología subterránea, ésta no sufrirá afectaciones de ningún tipo producto de la generación de un chorro de fuego.	***Ninguno***

Tabla II. 7 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de un Jet Fire (2 de 2).

Aspectos Bióticos	
Componente del SA	**Nivel de Impacto *(Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)***
Vegetación terrestre: La generación de un incendio dentro del Sistema ambiental del proyecto, conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, toda vez que, el proyecto se ubicará en zonas con concentraciones de vegetación natural y campos agrícolas donde en caso de generarse un chorro de fuego se puede propagar para generar un incendio forestal con grandes repercusiones al ecosistema. Así mismo, es importante mencionar que la vegetación, al ser factor biótico (organismos que tienen vida), tenderá a morir por los niveles de radiación que serán generados por el incendio, lo cual impactará negativamente en la calidad paisajista del Sistema Ambiental, sin embargo, esto es considerado como un impacto significativo pero reparable con la aplicación de medidas correctivas como la reforestación.	***Significativo***
Fauna: Las afectaciones en la fauna son mínimas en caso de generarse un incendio durante la operación del sistema para transporte de gas natural, toda vez que, ésta se localizará en una zona perturbada donde las actividades agrícolas son constantes, lo cual ha provocado que la fauna haya sido desplazada hacia partes más alejadas por la generación de ruido y por la movilidad de los habitantes de la zona; únicamente se afectaría a las especies faunísticas que de manera remota se localicen dentro del Sistema Ambiental del proyecto, sin embargo esta probabilidad es nula dadas las condiciones ya indicadas. Aunado a lo anterior, se considera que las afectaciones a la fauna son nulas, puesto que se constató que dentro del Sistema Ambiental del proyecto no existen áreas de anidación o reproducción de fauna silvestre.	***Reparable***

Tabla II. 8 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de una explosión no confinada (1 de 2).

Aspectos Abióticos	
Componente del SA	**Nivel de Impacto *(Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)***
Clima: La generación de una explosión no confinada producto de la fuga de gas natural y formación de la nube explosiva, no causará ninguna modificación en las condiciones climáticas del Sistema Ambiental del proyecto.	***Ninguno***
Geología y Geomorfología: Si bien, el proyecto incide en suelo aluvial, los niveles de sobrepresión generados en una explosión no confinada de las características planteadas en cada escenario de riesgo, serán lo suficientemente altos para formar un cráter en el suelo, lo cual significa que la afectación al suelo será inminente, mismo que será desplazado por las sobrepresión generada por la explosión ocasionando un impacto directo y puntual a las características geológicas del Sistema Ambiental del proyecto.	***Significativo***
Suelos: Al igual que en la Geología, en caso de generarse una explosión no confinada producto de la fuga de gas natural, la formación de un cráter en el suelo es inminente dados los niveles de sobrepresión que serán generados (más de 300 psi), lo cual afectará directamente la integridad física del suelo, por lo que en caso de la formación de un orificio en el suelo, este será desplazado y arrancado de su formación original. Sin embargo, esto será de manera puntual y no se propagará en todo el Sistema Ambiental.	***Significativo***
Hidrología superficial y subterránea: No se causarán afectaciones hacia los cuerpos de agua o arroyos que se localicen dentro del SA del proyecto; así mismo, en el caso de la hidrología subterránea, ésta no sufrirá afectaciones de ningún tipo producto de la generación de una explosión no confinada.	***Significativo***

Tabla II. 9 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de una explosión no confinada (2 de 2).

Aspectos Bióticos	
Componente del SA	**Nivel de Impacto *(Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)***
Vegetación terrestre: La generación de una explosión no confinada dentro del Sistema ambiental del proyecto, conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, toda vez que, el proyecto se ubicará en derechos de vía y en terrenos agrícolas, donde de manera adyacente existen concentraciones de Pastizal, Bosque y Selva, donde se impactará negativamente vegetación natural en caso de presentarse una explosión no confinada, lo cual se considera reparable con la aplicación de medidas correctivas como la reforestación.	***Reparable***
Fauna: Las afectaciones en la fauna son mínimas en caso de generarse una explosión durante la operación del sistema para transporte de gas natural, toda vez que, ésta se localizará en zonas donde la fauna ha sido desplazada hacia partes más alejadas por la generación de ruido y por existencia de actividades antrópicas e industriales dedicadas principalmente a la agroindustria; únicamente se afectaría a las especies faunísticas que de manera remota se localicen dentro del Sistema Ambiental del proyecto en el momento de que se genere la situación de riesgo, sin embargo esta probabilidad es nula dadas las condiciones ya indicadas.	***Ninguno***

En el caso de los efectos sobre la salud humana producto de un chorro de fuego, es la mortalidad de las personas que se expongan a la radiación por periodos prolongados de tiempo; ya que las máximas radiaciones que serán generadas en las Zonas de Alto Riesgo son suficientes para causar la muerte de personas si estas se exponen a la radiación por más de un minuto, sin embargo para que esto suceda, las personas deben estar contiguas al chorro de fuego ya que a mayor distancia de la fuente de calor, la radiación tiende a disminuir. En el caso de la explosión no confinada, los valores máximos obtenidos son suficientes para causar la muerte instantánea en las personas que se localicen dentro de las ondas de expansión de sobrepresión de manera directa, aunque de manera indirecta se puede esperar la afectación en la integridad física de las personas por el derrumbe de casas o instalaciones civiles que se localicen dentro de los radios de afectación por sobrepresión.

Índice

III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL. 2

III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS 2

III.1.1 Sistemas de seguridad 4

III.2 MEDIDAS PREVENTIVAS 9

III.2.1 Medidas de Seguridad. 9

III.2.2 Operación y Mantenimiento. 9

Índice de Tablas

Tabla III. 1 Programa de Actividades de Seguridad. 9

Tabla III. 2 Actividades de mantenimiento a realizar. 9

III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL.

III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

Para la realización del presente Estudio de Riesgo Ambiental (ERA), se utilizó la técnica del HAZOP (Hazard and Operability) para la evaluación y determinación de riesgos, así como la metodología denominada Árbol de Fallas, en específico con el Software FaultreEase para la determinación de la probabilidad de ocurrencia de riesgos y mediante el paquete SCRI (Modelos de Simulación para el análisis de consecuencias por Fuego y Explosión, versión 2.1) se realizaron las simulaciones de fugas de gas natural, de lo cual, aunado a los recorridos en campo donde se instalará el presente proyecto, se derivan las siguientes recomendaciones.

- Derivado del análisis HAZOP realizado, atender las siguientes recomendaciones:

CITY GATE ORIENTAL:

- Asegurar la correcta aplicación de los programas de operación y mantenimiento mediante capacitación y registros de aplicación.
- Capacitar al personal en la aplicación de los procedimientos para la atención de emergencias.
- Colocar candado en las válvulas manuales de la City Gate.
- Cumplir con un programa de calibración para los instrumentos de seguridad.
- Elaborar y poner en práctica un procedimiento para el drenado del filtro coalescente.
- Instalar controles de nivel en el filtro.
- Instalar indicadores de posición (ZIO/ZIC) en la válvula de esfera a la salida del filtro.
- Instalar línea para conducir los condensados del filtro hacían un tanque y/o lugar seguro.
- Instalar transmisor de presión en el filtro.
- Instalar transmisor de presión en trenes de regulación.
- Instalar válvula de seguridad en Filtro Coalescente.
- Mantener capacitado al personal de operación en los procedimientos de mantenimiento.
- Realizar celajes diarios en todo el sistema para transporte.
- Supervisión diaria del patín de medición con bitácora para registro de los parámetros normales de operación (presión y flujo, principalmente).
- Supervisión diaria del sistema de filtración con bitácora para registro de los parámetros normales de operación (presión y temperatura, principalmente).
- Verificar por lo menos dos veces a la semana el nivel de condensados en el filtro.

ERM GRANJAS CARROLL:

- Asegurar la correcta aplicación de los programas de operación y mantenimiento mediante capacitación y registros de aplicación.
- Capacitar al personal en la aplicación de los procedimientos para la atención de emergencias.

- Colocar candado en las válvulas manuales de la ERM.
- Considerar la instalación de válvulas de seccionamiento con dispositivos de cierre rápido en caso de detectar caídas súbitas de presión.
- Cumplir con un programa de calibración para los instrumentos de seguridad.
- Instalar controles de nivel en el filtro.
- Instalar indicadores de posición (ZIO/ZIC) en la válvula de esfera a la salida del filtro.
- Instalar línea para conducir los condensados del filtro hacían un tanque y/o lugar seguro.
- Instalar sistema para monitoreo y control remoto de la operación de las válvulas de seccionamiento.
- Instalar transmisor de presión en el filtro.
- Instalar válvula de seguridad en Filtro Coalescente.
- Mantener capacitado al personal de operación en los procedimientos de mantenimiento.
- Realizar celajes diarios en todo el sistema para transporte.
- Supervisión diaria del sistema de filtración con bitácora para registro de los parámetros normales de operación (presión y temperatura, principalmente).
- Verificar por lo menos dos veces a la semana el nivel de condensados en el filtro.
- Asegurar la correcta aplicación de los programas de operación y mantenimiento mediante capacitación y registros de aplicación.
- Capacitar al personal en la aplicación de los procedimientos para la atención de emergencias.
- Instalar transmisor de presión en trenes de regulación.
- Mantener capacitado al personal de operación en los procedimientos de mantenimiento.
- Supervisión diaria del patín de medición con bitácora para registro de los parámetros normales de operación (presión y flujo, principalmente).

- Elaborar y poner en práctica un programa para la calibración de los instrumentos de medición y control, así como para el mantenimiento de los mismos de acuerdo a las especificaciones del fabricante,
- Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de proveedor del gas natural, para reportar cualquier falla en el suministro de gas, así como cualquier emergencia que requiera el cierre del Gasoducto principal que suministrará el energético.
- Realizar simulacros por lo menos dos veces al año en los que se evalúe la capacidad de respuesta del personal para la atención de los eventos de riesgo identificados en el Capítulo I y II del Estudio de Riesgo.
- Considerar la implementación de un sistema SCADA para realizar el monitoreo operativo de las Válvulas de Seccionamiento.
- Instalar Trampas para envío y recibo de diablos y realizar la corrida de los mismos conforme a lo especificado en la NOM-007-ASEA-2016.
- Considerar la instalación de un sistema de rectificación de corriente impresa como medida de protección contra la corrosión.

III.1.1 Sistemas de seguridad

Los sistemas de seguridad, son:

- SCADA. Sistema que permite monitorear vía remota el comportamiento de la presión en la City Gate, para envío de las variables operativas al proveedor del energético.
- Válvulas de seccionamiento.
- Medidores de presión en las Estaciones de Regulación y Medición.
- TALON. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia, para envío a oficinas de GNN en Torreón, Coah., el cual se describe a detalle a continuación:

TALON

Es un software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. Facilita la retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (Transmisores de Presión y de Temperatura), así mismo, provee la información de dichas condiciones operativas que se generan en la estación de Gas Natural cada vez que sea necesario, teniendo la capacidad de almacenar en su base de datos central los históricos ya sea por día o por hora.

Básicamente se divide en 2 unidades las cuales se componen de los siguientes elementos:

1. **UNIDAD CENTRAL**
    - 2 servidores que se encargaran de visualizar las estaciones de Gas Natural
    - Una Red Virtual que será el espacio destinado para albergar el software de monitoreo
    - Un software de monitoreo (Sheduler) encargado de desplegar y registrar las condiciones operativas de cada estación.
    - Un modem maestro operado mediante un paquete de datos con una velocidad de 512 Kilobits por segundo el cual será el encargado de interrogar de manera automática cada una de las estaciones integradas al sistema de monitoreo remoto
    - Un sistema de respaldo de energía el cual además de suministrarle la energía necesaria al modem, se encargará de mantener operando la red virtual por 30 minutos en lo que se restablece la falla eléctrica.

2. **UNIDAD REMOTA**
    - Un computador electrónico de flujo, el cual se encarga de procesar la información de las variables de la estación (Presión, Temperatura, Volumen y Energía), con la capacidad de almacenar dicha información en su base de datos.

- Transmisores de presión, temperatura y un medidor de Gas Natural, los cuales se encargarán de sensar las variables de la estación.
- Un modem esclavo operado mediante un paquete de datos con una velocidad de 512Kilobits por segundo el cual será el encargado de enviar la información registrada en el computador cada vez que el modem maestro lo solicite.
- Un sistema de respaldo de energía solar para mantener un enlace de comunicación continuo, el cual está diseñado para respaldar has 48 horas en caso de falla.

Debido a las propiedades químicas de la materia prima que Gas Natural del Noroeste suministra a sus clientes, fue necesaria la puesta en operación de un sistema de monitoreo remoto denominado "TALON".

DESCRIPCIÓN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO "TALON"

Es un sistema de monitoreo remoto que permite visualizar las condiciones operativas de las Estaciones de Regulación y Medición, ubicadas en diferentes puntos del país. El cual interroga mediante un modem GPRS cada una de las estaciones que se desea monitorear, operando con un paquete de datos. Este enlace se refleja en él, mediante el software del sistema TALON (Sheduler), a través de una red privada virtual (VPN), logramos el enlace de comunicación en tiempo real. Para ello, instalamos un computador electrónico de flujo de la marca EAGLE RESEARCH, cuya función principal es recopilar los consumos de volumen y energía, así como las variables de presión y temperatura.

El sistema TALON fue diseñado por la misma compañía EAGLE RESEARCH, el cual permite monitorear y al mismo tiempo operar el computador electrónico de flujo y así, supervisar de manera constante las condiciones operativas tanto de la estación principal del gasoducto (CITY GATE), así como el último punto de entrega del mismo.

Actualmente contamos con 117 sistemas enlazados al sistema TALON, los cuales son supervisados por personal capacitado las 24 horas. Cada sistema está configurado con una serie de alarmas para las variables de presión, aumento de flujo y falla en el suministro de energía del computador electrónico de flujo, las cuales están estandarizadas en 3 condiciones críticas, que dependerán de las condiciones operativas de cada estación.

Así mismo, al suscitarse algún evento que pudiera poner en riesgo a la población cercana al gasoducto y a este, el software tiene la capacidad de notificar tanto al responsable del sistema TALON como a los responsables de los diferentes sistemas de distribución o transporte. Estas notificaciones serán enviadas a través de una alerta vía e-mail y un mensaje de texto vía celular describiendo el tipo de condición que se esté generando en el momento.

En algunos sistemas de Transporte y Distribución, se cuentan con válvulas de seccionamiento automatizadas, las cuales podrán ser accionadas remotamente en caso de una contingencia o cualquier situación que requiera el cierre total del gasoducto. Sus condiciones de operación, principalmente presión y estado de la válvula, son monitoreadas mediante un Computador Electrónico

de Flujo. Una vez que el computador reciba esta información se encargará de analizar las presiones recolectadas y determinar si éstas se encuentran fuera de rango de las Presiones de Operación establecidas, para posteriormente realizar el envío de una alarma, ya sea por baja o alta presión. Esta alarma será procesada en el SCADA Talón el cual genera una alerta que se enviará, vía correo y SMS (mensaje de texto) al Personal de GNN para su atención.

El SCADA Talón también se encargará de recopilar la información del Computador Electrónico en un tiempo programable para guardar históricos y para su monitoreó vía remoto.

SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES CITY GATE

Para el caso del City Gate se contarán con 1 cuarto de medición/Site de comunicación, así mismo la información obtenida del computador electrónico de flujo de dicha estación será enviada hacia nuestro Centro de Control y Monitoreo que está ubicado en nuestras oficinas de Torreón Coahuila a través del siguiente sistema de telecomunicaciones:

Por medio de un convertidor RJ45-Serial LANTRONIX, el Computador de Flujo se enlazará con un Modem Satelital IDIRECT, modelo X3, que servirá para crear la puerta de enlace a través del segmento de red del proveedor de servicios de conectividad satelital.

El tráfico de datos de medición será a través de una VPN (Red Privada Virtual), de este modo el tráfico será exclusivamente entre la red del Proveedor de Servicios y nuestra red. Cabe señalar que la interrogación del Computador de Flujo podrá ser desde cualquier punto de la red.

Todos estos equipos tendrán respaldo de energía con un UPS APC Smart UPS 1500, el cual nos dará un respaldo de 90 minutos con una carga de 100 watts. Los equipos anteriormente mencionados se quedarán dentro del Cuarto de Medición/Site de comunicación que estará ubicado dentro del predio de la ERMyC.

El tipo de enlace para el envío de información hacia nuestro cuarto de control central ubicado en Torreón Coahuila es de tipo satelital, el cual cuenta con un ancho de banda de 256 Kbps.

En la siguiente imagen se muestra un esquemático de nuestro sistema de Telecomunicaciones aplicado a este proyecto:

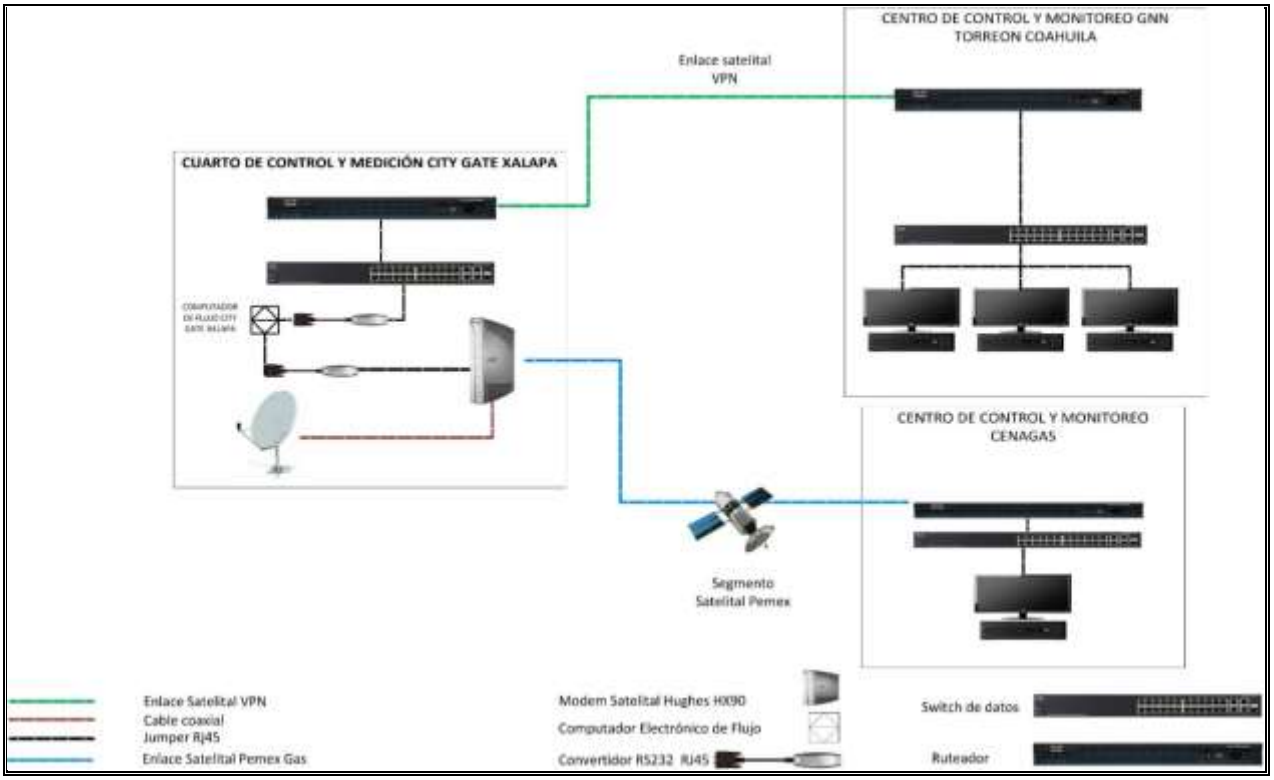


Figura 1 "Esquema de Telecomunicaciones City Gate"

a) Fuga de gas natural a la atmósfera, sin incendio:

Si esto sucede a la intemperie, el gas natural se disipa fácilmente en las capas superiores de la atmósfera; contrariamente, cuando queda atrapado en la parte inferior de techumbres se forman mezclas explosivas con gran potencial para explotar, y explotarán violentamente al entrar en contacto con una fuente de ignición.

- Verificar anticipadamente por medio de pruebas y Auditorias de Seguridad, que la integridad mecánica-eléctrica de las instalaciones está en óptimas condiciones (diseño, construcción y mantenimiento) de acuerdo a las especificaciones establecidas en normas para gasoductos que incluya válvulas, conexiones y accesorios.
- Se instalarán detectores de mezclas explosivas, calor y humo con alarmas audibles y visuales en las ERMs.

b) Incendio por una fuga de gas natural:

En caso de incendio por fuga de gas natural, procede lo siguiente:

- Se activa el plan de emergencia, según la magnitud del evento,

- Aún sin incendio, asegurarse que el personal utilice el equipo de protección para combate de incendios,
- Bloquear las válvulas que alimentan la fuga y proceder con los movimientos operacionales de ataque a la emergencia, mientras tanto, serán enfriadas con agua las superficies de las instalaciones expuestas al calor.

Aunado a lo anterior, el sistema para transporte de gas natural, contará con los siguientes dispositivos y equipos para emergencias:

Cantidad	Artículo	Especificaciones
1	Medidor de temperatura ambiente,	Graficador de temperatura,
1	Detector de gas (espacios cerrados),	Exposímetro,
1	Medidor de energía,	Milímetro digital,
1	Medidor de presión,	Graficador de presión,
1	Detector de gas natural,	Micro gas,
1	Medidor de mercaptano en sistema,	Detección (odorizante),
1	Medidor de presión (digital),	Manómetro digital,
1	Medidor de temperatura del gas,	Block calibrador de temperatura,
1	Medidor de presión,	Graficador de presión,
1	Detector de fallas fushion bond (en tubería de A.C.),	SPY,
1	Calibrador de espesores,	Positector UTG-ME,
1	Probador portátil para presión hidráulica,	0-3000 PSI,
1	Equipo de auto riego,	Motor a gasolina de 15 HPS,
2	Equipo abrebridas,	Abrebridas,

III.2 MEDIDAS PREVENTIVAS

III.2.1 Medidas de Seguridad.

Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., cuenta con un programa de seguridad, del cual se deriva una serie de actividades preventivas-correctivas para la eficiente operación del sistema para transporte de gas natural, las cuales se indican en la siguiente tabla:

Tabla III. 1 Programa de Actividades de Seguridad.

Actividades de Seguridad	Frecuencia
Patrullaje de la franja de desarrollo del sistema.	Diario
Descargo de información en el sistema para promedios de medición de facturación.	Quincenal
Inspección, verificación y prueba de válvula registro de interconexión.	Mensual
Inspección y verificación de equipos e instrumentos de las ERMs.	
Inspección y verificación de equipos e instrumentos de los registros de seccionamiento.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones del cuarto de interconexión.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones de las ERMs.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural en el interior de los registros de seccionamiento.	
Monitoreo de porcentaje de odorización en el sistema.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural sobre la franja de desarrollo del sistema.	Trimestral
Inspección en el incremento de la clase de localización.	Anual

III.2.2 Operación y Mantenimiento.

La empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., cuenta con un programa anual de operación y mantenimiento, el cual está enfocado a disminuir el riesgo de eventos que lleguen a impactar el ecosistema y dañar la integridad mecánica de la instalación. A continuación, se indican las actividades de mantenimiento preventivo a realizar en el sistema para transporte de gas natural:

Tabla III. 2 Actividades de mantenimiento a realizar.

Actividades de Mantenimiento	Frecuencia
Mantenimiento instrumentación.	
Calibración de manómetros en las ERMs.	Semestral
Mantenimiento eléctrico.	
Levantamiento de potenciales del sistema.	Mensual

Actividades de Mantenimiento	Frecuencia
Toma de resistividad del suelo donde se aloja el gasoducto.	Anual
Medición de tierras físicas.	
Mantenimiento mecánico.	
Mantenimiento y prueba en registros de válvulas de seccionamiento y disparos del sistema.	Bimestral
Mantenimiento preventivo de los filtros en las ERMs.	Semestral
Mantenimiento preventivo, calibración y ajuste a las válvulas reguladoras de las ERMs.	Anual
Mantenimiento preventivo, calibración y ajuste a las válvulas de seguridad de las ERMs.	Semestral
Aplicación de recubrimiento en la interconexión.	
Aplicación de recubrimiento en las ERMs.	
Aplicación de recubrimiento en los registros de seccionamiento.	
Medición de espesores en instalaciones superficiales.	Anual
Mantenimiento al equipo de motorización.	
Servicios generales.	
Limpieza y aseo general de las instalaciones del cuarto de interconexión.	Mensual
Limpieza y aseo general de las instalaciones de las ERMs.	
Limpieza y aseo general de las instalaciones de los registros de seccionamiento.	
Limpieza y desazolve de la señalización tipo "4" y tipo "R".	Trimestral
Aplicación de pintura a la señalización tipo "4" y tipo "R" en el sistema.	
Limpieza y desazolve de la franja de desarrollo del sistema.	Cuatrimestral

Aunado a las actividades indicadas en la **Tabla III.2**, se realizarán las siguientes actividades de mantenimiento:

1. Monitoreo de fugitivos de Gas Natural en el derecho de vía,
2. Mantenimiento a señalamientos,

Para todas y cada una de las actividades de operación y mantenimiento, se contará con evidencias de su realización, tales como: órdenes de trabajo y registros de las actividades realizadas.

III.2.3 Verificaciones y/o Auditorías de Seguridad.

Las actividades de mantenimiento a ejecutar en el sistema para transporte de gas natural, estarán fundamentadas desde la planeación eficiente y diseños de construcción del proyecto, por lo que se dará cumplimiento a la **NOM-007-SECRE-2010**, misma que establece que se debe realizar una verificación anual por parte de una Unidad de Verificación, acreditada ante la Comisión Reguladora de Energía (CRE), la cual verificará y emitirá el dictamen en base a los siguientes puntos relacionados con la **seguridad, operación y mantenimiento** del proyecto.

Verificación de Operación y Mantenimiento.

- Procedimientos de Operación y Mantenimiento,
- Señalamientos,
- Registros de vigilancia y patrullaje,
- Registros de inspección de los dispositivos de control de presión,
- Mantenimiento de registros,
- Registros de mantenimiento de válvulas,
- Control de corrosión externa,
- Registros de Inspección y mantenimiento a estación de regulación y medición,
- Documentación histórica y evaluación de la ingeniería,
- Programa y registros de capacitación y/o entrenamiento.

Verificación de Seguridad.

- Plan Integral de Seguridad y Protección Civil,
- Programa de Prevención de Accidentes y registros de simulacros,
- Programa para la prevención de daños,
- Programa de auxilio,
- Programa de recuperación,
- Educación al público,
- Investigación de fallas,
- Procedimientos de emergencias.

Así mismo, para la etapa de construcción e instalación del sistema para transporte de gas natural, se debe de contar con un dictamen de inicio de operaciones o de construcción realizado por la Unidad Verificadora.

Atención a Emergencias.

Para la atención a emergencias, la promovente cuenta con procedimientos técnicos operativos, mismos que se encuentran actualizados y serán aplicados por parte del personal al momento de presentarse una situación de emergencia. Dichos procedimientos se indican a continuación:

- PO-OYM-OPE-08. Patrullaje de los sistemas de transporte.
- PO-OYM-OPE-09. Detección y localización de fugas.
- PO-OYM-OPE-10. Clasificación de fugas de gas Natural.
- PO-OYM-MANTTO-04. Medición de resistividad del suelo.
- PO-OYM-MANTTO-05. Toma de potencial entre tubería y suelo.
- PO-OYM-MANTTO-06. Revisión de aislamiento eléctrico en camisas.
- PO-OYM-MANTTO-07. Revisión de aislamiento eléctrico.
- PO-OYM-MANTTO-10. Calibración de espesores en instalaciones superficiales.
- PO-OYM-MANTTO-11. Manejo e instalación de tuberías de acero.
- PO-OYM-MANTTO-12. Mantenimiento a casetas de ERM.
- PO-OYM-MANTTO-14. Mantenimiento a válvulas reguladores instaladas en la ERM.
- PO-OYM-MANTTO-18. Pintado de instalaciones.
- PO-OYM-MANTTO-19. Garantizar la señalización de la franja de desarrollo del sistema.
- PO-OYM-MANTTO-20. Lavado de tuberías y accesorios en City Gates, ERM y cuarto de interconexión.
- PO-OYM-MANTTO-21. Limpieza a la franja de desarrollo del sistema.
- PO-OYM-MANTTO-25. Calibración de los transmisores multivariables.
- PO-OYM-MANTTO-26. Calibración del tablero y sensores de mezclas explosivas.
- PR-OYM-OPE-02. Programa de visitas a sistemas en operación.
- FR-OYM-OPE-02. Verificación de fugas de gas natural.
- FR-OYM-OPE-03. Verificación de conexión eléctrica ánodo-cables y ánodo-ánodo.
- FR-OYM-OPE-04. Verificación de instalación de poste de monitoreo y cupón.
- FR-OYM-OPE-05. Puesta en marcha del sistema de protección catódica por ánodos galvánicos.
- FR-OYM-MANTTO-04. Informe de calibración.
- FR-OYM-MANTTO-05. Etiqueta de calibración.
- FR-OYM-MANTTO-06. Reporte de medición de espesores.
- FR-OYM-MANTTO-07. Reporte de recubrimiento anticorrosivo.
- FR-OYM-MANTTO-09. Calibración de instrumentos.

Así mismo, se cuenta con un programa de capacitación anual de seguridad en el cual se tiene programado la realización de simulacros tanto en gabinete y en campo, lo cual forma parte de la política de seguridad, ya que es importante tener al personal operativo capacitado y entrenado para atender cualquier situación de emergencia de manera oportuna.

En términos generales, la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., cuenta con las medidas de seguridad requeridas para asegurar la eficiente operación y mantenimiento de la instalación, con el objeto de brindar una operación confiable del sistema para transporte de gas natural a las instalaciones de Granjas Carroll; así mismo, contará con un Sistema de Auditorías y Verificaciones por empresas acreditadas y Unidades de Verificación, para la obtención de los dictámenes que aseguren la integridad mecánica y la operabilidad del sistema.

Índice

IV. RESUMEN 2

IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL 2

IV.2 HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL 2

IV.3 PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO 3

IV. RESUMEN

IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

El Sistema para Transporte de Gas Natural, presenta un grado de riesgo alto dada la actividad principal que se tiene contemplado realizar (transporte de gas natural), sin embargo, dicho nivel de riesgo puede estar controlado si se emplean adecuados procedimientos de operación y mantenimiento, pero principalmente en aspectos constructivos que aseguren que el sistema presenta una integridad funcional alta; así mismo mediante la aplicación de las recomendaciones señaladas en el presente capítulo y la correcta aplicación de los procedimientos y/o programas de operación y mantenimiento que la promovente tiene establecidos para la aplicación de las buenas prácticas de ingeniería para la operación de las instalaciones, permite se pueda realizar una mejora continua y así mantener el grado de riesgo moderado o bajarlo a un nivel de riesgo mínimo. Así mismo, en cuanto a los resultados del HAZOP, se constató que las variables principales a monitorear son Presión y Flujo, ya que de acuerdo al análisis realizado, las principales desviaciones detectadas de mayor riesgo (riesgo Medio) son las de menos y más presión/flujo, por fallas especificas en los instrumentos de control y de seguridad (que de acuerdo al Árbol de Fallas realizado, su probabilidad de ocurrencia es muy baja) o por agentes externos que pueden afectar la operación del sistema para transporte de gas, tal es el caso de una ruptura de línea principal causada por terceros o fenómeno natural, mismas que, de acuerdo a la literatura son las principales afectaciones en gasoductos enterrados.

La verificación de la integridad mecánica y de operación del gasoducto por una UV acreditada y aprobada por la Secretaría de Energía y la ema, se realizará antes de entrar en operación y posteriormente con apego a la normativa, lo que asegura y reduce los riesgos del sistema para transporte de gas natural.

En base a lo anterior, se concluye que existe la factibilidad técnica, económica y administrativa, para la construcción del sistema para transporte de gas natural que tendrá incidencia en los municipios de Tepeyahualco y Oriental, Puebla, para dar suministro exclusivamente a las instalaciones de Granjas Carroll.

IV.2 HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL

El presente Estudio de Riesgo Ambiental corresponde a la construcción de un sistema para transporte de gas natural propiedad de Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., compuesto por tubería en acero al carbón de 6” D.N., mismo que en su construcción se utilizará el sistema direccional para salvar obstáculos que pudieran presentar algún impacto y riesgo al ambiente, a los habitantes de la población y bienes de los mismos.

El presente estudio llevó a la conclusión de que los riesgos mayores del sistema, es la incidencia de incendio y explosión por afectación por terceros en la trayectoria del mismo, principalmente en las instalaciones superficiales, ya que de acuerdo al análisis HAZOP existen parámetros operacionales

que pueden repercutir en posibles fallas (rupturas de línea) con probable liberación de gas en las principales instalaciones de proceso, causadas por sobrepresión en las líneas de conducción, falla de válvulas manuales o por la falla en los sistemas de seguridad como válvulas de alivio y transmisores de presión, y que por su ubicación podrían afectar infraestructura agrícola, y en su caso desencadenar un incendio mayor dadas las concentraciones de flora existentes en la zona.

El riesgo existente por la conducción de Gas Natural por ductos es evidente, mismo que puede ser controlado mediante los instrumentos de seguridad y para la supervisión de las condiciones operativas del sistema, aunado a que el transporte por ductos de hidrocarburos es de los más seguros y confiables. Aunado a lo anterior, los programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, ayudan a anticiparse a cualquier falla mecánica o de operación que se pueda presentar.

En el proyecto ejecutivo en cuestión, se aplica ingeniería de punta con el objetivo de minimizar los riesgos implícitos y satisfacer a sus clientes y socios de un combustible más limpio y amigable con el ambiente. Como resultado del análisis de riesgo, basado en las memorias técnicas-descriptivas y diagrama de instrumentación (DTIs) y de las líneas de transporte, se consideraron aquellos eventos donde estuvieran involucrados los sucesos similares ocurridos en otras zonas donde se realiza el mismo diseño y construcción de gasoducto, se tomaron en cuenta los accesorios, tales como: válvulas, medidores, bridas y reguladores, para la determinación de las desviaciones, causas y consecuencias de probables eventos producidos por fallas mecánicas o de operabilidad con sus probables áreas de afectación. Como medida de seguridad, antes de iniciar operaciones, la empresa promovente obtendrá el dictamen de verificación de la integridad mecánica de la red de transporte de gas natural, por parte de una UV acreditada y aprobada por la ASEA y la ema.

IV.3 PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO

El Informe Técnico del Estudio de Riesgo Ambiental, se presenta en el anexo 13.

Ver Anexo 13. Informe Técnico del Estudio de Riesgo.

Índice

V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL 2

V.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN 2

V.1.1 Planos de localización 2

V.1.2 Fotografías 2

V.1.3 Videos 2

V.2 OTROS ANEXOS 2

V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

V.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN

V.1.1 Planos de localización

Los Planos de localización del proyecto se incluyen en el **Anexo 1**.

V.1.2 Fotografías

Las fotografías del proyecto se incluyen en el **Anexo 14.**

V.1.3 Videos

Para el presente proyecto no se realizaron videograbaciones.

V.2 OTROS ANEXOS

a) Documentos legales.

La documentación Legal se incluye en los Anexos de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) que acompaña al presente estudio.

b) Cartografía consultada.

La cartografía consultada fue del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI),

c) Autorizaciones y permisos.

Actualmente no se cuentan con autorizaciones y permisos para el desarrollo del proyecto, sin embargo, para antes de iniciar con la etapa de preparación del sitio, se obtendrán las siguientes autorizaciones:

- En materia de Impacto y Riesgo Ambiental.
- Licencias de Uso de Suelo y de Construcción de los municipios donde incide el proyecto.
- Contratos de servidumbre voluntaria de paso para el sistema de transporte.
- Contrato de usufructo de predios agrícolas.
- Para cruzamientos (CFE, SCT y CONAGUA, principalmente).

d) Memorias descriptivas de la(s) metodología(s) utilizada(s).

La descripción de las metodologías empleadas para el análisis de riesgo se incluye en el Capítulo II.

e) Memoria técnica de la(s) modelación(es).

Las memorias técnicas de las simulaciones realizadas, se incluyen en el **Anexo 11**.