

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V.,
en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Contenido

I. Escenarios de los Riesgos Ambientales Relacionados con el Proyecto.....	4
I.1 Descripción del Sistema de Transporte	4
I.2 Ubicación de la Instalación o Proyecto	5
I.3 Superficie total de la instalación o proyecto y superficie requerida para el desarrollo de la actividad (m2 o Ha).	7
I.4 Fundamento Estudio de Riesgo.....	8
1.4.1 Calculo de gas de empaque	8
1.4.2 Descripción del Proceso	9
1.4.3 Tipo de Recipientes y/o Envases de Almacenamiento.	10
1.4.4 Describir Equipos de Proceso y Auxiliares	10
1.4.5 Especificación Estación de regulación y medición principal (punto de interconexión)	11
1.4.6 Estación de Regulación y Medición del Usuario.....	12
1.4.7 Estación de Regulación (Entrada a terrenos de Inposa)	13
II. Bases de diseño.....	14
II.1 Criterios de Diseño	14
II.1.1 Cálculo del Diámetro de la Tubería	16
II.1.2 Cálculo de caída de presión.....	17
II.1.3 Tendido de la tubería.	22
II.1.4 Componentes y filosofía Estación de Regulación y Medición Principal	23
II.1.5 Normatividad a Cumplir.....	25
II.1.6 Materias primas, Productos y Subproductos Manejados en el Proceso	27
II.1.7 Trabajos de preparación y construcción.....	27
II.1.8 Preparación para Estaciones de Regulación y Medición de Gas Natural	29
II.1.9 Tubería	30
II.1.10 Planos de Trazo y Perfil del ducto.....	31
II.1.11 Hojas de Seguridad	31
II.1.12 Puntos de interés	31
III. Condiciones de Operación.....	32
III.1.1 Temperaturas y Presiones de diseño y operación.....	32
III.1.2 Características del Régimen Operativo de la Instalación (continuo o por lotes).	32
III.1.3 Pruebas de Verificación	33
III.1.4 Procedimientos y Medidas de Seguridad	36
III.1.5 Protección Contra Corrosión	37
III.1.6 Reguladores de Presión.....	37
IV. Análisis y Evaluación de Riesgos	41
V. Antecedentes de Accidentes e Incidentes	41
V.1 Antecedentes de accidentes e incidentes.	41
V. 1.2 Alcance de los daños causados	48
V.2. Identificación de las Causas de los Accidentes	49
V.2.1 Errores humanos.....	49
V.2.2 Fallo de equipos	50

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V.,
en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

V.2.3 Fallo de diseño o de proceso.....	50
V.3 Metodologías de Identificación y Jerarquización.....	55
V.3.1 Criterios de selección de las metodologías empleadas para la identificación de riesgos.....	55
V.3.2 Factores de Riesgo.	56
V.3.3 Identificación de los Riesgos Potenciales	57
VI.4 Aplicación de las Metodologías de Análisis y Evaluación de Riesgos Potenciales	60
VI.4.1 Lista de verificación	60
VI.4.2 HAZOP.....	60
VII.4.3 Jerarquización de Riesgos	63
VII.4.4 Proceso de Cálculo del Índice de Mond.....	68
VII.4.5 Primera Fase de Cálculo.....	68
VII.4.6 Segunda Fase de Cálculo.....	68
VII.4.7 Rangos de Clasificación de los Diferentes Índices Calculados.....	72
VII. Resumen de la aplicación del índice de Mond al proyecto.....	74
VII.1.1 Tabulación de los resultados	75

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación del trazo del Sistema de Transporte de Gas Natural.....	5
Figura 2 Estación de Regulación y Medición Principal (ejemplo).....	12
Figura 3 Estación de Regulación y Medición Usuario.....	13
Figura 4 Diagrama de Flujo de Proceso	33
Figura 5 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA.....	44
Figura 6 Sustancias involucradas en emergencias.....	45
Figura 7 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 – 2014) Número, Localización y Tipo de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA.....	46
Figura 8 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 – 2014) Número, Ubicación y Medio de Transporte de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA.....	47
Figura 9 Emergencias notificadas en 2017: Total de emergencias 652.....	48
Figura 10 Emergencias Notificadas en 2017	48
Figura 11 Análisis Estadístico de los Daños a la Población Ocasionados por las emergencias Ambientales	49
Figura 12 Tipos de falla.....	51
Figura 13 Desarrollo y dispersión de una nube de gas pesado	58
Figura 14 Diagrama de Flujo del Método.....	71

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V.,
en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Índice de Tablas

Tabla 1 Longitud aproximada por tramos de tubería (en base a los planos de localización) Anexo 2	4
Tabla 2 Requerimientos del usuario	5
Tabla 3 Coordenadas geográficas de la instalación o proyecto	7
Tabla 4 Cálculo de gas de empaque	8
Tabla 5 Distancias para protección	10
Tabla 6 Factor de diseño por clase de localización	18
Tabla 7 Eficiencia de la junta longitudinal	19
Tabla 8 Factor por temperatura	19
Tabla 9 Características de diseño Gasoducto Principal	22
Tabla 10 Longitud aproximada por tramos de tubería (en base a los planos de localización) Anexo 2	30
Tabla 11 Accesorios del gasoducto	31
Tabla 12 Balance de materia	32
Tabla 13 Estadísticas de eventos	43
Tabla 15 Distribución relativa de dimensiones de orificios	43
Tabla 16 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA	44
Tabla 17 Eventos ocurridos en México	51
Tabla 18 Distribución típica de las causas de fallas 1985-1999	53
Tabla 19 Clasificación de incidentes en ductos por componentes del sistema	53
Tabla 20 Condiciones de estabilidad meteorológica de Pasquill	60
Tabla 21 Probabilidad de ocurrencia	61
Tabla 22 Interpretación de resultados	62
Tabla 23 Jerarquización de Riesgos. Resultado HazOp	62
Tabla 24 Grado de riesgo	72
Tabla 25 Registros de incidentes	72
Tabla 26 Potencial de explosión	73
Tabla 27 Índice de explosión varios valores A	73
Tabla 28 Categorías de toxicidad (U)	73
Tabla 29 Categorías de toxicidad (C)	74
Tabla 30 Categorías de toxicidad (R)	74
Tabla 31 Resultado índices del sistema	75
Tabla 32 Resultado índices con reducción	75

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

I. Escenarios de los Riesgos Ambientales Relacionados con el Proyecto

I.1 Descripción del Sistema de Transporte

Nombre: Sistema de Transporte de Gas Natural para Suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V.

Empresa: Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V.

El proyecto consiste en el diseño, construcción, puesta en marcha y operación de un Sistema de Transporte de Gas Natural (STGN) para suministro de este hidrocarburo a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V. (Inposa), el proyecto se encuentra ubicado en el municipio de San Felipe, en el Estado de Guanajuato.

La instalación y operación de esta red de tubería será de Acero al Carbón y Polietileno, se realizará desde su interconexión con el Gasoducto Ramones II Fase Sur de 42” propiedad de Tag Pipelines Sur, S. de R.L. de C.V. (TPS) (Administrado por Centro Nacional de Control de Gas Natural, CENAGAS y ENGIE), en un terreno baldío cercano a la comunidad “Pocitos”, para posteriormente a 30 metros llegar a una Estación de Regulación y Medición Principal y de ahí iniciar la instalación por 4,250 metros aproximadamente y al término de los mismos llegar a un patín de regulación, donde se desprenderá un ramal de Polietileno de Alta Densidad el cual posterior a 250 metros aprox. suministrar a la Estación de Regulación y Medición de Inposa (ERMIP) dentro de los terrenos de dicho usuario.

Tabla 1 Longitud aproximada por tramos de tubería (en base a los planos de localización) Anexo 2

Tramo	Referencia	Longitud aproximada	Diámetro
A – B	De la interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal.	0.030 Km	4” A/C Ced. 80 Gr X65
B – C	Del punto anterior a patín de regulación.	4.250 Km	4” A/C Ced. 40 Gr X42
B – C	Del patín de regulación a Estación de Regulación y Medición de Inposa	0.250 Km	4” PEHD 3408 SDR-11
	TOTAL APROXIMADO	4.530 Km	

La tubería anterior (B – C) servirá para transportar el gas natural desde la Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) que se instalará como límite de responsabilidad entre TPS y Accesgas, y hasta el suministro a la ERMIP dentro de los terrenos del usuario. El inicio del proyecto se conectará en alta presión (42.18 Kg/cm², es importante mencionar que la presión máxima del ducto es de 70.31 Kg/cm²) en acero al carbón (ced. 80), y se instalará de manera subterránea hasta la conexión con la Estación principal, a salida de ésta el gasoducto principal irá instalado de igual forma hasta las Estaciones proyectadas, el trayecto en primera instancia (acero al carbón) irá en alta presión (28.12 Kg/cm²) y posterior al patín de Regulación (polietileno de alta densidad) será a una presión de 5.62 Kg/cm². La presión de entrega a Inposa después de su ERM será de 4.21 Kg/cm².

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Los requerimientos de demanda máxima para Inposa, de acuerdo con datos proporcionados por dicho usuario, son los siguientes:

Tabla 2 Requerimientos del Usuario

Usuario	CONSUMO m ³ /hr	CONSUMO m ³ /día
Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V.	2,950	70,800
TOTAL ACTUAL	2,950	70,800

1.2 Ubicación de la Instalación o Proyecto

El gasoducto será construido, enterrado y alojado marginalmente a lo largo de caminos de acceso, terrenos baldíos y terrenos de cultivo, pertenecientes al municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato, como se muestra en la Figura 1.



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

El inicio de la instalación del ducto de acero se encuentra ubicado aproximadamente en el km 117+500 del ducto propiedad de TPS de 42” en este punto se realizará el registro de interconexión en las coordenadas Latitud Norte 21°42’48.13” Longitud Oeste 100°55’24.29”, y a una distancia no mayor a 30 metros estará ubicada la estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) en el municipio de San Felipe, en las coordenadas Latitud Norte 21°42’47.19”, Longitud Oeste

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

100°55'24.22”, a partir de este punto se iniciara la instalación de la tubería de acero al carbón AC 4” ced 40., a una profundidad de 0.60 a lomo de tubo.

El ducto de interconexión consta de 30 metros aprox. de tubería de acero al carbón de 4” Ced. 80 misma que se interconecta con el ducto propiedad de Tag Pipelines Sur (TPS) de 42”. El ducto de AC 4” Ced. 40 es de aproximadamente 4.250 Km el cual se alojará en terrenos baldíos en su mayoría y en algún tramo paralelo a terrenos de cultivo. Iniciando en un terreno particular baldío cercano a la comunidad “Pocitos” y durante 15 metros será en dirección Este, posteriormente el gasoducto tomará dirección Sureste a un costado de terrenos baldíos con una longitud aprox. 780 m, el trayecto tomará dirección Suroeste teniendo el mismo alojamiento mencionado, dicha distancia de recorrido en la dirección mencionada es cercana a los 1,545 metros, al término de esta distancia el STGN seguirá por 1,290 metros en dirección Oeste alojándose paralelamente a terrenos de cultivo, en este punto el ducto tendrá un cruce con un cuerpo de agua y un cruce carretero (cruce especial) los cuales se harán con una sola perforación direccional controlada y a la salida de dicho cruce habrán recorrido una distancia cercana a los 55 metros, posterior al cruce el trayecto se dirigirá al Noroeste yendo de forma paralela al camino “Guadalupe – El Tejocote” abarcando una longitud de aprox. 565 metros el cual será el tramo final este material para llegar a un patín de regulación con el fin de reducir la presión y realizar el cambio de material a Polietileno de Alta Densidad esto ya en los terrenos de la empresa.

El ducto que se encuentra dentro de Invernaderos Potosinos a la salida del patín de regulación consta de 250 metros de tubería de Polietileno de Alta Densidad de mismo diámetro 4”, la tubería al entrar a los terrenos de la empresa seguirá en dirección Suroeste alojado a un costado de un camino principal de terracería por aproximadamente 141 metros y al final de esta distancia girar en dirección Noroeste para que posterior a 109 metros llegar a la Estación de Regulación y Medición de los Invernaderos (ERMIP) en las coordenadas Latitud Norte 21°41'50.78” Longitud Oeste 100°57'4.78”. Dado que el gasoducto se encuentra rodeado por menos de 45 edificaciones, más no las cruza, el ducto es clasificado de acuerdo con la NOM-007-ASEA-2016 como localización clase 2.

Longitud Total del Sistema de Transporte de Gas Natural (interconexión, ducto de acero y ducto de polietileno): 4.530 Km.

Apegándonos a la norma NOM-007-ASEA-2016, que establece a este proyecto como ZONA DE LOCALIZACIÓN 2, se debe colocar una válvula de seccionamiento cada 32 Km, debido a la longitud total del ducto se cumplirá con las válvulas colocadas en las Estaciones de Regulación y Medición por lo que se cumplirá la normativa; para cambios de dirección o cambio de profundidad se colocarán codos de 45° de AC y PEHD de 4” de diámetro.

Para el cruce carretero, se realizará bajo el Procedimiento Perforación Direccional Controlada, el cual, su descripción se encuentra en el Anexo 1 de este documento.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V.,
en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Tabla 2 Coordenadas geográficas de la instalación o proyecto

Identificación	Nombre / Descripción	Kilometraje aproximado	Coordenadas
Interconexión	En terreno cercano a "Pocitos" (terracería)	0+000	Latitud Norte 21°42'48.13", Longitud Oeste 100°55'24.29"
Estación de Regulación y Medición Principal	En terreno particular (terracería)	0+030	Latitud Norte 21°42'47.19", Longitud Oeste 100°55'24.22"
Cambio de dirección 1	Sobre terreno particular	0+045	Latitud Norte 21°42'47.21", Longitud Oeste 100°55'23.69"
Cambio de dirección 2	Sobre terrenos baldíos	0+825	Latitud Norte 21°42'22.19", Longitud Oeste 100°55'20.06"
Cambio de dirección 3	Entrada a terrenos de cultivo	2+370	Latitud Norte 21°41'45.66", Longitud Oeste 100°55'56.54"
Cruce especial	Cruce carretero	3+660	Latitud Norte 21°41'42.71", Longitud Oeste 100°56'41.29"
Salida Cruce especial y Cambio de dirección 4	Último tramo de acero	3+715	Latitud Norte 21°41'42.62", Longitud Oeste 100°56'42.84"
Patín de Regulación	Inicio de red interna y Entrada a terrenos de la empresa	4+280	Latitud Norte 21°41'52.67", Longitud Oeste 100°56'58.83"
Cambio de dirección 5	Terrenos de Inposa	4+421	Latitud Norte 21°41'48.98", Longitud Oeste 100°57'1.67"
Estación de Regulación y Medición Inposa	Predios de Inposa	4+530	Latitud Norte 21°41'50.78", Longitud Oeste 100°57'4.78"

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

I.3 Superficie total de la instalación o proyecto y superficie requerida para el desarrollo de la actividad (m² o Ha).

Toda la tubería de este sistema se enterrará alojándose a lo largo de caminos de terracería y vías de comunicación, desde su interconexión con el gasoducto de 42" propiedad de TPS en un terreno cercano a la comunidad "Pocitos", en el Estado de Guanajuato, hasta llegar a los terrenos de Inposa en su límite Noreste, el gasoducto será en material Acero al carbón en primera instancia (interconexión y ramal principal) y posterior en Polietileno de Alta Densidad (dentro de predio del usuario), el área total estimada de este tramo de ducto considerando 7.0 m de franja de afectación (debido al diámetro nominal del ducto: 4" para ambos materiales) es de aproximadamente 31,710 m² (total solo gasoducto). Considerando la estaciones y demás procedimientos que conforman el Sistema de Transporte, tenemos:

Longitud total aproximada	0.030 Km de Acero al Carbón Cedula 80, 4" de diámetro 4.250 Km de Acero al Carbón Cedula 40, 4" de diámetro 0.250 Km de Polietileno de Alta Densidad SDR-11 4" de diámetro Total lineal: 4.530 metros ; Franja de afectación: 7.0 metros Área total ducto: 31,710 m ²
Ancho del derecho de alojamiento	7.0 metros
Infraestructura de apoyo	Bodega de materiales, oficina contratista: N/A
Superficie total requerida para el proyecto	Aproximadamente m ² = 31,933 m ²

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

I.4 Fundamento Estudio de Riesgo

1.4.1 Cálculo de gas de empaque

De acuerdo con lo señalado en el primer y segundo listados de actividades altamente riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992, respectivamente, la cantidad de reporte para considerar el proyecto como una actividad altamente riesgosa, es de 500 kilogramos. Considerando el ducto de interconexión de 4" **de Acero al carbón Ced. 80 x 0.030 Km**, el ducto principal de 4" **de Acero al carbón Ced. 40 x 4.250 Km** de longitud aprox. y de 4" **de Polietileno HD SDR-11 x 0.250 Km**, y una presión de operación para cada tramo [máximo 1,000 psig (70.31 Kg/cm²) para AC (interconexión); 400 psig (28.12 Kg/cm²) para AC y de 80 psig (5.62 Kg/cm²) para PEHD], el cálculo de la cantidad de gas natural empaquetado en todos los diámetros es de máximo **768.83 Kg** por lo que **si** sobrepasa la cantidad de reporte (*se anexa hoja de excel con el cálculo del gas de empaque*), y por lo tanto si es necesario presentar un Estudio de Riesgo Ambiental, de acuerdo con lo señalado en la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*.

Tabla 4 Cálculo de gas de empaque

PROYECTO				Sistema de Transporte de Gas Natural Invernaderos Potosinos	
Longitud del Gasoducto	98.42	pie		30	m
Diametro Externo del gasoducto	4.500	pulg			
Espesor del gasoducto	0.337	pulg			
Presión de operación	1,000.00	psig			
Volumen de gas de empaque	542	pie ³			
Longitud del Gasoducto	13,943.53	pie		4,250	m
Diametro Externo del gasoducto	4.500	pulg			
Espesor del gasoducto	0.237	pulg			
Presión de operación	400.00	psig			
Volumen de gas de empaque	34,775	pie ³			
Longitud del Gasoducto	820.21	pie		250	m
Diametro Externo del gasoducto	4.500	pulg			
Espesor del gasoducto	0.409	pulg			
Presión de operación	80	psig			
Volumen de gas de empaque	391	pie ³			
EMPAQUE	35,708	pie ³		1,011.14	m ³
	1,011.27	m ³			
Densidad del aire	0.0764	lb/pe3			
Gravedad específica gas natural	0.62				
	1,691.42	lb			
	768.83	kg			Densidad aire 60°C

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

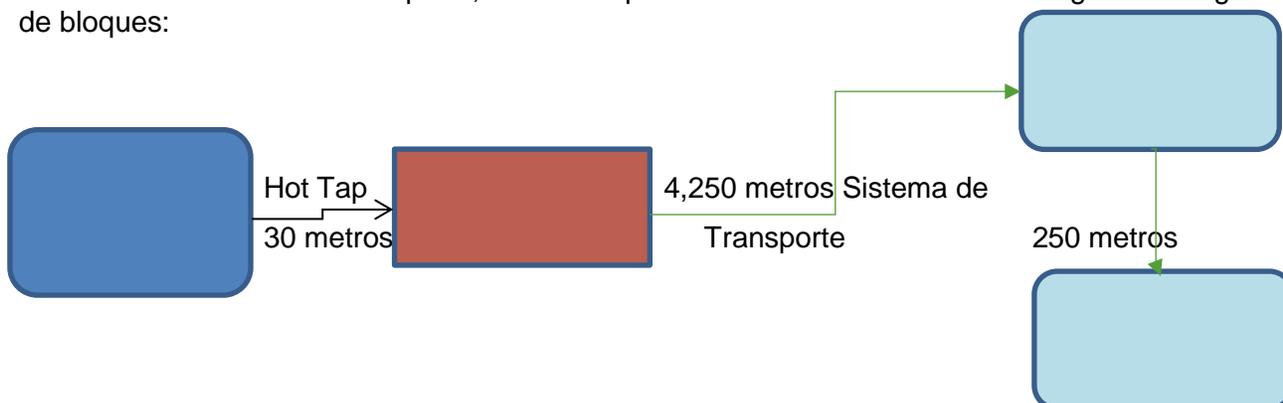
De acuerdo a la alta presión que maneja el sistema de transporte de gas natural, así como la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y el Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto y Riesgo Ambiental, y considerando las buenas prácticas de la empresa Accesgas, S.A.P.I. de C.V. se presenta el siguiente estudio de riesgo ambiental para la actividad a realizar.

Fundamento legal para la presentación del estudio de riesgo ambiental: debido a que se maneja gas natural (en su composición mayormente metano, considerada como actividad altamente riesgosa a aquella que lo maneje: “ACUERDO por el que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los Artículos 5o. Fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 Fracción XXXII y 37 Fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, listado de actividades altamente riesgosas”) y debido a que se realiza la actividad de transporte (Artículo 5 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental) la cual requiere autorización de la Secretaría en Materia de Impacto Ambiental. Estos criterios cumplen con lo dispuesto en el artículo 30 y 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, donde se requiere la presentación de un Estudio de Riesgo bajo las condiciones mencionadas (sustancia y actividad) motivo por el cual se elabora el documento presente.

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

1.4.2 Descripción del Proceso

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



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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

1.4.3 Tipo de Recipientes y/o Envases de Almacenamiento.

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

Debido a que toda la infraestructura requerida para el “Sistema de Transporte de Gas Natural” está formado específicamente por tubería, válvulas y accesorios, y que esta servirá para suministro continuo de este hidrocarburo, no se cuenta con recipientes y/o envases de almacenamiento, por lo que este punto no aplica para el estudio de interés.

1.4.4 Describir Equipos de Proceso y Auxiliares

Especificando Características, Tiempo Estimado de Uso y Localización

Las Estaciones de Regulación y Medición de Gas Natural se construirán de acuerdo a la NOM-007-ASEA-2016. Las estaciones estarán equipadas con válvulas de bloqueo antes y después de los reguladores. De igual forma, se instalarán manómetros después de la regulación de presión en todo el sistema.

Las **Estaciones de Regulación y Medición** tanto de Principal, como la de Regulación (cambio de material y condiciones de presión) y la ERM de usuario se construirán de acuerdo a la normatividad nacional e internacional. Estarán equipadas con válvulas de bloqueo en la entrada y salida.

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

En base a buenas prácticas, las estaciones de regulación y medición deberán diseñarse con materiales no combustibles, contar con el espacio necesario para la protección de los equipos e instrumentos que permita las actividades de operación y mantenimiento, tendrá una ventilación cruzada a favor de los vientos dominantes para garantizar que el personal que opera, mantiene, inspecciona y supervisa la instalación no corra riesgos por acumulación de gases.

Como medida preventiva para combate al fuego, en la caseta de medición y regulación se contará con equipo contra incendio (extinguidores tipo PQS y tipo CO₂), los cuales estarán disponibles, accesibles, claramente identificados y en condiciones de operación. De acuerdo con la **NOM-007-ASEA-2016**. La localización de las estaciones de regulación y medición debe cumplir con los lineamientos siguientes:

Tabla 5 Distancias para protección

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

Fuente: NOM-007-ASEA-2016

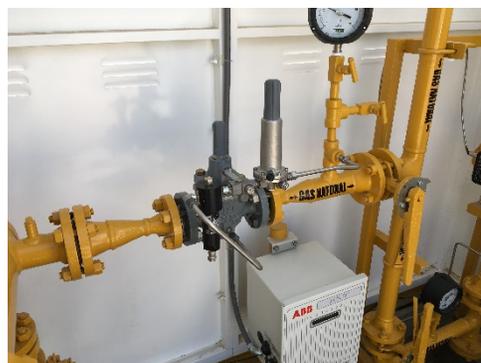
“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

Estación principal de filtración/medición/regulación y odorización, instalada a unos metros en el Punto de Interconexión con el Gasoducto de TPS y administrado por CENAGAS donde tendrá lugar la reducción de presión del sistema, de 600 a 400 psig.

Componentes principales:

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



Esta estación tendrá como función:

Filtrar impurezas del gas transportado por CENAGAS para evitar daños en los equipos de medición. Medir y totalizar el flujo volumétrico y energético totalmente compensado por las variaciones de presión, temperatura y peso específico.

Regular la presión recibida del gasoducto principal para ser transportado por el gasoducto (regula a 400 psig).

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

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

1.4.5 Especificación Estación de regulación y medición principal (punto de interconexión)

La estación de regulación y medición principal se instalará en una superficie aproximada de 200 m² y contará con válvulas de corte. El área donde será instalada la estación será en un terreno baldío particular y estará delimitada con muro de block de 2.40 metros de altura aproximadamente, rematado con tres hilos de alambre de púas en la parte superior para seguridad, y contará con dos puertas de acceso, una peatonal de 1.00 metro de ancho y otra vehicular de 3.5 metros, que permitan tanto el acceso al personal y al equipo necesario para realizar trabajos de operación, mantenimiento e inspección, como al personal de atención de emergencias. El acceso estará restringido y las puertas contarán con candado. Asimismo, contará con señalamientos adecuados.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”



Figura 2 Estación de regulación y medición (ejemplo)

La estación se adquiere prefabricada. La ERMP está montada en un patín fabricado de perfil estructural, que a su vez se instala sobre 7 durmientes de concreto para nivelar la estación de regulación y medición, por lo que no requieren cimentación.

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

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

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

Como se he mencionado, como medida preventiva para combate al fuego, en la estación de regulación y medición se contará con equipo contra incendio (extinguidor tipo PQS y CO₂).

1.4.6 Estación de Regulación y Medición del Usuario.

La estación de regulación y medición de usuario que estará instalada, en el predio del usuario final, contará con medidores, reguladores, válvulas de seguridad y válvulas manuales de bloqueo. Se construyen en un recinto cerrado. La estación será rodada por una cerca de malla ciclónica con acceso peatonal por un costado, y contará con **un patín de regulación y medición** (pudiendo variar dependiendo de cómo se diseñe la estación). La ubicación de la estación cumplirá con los requerimientos de distancias establecidos en la **NOM-007-ASEA-2016**.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”



Figura 3 Estación de Regulación y Medición Usuario

Componentes principales:

- Filtro de gas seco
- Medidor de flujo volumétrico
- Reguladores de presión y válvulas de corte asociadas
- Válvula de alivio (de seguridad)
- Válvula de corte principal
- Manómetros

1.4.7 Estación de Regulación (Entrada a terrenos de Inposa)

La estación de regulación que estará instalada, a la entrada del predio de Inposa, contará con reguladores, válvulas de seguridad y válvulas manuales de bloqueo. La construcción de la estación será similar a la ERM de usuario, a excepción del medidor, en esta ocasión solo se busca regular presión más no medir el flujo que pasa.

Para todas las estaciones se pintará toda la tubería aérea de acero de color amarillo. La pintura a aplicar para proteger contra la corrosión exterior cumplirá con las especificaciones de la **NOM-007-ASEA-2016**.

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

La construcción de las estaciones puede requerir la instalación de una pequeña plancha de concreto sobre la cual se asentará el patín de regulación y medición.

Debido a que la Estación de Regulación y Medición de Gas Natural Principal será instalada como parte del mismo proyecto, sin embargo, será en un terreno baldío y sin trabajo civil alguno, será necesario realizar en esta etapa trabajos de limpieza, aplanado y nivelación. Debido a que la caseta será prefabricada, no se requerirá abrir zanjas para cimentaciones. Se requieren trabajos de limpieza del terreno, debido a que no es una zona industrial a lo largo de todo el trayecto del gasoducto. Se afectará lo menos posible a la vegetación existente, la cual es mínima.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

II. Bases de diseño

II.1 Criterios de Diseño

Los requerimientos de demanda máxima para Invernaderos Potosinos, de acuerdo con datos proporcionados por dicho usuario, son los siguientes:

Usuario	CONSUMO m ³ /hr	CONSUMO m ³ /día
Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V.	2,950	70,800
TOTAL ACTUAL	2,950	70,800

El gas natural que servirá como combustible se dará de la siguiente forma:

Para ducto de acero (interconexión):

El consumo de gas total será de 2,950 m³/hr $Q_s = 2,950 \text{ m}^3/\text{hr}$

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

El gas a la salida del ducto de transportista para efectos de cálculo de caída de presión en su trayectoria se consideró a una presión de 70.31 kg/cm² manométricos (es importante mencionar que la presión normal de operación de transportista es de 42.18 kg/cm²).

EL CONSUMO A LAS CONDICIONES REALES ESTÁ DADO POR:

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

DONDE:

P = Presión barométrica en la zona San Felipe, Guanajuato = 0.9604 Kg/cm²

Q_s = Consumo estándar

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

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

P₁ = 70.31 kg/cm² + 0.9604 kg/cm² = 71.27 kg/cm²

$$Q = \frac{2,950 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} * 1.033 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}{71.27 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 42.75 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Para ducto de acero (ramal principal):

El consumo de gas total será de 2,950 m³/hr $Q_s = 2,950 \text{ m}^3/\text{hr}$

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V.,
en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

El gas a la salida de la estación para efectos de cálculo de caída de presión en su trayectoria se consideró a una presión regulada de 28.12 kg/cm² manométricos.

EL CONSUMO A LAS CONDICIONES REALES ESTÁ DADO POR:

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

DONDE:

P = Presión barométrica en la zona San Felipe, Guanajuato = 0.9604 Kg/cm²

Q_s = Consumo estándar

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

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

P₁ = 28.12 kg/cm² + 0.9604 kg/cm² = 29.08 kg/cm²

$$Q = \frac{2,950 \frac{m^3}{hr} * 1.033 \frac{Kg}{cm^2}}{29.08 \frac{Kg}{cm^2}} = 104.79 m^3/hr$$

Para ducto de Polietileno:

El consumo de gas total será de 2,950 m³/hr Q_s = 2,950 m³/hr

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

El gas a la salida de la estación de regulación para efectos de cálculo de caída de presión en su trayectoria se consideró a una presión regulada de 5.62 kg/cm² manométricos.

EL CONSUMO A LAS CONDICIONES REALES ESTÁ DADO POR:

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

DONDE:

P = Presión barométrica en la zona San Felipe, Guanajuato = 0.9604 Kg/cm²

Q_s = Consumo estándar

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

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

P₁ = 5.62 kg/cm² + 0.9604 kg/cm² = 6.58 kg/cm²

$$Q = \frac{2,950 \frac{m^3}{hr} * 1.033 \frac{Kg}{cm^2}}{6.58 \frac{Kg}{cm^2}} = 463.12 m^3/hr$$

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Selección de la especificación del ducto

Para este caso en específico el material de tubería que se empleó en diámetro de 4" fue Acero al Carbón Cedula 40 para el ducto hasta antes de entrar a Invernaderos Potosinos y de 4" Polietileno de Alta Densidad 3408 SDR-11 para el tramo que va dentro de los terrenos del usuario, toda la tubería se instalará de forma enterrada a lo largo de todo el recorrido.

II.1.1 Cálculo del Diámetro de la Tubería

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

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

Para ducto de acero (interconexión):

El área transversal del tubo se calcula como sigue:

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

$$Q = 42.75 \text{ m}^3/\text{hr} = 0.7125 \text{ m}^3/\text{min}$$

A = área transversal

v = velocidad

$$A = \frac{0.7125 \text{ m}^3/\text{min}}{1,200 \text{ m/min}} = 0.0005937 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.0005937 \text{ m}^2}{\pi}} = 0.02749 \text{ m} = 27.49 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el diámetro seleccionado de 101.6 mm (4") para tubo de acero al carbón cedula 80 es correcto.

Para ducto de acero (ramal principal):

El área transversal del tubo se calcula como sigue:

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

$$Q = 104.79 \text{ m}^3/\text{hr} = 1.74 \text{ m}^3/\text{min}$$

A = área transversal

v = velocidad

$$A = \frac{1.74 \text{ m}^3/\text{min}}{1,200 \text{ m/min}} = 0.001455 \text{ m}^2$$

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.001455m^2}{\pi}} = 0.04305 m = 43.05 mm$$

Por lo tanto, el diámetro seleccionado de 101.6 mm (4") para tubo de acero al carbón cedula 40 es correcto.

Para ducto de Polietileno:

El área transversal del tubo se calcula como sigue:

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

$$Q = 463.12 m^3/hr = 7.72 m^3/min$$

A = área transversal

v = velocidad

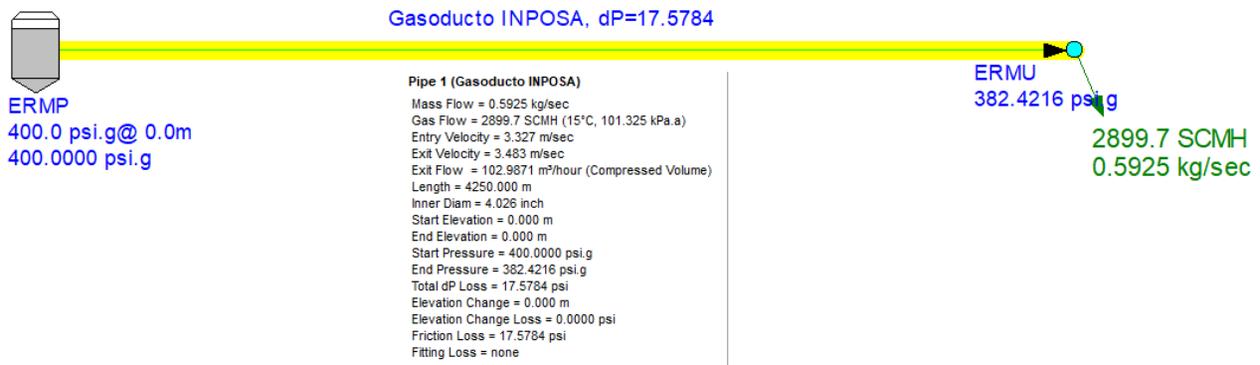
$$A = \frac{7.72 m^3/min}{1,200 m/min} = 0.006432 m^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.006432m^2}{\pi}} = 0.09049 m = 90.49 mm$$

Por lo tanto, el diámetro seleccionado de 101.6 mm (4") para tubo de polietileno de alta densidad es correcto.

II.1.2 Cálculo de caída de presión.

Considerando la presión más crítica:



Se puede observar que se tiene una caída de presión de 18 psig aproximadamente desde la estación principal hasta el patín de regulación.

*Se ocupó el programa PipeFlow

Cálculo del Espesor para Ducto de Acero (Punto de interconexión y ramal principal):

Aplicación de la fórmula de NOM-007-ASEA-2016

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

DONDE:

t = Espesor del tubo en (m)

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

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

Ducto interconexión: $4,569.95 kg/cm^2 / 448,159 kPa$

Ducto principal: $2,952.89 kg/cm^2 / 289,580 kPa$

D = Diámetro nominal exterior del tubo (m)

F = Factor de diseño en base a clase de localización

E = Eficiencia de la junta longitudinal

T = Factor de corrección por temperatura

Para ducto de interconexión: La presión manométrica de operación normal a la salida del gasoducto de interconexión es de $42.18 kg/cm^2$ sin embargo se considerará la presión máxima de dicho ducto la cual es de $70.31 kg/cm^2$.

Para ducto principal: La presión manométrica a la salida de la estación de regulación y medición principal es de $28.12 kg/cm^2$, la presión absoluta es de $29.08 kg/cm^2$. Considerando que la presión de operación normal que ofrece el transportista es de $42.18 kg/cm^2$ ($P_{abs}=43.00 kg/cm^2$), se tomará este valor como una condición crítica. NOTA: Cabe mencionar que la misma ERM Principal abate esta presión y la adecua a la presión que trabajará el ducto, dicha estación cuenta con sistemas de seguridad que permiten el control adecuado de condiciones operativas.

Tabla 6 Factor de diseño por clase de localización

Clase de Localización	1	2	3	4	5
Ruta general	0.77	0.77	0.67	0.55	0.45
Cruces e invasiones paralelas. Caminos secundarios	0.77	0.77	0.67	0.55	0.45
Cruces e invasiones paralelas. Caminos principales, vías de ferrocarril, canales, ríos y lagos	0.67	0.67	0.67	0.55	0.45
Trampas de diablos	0.67	0.67	0.67	0.55	0.45
Ducto principal en estaciones y terminales	0.67	0.67	0.67	0.55	0.45
Construcciones especiales, como ensambles fabricados y Ducto en puentes	0.67	0.67	0.67	0.55	0.45

De acuerdo con la NOM-007-ASEA-2016 las clases se definen de la siguiente forma:

- Clase de localización 1. Lugares expuestos a la actividad humana poco frecuente sin presencia humana permanente. Esta Clase de Localización refleja áreas de difícil acceso, como los desiertos y regiones de la tundra;
- **b)** Clase de localización 2. El Área unitaria que cuenta con diez o menos construcciones ocupadas por personas y/o lugares con una densidad de población inferior a 50 habitantes por kilómetro cuadrado. Esta Clase de Localización refleja áreas como tierras baldías, tierras de pastoreo, tierras agrícolas y otras zonas escasamente pobladas;
- **c)** Clase de Localización 3. El Área unitaria con más de diez y hasta cuarenta y cinco construcciones ocupadas por personas y/o lugares con una densidad de población de 50 personas o más, pero menos de 250 personas por kilómetro cuadrado, con múltiples viviendas, con hoteles o edificios de oficinas donde no más de 50 personas pueden reunirse regularmente y con industrias dispersas. Esta Clase de Localización refleja áreas donde la densidad de población es intermedia entre la Clase de Localización 2 y la Clase de

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Localización 4, tales como las zonas marginales ubicadas alrededor de las ciudades y pueblos, ranchos y fincas;

- **d)** Clase de Localización 4. El Área unitaria que cuenta con cuarenta y seis construcciones o más ocupadas por personas y/o lugares con una densidad poblacional de 250 personas o más por kilómetro cuadrado, excepto donde prevalezca una Clase de Localización 5. Esta Clase de Localización refleja zonas donde existan desarrollos urbanos, zonas residenciales, zonas industriales y otras áreas pobladas que no estén incluidas en la Clase de Localización 5;
- **e)** Clase de localización 5. Cuando además de las condiciones presentadas en una Clase de Localización 4, prevalece alguna de las características siguientes:
 - **I.** Construcciones de cuatro o más niveles incluyendo la planta baja;
 - **II.** Vías de comunicación con tránsito intenso o masivo, e
 - **III.** Instalaciones subterráneas de servicios prioritarios o estratégicas para la zona urbana.

Tabla 7 Eficiencia de la junta longitudinal

Especificación	Clase de Ducto	Factor de junta longitudinal (E)
ASTM A53	Sin costura	1.00
	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
	Soldado a tope en horno: Soldadura continua	0.60
ASTM A106	Sin costura	1.00
ASTM A135	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
ASTM A139	Soldado por fusión eléctrica	0.80
ASTM A211	Ducto de acero soldado en espiral	0.80
ASTM A333	Sin costura	1.00
	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
ASTM A381	Soldado con doble arco sumergido	1.00
ASTM A671	Soldadura por fusión eléctrica	
	Clases 13, 23, 33, 43 y 53	0.80
	Clases 12, 22, 32, 42 y 52	1.00
ASTM A672	Soldadura por fusión eléctrica	
	Clases 13, 23, 33, 43 y 53	0.80
	Clases 12, 22, 32, 42 y 52	1.00
ISO 3183/API 5L	Sin costura	1.00
	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
	Soldado por "flasheo" eléctrico	1.00
	Soldado con arco sumergido	1.00
	Soldado a tope en horno	0.60
Otra especificación o especificación desconocida	Ducto con diámetro nominal igual o mayor de 101.6 mm (4")	0.80
Otra especificación o especificación desconocida	Ductos con diámetro nominal menor de 101.6 mm (4")	0.60

Tabla 8 Factor por temperatura

Temperatura del gas K (°C)	T
394.26 o menor (121.11 °C)	1.000
* 422.03 (148.88 °C)	0.967
* 449.81 (176.66 °C)	0.933
* 477.59 (204.44 °C)	0.900
* 505.37 (232.22 °C)	0.867

Sustituyendo para tubo de 4" (ducto de interconexión) tenemos:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

$$t = \frac{70.31 \frac{Kg}{cm^2} * 0.1143m}{2 * 4,659.95 \frac{Kg}{cm^2} * 0.77 * 1 * 1} = 0.001119m$$

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

$$t_{requerida} = 0.001119 + 0.003175 = 0.004294 m$$

por lo tanto, el espesor seleccionado de 0.0085598 m (0.337") para tubo de 4" cedula 80 es correcto.

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

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

$$P = \frac{2St_{FET}}{D} = \frac{2 * 4,659.95 \frac{Kg}{cm^2} * (0.0085598 - 0.003175)m * 0.77 * 1 * 1}{0.1143 m} = 338.08 Kg/cm^2$$

Por lo tanto el tubo seleccionado en cédula 80 de 4" nominales resistirá una presión de 338.08 kg/cm², la presión de trabajo manométrica será de 42.18 kg/cm² y máximo 70.31 kg/cm², por lo tanto queda aprobada la selección del tubo.

Sustituyendo para tubo de 4" (ducto principal) tenemos:

$$t = \frac{43 \frac{Kg}{cm^2} * 0.1143m}{2 * 2,952.89 \frac{Kg}{cm^2} * 0.77 * 1 * 1} = 0.0010808m$$

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

$$t_{requerida} = 0.0010808 + 0.003175 = 0.0042558 m$$

por lo tanto, el espesor seleccionado de 0.0060198 m (0.237") para tubo de 4" cedula 40 es correcto.

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

t_{real} = espesor del tubo cédula 40 seleccionado menos 1/8" por corrosión futura

$$P = \frac{2St_{FET}}{D} = \frac{2 * 2,952.89 \frac{Kg}{cm^2} * (0.0060198 - 0.003175)m * 0.77 * 1 * 1}{0.1143 m} = 113.18 Kg/cm^2$$

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Por lo tanto el tubo seleccionado en cédula 40 de 4” nominales resistirá una presión de 113.18 kg/cm^2 , la presión de trabajo manométrica será de 28.12 kg/cm^2 , por lo tanto queda aprobada la selección del tubo.

Haciendo el calculo del espesor para tuberia de polietileno de alta densidad de 4” SDR 11:

$$P = \left(\frac{2S}{RD - 1} \right) (0.32) \quad RD = \left(\frac{2S}{P} \right) (0.32) + 1$$

DONDE:

P = Presión manométrica de diseño en KPa = 7.0 kg/cm^2 = 686.46 Kpa

RD = Relación de Diametro/espesor = D/t; $t = D/RD$

S = Resistencia hidrostática a largo plazo igual a 11,031 kPa a 296°K

D = Diámetro exterior en mm = 114.3 mm para tubo de 4”

T = Espesor del tubo

SUSTITUYENDO:

$$RD = \left(\frac{2 \times 11031}{686.46} \right) (0.32) + 1 \equiv 11.28 \quad t = \left(\frac{114.3}{11.28} \right) = 10.13 \text{ mm}$$

Por lo tanto el espesor seleccionado de 10.38 mm para tubo de 4” de diametro es correcto y queda aprobada para operar a hasta por 7.0 kg/cm^2 (máximo permitido por norma en tubería de PE), aunque el tramo de tubería operará a 5.62 kg/cm^2 .

Ahora realizamos el calculo de la maxima presión de operación de la tuberia seleccionada.

Sabemos que $RD=D/t$, sustituyendo valores: $RD=114.3 \text{ mm}/10.38 \text{ mm} = 11.01$

Sustituyendo valores en primer formula empleada, nos queda:

$$P = \left(\frac{2S}{RD - 1} \right) (0.32) \quad P = \left(\frac{2(11031 \text{ Kpa})}{11.00 - 1} \right) (0.32)$$

$$P = 705.28 \text{ Kpa} = 7.20 \text{ kg/cm}^2$$

El calculo realizado nos indica que la maxima presión de operación para tuberia de polietileno alta densidad de diametro nominal de 4” es de 7.20 kg/cm^2 y la presión máxima de operación por norma es de 7.0 kg/cm^2 , por lo cual es correcto y puede operar a esa presión. La presión de operación será menor a esta, sin embargo se considera realizar el cálculo considerando la máxima permitida.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V.,
en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Tabla 9 Características de diseño Gasoducto Principal

Características de diseño Gasoducto Principal

Parámetro	Sistema Internacional	Unidades Inglesas
Capacidad de diseño del sistema	70,800 m ³ /Día	2,500,000 pie ³ (N)/Día
Máxima Presión permisible de operación (Presión de diseño)	4,137 kPa (AC) (principal) 689.47 kPa (PE)	600 psig (AC) (principal) 100 psig (PE)
Presión de Operación	2,757.90 kPa (AC) (principal) 551.58 kPa (PE)	400 psig (AC) (principal) 80 psig (PE)
Clase de localización (Diseño)	2	2
Clase de localización (Operación)	2	2
Tubería de 4" Acero al Carbón Cedula 80 (ducto de interconexión)		
Longitud	30 metros	98.42 Ft
Diámetro exterior	114.3 mm	4.5"
Espesor de pared	8.559 mm	0.337"
Tubería de 4" Acero al Carbón Cedula 40 (ducto principal)		
Longitud	4,250 metros	13,943.53 Ft
Diámetro exterior	114.3 mm	4.5"
Espesor de pared	6.019 mm	0.237"
Tubería de 4" Polietileno de Alta Densidad 3408 SDR-11		
Longitud	250 metros	820.20 Ft
Diámetro exterior	114.3 mm	4.5"
Espesor de pared	10.38 mm	0.409"

II.1.3 Tendido de la tubería.

Tubería de Acero al Carbón

La construcción de la red y sus accesorios será regida por la norma vigente NOM-007-ASEA-2016 (Transporte de Gas Natural).

La tubería de interconexión será de Acero al Carbón 4" API 5L X-65. Ced. 80, con recubrimiento RAM-100.

La tubería del ramal principal será de Acero al Carbón 4" API 5L X-42. Ced. 40, con recubrimiento de FBE STD (14 a 16 mils min, especificación PEMEX NRF-026-PEMEX-2008).

La tubería será de Polietileno de Alta Densidad 4" 3408 SDR-11.

Especificación de Válvulas

Para el direccionamiento y el control de flujo del gas natural se cuenta con suficientes válvulas de corte de acción manual tipo "bola" de cierre rápido. Se cuenta con una valvula de corte general localizada a la salida de la estación de regulación y medición principal (punto de interconexión) y otra antes de la estación de regulación y de la estación de regulación y medición de Inposa.

Ya que el proyecto se considera en Clase de Localización 2, es necesario colocar válvulas de seccionamiento cada 32 Km, debido a la longitud del ducto, se cumplirá con las válvulas de seccionamiento que se encuentran en las Estaciones de Regulación y Medición Principal y demás estaciones, por lo que se cumplirá la normativa, respetando la NOM-007-ASEA-2016.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Seguridad en el Sistema

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

En las estaciones, se contarán con detectores de gas con el fin de monitorear alguna posible fuga, así como detectores portátiles para operadores.

II.1.4 Componentes y filosofía Estación de Regulación y Medición Principal

En los siguientes párrafos se describen los componentes y su actuar de la Estación de Regulación y Medición Principal, se realiza la descripción de ésta, ya que es donde las condiciones son más críticas, principalmente el parámetro de presión.

Entrada

Al inicio de la estación se encuentra un transmisor indicador de presión, el cual enviara una señal hacia el computador de flujo, en el mismo arreglo se encuentra un manómetro. Se localiza una válvula de bola con dispositivo Slam Shut, el cual a la salida de la etapa de regulación tendrá el set point de cierre. Posteriormente se encuentra el paso de filtración.

Filtración

Este paso de filtración será simple, en el tren se contará con una válvula bola de acero al carbón ANSI 600 a prueba de explosión, posteriormente se encuentra el filtro coalescedor con estampado ASME ANSI 600, enseguida se encuentra otra válvula bola de acero al carbón ANSI 600 a prueba de explosión, este paso de filtración contará con su by-pass para mantenimiento, el cual constará de una válvula bola de acero al carbón ANSI 600 a prueba de explosión y un filtro “cono de bruja”.

Filtro coalescedor

El filtro de cartucho coalescedor en posición vertical el cual cuenta con 2 cople, uno a la entrada y otro a la salida, estos son para conectar un indicador de presión diferencial y así poder monitorear la caída de presión en el filtro, la lectura de este dato permite la saturación de impurezas retenidas en el cartucho.

La caída de presión inicial aumentará gradualmente a medida que el cartucho se ensucie, el reemplazo del cartucho se debe hacer cuando la diferencia de presión entre la entrada y salida (ΔP) sea mayor a 15 psi. Para el paso de filtración tiene una salida de 4” ANSI 600”.

Tren de Regulación

El paso de regulación serán dos trenes, uno para operación y otro para mantenimiento, el primer tren de regulación contará con lo siguiente:

Una válvula bola de acero al carbón ANSI 600 a prueba de explosión, posteriormente una reducción de acero al carbón cedula 80, posteriormente se encuentra el paso de regulación el cual cuenta con dos reguladores trabajando en working monitor, los dos reguladores son EZR ANSI 600 (uno en operación y el otro monitoreando), la presión de entrada será de 42 Kg/cm² mínimo y la presión regulada de salida será de 28.12 Kg/cm². El set point por alta presión de 35 kg/cm² y el set point por baja presión será de 22 Kg/cm², si existiera una sobrepresión o baja presión (fuga) la válvula

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

con Slam Shut al principio de la ERM cerrará cortando el paso del gas. El segundo tren contará con un solo regulador a mismas condiciones de regulación con el fin de ser el respaldo ante un mantenimiento o falla del working monitor. El tamaño de los reguladores se determinó a partir de las condiciones críticas de diseño: P entrada mínima= 42 Kg/cm², P salida= 28.12 Kg/cm², y Qop. 70,800 m³/día. (Qmáx. 169,920 m³/día).

Medición

En este tren cuenta con una línea simple de medición. Esta sección medirá el flujo de gas de la estación, un medidor tipo Turbina ANSI 300, este medidor enviará señales contabilizadas junto con las señales de temperatura y presión, por el computador de flujo. En el paso de medición se encontrará una válvula tipo bola ANSI 300 enseguida un tramo de tubería con una longitud de 10 diámetros, y posteriormente el medidor tipo turbina, después de 5 diámetros se instalará en la tubería el transmisor de presión, y enseguida un transmisor indicador de temperatura, seguido de una válvula tipo bola ANSI 300. Este tren de medición contará con su respectivo by-pass con el fin de que el sistema tenga redundancia, cumplir con buenas prácticas y normatividad nacional.

Salida

Posteriormente una tee ac. ced 40 donde se unen los trenes de operación y by-pass, inmediatamente después del carrete se colocará un codo de 90° de radio largo y un carrete.

Sistema de Odorización

Posterior a regulación se inyectará gas natural a un sistema de odorización para el funcionamiento del mismo, este sistema tendrá la función de suministrar metil mercaptano a la tubería de salida de la Estación de Regulación y Medición con el fin de dar olor y detectar con mayor facilidad presencia de gas natural en caso de fuga. La capacidad del sistema esta diseñado para el flujo máximo de operación y tener una recarga anual.

Corrección de flujo

Computador de Flujo

El Computador de Flujo realiza principalmente la corrección del flujo medido por el elemento primario de medición afectado por las variables Presión y Temperatura. El computador monitorea, registra y corrige simultáneamente las variables instantáneas de en la línea de medición y las almacena en memoria. Para llevar esta tarea a cabo, el computador recibe señales con la información de cada variable que se quiere conocer, de acuerdo lo siguiente:

Flujo: Emisor de pulsos del medidor.

Temperatura: RTD montado sobre la tubería después de la turbina, el cual enviará los datos del computador de flujo.

Presión: Envío la señal neumática.

Toda la información contenida en el computador de flujo se puede descargar y/o reconfigurar mediante la interrogación remota.

La comunicación de la estación hacia SCADA está por definirse.

Las coordenadas UTM de la estación son:

Localidad: San Felipe, Guanajuato

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

País: MÉXICO

Coordenadas:

Latitud 21°42'47.19" N

Longitud 100°55'24.22" O

II.1.5 Normatividad a Cumplir

Normas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS).

NORMA OFICIAL MEXICANA	Título
NOM-002-STPS-2010	Condiciones de Seguridad. Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
NOM-017-STPS-2008	Selección y uso del equipo de protección personal, en los centros de trabajo.
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías
NOM-100-STPS-1994	Extintores.

Normas de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

NORMA OFICIAL MEXICANA	Título
NOM-052-SEMARNAT-2005	Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
NOM-059-SEMARNAT-2010	Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – categorías de riesgo y sus especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo
NOM-081-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.
NOM-129-SEMARNAT-2006	Que establece las especificaciones de Protección Ambiental para la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono de redes de distribución de gas natural que se presentan en áreas urbanas, suburbanas e industriales, de equipamiento urbano o de servicios.

Normas de la Comisión Reguladora de Energía (CRE).

NORMA OFICIAL MEXICANA	Título
NOM-001-SECRE-2010	Especificaciones del Gas Natural

Normas de la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA)

NORMA OFICIAL MEXICANA	Título
NOM-007-ASEA-2016	Transporte de Gas Natural

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Normas del Instituto Americano del Petróleo (API).

NORMA	Título
API-STD-1104	Estándar para la soldadura de ductos y sus instalaciones.
API-PR-1102	Cruzamiento de carreteras y ferrocarriles
API-5L	Tubo de línea
API-6D	Válvulas de acero, bridadas o soldables

Normas de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME/ANSI).

NORMA	Título
ASME/ANSI B.31.8	Sistema de tubería para transporte y distribución gas
ASME-B-16.5	Bridas para tubo de acero y accesorios bridados
ASME-B-16.9	Accesorios de fábrica de acero forjado para soldar a tope
ASME-B-16.11	Accesorios de acero forjado de embatir y soldar y roscados
ASME-B-16.20	Ranuras y empaquetaduras de anillo p/ bridas de acero
ASME-B-18.2.2	Tuercas cuadradas y hexagonales
ASME/ANSI-B.16.9	Accesorios para soldadura a tope fabricado de acero forjado

Normas de la Sociedad Americana de Materiales y Pruebas (ASTM).

NORMA	Título
ASTM-A-105	Forja de acero al carbón, para componentes de tuberías
ASTM-A-194	Tuercas para espárragos, de acero de aleación para servicio de alta presión y alta temperatura
ASTM-A-193	Material para atornillado en aleaciones y acero al carbón para servicio de alta temperatura.
ADS AS, 178	Especificación de electrodos para soldadura de arco

Normas de la Secretaría de Energía (SE).

NORMA OFICIAL MEXICANA	Título
NOM-001-SEDE-2012	Instalaciones Eléctricas (utilización)

Otros Estándares y especificaciones de Referencia

Estándar	Especificación
Code of Federal Regulations, Título 49, Parte 192 del U.S. Department of Transportation	“Estándares Federales mínimos de seguridad: Transportación de gas natural y otros gases por gasoducto” (Transportation of Natural and Other Gas by Pipeline: Minimum Federal Safety Standards).

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Especificaciones Generales de PEMEX.

NORMA	Título
07.3.13	Requisitos mínimos de seguridad para el diseño, construcción, operación, mantenimiento e inspección de tuberías de transporte.
3.374.08	Normas para construcción de obras públicas en sistemas de tuberías de transporte y distribución de gas.
03.0.02	Derechos de vía de los sistemas de transporte de fluidos.
NSPM AVII-30	Instalación eléctrica a prueba de explosión.
3.255.01	Gabinete y caja de interruptores.
NSPM C1.1 y C1.2	Válvulas de alivio de presión.
NSPM A1-1	Inspecciones y mantenimiento a extintores.

II.1.6 Materias primas, Productos y Subproductos Manejados en el Proceso

Para este caso en específico solamente se considerará al Gas Natural por ser la sustancia que se distribuye a lo largo de todo el proceso. (Ver Anexo 3)

II.1.7 Trabajos de preparación y construcción

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

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

En tubería enterrada:

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

Para todas las áreas del proyecto:

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

Etapa de preparación del sitio y construcción.

En el sitio propiamente dicho donde se realizarán las obras de preparación del terreno y construcción del sistema de transporte de gas natural, no existen ejemplares de vegetación arbustiva que sea necesario remover.

Por lo anterior, para realizar los trabajos de preparación del sitio y construcción en una buena parte del trazo, únicamente se requiere excavar la zanja (de aproximadamente 0.6 a 0.8 metros de profundidad según sea el caso del terreno), y se requerirán actividades de ensamble y soldadura de la tubería.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Para el punto de interconexión se requiere abrir una zanja de 5 m² aproximadamente, hasta descubrir el ducto a conectarse y excavar un metro hacia abajo del mismo (esta distancia puede variar acorde a especificaciones de TPS).

La preparación del terreno tanto para la instalación de la tubería enterrada como para la conexión con las estaciones, principal (punto de interconexión), regulación y usuario, se efectuará en aproximadamente 65 días, después de autorizado el tramo a trabajar.

Levantamiento Topográfico

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

Alojamiento

Debido a que todo el proyecto se encuentra alojado en su mayoría en zona rural, el ancho de Franja de Afectación (antes “derecho de vía”) será de 7 metros para tanto para el ducto de acero como para el de polietileno, ambos de 4”

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

Excavación

Se realizarán excavaciones a todo lo largo del tubo, ya que prácticamente el trayecto será de forma enterrada, desde la estación principal, hasta los terrenos del usuario y posteriormente a la ERM de este último.

Manejo y Transporte de tubo

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

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

Alineado de la tubería

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Tendido e instalación

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

Soldadura

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

Inspección de la soldadura

La contratista ejercerá un control continuo del trabajo de soldadura e inspeccionará visualmente la calidad de todas las soldaduras. No se requieren caminos de acceso, debido a que lo largo del trayecto se cuenta con terracerías y pavimentación.

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

Se generarán descargas de aguas residuales, resultantes de pruebas de hermeticidad, debido a que por tratarse de un sistema de transporte de gas natural en clase de localización 2 se requieren realizar pruebas hidrostáticas, sin embargo, por las características de la prueba, el agua debe ser neutra, libre de partículas suspendidas, óxido o cualquier otro contaminante; el agua utilizada en esta prueba será removida a través de pipas lo que no involucrará en ningún momento algún tipo de contaminación.

Accesorios y aditamentos:

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

II.1.8 Preparación para Estaciones de Regulación y Medición de Gas Natural

La obra civil requerida para la *preparación del terreno* en el predio tanto en la ERM de interconexión (principal), como la ER y la ERM del usuario, consistirán básicamente de:

Nivelación

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Obra Civil

En el caso de las estaciones de regulación y medición, interconexión, regulación y usuario, las tres serán construidas por el constructor contratado por Accesgas. Debido a que se trata de una obra nueva, el terreno donde se colocarán dichas estaciones, no presenta problema alguno para realizar los trabajos en el mismo, ni problemas de servicios.

NOTA: La Estación de Regulación y Medición principal será por paneles solares el suministro de energía eléctrica principal.

El alcance de construcción, y de responsabilidad de la instalación inicia en la brida (entrada de ERM principal) que unirá la tubería con la brida de interconexión del sistema de gas por parte del sistema de TPS (Administrado por CENAGAS) y terminará en la válvula a la salida de la estación de regulación y medición del usuario (Inposa).

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

II.1.9 Tubería

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

Tabla 10 Longitud aproximada por tramos de tubería (en base a los planos de localización) Anexo 2

Tramo	Referencia	Longitud aproximada	Diámetro
A – B	De la interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal.	0.030 Km	4" A/C Ced. 80 Gr X65
B – C	Del punto anterior a patín de regulación.	4.250 Km	4" A/C Ced. 40 Gr X42
B – C	Del patín de regulación a Estación de Regulación y Medición de Inposa	0.250 Km	4" PEHD 3408 SDR-11
	TOTAL APROXIMADO	4.530 Km	

El sistema estará compuesto de los siguientes tramos:

- Un ducto de 4" D.N. de acero al carbón cedula 80 de aproximadamente 0.030 Km como parte del ramal de interconexión
- Un ducto de 4" D.N. de acero al carbón cedula 40 de aproximadamente 4.250 Km como parte del ramal principal.
- Un ducto de 4" de Polietileno de alta densidad 3408 SDR-11 de aprox. 0.250 Km como parte del ramal principal.

Se está considerando una vida útil de la tubería de por lo menos 25 años.

Válvulas

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Todas las válvulas utilizadas en el sistema de tubería serán fabricadas cumpliendo con la **NOM-007-ASEA-2016**. No se utilizarán válvulas de cobre o bronce.

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

Tabla 3 Accesorios del gasoducto

Descripción	Cantidad
Tubería de 4" D.N. de acero al carbón, cedula 80	30 m
Tubería de 4" D.N. de acero al carbón, cedula 40	4,250 m
Tubería de 4" Polietileno de Alta Densidad 3408 SDR-11	250 m

II.1.10 Planos de Trazo y Perfil del ducto

En el Anexo 2 de este documento se agregan los planos topográficos que muestran el trazo y perfil del gasoducto.

11.1.11 Hojas de Seguridad

La Hoja de Datos de Seguridad del gas natural elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica, se integra como parte del presente documento y podrá consultarse en el Anexo 3.

11.1.12 Puntos de interés

- El proyecto se realizará desde la conexión con el gasoducto de 42" a cargo del Centro Nacional de Control de Gas Natural (CENAGAS) propiedad de Tag Pipelines Sur (TPS), en un terreno cercano a la comunidad "Pocitos", y hasta la llegada al área donde se colocará la ERM en Inposa, por lo cual se analizaron las colindancias de todo el recorrido de la instalación, esto de la siguiente manera:
- Hacia la zona Sur del recorrido, al final del trazo, se localizan de forma inmediata terrenos de cultivo, posterior a 2 Km de algún punto del ducto se encuentran un par de naves industriales, el resto en esta dirección es terreno baldío.
- Hacia el Oeste del Sistema de Transporte de Gas Natural, podemos encontrar terrenos baldíos de forma paralela, sin embargo a pocos metros de recorrido, podemos localizar de igual forma que en dirección sur, una gran área de terrenos de cultivo, y al término de estos la localidad de "Guadalupe" con asentamientos urbanos y comerciales, a esta misma distancia se ubica la carretera federal no. 37 "San Felipe – Villa de Reyes".
- Hacia el Este del sistema, el STGN tiene colindancia por varios kilómetros con terrenos baldíos o abandonados, solo después de casi 4 Km encontramos un pequeño poblado llamado "El Tejocote", el cual es una pequeña zona urbana.
- Hacia el Norte, tiene una colindancia similar que en dirección Este, solo a 1 Km del punto de interconexión encontramos algunas construcciones las cuales están alejadas de la comunidad "El Rosario", la cual tiene un área urbana considerable.
- En resumen, a lo largo de la trayectoria desde el gasoducto de TPS y hasta Inposa, este sistema de transporte de gas natural se encuentra rodeado y colindando en su mayoría con Lotes o terrenos de baldíos y de cultivo, en algunas direcciones tendríamos que recorrer más de 2 Km kilómetros para llegar o localizar alguna comunidad.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

III. Condiciones de Operación

El gasoducto será diseñado y construido para tener una Presión Máxima Permisible de Operación (PMPO) de 4,137 KPa (42.18 Kg/cm², 600 psig). La presión normal de operación del ducto será de 2,757.90 KPa (28.12 kg/cm² ó 400 psig).

El gasoducto que va dentro de los terrenos del usuario (red de polietileno) será diseñado y construido para tener una Presión Máxima Permisible de Operación (PMPO) de 689.47 KPa (7.03 Kg/cm², 100 psig). La presión normal de operación del ducto será de 551.58 kPa (5.62 kg/cm² ó 80 psig).

El consumo de gas total será de 2,950 m³/hr, es decir 70,800 m³/día, equivalentes a 2,500 MMBTU/día.

La estación de regulación y medición principal operará para un flujo máximo de 70,800 m³/día, sin embargo su flujo de diseño fue de 169,920 m³/día. Las presiones de diseño son de 1,440 psig a la entrada. La estación de regulación y medición de usuario esta diseñada para soportar un flujo máximo de 70,800 m³/día y recibir presiones hasta 100 psig.

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

Tabla 4 Balance de materia

No	Descripción de Corriente	Estado Físico	Flujo m ³ /hr / MPCSD	Presión Psig / Kg/cm ²	Temperatura °C / F
A	Desde el punto de interconexión con el gasoducto de 42" hasta ERM principal	Gas	2,950 / 2,500	600 / 42.18	25.00 / 77.00
1	De la ERM principal a Estación de Regulación (Entrada a Inposa)	Gas	2,950 / 2,500	400 / 28.12	25.00 / 77.00
2	De la Estación de Regulación a Estación de Regulación y Medición Usuario (Inposa)	Gas	2,950 / 2,500	80 / 5.62	24.49 / 76.08

III.1.1 Temperaturas y Presiones de diseño y operación

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

III.1.2 Características del Régimen Operativo de la Instalación (continuo o por lotes).

El régimen operativo del "Sistema de Transporte de Gas Natural" se considera continuo a lo largo de todo su recorrido, sin embargo, el área operativa a la que lleva el suministro puede tener variaciones a este respecto dependiendo de la Filosofía Operacional de Invernaderos Potosinos.

Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's)

Para este caso y debido a el tipo de instalación la cual es de servicios, no se realizó una ingeniería de detalle que incluya un Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) del Sistema de Transporte, más si se realizó el DTI de las estaciones debido a la instrumentación compleja que llevan, también, se cuenta con los planos de localización, los cuales en conjunto con el Diagrama de Flujo **DFP-**

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

INPOSA servirán para verificar las condiciones de transporte y especificaciones de material respectivas, estos planos se encontrarán en el Anexo 2.

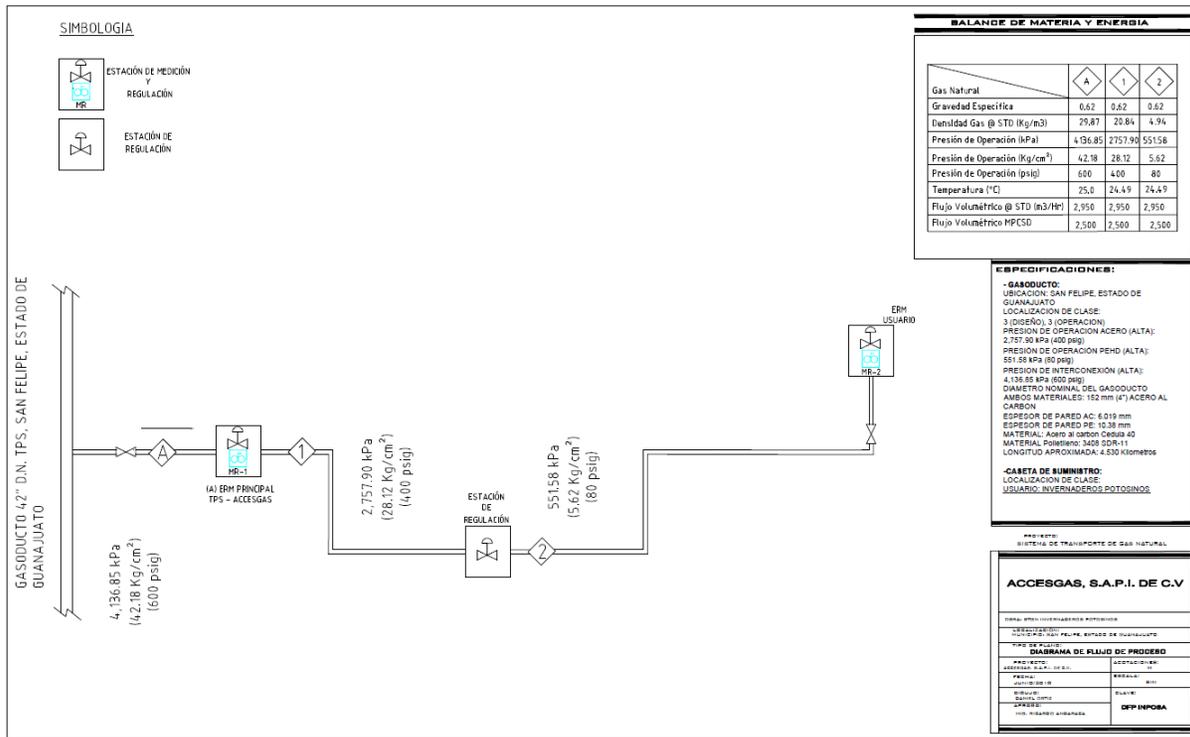


Figura 4 Diagrama de flujo del proceso

III.1.3 Pruebas de Verificación

Mantenimiento

Cada segmento del sistema de tubería que se vuelva inseguro será reemplazado, reparado o retirado de servicio. Las fugas deberán ser reparadas de inmediato, o bien reemplazar el segmento dañado.

La red contará con una inspección rutinaria y continua por parte del personal de operación y mantenimiento a cargo. Sin embargo, deberá cumplir con los siguientes requerimientos adicionales:

Vigilancia e Inspección:

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

1. Se contará con un programa de inspección visual de las instalaciones, el cual involucra verificar la correcta operación de los sistemas y dispositivos de seguridad de la instalación eléctrica y conexiones, posible manipulación peligrosa, o evidencia de daños en las instalaciones, y acciones de terceros sobre las tuberías.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

2. Se realizará una inspección que coincida con la vigilancia del usuario para asegurarse de que existen marcadores (señalamientos) adecuados, visibles y en buen estado a lo largo de la trayectoria de la tubería.

Para garantizar el buen funcionamiento de los equipos, estaciones y todo lo que conforma el STGN, durante la operación del mismo se contempla realizar las siguientes acciones:

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

Reparación:

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

1. Efectuar las reparaciones según el procedimiento aprobado, empleando exclusivamente personal calificado para ese tipo de trabajo.
2. En el caso de los soldadores, deberán contar con pruebas de calificación por lo menos dos veces al año, para garantizar que realizan su trabajo de manera adecuada.
3. En todos los casos se seguirán las técnicas de reparación establecidas y aprobadas por la empresa.
4. Se apegará a los procedimientos de reparación marcados en las normas nacionales e internacionales.
5. Se informará al personal y autoridades de atención a emergencias con toda oportunidad si se detecta una fuga o daño en las instalaciones que pudieran poner en peligro su salud.

Con el fin de permitir la correcta operación del sistema de conducción de gas, se establecerán planes y programas que cubrirán los aspectos de operación, inspección, mantenimiento y reparación del sistema, contemplados en la **NOM-007-ASEA-2016**.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Inspecciones

Se realizarán inspecciones visuales de rutina en las estaciones y el gasoducto de acuerdo con los procedimientos operativos marcados en el manual de operación y mantenimiento. Se deberá comprobar la medición de flujo y la presión de ajuste de los reguladores en todas las estaciones involucradas.

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

Inspección de fugas

Las inspecciones de fugas serán realizadas acorde con el manual de operación y mantenimiento en todo el Sistema de Transporte de Gas Natural.

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

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

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

Inspección de válvulas

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

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

Reparaciones

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

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

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

A demás de lo mencionado se sugiere consultar el numeral 10.33 de la NOM-007-ASEA-2016.

Control de la Corrosión.

Dentro del programa de mantenimiento, mensualmente se revisa el estado de la pintura de las estaciones de regulación y medición, para el tramo del punto de interconexión y del gasoducto principal se deberá contar con un inspector de protección mecánica para verificar su integridad.

Etapa de Abandono

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

III.1.4 Procedimientos y Medidas de Seguridad

Descripción de las medidas, equipos y dispositivos de seguridad

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

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

Con el fin de cumplir con buenas prácticas y de acuerdo a puntos de **la NOM-007-ASEA-2016**, el Sistema de Transporte deberá cumplir con los requisitos siguientes:

Componentes

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

III.1.5 Protección Contra Corrosión

- Los tubos de acero negros, conexiones, accesorios y componentes de la instalación, enterrados, sumergidos y sobre el piso; se deben proteger contra la corrosión con recubrimientos adecuados al medio. Dicho recubrimiento debe cumplir con los requisitos de las normas aplicables, entre otros, los siguientes:
 - a) Adherencia con las superficies metálicas y entre las capas intermedias;
 - b) Resistencia al agrietamiento;
 - c) Resistencia mecánica para soportar daños propios de su aplicación, y
 - d) Resistividad eléctrica alta.
- En caso de requerirse, las tuberías de acero enterradas y/o sumergidas deben tener protección catódica de acuerdo con lo establecido en la Norma NOM-007-ASEA-2016, Transporte de Gas Natural.

III.1.6 Reguladores de Presión

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

Describir el procedimiento y medidas de seguridad contempladas para el ducto y las estaciones (de regulación y medición y/o compresión) durante la operación, así como los equipos requeridos.

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

- Capacitar al personal para que opere en forma correcta los dispositivos manuales de control, conozca los caminos de acceso y los fundamentos básicos de operación de las instalaciones que se encuentran en el área del proyecto y así evitar al máximo errores humanos de operación.
- Será indispensable llevar a cabo supervisión periódica de la trayectoria para evitar invasión al área de alojamiento y evitar también que se realicen trabajos con maquinaria pesada sobre el trayecto del gasoducto.
- Revisión y reposición (en caso de requerirse) de los señalamientos que indican la trayectoria a lo largo del recorrido del gasoducto, contemplando que se mencione el tipo de producto manejado y los teléfonos para comunicarse en caso de emergencia.
- Incluir la instalación y su administración integral al Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Ambiente (SASISOPA) de la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA), el cual es una herramienta que sustenta la gestión ambiental, industrial y operativa para mejorar el desempeño en el manejo de datos y la implantación de programas.
- Accesgas, tomara las medidas preventivas y de control para evitar:
 - Incendios, emisiones y/o descargas de cualquier naturaleza, que pudieran
 - Ocasionar daños a los ecosistemas circundantes al sitio de trabajo, así como a la propiedad de terceras personas.
- Accesgas será el responsable de los daños que se lleguen a ocasionar como consecuencia de una ejecución mal planeada o derivada de maniobras, descuidos, secuelas o problemas que generan otro tipo de contaminación a la que se pretenda eliminar o que incremente los daños ecológicos ya existentes o que repercutan en daños materiales a instalaciones, áreas superficiales o subterráneas aledañas
- La empresa deberá presentar un plan de contingencias ambientales que se implementará durante la ejecución de los trabajos.

Plan Integral de Seguridad en Instalaciones Industriales

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

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

Operación y Mantenimiento del Sistema de Transporte de Gas Natural

- Cuando se operen tuberías que contienen gas, se debe observar lo siguiente:
 - a) No se permite fumar, tener flamas abiertas o cualquier otra fuente de ignición. Se deben usar linternas que sean a prueba de explosión;

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

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

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

- a)** Descripción de los procedimientos de operación y mantenimiento del sistema durante la puesta en operación, operación normal y paro;
- b)** Identificación de los puntos que presenten el mayor riesgo para la seguridad pública;
- c)** Programa de inspecciones periódicas para asegurar que el sistema cumple con las condiciones de diseño;
- d)** Programa de mantenimiento preventivo que incluya los procedimientos y los resultados de las pruebas e inspecciones realizadas en el sistema (bitácora de operación y mantenimiento), y
- e)** Capacitación al personal que ejecuta las actividades de operación y mantenimiento para reconocer condiciones potencialmente peligrosas que estén sujetas a la presentación de informes a la autoridad competente
- f)** Los procedimientos aplicables al control de la corrosión interna y externa de los Ductos de acero que integran el Sistema de Transporte;
- g)** Asimismo seguir con lo que debe contar el manual en el numeral 10.14.1 de la NOM-007-ASEA-2016.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Área de Seguridad:

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

IV. Análisis y Evaluación de Riesgos

V. Antecedentes de Accidentes e Incidentes

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

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

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

- Defectos de construcción, instalación y/o materiales;
- Fallas humanas durante la operación;
- Fuerzas externas/desconocidas;
- Corrosión y fractura de materiales
- Falta de procedimientos, supervisión y mantenimiento.

Los componentes del sistema considerados:

- Conexión con punto de interconexión con TPS;
- Estaciones de Regulación y Medición
- Cuerpo de tubería de la instalación;
- Materiales de construcción.

Por su ubicación:

- Cruce o cercanía con la población
- Cercanía a instalaciones industriales existentes

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

V.1 Antecedentes de accidentes e incidentes.

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

Se basa en informaciones de procedencia diversa:

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

- Informes o peritajes realizados normalmente sobre los accidentes más importantes.

El ámbito de aplicación de esta metodología observa una utilidad, principalmente, para el establecimiento de posibles riesgos en un sistema como el que manejamos en el proyecto.

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

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

Marco General.

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

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

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

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

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

Tabla 5 Estadísticas de eventos

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

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

Tabla 6 Distribución relativa de dimensiones de orificios

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Estadística General de Accidentes:

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

Tabla 16 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA

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

Puede observarse que el Estado de Guanajuato, se encuentra registrado en la 4ª posición con respecto a la incidencia de accidentes y los años con más eventos (53 – 237) fueron desde 2013 a 2014.

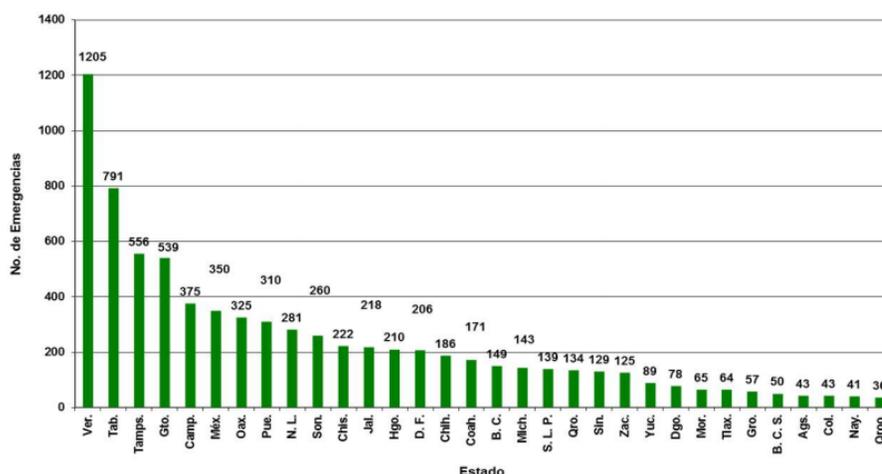


Figura 5 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

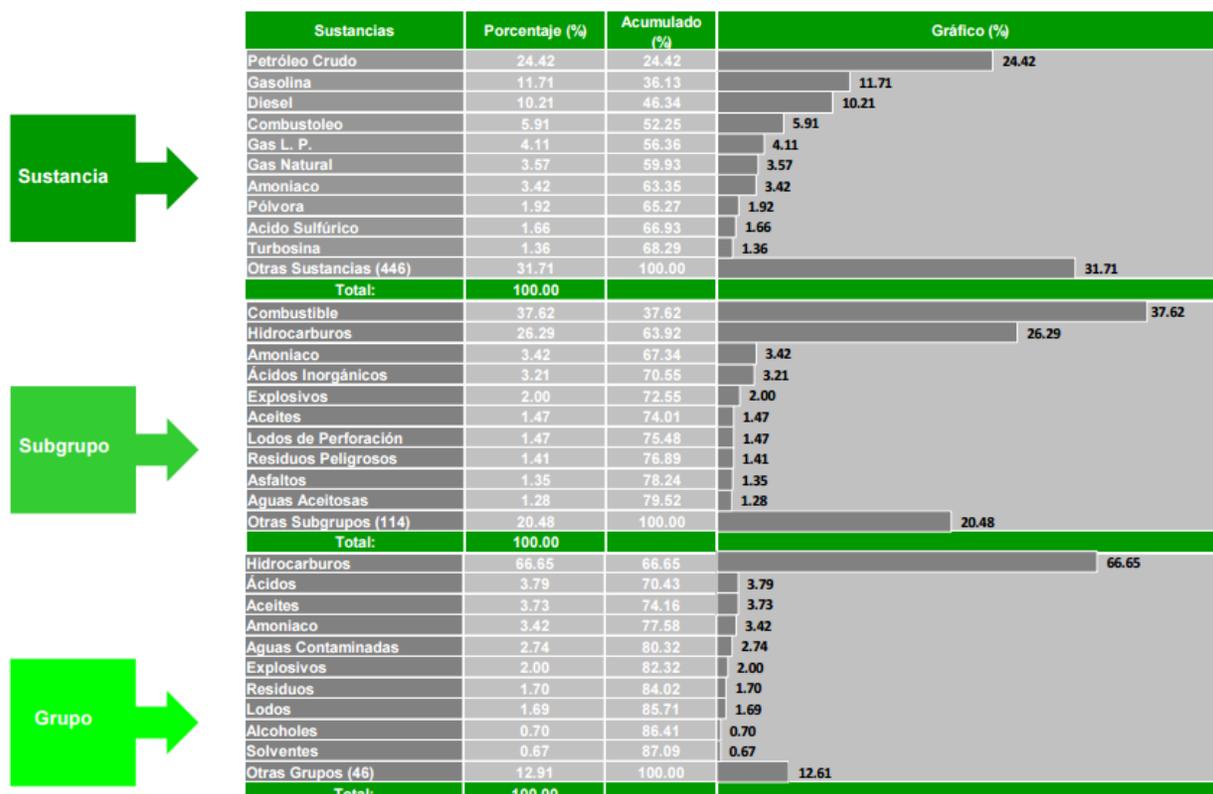
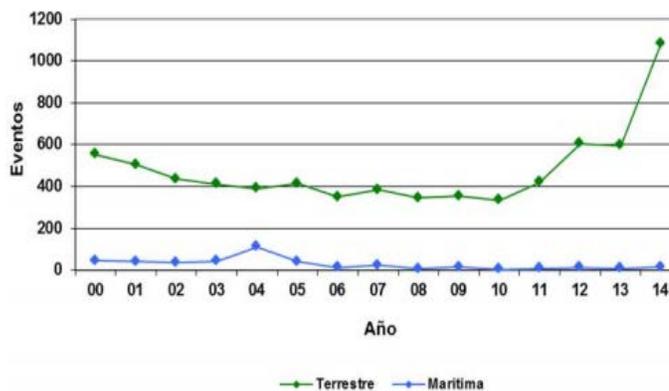


Figura 6 Sustancias involucradas en emergencias

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

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

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



“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

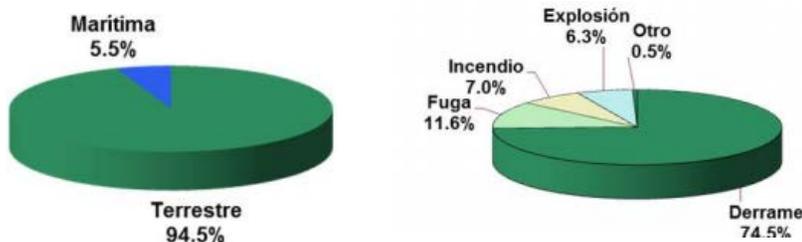
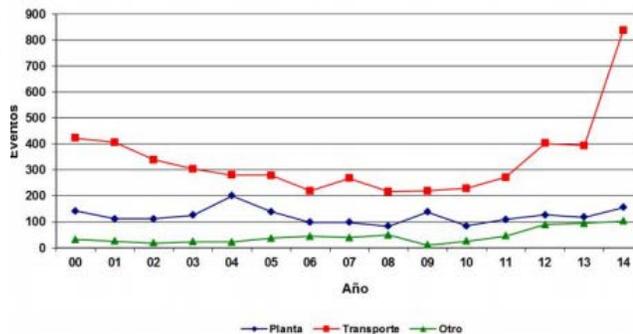


Figura 7 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 – 2014) Número, Localización y Tipo de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA

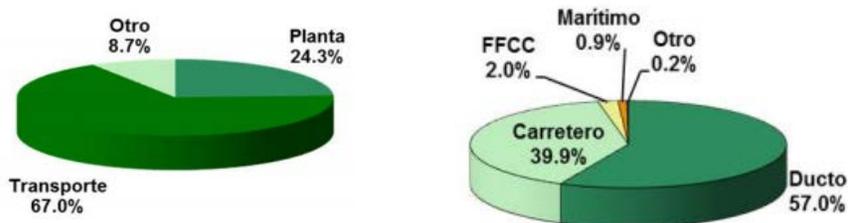
Observando los datos anteriores, se verifica una amplia preponderancia de accidentes relacionados con el transporte de sustancias peligrosas por medio de ductos, aunque se debe señalar que no necesariamente son por falta de medidas precautorias del responsable de este medio, puesto que es sabido que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

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

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



“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”



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

Figura 8 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 – 2014) Número, Ubicación y Medio de Transporte de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA.

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

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

Atención y Seguimiento de Emergencias Ambientales Año 2017

La PROFEPA cuenta con el Centro de Orientación para la Atención a Emergencias Ambientales (COATEA). En el año 2017 se recibieron 652 notificaciones sobre la ocurrencia de emergencias ambientales, de las cuales 258 fueron provocadas por derrames de hidrocarburos y otras sustancias químicas, 124 por explosiones, 106 por fugas, 152 por incendios en las instalaciones y 12 por otras causas. Del total de las emergencias ambientales notificadas, se instauraron los procedimientos administrativos correspondientes en los sitios con afectación mayor a un metro cúbico para verificar la restauración de las áreas afectadas y evitar impactos ambientales adversos, en los casos competencia de la Procuraduría.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

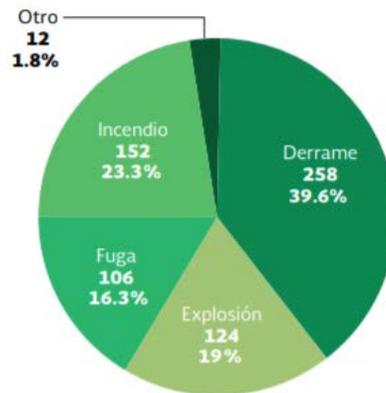


Figura 9 Emergencias notificadas en 2017: Total de emergencias 652

Del total de emergencias, la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA) atendió 262 casos y la PROFEPA 390.



Figura 10 EMERGENCIAS NOTIFICADAS EN 2017

La información relacionada con la ocurrencia y seguimiento de emergencias ambientales asociadas con el manejo de sustancias químicas se ha registrado desde la creación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en 1992. Con estas acciones de inspección y vigilancia la institución busca minimizar los riesgos a la población y al ambiente ocasionados por las sustancias químicas liberadas durante la ocurrencia de emergencias.

V. 1.2 Alcance de los daños causados

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

Figura 11 Análisis Estadístico de los Daños a la Población Ocasionados por las emergencias Ambientales

V.2. Identificación de las Causas de los Accidentes

V.2.1 Errores humanos.

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

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

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

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

De hecho, durante el análisis de los accidentes ocurridos en las diferentes instalaciones, el ambiente de trabajo es, probablemente, el factor que más contribuye a la causa de errores humanos, debido a que si los señalamientos o la presentación de información no resultan claros y evidentes, el acceso a los dispositivos de seguridad es complicado, o si las áreas operativas son reducidas, demasiado

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

calientes o frías, o no existe una disposición ordenada, es muy alta la probabilidad de que los operadores cometan faltas.

Otro factor que es motivo de causa de accidentes por error humano se refiere a los hábitos de trabajo inadecuados, incluyéndose deficientes prácticas de trabajo para llevar a cabo la producción, suministro o trasiego de combustibles, realización de actividades de mantenimiento (reparaciones improvisadas o mal realizadas) y aplicación de medidas de control y protección de riesgos (instalación y ubicación deficiente de equipos y dispositivos contra incendio).

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

V.2.2 Fallo de equipos

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

- Operación de equipos e instalaciones obsoletas y en malas condiciones.
- Falta de inspección y de mantenimiento de equipos y accesorios, con lo que pueden presentar fracturas u orificios originados por corrosión en elementos metálicos. A este respecto, se incluyen las fallas o accidentes mecánicos producidos en equipos de proceso por desgaste o mala operación, lo cual puede debilitar las instalaciones ocasionando eventos de riesgo.
- Instalación inadecuada de válvulas y demás accesorios de seguridad en los sistemas operativos, referentes a procedimientos y selección de materiales deficientes.
- Defectuosa calidad en la manufactura de válvulas y accesorios de calidad.
- Fugas ocasionadas por deficientes prácticas de mantenimiento (falta de procedimientos, instrumentos y personal calificado).
- Rotura de tuberías de gas natural
- Fugas y explosiones provocadas por incendios en áreas contiguas.
- Reparaciones improvisadas o mal realizadas.

V.2.3 Fallo de diseño o de proceso

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

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

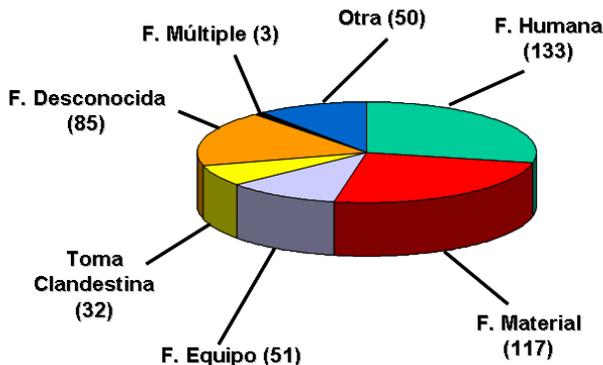


Figura 12 Tipos de falla

Fuente: Página electrónica www.profepa.gob.mx

Algunos de los eventos ocurridos en México referentes al transporte de gas natural se resumen en la tabla siguiente (En el Informe técnico del anexo 5 se muestra esta misma tabla)

Tabla 17 Eventos ocurridos en México

Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia (s) Involucrada (s)	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención
1978	Tabasco, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas y daños ecológicos	Evento histórico (No se cuenta con la información)
1992	Tabasco, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas, daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
1984	Tabasco, México	Área de válvulas y ducto	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga en accesorio	Pérdidas humanas, daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
1998	Tabasco, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas y daños ecológicos	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2013	Veracruz, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas, daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2005	Tabasco, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas, daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2005	Veracruz, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas, daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia (s) Involucrada (s)	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención
2007	Guanajuato, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2011	Puebla, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Emisión de material	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2012	Tamaulipas, México	Planta de Gas	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2013	Estado de México, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2013	Oklahoma	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2013	Texas	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2013	Missouri	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2014	Nuevo León, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2015	Nuevo León, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Ruptura de tubería	Ruptura por máquina	Pérdidas humanas, daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2015	CDMX, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga		Evento histórico (No se cuenta con la información)
2016	CDMX, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga		Evento histórico (No se cuenta con la información)

Fuente: Elaboración propia

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

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Esta base de datos provee una visión de las causas y consecuencias de fallas en gasoductos.

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

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

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

Tabla 18 Distribución típica de las causas de fallas 1985-1999.

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

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

Como se muestra en la tabla anterior, los defectos de construcción y/o materiales, corrosión y el daño por excavaciones por terceras partes son las causas más frecuentes de fallas en ductos, representando el 75% de las fallas.

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

Tabla 19 Clasificación de incidentes en ductos por componentes del sistema

Componente con Falla	Porcentaje
Cuerpo del ducto	54.9
Accesorios	1.9

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Componente con Falla	Porcentaje
Juntas Mecánicas	2.5
Válvulas	1.3
Soldadura	10.2
Sin datos	6.9
Otros componentes	7.3
Estaciones de compresión	9.2
Estaciones de medición/regulación	5.9
Total	100%

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

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

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

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

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

Particularmente para el proyecto de estudio, es necesario indicar que, entre las medidas establecidas para evitar la repetición de algunos accidentes registrados en la estadística nacional, se encuentra antes que todo, el hecho de que la ingeniería del ducto para Gas Natural fue diseñada y será construida en estricto apego de las Normas Oficiales Mexicanas. Bajo esta consideración, se determina que el ducto cumplió y cumplirá con los requisitos mínimos técnicos y de seguridad que se deben observar en el territorio nacional para esta clase de instalaciones.

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

Adicionalmente, se debe señalar que las condiciones de **Construcción y operación del sistema de transporte para suministro de gas natural a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., ubicado en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato**, se sujetará a una evaluación del cumplimiento estricto con respecto a las especificaciones marcadas en la normatividad técnica vigente.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

V.3 Metodologías de Identificación y Jerarquización

V.3.1 Criterios de selección de las metodologías empleadas para la identificación de riesgos

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

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

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

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

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

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

Su selección se realiza según los siguientes parámetros:

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

Algunos de los métodos de evaluación de riesgos utilizados en la industria del gas para identificar desviaciones de la “buena práctica son: Lista de Chequeo y Revisiones de seguridad” otra aproximación que requiere experiencia previa son los índices Mond que permiten confeccionar un ranking de riesgo de todo el Sistema.

A demás de esto se utilizan metodologías que nos ayuda a tener un análisis más predictivo y puntual para la identificación de riesgos en cada parte que compone el Sistema de Transporte de Gas

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Natural, dichas metodologías pueden ser la técnica HAZOP (estudio de riesgo y operatividad), análisis de modos de fallo efecto y criticidad (FMECA), el método “what if” (que pasa si) y el análisis de árboles de fallo complementado con el análisis de árbol de sucesos.

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

- Las sustancias manejadas, consideradas como peligrosas ya sea por su toxicidad, explosividad, reactividad, inflamabilidad y corrosividad que pueden ocasionar un daño a la salud pública o al equilibrio ecológico del sitio.
- Las cantidades manejadas transportadas
- Las características y complejidad de los procesos.
- Las condiciones de operación del sistema

Debido a que se dividirán los nodos en base a cambios de presión, cambios de materiales, e infraestructura presente en el Sistema de Transporte de Gas Natural, el presente estudio se desarrollará bajo las técnicas de identificación Lista de Verificación, y análisis HazOp, esto debido a que las mismas presentan las siguientes características que nos ayudarán a identificar y cuantificar (HazOp: debido a la hoja de trabajo propuesta esta última técnica en base a un análisis de cuantitativa también nos permite jerarquizar, más adelante se presenta el desarrollo) los riesgos presentes:

- Técnica: What if
- Abarcan Diseño / Arranque
- Objetivo: Fallos técnicos
- Procedimientos de operación
- Fallo humano
- Consecuencia
- Resultados: Cuantitativos
- Reducción del riesgo

Una vez identificados los riesgos y determinar posibles fallas que lo generen, se jerarquizarán apoyándonos en el análisis cuantitativo del HazOp (para determinar nodos más riesgosos) y a través de una matriz de jerarquización, la cual nos dará la certeza de las fallas más comunes y críticas que nos pueden ocasionar un riesgo, en conclusión al uso de estas dos metodologías podremos armar los escenarios a modelar y evaluar.

Como complemento se determinó realizar un Índice de Mond, el cual nos brindará una evaluación cuantitativa del riesgo total que representa el Sistema de Transporte de Gas Natural sin ningún tipo de reducciones y un riesgo total dando peso a los sistemas de protección que se tienen para la minimización del mismo.

V.3.2 Factores de Riesgo.

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

- Conexión con ducto de TPS;
- Línea de transporte de gas, desde conexión con ERM principal hasta conexión con estación de regulación y estación de usuario;
- Estación de medición y regulación principal, estación de regulación y Estación de regulación y medición de usuario (Inposa)

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Las variables de proceso que se aplicaron fueron:

- Flujo;
- Presión,
- Temperatura,
- Nivel,
- Procedimientos,
- Mantenimiento,
- Supervisión

V.3.3 Identificación de los Riesgos Potenciales

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

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

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

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

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

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

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

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

Los escapes pueden ser en forma de gas únicamente debido a las condiciones de presión y temperatura que trabajamos.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Fuga puntual continúa.

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

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

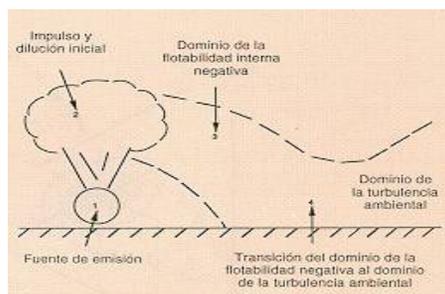


Figura 13 Desarrollo y dispersión de una nube de gas pesado

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

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

Explosión.

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

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

- Fuga en línea de transporte debido a corrosión y falta de mantenimiento conjugados
- Fuga en el cuerpo de equipos de regulación y/o medición debido a corrosión y falta de mantenimiento conjugados
- Fuga en válvulas, bridas, conexiones debido a mal funcionamiento o mala instalación
- Ruptura de tubería por colisión

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

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

Una superficie caliente también es una fuente potencial de ignición.

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

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

Incendio.

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

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

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

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Tabla 20 Condiciones de estabilidad meteorológica de Pasquill

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

VI.4 Aplicación de las Metodologías de Análisis y Evaluación de Riesgos Potenciales

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

VI.4.1 Lista de verificación

Se utilizan para determinar la adecuación de los equipos, procedimientos, materiales, etc. a un determinado procedimiento o reglamento establecido por la propia organización industrial basado en experiencia y en los códigos de diseño y operación, en este caso será basado en la Normatividad nacional NOM-007-ASEA-2016. Se pueden aplicar en cualquier fase de un proyecto o modificación de una instalación: diseño, construcción, puesta en marcha, operación y paradas.

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

Para el presente proyecto se tiene una copia de la Lista de Verificación correspondiente en el *Anexo 1* de este documento.

VI.4.2 HAZOP

La metodología HazOp, es un procedimiento que permite reconocer riesgos difícilmente reconocibles por simple observación o revisiones de seguridad de tipo general. En la aplicación de esta metodología, se cuestiona a cada una de las partes críticas del proceso para descubrir que desviaciones del propósito original pueden ocurrir y determinar cuáles de esas desviaciones pueden dar lugar a riesgos al personal, al proceso o las instalaciones. Además de la identificación, a través de la hoja de trabajo se permite la cuantificación como se muestra en los siguientes párrafos.

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

Para su aplicación, se partió de considerar a todo el proyecto como un sistema; el cual se dividió en partes, que fueron analizadas independientemente con la finalidad de detectar las posibles desviaciones que se pudieran presentar; así como sus causas, efectos y alcance; en función de las

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato” características de operación, del equipo involucrado, de los posibles factores externos y fenómenos naturales que pudieran influir en la desviación de su funcionamiento o condiciones normales.

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

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

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

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

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

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

Tabla 21 Probabilidad de ocurrencia

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

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Tabla 22 Interpretación de resultados

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

Para poder cuantificar cada parte del sistema y obtener como conclusión, su jerarquización, no se han considerado las medidas de seguridad que tendrá cada parte del mismo; ya que, para minimizar los riesgos, en la parte correspondiente a medidas de seguridad, se indican todas aquéllas que se han considerado dentro del proyecto y las que se tendrían que implementar para conseguir una instalación y operación segura, se pueden ver con más detalle HAZOP en el *Anexo 1* de este documento.

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

Tabla 73 Jerarquización de Riesgos. Resultado HazOp

	EVENTO	MAGNITUD	PROBABILIDAD
I	1.- ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN PRINCIPAL (PREVIO A REGULACIÓN), ASÍ COMO EL TRAMO DE TUBERÍA DE INTERCONEXIÓN	111.5	27.6
	1.1.- Deterioro de líneas y accesorios de regulación (válvulas) de gas, por falta de recubrimiento u obsolescencia (corrosión).	9.0	3.0
	1.2.- Fuga de gas en línea de llegada a estación.	2.1	3.0
	1.3.- Fuga de gas en línea de salida de la estación.	63.0	3.0
	1.7.- Falta de supervisión o de instrumentación de detección de fugas (monitoreo de condiciones de operación) o instrumentación en mal estado.	3.0	3.0
	1.8.- Falta de mantenimiento (recubrimientos), de pruebas de hermeticidad periódicas, radiografiado, mantenimiento menor (pintura anticorrosiva en instalaciones superficiales en línea (ducto) de conducción de gas.	3.0	3.0
	1.10.- Falta de sistemas de corte de flujo rápido en el sitio no se tienen válvulas operadas a control remoto	0.1	0.1
II	2.- GASODUCTO DE ACERO 4" DE DIÁMETRO, INCLUYE PATÍN DE REGULACIÓN PREVIO A REGULACIÓN	82.3	21.7
	2.1.- Falta de revisión de sucesos que dañan en instalación.	9.0	3.0
	2.2.- Detección fuera de tiempo de corrosión y fractura en líneas de combustible.	21.0	3.0
	2.5.- Ausencia de flujo de gas natural	0.15	3.0

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

	EVENTO	MAGNITUD	PROBABILIDAD
	2.8.- Las temperaturas y presiones de operación exceden las de diseño de tuberías y accesorios.	2.1	0.1
	2.9.- Sellos de válvulas y bridas en mal estado, falta de apriete o torque inadecuado.	2.1	0.1
	2.11.- Falta de precaución en el desalojo de fluidos en el interior de tuberías para reparación.	3.0	3.0
	3.- GASODUCTO DE POLIETILENO DE 4" DE DIÁMETRO, INCLUYE ERM USUARIO PREVIO A REGULACIÓN	23.1	21.7
III	3.1.- No se tiene un procedimiento ordenado de mantenimiento de tuberías y accesorios.	3.0	3.0
	3.2.- No se cuenta con un programa de revisión (fugas, corrosión, debilitamiento) y mantenimiento de tuberías y accesorios.	9.0	3.0
	3.5.- Ausencia de flujo de gas natural	0.15	3.0
	3.8.- Las temperaturas y presiones de operación exceden las de diseño de tuberías y accesorios.	2.1	0.1
	3.9.- Sellos de válvulas y bridas en mal estado, falta de apriete o torque inadecuado.	2.1	0.1
	4.- ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN USUARIO, POSTERIOR A REGULACIÓN	23.1	12.6
V	4.1.- Deterioro de líneas y accesorios de regulación (válvulas) de gas, por falta de recubrimiento u obsolescencia (corrosión).	3.0	3.0
	4.2.- Falta de supervisión o de instrumentación de detección de fugas (monitoreo de condiciones de operación) o instrumentación en mal estado.	9.0	3.0
	4.3.- Falta de mantenimiento (recubrimientos), de pruebas de hermeticidad periódicas, radiografiado, mantenimiento menor (pintura anticorrosivo en instalaciones superficiales en línea (ducto) de conducción de gas.	3.0	3.0
	4.4.- Falta de supervisión de buen estado de abrazaderas y soportes de líneas de conducción.	3.0	3.0

Para realizar una mejor Jerarquización de los riesgos y fallas que provocan los mismos, se llevó a cabo la metodología de evaluación por una Matriz de Jerarquización; como adicional también se realizó un índice de Mond para la determinación de un riesgo total, tanto la matriz como el índice se definen y determinan en el *Anexo 1* de este documento.

VII.4.3 Jerarquización de Riesgos

Matriz de Jerarquización de Riesgos

Mediante los puntos de riesgos establecidos en el párrafo anterior, se condensó la información de cómo podían suceder los riesgos en una matriz de jerarquización, la cual permite identificar de manera más visual los posibles escenarios a modelar.

La matriz y los parámetros de la misma tomarán como base a Mil Std-882B (Matriz de riesgos ocupada internacionalmente y desarrollado por el Departamento Militar de Defensa de los Estados Unidos) por lo que la clasificación, criterios y ocurrencia quedarán de la siguiente forma:

Clasificación de riesgo:

- Inaceptable
- Indeseable

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

- Aceptable con revisión
- Aceptable sin revisión

Criterio de Severidad:

Descripción	Categoría	Definición
Categoría I	Catastrófico	Puede causar daños severos a personal o pérdida del sistema o proceso
Categoría II	Crítico	Puede causar heridas severas, daño mayor a la propiedad o al sistema.
Categoría III	Marginal	Puede causar heridas menores, daño menor a la propiedad o al sistema.
Categoría IV	Insignificante	No es suficientemente serio para causar heridas, daño a la propiedad o al sistema, pero puede resultar en mantenimientos o reparaciones fuera de lo programado.

Criterio de Ocurrencia:

Descripción	Nivel	Definición
Frecuente	A	Probable que ocurra frecuentemente
Probable	B	Puede ocurrir varias veces en la vida del equipo o proceso
Ocasional	C	Probable que ocurra alguna vez en la vida del equipo o proceso
Remoto	D	Improbable, pero es posible que ocurra
Improbable	E	Tan improbable que se asume casi imposible

Quedando la matriz de la siguiente forma:

Frecuencia	Severidad			
	Catastrófico	Crítico	Marginal	Insignificante
Frecuente	Inaceptable	Inaceptable	Indeseable	Aceptable con revisión
Probable	Inaceptable	Inaceptable	Indeseable	Aceptable con revisión
Ocasional	Inaceptable	Indeseable	Aceptable con revisión	Aceptable sin revisión
Remoto	Indeseable	Aceptable con revisión	Aceptable con revisión	Aceptable sin revisión
Improbable	Aceptable con revisión	Aceptable con revisión	Aceptable con revisión	Aceptable sin revisión

- **Riesgo Alto**
- **Riesgo medio - alto**
- **Riesgo medio**
- **Riesgo bajo**

Como se mencionó anteriormente se busca la trazabilidad con el HazOp para determinar los eventos a modelar.

Por lo que, en apoyo a la matriz anterior se buscó jerarquizar los siguientes puntos (posibles fallos):

- Fuga de gas natural

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

- Fracturas de material
- Ausencia de flujo
- No mantenimiento
- No supervisión ni procedimientos
- Condiciones de operación excedidas
- No existe capacitación
- No existen sistemas ni atención a emergencias

En el Anexo 1 de este documento se puede ver que se desarrolló una matriz por cada nodo identificado, y arrojo los siguientes resultados:

Nodo 1 Estación de Regulación y Medición, incluye tramo de tubería de interconexión, previo a regulación:

- 1 riesgo alto (Inaceptables)
- 1 riesgo medio-alto (Indeseables)
- 5 riesgos medios (aceptables con revisión)
- 1 riesgo bajo (aceptables sin revisión)

Nodo 2 Gasoducto de Acero de 4” de diámetro, incluye patín de regulación previo a regulación:

- 2 riesgos altos (Inaceptables)
- 5 riesgos medios (aceptables con revisión)
- 1 riesgo bajo (aceptable sin revisión)

Nodo 3 Gasoducto de Polietileno de 4” de diámetro, incluye ERM de usuario previo a regulación:

- 1 riesgo medio-alto (Indeseable)
- 6 riesgos medios (aceptables con revisión)
- 1 riesgo bajo (aceptable sin revisión)

Nodo 4 Estación de Regulación y Medición de Usuario, posterior a regulación:

- 7 riesgos medios (aceptables con revisión)
- 1 riesgo bajo (aceptable sin revisión)

El desarrollo de las matrices se puede verificar en el Anexo 1.

Conclusión de matriz: Se puede observar que el nodo 1 y nodo 2 es el que presenta mayores riesgos, esto debido a la severidad aunada a las condiciones de alta presión que se manejan. El nodo 2 maneja un riesgo alto en dos posibles fallas, esto es debido a que el gasoducto será el que tendrá mayor interacción con agentes externos. Ambos nodos también presentan varios riesgos aceptables con revisión y esto se debe a que hay varios sistemas de control que permiten mitigar o disminuir riesgos y los cuales se contemplan desde el diseño.

En el nodo 3 y 4 localizamos prácticamente riesgos aceptables ya que a pesar de tener una frecuencia alta (debido a la cantidad de accesorios localizados en este nodo), la severidad no es siquiera crítica ya que la presión es muy manejable para el operador.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Los fallos que presentaron una severidad más alta fueron los siguientes:

- Fuga de Gas Natural
- Fracturas de material
- No mantenimiento
- Condiciones de operación excedidas

Sobre las condiciones de operación excedidas a pesar de tener una severidad crítica, se tiene el control desde el diseño del sistema (validado internamente), por lo que no se contempla presentar una modelación con esta causa debido a su improbabilidad de que suceda un riesgo por esta situación.

Para el “No mantenimiento”, esto resultaría en un fractura o daño al sistema, y en consecuencia generar una fuga de gas natural, este fallo se puede dar en la tubería o algún accesorio de la estación, por lo que se esto caería en modelar fugas de combustible por orificios generados en accesorios o en algún tramo de tubería.

De esta manera se llego a la siguiente conclusión tomando también resultados del HazOp:

Al finalizar ambas metodologías para la identificación y jerarquización de riesgos, refiriéndonos al HazOp y matriz de jerarquización, se puede concluir, que en la Estación de Regulación y Medición principal, así como en el gasoducto de acero, el proceso tiene una mayor magnitud de riesgo, esto debido a la infraestructura que lo conforma, así como a sus condiciones de operación e interacción con agentes externos.

Se determinó también que en la tubería de polietileno es donde se localiza el menor nivel de riesgo, ya que las condiciones operativas son menos drásticas, aunque los riesgos son más frecuentes de presentarse.

Los escenarios de Riesgo a simular se proponen que sean en los puntos clave a lo largo del sistema, realizando énfasis en el área de mayor riesgo como se observó en el HazOp y la matriz de riesgo, y proponiendo fugas de gas natural por fracturas de material en tubería o accesorios, quedando de la siguiente manera:

- Punto de entrada a la estación de regulación y medición (Previo a la Regulación) (Escenario que se puede localizar en el NODO 1 Anexo 1)
- Gasoducto de acero de 4” de diámetro a alta presión (cabe mencionar que se evalúa la tubería del patín de regulación previo a regulación) (Ruptura total y 20% del diámetro total) (Escenario que se puede localizar en el NODO 2A y 2B del Anexo 1)

A pesar de que presentan un riesgo menor, es ideal y práctico realizar la modelación de los nodos 3 y 4, los cuales mostrarán radios de afectación en caso de fuga.

- Gasoducto de polietileno de 4” de diámetro a baja presión (cabe mencionar que se evalúa la tubería de la ERM del usuario previo a regulación) (Ruptura total y 20% del diámetro total) (Escenario que se puede localizar en el NODO 3A y NODO 3B Anexo 1)

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

- Estación de Regulación y Medición del usuario, posterior a regulación (Escenario que se puede localizar en el NODO 4 y Anexo 1).

Justificación de la metodología seleccionada

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

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

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

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

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

Metodología Índice de Mond

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

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

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

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

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

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

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

VII.4.4 Proceso de Cálculo del Índice de Mond

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

VII.4.5 Primera Fase de Cálculo

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

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

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

VII.4.6 Segunda Fase de Cálculo

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

Riesgos Especiales del Material

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

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

Riesgos Generales del Proceso

- Manejo y cambios físicos
- Características de la reacción
- Reacciones Batch
- Multiplicidad de reacciones

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

- Desplazamiento de material
- Contenedores Transportables

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

Riesgos Especiales del Proceso

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

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

Riesgos Asociados a las Cantidades

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

Riesgos Asociados a la Implantación

Altura en metros (**H**)

Área de Trabajo en m² (**N**)

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

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

Riesgos Asociados a Daños Graves a la Salud

- Efectos sobre la piel
- Efectos por inhalación

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

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

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

Riesgos Asociados a la Contención

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

Riesgos Asociados al Control del Proceso

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

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

Actitud con Respecto a la Seguridad

- Implicación por parte de la dirección
- Entrenamiento de seguridad
- Procedimientos y mantenimiento de seguridad

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

Protección Contra Incendio

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

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

Aislamiento

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

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

Lucha Contra Incendios

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

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

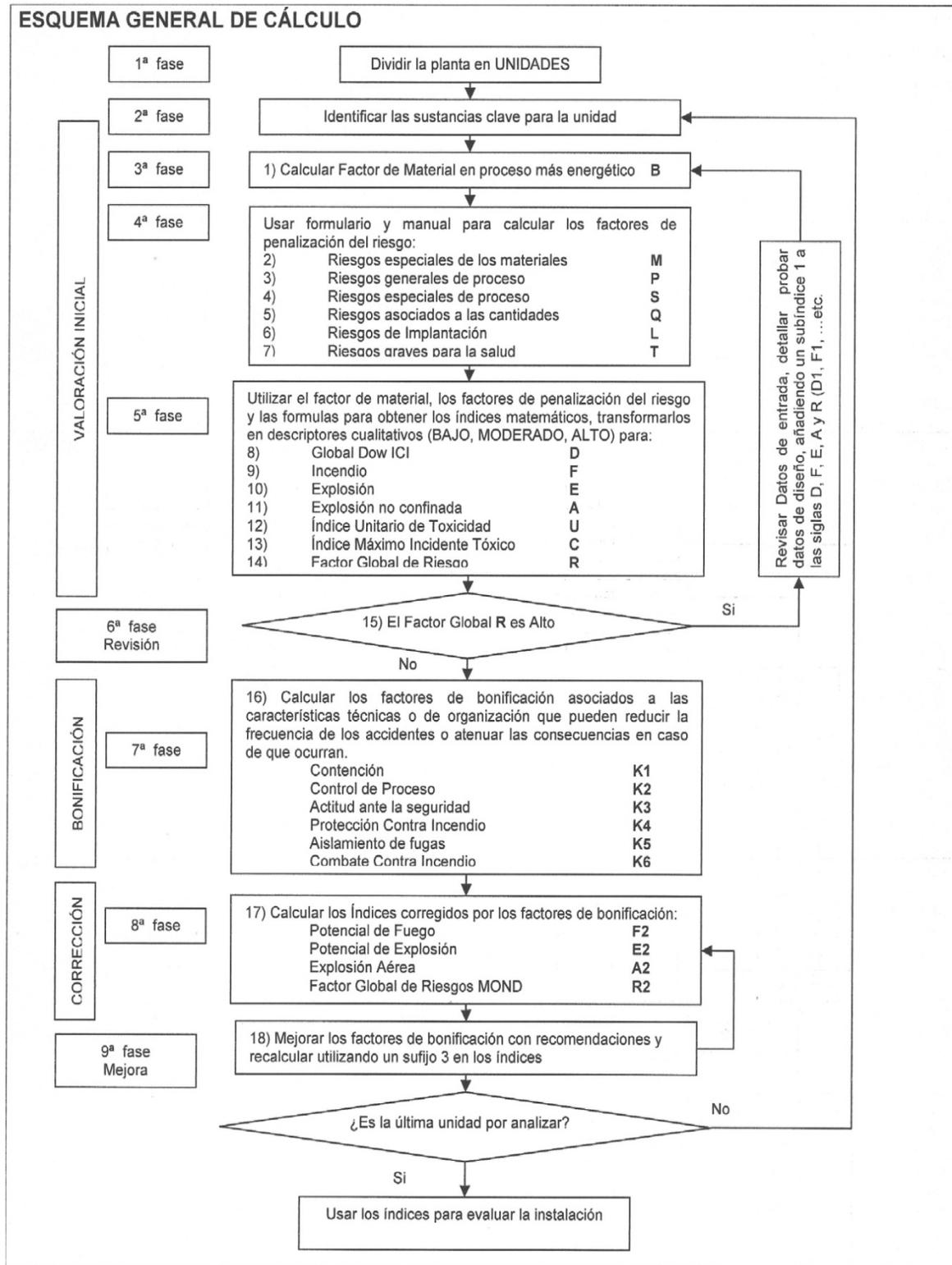


Figura 14 Diagrama de Flujo del Método

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

VII.4.7 Rangos de Clasificación de los Diferentes Índices Calculados

Cálculo del Índice Global DOW/ICI

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

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

Tabla 8 Grado de riesgo

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

Cálculo de Potencial de Fuego

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

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

Tabla 25 Registros de incidentes

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

Cálculo de Potencial de Explosión

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

Tabla 26 Potencial de explosión

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

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

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

Tabla 27 Índice de explosión varios valores A

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

Cálculo de Riesgos de Toxicidad

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

Tabla 28 Categorías de toxicidad (U)

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

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

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Tabla 29 Categorías de toxicidad (C)

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

Cálculo de Factor Global de Riesgos (MOND)

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

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

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

Tabla 30 Categorías de toxicidad (R)

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

VII. Resumen de la aplicación del índice de Mond al proyecto

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

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

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

En el caso de propuestas para un sistema nuevo, pueden existir pocas posibilidades de efectuar cambios a menos que se efectúe una investigación adecuada de las alternativas. Si un cambio en particular puede reducir en forma considerable el riesgo, se justifica el trabajo de investigación necesario.

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

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

VII.1.1 Tabulación de los resultados

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

Sistema de Transporte de Gas Natural

Tabla 31 Resultado índices del sistema

Índice	Inicial	Valor	Categoría
Índice DOW Equivalente	D	134.10	Muy Extremo
Índice de Riesgo de Incendio	F	0.0158	Ligero
Índice de Riesgo de Explosión Interna	E	3.4	Moderado
Índice de Riesgo de Explosión Aérea	A	3.29	Ligero
Índice Global de Riesgo	R	154.88	Moderado

Tabla 32 Resultado índices con reducción

Índice con Reducción	Inicial	Valor	Categoría
Índice DOW Equivalente Reducido	D_R	75.90	Alto
Índice de Riesgo de Incendio Reducido	F_R	0.00686	Ligero
Índice de Riesgo de Explosión Interna Reducido	E_R	1.84	Bajo
Índice de Riesgo de Explosión Aérea Reducido	A_R	0.02	Ligero
Índice Global de Riesgo Reducido	R_R	19.65	Suave

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Tabla de contenido

I. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.....	2
I.1 Radios Potenciales de Afectación	2
II.1.1 Simulación de Eventos de Riesgo.....	3
I.2 Interacciones de Riesgo	7
I.3 Efectos sobre el Sistema Ambiental.....	10
I.3.1 Descripción del Proyecto.....	10
I.3.2 Desarrollo del Estudio	11
I.3.3 Recomendaciones	14

Índice de Tablas

Tabla 33 Interacciones de Riesgo resultantes de su identificación, jerarquización y evaluación...9	
Tabla 34. Resultados por Nodo.....	11

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

I.1 Radios Potenciales de Afectación

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

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

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

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

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

- Condiciones de Operación
- Corrosión
- Flujo
- Agentes externos
- Errores humanos

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

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

En lo relativo a afectación por riesgo de actividades en las cuales se utilizan sustancias con características explosivas, tal es el caso del proyecto en cuestión para la determinación de la **zona de alto riesgo**, se establece como parámetro de afectación las ondas de sobrepresión de 0.070

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Kg/cm² (1 PSIG), tomando como zona de afectación, el área de un círculo con un radio que considera la distancia desde el punto donde se puede formar la nube explosiva y cuyo extremo representa la distancia a la cual se tiene una onda con valor equivalente a dicha sobrepresión.

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

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

NOTA: El gas natural no es tóxico, por lo que no se menciona en la tabla, sin embargo a grandes tiempos de exposición y grandes concentraciones el gas natural puede resultar asfixiante.

Criterios de zonas de afectación y seguridad

	ALTO RIESGO	AMORTIGUAMIENTO
Explosividad (sobrepresión)	0.070 Kg/cm ² (1 psig)	0.035 Kg/cm ² (0.5 psig)
Inflamabilidad (Radiación térmica)	5.0 kw/m ²	1.4 kw/m ²

II.1.1 Simulación de Eventos de Riesgo

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

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

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

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

Consideraciones primarias

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

En el *Anexo 1* se pueden verificar las memorias de cálculo correspondientes a las modelaciones realizadas para este proyecto.

Descripción de Nodos

En base a la conclusión obtenida a partir del HazOp y Matriz de Jerarquización, mostrada en el Cap. I de este estudio de riesgo, se describen los escenarios a modelar.

NODO NO. 1A: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1/2” DE DIAMETRO, EN UNA JUNTA O BRIDA EN MAL ESTADO PREVIO A LA REGULACIÓN (600 PSIG) DE LA ESTACION DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN PRINCIPAL (**ERMP**) UBICADA A 26 METROS DE LA INTERCONEXION CON EL GASODUCTO TRONCAL PROPIEDAD DE TAG PIPELINES SUR (TPS), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE ACCESGAS Y DE TPS (ADMINISTRADO POR ENGIE Y CENAGAS), CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 1B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1/2” DE DIAMETRO, EN UNA JUNTA O BRIDA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN (400 PSIG) DE LA ESTACION DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN PRINCIPAL (**ERMP**) UBICADA A 26 METROS DE LA INTERCONEXION CON EL GASODUCTO TRONCAL PROPIEDAD DE TAG PIPELINES SUR (TPS), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE ACCESGAS Y DE TPS (ADMINISTRADO POR ENGIE Y CENAGAS), CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 2A: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE AL 20% DEL DIÁMETRO NOMINAL DEL DUCTO (**0.8”**), EN UN TRAMO DE TUBO DEBIDO A UNA RUPTURA DEL MISMO, ESTO EN UN PUNTO CUALQUIERA DEL TRAYECTO DESDE LA ERM PRINCIPAL Y HASTA EL PATÍN DE REGULACIÓN (A LA ENTRADA DE LOS TERRENOS DEL USUARIO), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE OPERACIÓN DE ACCEGAS, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 2B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL DEBIDO A LA RUPTURA TOTAL DEL DUCTO (**4”**), ESTO EN UN PUNTO CUALQUIERA DEL TRAYECTO DESDE LA ERM PRINCIPAL Y HASTA EL PATÍN DE REGULACIÓN (A LA ENTRADA DE LOS TERRENOS DEL USUARIO), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **4 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE OPERACIÓN DE ACCEGAS, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 3A: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE AL 20% DEL DIÁMETRO NOMINAL DEL DUCTO (**0.8”**), EN UN TRAMO DE TUBO DEBIDO A UNA RUPTURA DEL MISMO, ESTO EN UN PUNTO CUALQUIERA DEL TRAYECTO DESDE EL PATÍN DE REGULACIÓN Y HASTA LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN DE INPOSA, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE OPERACIÓN DE ACCEGAS, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 3B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL DEBIDO A LA RUPTURA TOTAL DEL DUCTO (**4”**), ESTO EN UN PUNTO CUALQUIERA DEL TRAYECTO DESDE EL PATÍN DE REGULACIÓN Y HASTA LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN DE INPOSA, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **4 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE OPERACIÓN DE ACCEGAS, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 4: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1/4” DE DIAMETRO, EN UNA JUNTA O BRIDA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN DE LA ESTACION DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN DE INPOSA, UBICADA EN LOS PREDIOS DEL USUARIO, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE INPOSA Y DE ACCESGAS, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

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

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

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

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

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

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

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

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

Cumpliendo siempre con las especificaciones técnicas establecidas por la NOM-007-SECRE-2016 y el Código ASME B31.3 Process Piping Code, API STD 1104 Standard for Welding Pipelines and Related Facilities, los cuales se utilizan internacionalmente en los sistemas de transporte de gas natural.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

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

Para realizar la modelación de una fuga de **gas natural**, se consideraron las peores condiciones posibles, es decir, por ejemplo, el caso de una fuga que no es detectada y atendida a tiempo, con una **estabilidad atmosférica tipo F**, o sea muy estable, de noche, con nubosidad poco densa y sin capa de inversión durante por lo menos 10 minutos.

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

Los planos o representación gráfica de los radios de afectación podrán verificarse en el *Anexo 4*.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

I.2 Interacciones de Riesgo

Realizar un análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos o instalaciones próximas a la instalación o proyecto que se encuentren dentro de la zona de alto riesgo, indicando las medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de estas.

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

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

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

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

Los análisis de consecuencias y riesgos consisten en generar situaciones de riesgo o los denominados posibles escenarios de riesgo. En la simulación de los peores escenarios no se consideró intencionalmente ninguna de las medidas de seguridad con que se cuenta (sistemas de control y mecanismos o procedimientos de respuesta) con el fin de visualizar el grado de afectación que tendría lugar en cada uno de los eventos máximos catastróficos considerados durante la modelación.

De acuerdo con los levantamientos realizados en campo, el Sistema de Transporte de Gas Natural no tendrá interacción con otras áreas, equipos o instalaciones, solo tendrá interacción con los aspectos ya identificados en la descripción del proyecto:

NODO	DESCRIPCIÓN	INTERACCIÓN	MEDIDA PREVENTIVA
1	ERM Principal (incluye tubería de interconexión)	Conexión con tubería de 42” (Ramones Fase II Sur) propiedad de TPS	<p>La ERM tendrá que estar delimitada con muros.</p> <p>Dar mantenimiento y verificar de forma adecuada las válvulas de seccionamiento y reguladores de presión.</p> <p>Contar con un plan de atención de emergencias e involucrar a TPS o quien administre el ducto de 42”.</p>

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

NODO	DESCRIPCIÓN	INTERACCIÓN	MEDIDA PREVENTIVA
2	Tubería de Transporte de Gas Natural AC* (Incluye Estación de regulación previo a regulación)	Cruce carretero (camino “Guadalupe – El Tejocote”) Cruce cuerpo de agua Entrada a terrenos de Invernaderos Potosinos	Realizar los cruces bajo una ingeniería aprobada por los encargados de administrar el camino carretero y cuerpo de agua. Seguir los planes y procedimientos de operación y mantenimiento del STGN. Capacitar a personal para la correcta operación del gasoducto. Verificación del gasoducto de forma continua
3	Tubería de Transporte de Gas Natural PE*	Edificio y camino de acceso a la planta del usuario	Cuidar las condiciones de operación de la red de polietileno Contar con un plan de inspección que coincida con los planes del usuario Señalamientos adecuados dentro de las instalaciones de Inposa
4	ERM Inposa	Área de servicios del usuario	Verificar correcto funcionamiento y dar mantenimiento a válvulas y reguladores de la ERM ERM delimitada para que no intervengan personas ajenas a la operación de la misma. Respetar las distancias marcadas en Norma con respecto a distintos recintos.

* Estas interacciones se darían en algún punto del gasoducto el cual va enterrado, más no en algún lugar techado o confinado, por lo que el gas natural en caso de fuga no encontraría ambiente explosivo, y en consecuencia no presenta efecto domino.

* Es importante mencionar que el gas natural debido a sus características tiende a elevarse y dispersarse, por lo que posterior a salir de la tierra, no formaría alguna nube explosiva a nivel de piso.

Ahora describiremos las interacciones de riesgo, en caso de presentarse algún evento inesperado como es la fuga de gas natural, lo cual se simuló en los eventos planteados anteriormente, también se presentan las recomendaciones de forma inmediata, en el Cap. I y III se mencionan las medidas preventivas para evitar algún suceso inesperado:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

ANÁLISIS DE LAS ZONAS DE ALTO RIESGO		
EVENTOS	CONSECUENCIAS	RECOMENDACIONES
I. Fuga de Gas Natural en ERM Principal, antes y después de regulación	a) Formación de dardos de fuego, nubes inflamables y nubes de vapor, capaces de alcanzar daños a suelo y probable vegetación b) Baja probabilidad de efecto domino debido a válvulas de corte. c) Posible paro del STGN	<ul style="list-style-type: none"> - Cerrar las válvulas de seccionamiento que se encuentren corriente arriba de la fuga. - Tratar de controlar la fuga - Dar voz de alarma. - Informar vía telefónica al área de seguridad y medio ambiente de Accesgas y TPS.
II. Fuga de Gas Natural en la tubería de acero al carbón (incluye estación de regulación antes de regulación)	a) Formación de dardos de fuego, nubes inflamables y nubes de vapor, capaces de alcanzar daños a suelo, vegetación, probablemente a trabajadores del campo, tramos carreteros y entrada a la planta de usuario. b) Baja probabilidad de efecto domino, debido a válvulas de corte en ERM principal y estación de regulación c) Alta probabilidad de paro del STGN para reparación	<ul style="list-style-type: none"> - Cerrar válvulas de seccionamiento que se encuentren corriente arriba y abajo de la fuga. - Controlar la fuga. - Dar voz de alarma. - Informar vía telefónica al área de seguridad y medio ambiente de ACCESGAS - Hacer las reparaciones inherentes al problema
III. Fuga de Gas Natural en tubería de polietileno (incluye estación de regulación posterior a regulación)	d) Formación de dardos de fuego, nubes inflamables y nubes de vapor, capaces de alcanzar daños a suelo, probablemente a trabajadores de la planta, tramos carreteros e infraestructura del usuario. e) Baja probabilidad de efecto domino, debido a válvulas de corte de la estación de regulación y la poca distancia, a parte de que no hay lugares confinados. f) Probabilidad de paro del STGN	<ul style="list-style-type: none"> - Cerrar válvulas de seccionamiento que se encuentren corriente arriba de la fuga. - Controlar la fuga. - Dar voz de alarma. - Informar vía telefónica al área de seguridad y medio ambiente de Accesgas y Usuario - Hacer las reparaciones inherentes al problema. - Mantener el resto del sistema de regulación y medición protegido
IV. Fuga de Gas Natural en ERM de Invernaderos Potosinos	g) Formación de dardos de fuego, nubes inflamables y nubes de vapor, capaces de alcanzar daños a suelo, probablemente a trabajadores de la planta, e infraestructura del usuario. h) Baja probabilidad de efecto domino, debido a válvulas de corte de la estación del usuario	<ul style="list-style-type: none"> - Control inmediato de cualquier conato de incendio. - Cerrar válvulas de seccionamiento que se encuentren corriente arriba y debajo del sistema total. - Aplicar plan de contingencias. - Suspender todas las operaciones que conlleven un riesgo de fuego y explosión, cerrar todas las válvulas de seccionamiento. - Dar voz de alarma. - Informar vía telefónica al área de seguridad y medio ambiente de Accesgas y Usuario - Aplicar el plan de contingencias de acuerdo a la magnitud y características del siniestro como medida de protección interna y como apoyo al exterior.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

I.3 Efectos sobre el Sistema Ambiental

Este proyecto para suministro del hidrocarburo a Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, en el Estado de Guanajuato, se realizó apegándose a los lineamientos que señala la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016 “Sistema de Transporte de Gas Natural”.

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

I.3.1 Descripción del Proyecto

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

a) Sistema de Transporte de Gas Natural

En el análisis se incluirán las líneas de servicio involucradas, así como la Estación de Regulación y Medición principal, la estación de regulación y la ERM del usuario final.

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

Para este apartado se mencionan los resultados obtenidos después de identificados los nodos, fallas y riesgos que representan a través de la metodología HazOp, Matriz de Jerarquización y el índice de Mond, éste último para saber el riesgo que implica un sistema como estos:

De acuerdo a los radios de afectación y a las distancias de riesgo y amortiguamiento obtenidas podemos observar las imágenes del Anexo 4, los componentes ambientales, asentamientos humanos y comerciales que pueden resultar impactados por cada Nodo o evento modelado. A continuación se muestran los efectos resultantes de acuerdo a resultados:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

I.3.2 Desarrollo del Estudio

Efectos Identificados por Nodo

Tabla 34. Resultados por Nodo

		Nodos						
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4
Dardos de fuego	Distancias	Amortiguamiento: 72.84 m Riesgo: 36.57 m	Amortiguamiento: 60.04 m Riesgo: 30.17 m	Amortiguamiento: 48.15 m Riesgo: 24.07 m	Amortiguamiento: 239.87 m Riesgo: 120.09 m	Amortiguamiento: 23.16 m Riesgo: 11.58 m	Amortiguamiento: 115.82 m Riesgo: 57.91 m	Amortiguamiento: 14.63 m Riesgo: 7.31 m
	Efectos	Suelo (Modificación de las características del suelo) Flora (Modificación vegetal) Fauna (Distribución de especies)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Flora (Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Flora (Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Fauna (Distribución de especies de la zona) Infraestructura (Baja posibilidad de impacto a edificaciones de la empresa) Vías de comunicación (Afectación en vialidades externas al usuario) Social (Posibles quemaduras a pobladores o trabajadores de la zona)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Flora (Modificación vegetal) Infraestructura (Poca afectación a edificaciones del usuario) Fauna (Distribución de especies de la zona) Vías de comunicación (Afectación en tramos carreteros y vialidades del usuario) Social (Afectación a trabajadores de la zona) Salud Humana (Posibles quemaduras, y afectaciones que se pueden tratar con primeros auxilios)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Infraestructura (Posibilidad de impacto a edificaciones del usuario) Salud Humana (Posible afectación a trabajadores de la zona)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Infraestructura (Afectación a edificaciones de los terrenos del usuario) Vías de comunicación (Afectación a vialidades del usuario) Social (Afectación a trabajadores de la zona) Salud Humana (Posibles quemaduras, y afectaciones que se pueden tratar con primeros auxilios)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Infraestructura (Posible afectación mínima de la ERM)

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Nube de Gas inflamable	Distancias	Distancia de Riesgo: 51.82 m Ancho máximo de Riesgo: 46.63 m	Distancia de Riesgo: 42.06 m Ancho máximo de Riesgo: 37.79 m	Distancia de Riesgo: 71.62 m Ancho máximo de Riesgo: 64.61 m	Distancia de Riesgo: 277.36 m Ancho máximo de Riesgo: 221.89 m	Distancia de Riesgo: 31.08 m Ancho máximo de Riesgo: 28.04 m	Distancia de Riesgo: 148.74 m Ancho máximo de Riesgo: 133.80 m	Distancia de Riesgo: 8.83 m Ancho máximo de Riesgo: 7.92 m
	Efectos	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Flora (Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Flora (Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Fauna (Distribución de especies)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Flora (Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Fauna (Distribución de especies de la zona) Salud Humana (Posible asfixia o afectación en respiración de trabajadores de la zona) Infraestructura (Baja posibilidad de contaminación de edificaciones del usuario)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Flora (Poca Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Fauna (Distribución de especies) Infraestructura (Poca Afectación a edificaciones del usuario) Salud Humana (Posible afectación a trabajadores de la zona)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Salud Humana (Posible afectación o asfixia de trabajadores del usuario) Infraestructura (Posibilidad de impacto a edificaciones del usuario)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Infraestructura (Afectación a edificaciones de los terrenos del usuario) Social (Afectación a trabajadores de la zona) Salud Humana (Posibles quemaduras, y afectaciones que se pueden tratar con primeros auxilios)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos)
Nube de vapor	Distancias	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 34.74 m	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 28.65 m	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 47.54 m	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 192.93 m	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 21.64 m	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 94.79 m	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 7.31 m
	Efectos	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Flora (Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Fauna (Distribución de especies)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Flora (Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Fauna (Distribución de especies)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Flora (Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Fauna (Distribución de especies de la zona) Salud Humana (Posible asfixia o afectación en respiración de trabajadores de la zona) Infraestructura (Baja posibilidad de contaminación de edificaciones del usuario)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Flora (Poca Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Fauna (Distribución de especies) Infraestructura (Poca Afectación a edificaciones del usuario) Salud Humana (Posible afectación a trabajadores de la zona)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Salud Humana (Posible afectación o asfixia de trabajadores del usuario) Infraestructura (Posibilidad de impacto a edificaciones del usuario)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Infraestructura (Afectación a edificaciones de los terrenos del usuario) Social (Afectación a trabajadores de la zona) Salud Humana (Posibles quemaduras, y afectaciones que se pueden tratar con primeros auxilios)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos)

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

				contaminación de edificaciones del usuario)	de a trabajadores de la zona) Vías de comunicación (Afectación en tramos carreteros y también a vialidades del usuario)		pueden tratar con primeros auxilios)	
--	--	--	--	---	---	--	--------------------------------------	--

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

I.3.3 Recomendaciones

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

Técnicas

- Es muy conveniente que se mantenga la cobertura de extintores en las estaciones de regulación y medición del STGN.
- Contar con detectores de gas natural y de ambientes explosivos en las estaciones, así como detectores portátiles para los operadores del sistema.
- Mantener en condiciones óptimas los sistemas de contención y salvaguardas.
- Ya que se cuenta con válvulas de seccionamiento, se recomienda darle el mantenimiento correspondiente.
- Debido a que los reguladores son equipo crítico para las condiciones de operación, dar un mantenimiento adecuado.
- Verificar estado de las juntas, bridas, accesorios y tubería expuesta tanto de las ERM's como del ramal
- Realizar recorrido con un sistema o equipo para detectar fugas a lo largo del STGN.
- Las estaciones de regulación y medición deberán contar con una ventilación adecuada.

Administrativas

- Contar con un buen control y archivo de los programas de inspección técnica y seguridad (calibración de tuberías, equipos y válvulas de seguridad, pruebas de hermeticidad, etc.).
- Implementar un programa de integridad mecánica basado en el código API-581 (Inspección basada en riesgos).
- Elaborar e implementar un programa de capacitación efectiva teórico-práctica del personal operativo tanto en cuestiones operativas como de atención en caso de emergencia.
- Mantener en las áreas operativas y de mantenimiento los procedimientos de emergencia generales y específicos para cada área.
- Documentar de forma sencilla y ordenada la estructura, organización y responsabilidades definidas, de todos los involucrados con la atención de emergencias en el sistema de transporte.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

- Revisión continua del cumplimiento normativo involucrado, así como acceso, difusión y cumplimiento de la normatividad aplicable vigente.
- Administración y documentación adecuada de los cambios durante todas y cada una de las fases del proyecto, acorde a los programas establecidos por el área de seguridad correspondiente
- Planes de respuesta a emergencias para escenarios de riesgo mayor, así como la búsqueda de la conformación y/o participación con algún Comité o autoridad local.
- Contar en las instalaciones y gerencias de área con los procedimientos de operación, mantenimiento y seguridad por escrito.
- Realizar reuniones continuas en las que se acuerden con los encargados y supervisores, los pasos a seguir para mantener una cultura de seguridad en el sistema.

Operación y Mantenimiento

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V.,
en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Contenido

<i>I. Señalamiento de las Medidas de Seguridad y Preventivas en Material Ambiental.....</i>	<i>2</i>
I.1 Recomendaciones Técnico-Operativas.....	2
I.1.1 Sistemas de Seguridad.....	5
I.1.2 Medidas Preventivas.....	9

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

III.1 Recomendaciones Técnico-Operativas

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

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

Recomendaciones técnico-operativas

En la tabla que se encuentra en el punto III.2, se hace mención a las medidas preventivas y de mitigación en base a los riesgos identificados previamente bajo metodologías seleccionadas, sin embargo a continuación se mencionan algunas recomendaciones que valen la pena enlistar para minimizar o evitar contingencias durante las etapas del desarrollo del Sistema de Transporte de Gas Natural:

Etapa de Construcción

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

de vigilar la calidad y procesos constructivos, vigilarán la seguridad de las operaciones. Se tomarán todas las medidas de seguridad y de prevención de accidentes.

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

Etapas de Operación

- Se contará con un Plan de Atención a Emergencias que se implementará durante la ejecución de los trabajos.
- Supervisar la correcta implementación del sistema de detección de fugas (equipos, procedimientos, etc), de tal manera que se minimice el tiempo de respuesta para evitar daño.
- No exceder las condiciones de diseño, principalmente la presión en cada etapa del Sistema de Transporte de Gas Natural, establecida para evitar fracturas en las líneas o debilitamiento de accesorios y distintos materiales.
- Se debe elaborar un Manual de Operación el cual debe estar en un lugar de acceso inmediato, donde se describa el funcionamiento de cada etapa del sistema, así como sus componentes (números de serie, marca y modelo, hoja técnica, cuando aplique) y se deberá actualizar en caso de algún cambio de equipo, de condiciones o de filosofía operacional. El manual debe contener la puesta en marcha, operación y paro. Los riesgos identificados se deberán de mencionar en algún apartado.
- Cumplir cabalmente con las actividades incluidas en el Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema mencionado.
- Iniciar una bitácora de accidentes y/o fugas en caso de que se presenten en el gasoducto para aplicar posteriormente un programa específico que ataque, evite eventos y consecuencias no deseadas.
- Monitoreo continuo, inspección y limpieza de las instalaciones exteriores, tales como estaciones de regulación y medición, y sus equipos (medidores, reguladores, filtros, etc.)
- Como equipos críticos es importante dar una supervisión precisa de los reguladores y medidores, verificando su correcta operación y condiciones.
- Capacitar al personal para que opere en forma correcta los dispositivos manuales de control, conozca los caminos de acceso y los fundamentos básicos de operación del sistema y sus componentes.
- Será indispensable llevar a cabo supervisión periódica de la trayectoria para evitar invasión al área de alojamiento y evitar también que se realicen trabajos con maquinaria pesada sobre el trayecto del gasoducto.
- Revisión y reposición (en caso de requerirse) de los señalamientos que indican la trayectoria a lo largo del recorrido del gasoducto, contemplando que se mencione el tipo de producto manejado y los teléfonos para comunicarse en caso de emergencia.
- Incluir la instalación y su administración integral al Sistema de Administración para la Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Seguridad Ambiental (SASISOPA) de la empresa, el cual es una herramienta que sustenta la gestión operativa y ambiental para mejorar el desempeño.
- Accesgas tomará las medidas preventivas y de control para evitar:
 - Incendios, emisiones y/o descargas de cualquier naturaleza, que pudieran
 - Ocasionar daños a los ecosistemas circundantes al sitio de trabajo, así como a la propiedad de terceras personas.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

- Accesgas será el responsable de los daños que se lleguen a ocasionar como consecuencia de una ejecución mal planeada o derivada de maniobras, descuidos, secuelas o problemas que generan otro tipo de contaminación a la que se pretenda eliminar o que incremente los daños ecológicos ya existentes o que repercutan en daños materiales a instalaciones, áreas superficiales o subterráneas aledañas

Etapa de Mantenimiento

- Cuando se operen Sistemas de Transporte de Gas Natural, se debe observar lo siguiente:
 - a) No se permite fumar, tener flamas abiertas o cualquier otra fuente de ignición. Se deben usar linternas que sean a prueba de explosión;
 - b) En caso de requerirse corte, éste se debe hacer con equipo mecánico y se debe aterrizar la tubería en ambos lados del corte, se debe asegurar que no exista una mezcla explosiva en el área de trabajo utilizando el equipo de detección adecuado;
 - c) Se debe revisar el potencial eléctrico de la tubería de acero. Cuando se trate de tubería de polietileno se debe prever la eliminación de corrientes estáticas. En este caso aplica.
 - d) Se debe contar con un manual de mantenimiento (contenido en el manual de operación y mantenimiento), el cual debe tener procedimientos de trabajo, detección y atención de fugas, capacitación a trabajadores y recertificación de los mismos, cambios de equipos o de infraestructura, emergencias, revisión de equipos críticos, soluciones temporales, directorio, contacto proveedores, límites de responsabilidad y contacto con responsables de unidades de suministro y de red interna.
 - e) Las válvulas de seccionamiento o de alivio de presión deben estar verificadas asegurando un funcionamiento óptimo, observando que sus puntos de ajuste de apertura o cierre sean los establecidos por diseño, que no se tenga un impedimento en su accionar, que no sufran de debilitamiento, y que se encuentre su reporte de fallas o mantenimientos realizados en una bitácora.
 - f) Antes de proceder a soldar o cortar la tubería se debe cerrar todas las válvulas de suministro, purgar la línea y ventilar el área de trabajo;
 - g) Se puede realizar trabajos en línea viva para la supresión y reparación de fugas, si se cuenta con personal calificado, procedimiento y equipo diseñado para este fin, y
 - f) En caso de requerirse iluminación artificial para realizar trabajos, se deben utilizar lámparas e interruptores a prueba de explosión.

El Regulado debe obtener de forma anual, un Dictamen de Operación y Mantenimiento por una Unidad de Verificación, en el que conste el cumplimiento de los requisitos establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana para esta etapa.

El Dictamen al que se refiere el párrafo anterior, debe ser entregado a la autoridad correspondiente, en los primeros tres meses de cada año, una vez cumplido el primer año de operaciones.

Área de Seguridad:

- Será necesario establecer cursos intensivos de capacitación, entrenamiento de personal y elaboración de simulacros.
- Generar las alianzas necesarias con las autoridades locales de atención a emergencias, así como con las empresas vecinas y localidades cercanas.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

I.1.1 Sistemas de seguridad

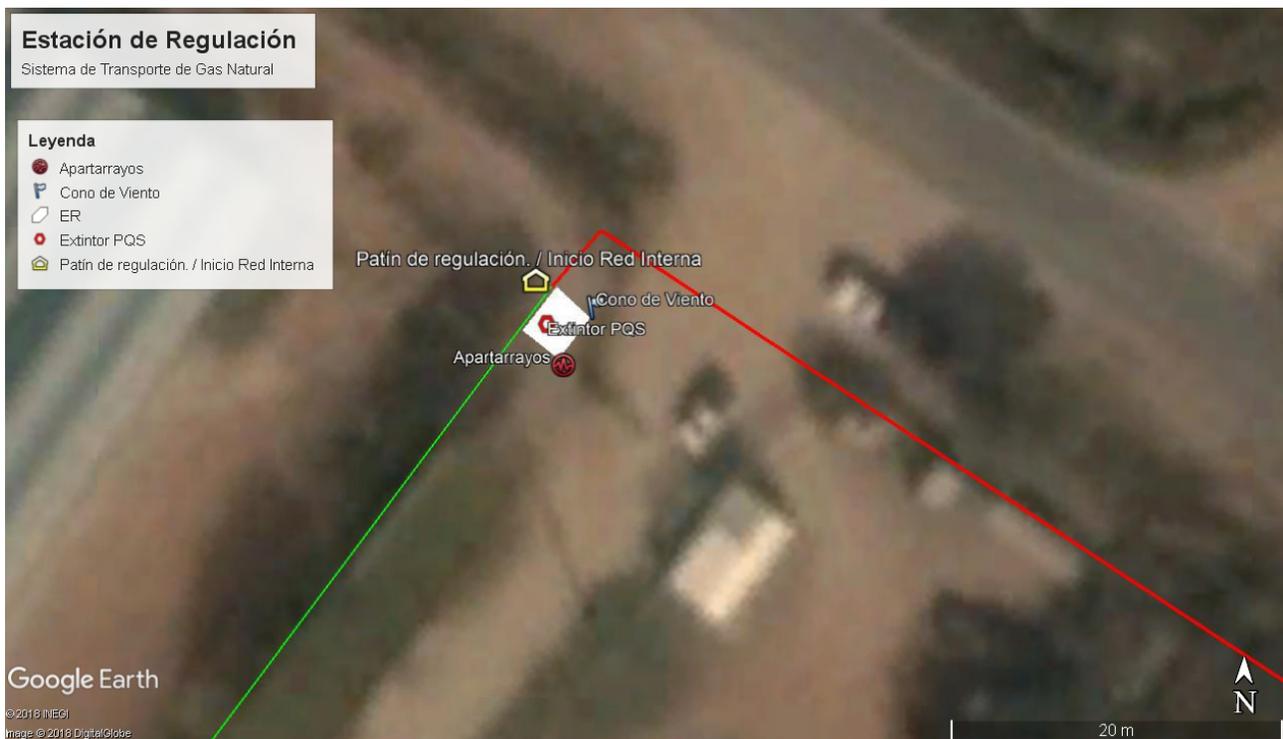
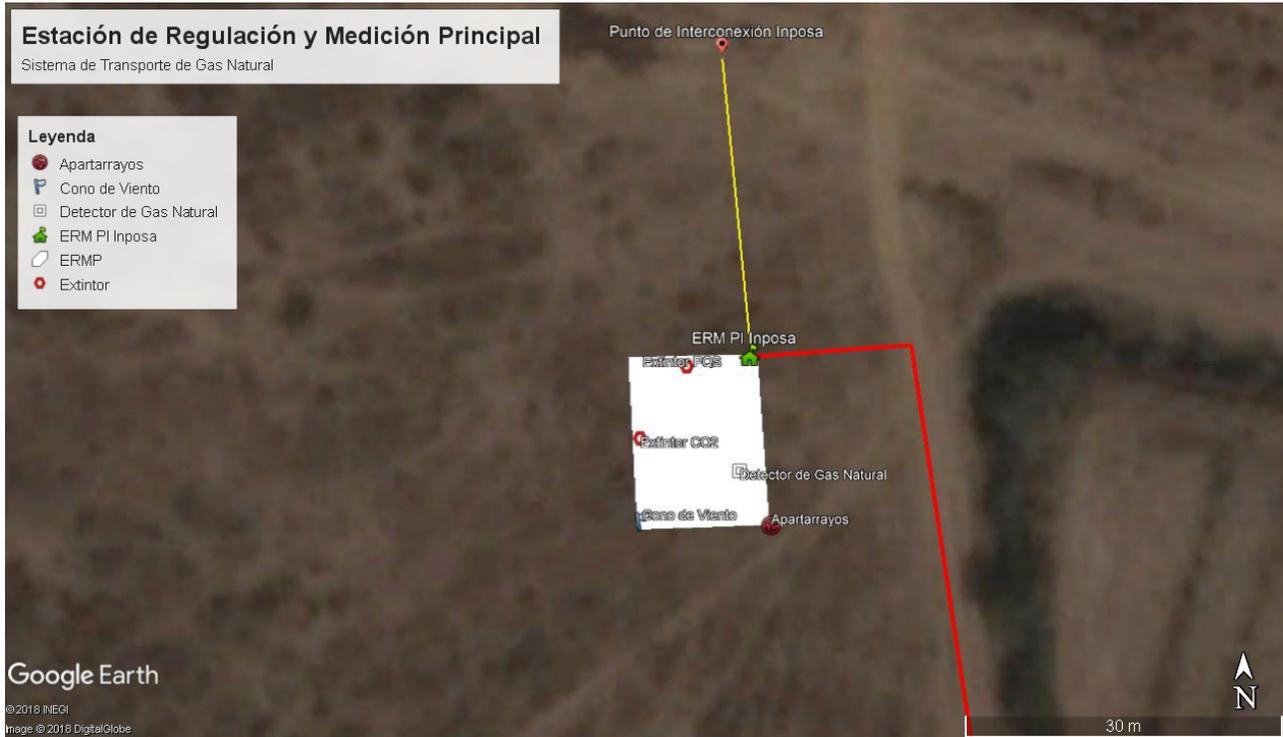
Descripción de las medidas, equipos y dispositivos de seguridad

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

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Como dispositivos de seguridad, se deben contar al menos con extintores PQS y de CO2 en la estación de regulación y medición principal, y extintores PQS para el resto de estaciones, así como detectores de gas natural fijos, cono de viento, señalización (a la entrada y a un costado de la estación) y apartarrayos (sistema de tierras), la ubicación es propuesta como se ve en la siguiente imagen:



“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”



La escala es diferente la marcada en la guía, esto debido al tamaño las estaciones y la vista donde se pueden apreciar los dispositivos.

Accesgas debe tomar las medidas de prevención sobre el sistema de transporte, para disminuir la probabilidad de ocurrencia de un siniestro. Las medidas deben incluir como mínimo los puntos siguientes:

- a) Actualización de los planos para la localización precisa de las válvulas de seccionamiento, sistemas de regulación y medición, y sus componentes;
- b) Capacitación de los trabajadores en aspectos de seguridad en la operación y mantenimiento del Sistema de Transporte de Gas Natural (STGN);
- c) Mantenimiento preventivo al sistema, incluyendo la protección catódica de las tuberías de acero enterradas (ramal principal y punto de interconexión a estación de regulación y medición principal).
- d) Detección de fugas mediante la revisión detallada del sistema de una manera sistemática y documentada, de conformidad con lo establecido en la NOM-007-ASEA-2016.
- e) Elaboración e instrumentación de procedimientos para el trabajo en líneas vacías y vivas para la supresión y reparación de fugas.

El Sistema de Transporte deberá cumplir con los requisitos siguientes (más no es limitado):

Componentes

- Para el seccionamiento o corte de flujo de gas natural en un sistema, se deben utilizar válvulas para gas natural de cierre rápido, que soporten la presión de diseño, de acuerdo con la normatividad aplicable.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

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

Protección Contra Corrosión

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

Reguladores de Presión

- Los reguladores de presión deben instalarse precedidos de una válvula de corte de operación manual.
- La capacidad y ajuste de cada regulador de presión debe ser la apropiada al servicio que presten.
- Los reguladores instalados en recintos cerrados que operen a una presión mayor a 34 kPa, la ventila de éstos deberá de dirigirse al exterior.
- Se debe llevar a cabo un programa continuo de inspección y reparación de reguladores para garantizar una operación segura y eficiente de estos equipos. La capacidad y el tamaño del regulador son los parámetros que se deben considerar en la frecuencia de las inspecciones y el grado de mantenimiento requerido. La revisión de estos reguladores consiste en verificar si existe alguna fuga en su diafragma y observar si hay escape de gas a través de la ventila, así como que sigan regulando las condiciones de operación establecidas.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

I.1.2 Medidas Preventivas

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

*Las medidas a continuación mostradas en la tabla, son en base a los riesgos que mayormente se pueden presentar en el sistema de transporte de gas natural, así como a los posibles fallos que los ocasionan, reflejados tanto en el HazOp y la Matriz de Jerarquización, y las medidas son determinadas a partir de lo reflejado en los impactos que se perciben en los radios de afectación obtenidos de la evaluación:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V.,
en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN / MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS DE ACUERDO CON IMPACTO GENERADO						
Riesgo Identificado	Causas o Fallos	Medidas de prevención y Recomendación Sugerida		Medidas de Mitigación		
		No.	Descripción	Descripción		
Fuga de Gas Natural	Fracturas en tubería.	FG.1	Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de corrosión o debilitamiento de tubería.	<p>En este apartado cuando se presenta un impacto, es al generarse una fuga de gas natural, la misma puede ocasionar:</p> <p>*Dardos de fuego *Nubes inflamables y nubes de vapor</p> <p>NOTA: En el caso de nubes inflamables y nubes de vapor (cabe mencionar que debido a que la estación tendrá ventilación, no existirá riesgo de explosión o incendio por confinamiento)</p>		
		FG.2	Contar con válvulas de seccionamiento que aislen el sistema.		<i>Dardos de Fuego</i>	
		FG.3	Contar con detectores de gas natural e índice de zona explosiva		<i>Afectación</i>	<i>Medida</i>
		FG.4	Al momento de presentarse una fuga, cerrar válvulas que se encuentren corriente arriba y debajo de la fuga, con el fin de aislar el tramo o instrumento dañado.		Suelo y/o vegetación	Se propone la remediación del cual resulte impactado, dejando el sitio en condiciones originales.
		FG.5	Informar a los involucrados que puedan dar solución al evento.		Personal o Población	Se brindarán los primeros auxilios y en caso de requerir una mayor atención, trasladar a la clínica más cercana al punto.
	Fracturas en accesorios o instrumentación.	FG.6	Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de unión de accesorios o instrumentos.		Infraestructura	Se propone reparar el daño y las consecuencias que traiga el mismo.
		FG.7	Se siguen recomendaciones R.2, R.3 y R.5		<i>Nubes Inflamables</i>	
	Operación inadecuada de la estación.	FG.8	Contar con un programa de pruebas de hermeticidad y recertificación de materiales acorde con recomendaciones de fabricante y normatividad.		<i>Afectación</i>	<i>Medida</i>
					Personal o Población	Se propone, contar con un procedimiento adecuado de personal para controlar la situación, mantener la zona sin personas o alguien ajeno, y alejarse de lugares confinados cercanos, detectando la nube a partir de un detector portátil de gas natural.
FG.9	Capacitación adecuada del personal a operar la estación.	<i>Afectación</i>	<i>Medida</i>			
			Personal o Población	Se atenderán con primeros auxilios a las		

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V.,
en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN / MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS DE ACUERDO CON IMPACTO GENERADO						
Riesgo Identificado	Causas o Fallos	Medidas de prevención y Recomendación Sugerida		Medidas de Mitigación		
		No.	Descripción	Descripción		
		FG.10	Realizar bitácoras para reportar el mantenimiento, fallas y reparaciones a la estación.		personas involucradas, verificando que la persona no se encuentre en un estado anormal. Asimismo ofrecer oxígeno a la gente que sienta dificultad para respirar.	
Fracturas de material	Operación inadecuada de la estación	FM.1	Capacitación adecuada del personal a operar la estación.	<p>NOTA: EN CASO DE PRESENTARSE FRACTURAS DE MATERIAL, SE GENERARÍA UNA FUGA DE GAS NATURAL, POR LO QUE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN SERÍAN LAS MENCIONADAS EN EL PUNTO ANTERIOR.</p> <p>En este apartado cuando se presenta un impacto, es al generarse una fuga de gas natural, la misma puede ocasionar:</p> <p>*Dardos de fuego *Nubes inflamables y nubes de vapor</p>	<i>Dardos de Fuego</i>	
	Falta de mantenimiento	FM.2	Contar con programas de operación y mantenimiento de la estación		<i>Afectación</i>	<i>Medida</i>
		FM.13	En caso de presentarse alguna fractura, aislar el tramo dañado, y reemplazar bajo procedimiento autorizado. Se debe contar con un stock de tubería e instrumentos.		Suelo y/o vegetación	Se propone la remediación del cual resulte impactado, dejando el sitio en condiciones originales.
		FM.14	Calibrar y certificar los materiales acordes con proveedor y normas.		Personal o Población	Se brindarán los primeros auxilios y en caso de requerir una mayor atención, trasladar a la clínica más cercana al punto.
	Falta de supervisión	FM.15	Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de corrosión o debilitamiento de tubería..		Infraestructura	Se propone reparar el daño y las consecuencias que traiga el mismo.
		FM.16	Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de unión de accesorios o instrumentos		<i>Nubes Inflamables</i>	
	Falta de procedimientos	FM.17	Contar con un programa de supervisión y procedimientos definidos que puedan consultar los operadores para evitar el riesgo		<i>Afectación</i>	<i>Medida</i>
				Personal o Población	Se propone, contar con un procedimiento y adiestramiento adecuado de personal para controlar la situación, mantener la	

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V.,
en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN / MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS DE ACUERDO CON IMPACTO GENERADO						
Riesgo Identificado	Causas o Fallos	Medidas de prevención y Recomendación Sugerida		Medidas de Mitigación		
		No.	Descripción	Descripción		
		FM.18	Verificar que se cuente con dictámenes de diseño y certificado de materiales y accesorios (e instrumentos).	NOTA: En el caso de nubes inflamables y nubes de vapor (cabe mencionar que debido a que la estación tendrá ventilación, no existirá riesgo de explosión o incendio por confinamiento)	zona sin personas o alguien ajeno, y alejarse de lugares confinados cercanos, detectando la nube a partir de un detector portátil de gas natural.	
		FM.19	Reportar en una bitácora el estado de los materiales.		Se atenderán con primeros auxilios a las personas involucradas, verificando que la persona no se encuentre en un estado anormal. Asimismo ofrecer oxígeno a la gente que sienta dificultad para respirar.	
		FM.20	Actualizar los procedimientos cada que haya cambio de condiciones de operación, de equipo, de filosofía operacional o en base a normatividad.			
Ausencia de Flujo de Gas Natural	Válvulas en Mal Estado	AF.1	Calibrar válvulas y accesorios	No existirán impactos debido a este riesgo	<i>No se presentan Dardos de fuego ni nubes inflamables o de vapor</i>	
	Operación y diseño inadecuado de la estación	AF.2	Verificar filtros y sus partes internas de forma continua, o de acuerdo a recomendación de fabricante.		<i>Afectación</i>	<i>Medida</i>
		AF.3	Contar con by-pass de cada elemento crítico (reguladores, medidor, filtro, etc.).		-----	-----
		AF.4	Capacitación adecuada del personal a operar la estación.		-----	-----

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Contenido

I. RESUMEN	2
I.1 Señalar las conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental.....	2
I.2 Resumen de la Situación General que presenta el Proyecto en materia de Riesgo Ambiental.....	2
I.2.1 Descripción del Proyecto.....	3
I.2.2 Alcance	3
I.2.3 Identificación de Riesgos	3
I.3 Radios potenciales de afectación	4
I.3.1 Simulación de Eventos de Riesgo.....	5
I.4 Recomendaciones.....	10
I.5 Informe Técnico.....	10

Índice de Tablas

Tabla 45 Resultados por nodo.....	7
-----------------------------------	---

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

I. Resumen

I.1 Señalar las conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental

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

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

Este proyecto para suministro del hidrocarburo a Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, en el Estado de Guanajuato, se realizó apegándose a los lineamientos que señala la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016 “Sistema de Transporte de Gas Natural”.

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

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

I.2.1 Descripción del Proyecto

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

a) Sistema de Transporte de Gas Natural

En el análisis se incluirán las líneas de servicio involucradas, así como la Estación de Regulación y Medición principal, la estación de regulación y la ERM del usuario final.

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

I.2.2 Alcance

El presente estudio comprende la aplicación de diversos métodos para el estudio de los riesgos ambientales involucrados en el desarrollo del proyecto del Sistema de Transporte de Gas Natural al que refiere el presente documento, así como las medidas de prevención y mitigación propuestas.

I.2.3 Identificación de Riesgos

Con base en diferentes criterios de selección, se determinó utilizar las metodologías de evaluación tales como: lista de verificación, HAZOP, Matriz de jerarquización y el índice de Mond como las mejores para evaluar el riesgo ambiental que presenta la ejecución del presente proyecto, siendo el antecedente para la descripción de los radios potenciales de afectación.

- **Lista de verificación**

Su objetivo es identificar los requerimientos legales necesarios para la ejecución del proyecto, basándose en la norma oficial mexicana NOM-007-SECRE-2016; Transporte de Gas Natural. Como resultado, se obtuvo un listado con las actividades y medidas necesarias que son de aplicación al proyecto. La tabla se puede consultar en el Anexo 1.

- **HAZOP**

Con el objetivo de descubrir variaciones probables al proceso, que pueden originar riesgos al personal, al proceso o a las instalaciones, se hizo un análisis HAZOP, mediante el cual se cuestionan cada una de las partes críticas del proceso. Resultado de la aplicación de esta metodología se obtuvo una matriz, en la que se identificaron los casos (eventos) más críticos en cada uno de los tres nodos propuestos en el sistema, con base en su magnitud y probabilidad. La matriz completa puede ser consultada en el Anexo 1.

- **Matriz de jerarquización de Riesgos**

Ésta, permite identificar de manera más visual los riesgos identificados con la metodología anterior, mediante la calificación de su frecuencia y severidad. En el desarrollo de la presente metodología se han considerado 8 fallos principales por nodo, los cuales han sido seleccionados de acuerdo con los resultados del análisis HAZOP (fuga de gas natural, fracturas de material, ausencia de flujo, no mantenimiento, no supervisión ni procedimientos, condiciones de operación excedidas, no existencia de capacitación y no existencia de sistemas ni atención a emergencias).

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Como resultado, se identificó la cantidad de riesgos categorizados en un nivel alto, medio-alto, medio y baja en cada nodo, concluyendo que el nodo 1 y 2 es el que presenta mayores riesgos, el nodo 3 y 4 presenta en su mayoría riesgos aceptables, tal como se describe en las conclusiones del estudio de riesgo.

De igual forma, los fallos con mayor severidad fueron la fuga de gas natural, fracturas del material, no mantenimiento y condiciones de operación excedidas.

- **Índice de Mond**

Es un índice de riesgo de incendio y explosión aplicable a industrias de proceso de gran capacidad productiva, basado en la asignación de penalizaciones y/o bonificaciones a diferentes áreas e instalaciones de un proyecto. Este análisis se realizó de forma integral para finalmente obtener un índice Global de Riesgo en dos casos; sin ninguna medida de prevención y/o seguridad y con todas estas medidas.

El **Índice Global de Riesgo** categorizó al proyecto con un riesgo *Moderado sin la implementación de ninguna medida de prevención y/o seguridad*, disminuyendo a **Suave con la aplicación de éstas**. El desarrollo completo de la metodología se puede consultar en el Anexo 1.

I.3 Radios potenciales de afectación

En esta etapa del análisis se determinan las consecuencias de los posibles eventos no deseados, utilizando un programa electrónico de simulación para poder cuantificar sus efectos.

En caso de presentarse un accidente durante el manejo y/o transporte de sustancias peligrosas tal como el gas natural, se pueden liberar a la atmósfera gases o vapores tóxicos provenientes de una fuga. Así, el factor crítico a considerar es la posible exposición de la población a concentraciones que puedan afectar severamente su salud o incluso provocar su muerte.

Para el presente proyecto es de importancia la estimación de los radios de afectación y la magnitud de los daños potenciales por la ocurrencia de un evento explosivo, considerando el personal expuesto, las instalaciones, y medio ambiente. Los riesgos potenciales tendrán una probabilidad de ocurrencia dependiendo de parámetros como son las condiciones de operación, corrosión, flujo, agentes externos y errores humanos. Las simulaciones presentadas fueron realizadas considerando las condiciones climatológicas y meteorológicas extremas de las que se tuvo disponibilidad de información además de las propiedades específicas de la sustancia estudiada.

En lo relativo a la afectación por riesgo de actividades en las cuales se utilizan sustancias con características explosivas, se determinó una **zona de alto riesgo**, estableciendo como parámetros de afectación las ondas de sobrepresión de 0.070 Kg/cm^2 (1 PSIG), tomando como zona de afectación, el área de un círculo con un radio que considera la distancia desde el punto donde se puede formar la nube explosiva y cuyo extremo representa la distancia a la cual se tiene una onda con valor equivalente a dicha sobrepresión.

Para el establecimiento de la **zona de amortiguamiento**, se estableció como parámetro de afectación 0.035 Kg/cm^2 (0.5 PSIG), tomando como zona de afectación el área de un círculo con un radio que considera la distancia desde donde se encuentra el punto de formación de la nube explosiva y cuyo extremo representa la distancia a la cual se tiene la citada onda de sobrepresión.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

I.3.1 Simulación de Eventos de Riesgo

Con los resultados obtenidos de las metodologías anteriores (HAZOP, jerarquización de riesgo), se identificó que en la Estación de Regulación y Medición principal, así como en el gasoducto de acero, el proceso tiene una mayor magnitud de riesgo, esto debido a la infraestructura que lo conforma, así como a sus condiciones de operación e interacción con agentes externos.

Se determinó también que en la tubería de polietileno es donde se localiza el menor nivel de riesgo, ya que las condiciones operativas son menos drásticas, aunque los riesgos son más frecuentes de presentarse.

Con todo esto, se establecieron los escenarios de riesgo a simular, incluyendo la zona de alto riesgo y la zona de amortiguamiento, siendo:

- Punto de entrada a la estación de regulación y medición (Previo a la Regulación) (Escenario que se puede localizar en el NODO 1 Anexo 1)
- Gasoducto de acero de 4” de diámetro a alta presión (cabe mencionar que se evalúa la tubería del patín de regulación previo a regulación) (Ruptura total y 20% del diámetro total) (Escenario que se puede localizar en el NODO 2A y 2B del Anexo 1)

A pesar de que presentan un riesgo menor, es ideal y práctico realizar la modelación de los nodos 3 y 4, los cuales mostrarán radios de afectación en caso de fuga.

- Gasoducto de polietileno de 4” de diámetro a baja presión (cabe mencionar que se evalúa la tubería de la ERM del usuario previo a regulación) (Ruptura total y 20% del diámetro total) (Escenario que se puede localizar en el NODO 3A y NODO 3B Anexo 1)
- Estación de Regulación y Medición del usuario, posterior a regulación (Escenario que se puede localizar en el NODO 4 y Anexo 1).

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

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

Los análisis de consecuencias y riesgos consisten en generar situaciones/escenarios posibles de riesgo, en la simulación de los peores escenarios no se consideró ninguna de las medidas de seguridad con las que contará el proyecto (tales como sistemas de control y mecanismos o procedimientos de respuesta) de forma intencional, con la finalidad de visualizar el grado de afectación que tendría lugar en cada uno de los eventos máximos catastróficos considerados durante la modelación. Para realizar la modelación de una fuga de gas natural, se consideraron las peores condiciones posibles, es decir, que la fuga no sea detectada ni atendida a tiempo, fugándose el gas natural, con una estabilidad atmosférica tipo F, es decir, muy estable, de noche, con nubosidad poco densa y sin capa de inversión durante por lo menos 10 minutos.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Por tanto, las modelaciones se llevaron a cabo bajo los siguientes supuestos:

NODO NO. 1A: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1/2” DE DIAMETRO, EN UNA JUNTA O BRIDA EN MAL ESTADO PREVIO A LA REGULACIÓN (600 PSIG) DE LA ESTACION DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN PRINCIPAL (**ERMP**) UBICADA A 26 METROS DE LA INTERCONEXION CON EL GASODUCTO TRONCAL PROPIEDAD DE TAG PIPELINES SUR (TPS), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE ACCESGAS Y DE TPS (ADMINISTRADO POR ENGIE Y CENAGAS), CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 1B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1/2” DE DIAMETRO, EN UNA JUNTA O BRIDA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN (400 PSIG) DE LA ESTACION DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN PRINCIPAL (**ERMP**) UBICADA A 26 METROS DE LA INTERCONEXION CON EL GASODUCTO TRONCAL PROPIEDAD DE TAG PIPELINES SUR (TPS), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE ACCESGAS Y DE TPS (ADMINISTRADO POR ENGIE Y CENAGAS), CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 2A: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE AL 20% DEL DIÁMETRO NOMINAL DEL DUCTO (**0.8”**), EN UN TRAMO DE TUBO DEBIDO A UNA RUPTURA DEL MISMO, ESTO EN UN PUNTO CUALQUIERA DEL TRAYECTO DESDE LA ERM PRINCIPAL Y HASTA EL PATÍN DE REGULACIÓN (A LA ENTRADA DE LOS TERRENOS DEL USUARIO), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE OPERACIÓN DE ACCEGAS, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 2B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL DEBIDO A LA RUPTURA TOTAL DEL DUCTO (**4”**), ESTO EN UN PUNTO CUALQUIERA DEL TRAYECTO DESDE LA ERM PRINCIPAL Y HASTA EL PATÍN DE REGULACIÓN (A LA ENTRADA DE LOS TERRENOS DEL USUARIO), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **4 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE OPERACIÓN DE ACCEGAS, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 3A: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE AL 20% DEL DIÁMETRO NOMINAL DEL DUCTO (**0.8”**), EN UN TRAMO DE TUBO DEBIDO A UNA RUPTURA DEL MISMO, ESTO EN UN PUNTO CUALQUIERA DEL TRAYECTO DESDE EL PATÍN DE REGULACIÓN Y HASTA LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN DE INPOSA, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE OPERACIÓN DE ACCEGAS, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 3B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL DEBIDO A LA RUPTURA TOTAL DEL DUCTO (**4”**), ESTO EN UN PUNTO CUALQUIERA DEL TRAYECTO DESDE EL PATÍN DE REGULACIÓN Y HASTA LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN DE INPOSA, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **4 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE OPERACIÓN DE ACCEGAS, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 4: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1/4” DE DIAMETRO, EN UNA JUNTA O BRIDA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN DE LA ESTACION DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN DE INPOSA, UBICADA EN LOS PREDIOS DEL USUARIO, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE INPOSA Y DE ACCESGAS, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

Con todo lo anterior se obtuvieron los siguientes resultados:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Tabla 35. Resultados por Nodo

		Nodos						
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4
Dardos de fuego	Distancias	Amortiguamiento: 72.84 m Riesgo: 36.57 m	Amortiguamiento: 60.04 m Riesgo: 30.17 m	Amortiguamiento: 48.15 m Riesgo: 24.07 m	Amortiguamiento: 239.87 m Riesgo: 120.09 m	Amortiguamiento: 23.16 m Riesgo: 11.58 m	Amortiguamiento: 115.82 m Riesgo: 57.91 m	Amortiguamiento: 14.63 m Riesgo: 7.31 m
	Efectos	Suelo (Modificación de las características del suelo) Flora (Modificación vegetal) Fauna (Distribución de especies)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Flora (Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Flora (Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Fauna (Distribución de especies de la zona) Infraestructura (Baja posibilidad de impacto a edificaciones de la empresa) Vías de comunicación (Afectación en vialidades externas al usuario) Social (Posibles quemaduras a pobladores o trabajadores de la zona)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Flora (Modificación vegetal) Infraestructura (Poca afectación a edificaciones del usuario) Fauna (Distribución de especies de la zona) Vías de comunicación (Afectación en tramos carreteros y también a vialidades del usuario) Social (Afectación a trabajadores de la zona) Salud Humana (Posibles quemaduras, y afectaciones que se pueden tratar con primeros auxilios)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Infraestructura (Posibilidad de impacto a edificaciones del usuario) Salud Humana (Posible afectación a trabajadores de la zona)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Infraestructura (Afectación a edificaciones de los terrenos del usuario) Vías de comunicación (Afectación a vialidades del usuario) Social (Afectación a trabajadores de la zona) Salud Humana (Posibles quemaduras, y afectaciones que se pueden tratar con primeros auxilios)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Infraestructura (Posible afectación mínima de la ERM)

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V.,
en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Nube de Gas inflamable	Distancias	Distancia de Riesgo: 51.82 m Ancho máximo de Riesgo: 46.63 m	Distancia de Riesgo: 42.06 m Ancho máximo de Riesgo: 37.79 m	Distancia de Riesgo: 71.62 m Ancho máximo de Riesgo: 64.61 m	Distancia de Riesgo: 277.36 m Ancho máximo de Riesgo: 221.89 m	Distancia de Riesgo: 31.08 m Ancho máximo de Riesgo: 28.04 m	Distancia de Riesgo: 148.74 m Ancho máximo de Riesgo: 133.80 m	Distancia de Riesgo: 8.83 m Ancho máximo de Riesgo: 7.92 m
	Efectos	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Flora (Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Flora (Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Fauna (Distribución de especies)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Flora (Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Fauna (Distribución de especies de la zona) Salud Humana (Posible asfixia o afectación en respiración de trabajadores de la zona) Infraestructura (Baja posibilidad de contaminación de edificaciones del usuario)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Flora (Poca Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Fauna (Distribución de especies) Infraestructura (Poca Afectación a edificaciones del usuario) Salud Humana (Posible afectación a trabajadores de la zona)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Salud Humana (Posible afectación o asfixia de trabajadores del usuario) Infraestructura (Posibilidad de impacto a edificaciones del usuario)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Infraestructura (Afectación a edificaciones de los terrenos del usuario) Social (Afectación a trabajadores de la zona) Salud Humana (Posibles quemaduras, y afectaciones que se pueden tratar con primeros auxilios)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos)
Nube de vapor	Distancias	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 34.74 m	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 28.65 m	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 47.54 m	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 192.93 m	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 21.64 m	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 94.79 m	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 7.31 m
	Efectos	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Flora (Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Fauna (Distribución de especies)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Flora (Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Fauna (Distribución de especies)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Flora (Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Fauna (Distribución de especies de la zona) Salud Humana (Posible asfixia o afectación en respiración de trabajadores de la zona) Infraestructura (Baja posibilidad de	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Flora (Poca Modificación vegetal) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Fauna (Distribución de especies) Infraestructura (Poca Afectación a edificaciones del usuario) Salud Humana (Posible afectación	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Salud Humana (Posible afectación o asfixia de trabajadores del usuario) Infraestructura (Posibilidad de impacto a edificaciones del usuario)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Infraestructura (Afectación a edificaciones de los terrenos del usuario) Social (Afectación a trabajadores de la zona) Salud Humana (Posibles quemaduras, y afectaciones que se	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos)

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V.,
en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

				contaminación de edificaciones del usuario)	de a trabajadores de la zona) Vías de comunicación (Afectación en tramos carreteros y también a vialidades del usuario)		pueden tratar con primeros auxilios)	
--	--	--	--	---	---	--	--------------------------------------	--

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

I.4 Recomendaciones

Una vez conociendo los tipos y grados de riesgos posibles que implica la ejecución de las diferentes etapas del proyecto, se pueden emitir una serie de recomendaciones técnicas, administrativas y de operación y mantenimiento, con la finalidad de salvaguardar la integridad de las personas involucradas y aledañas, las instalaciones, el medio ambiente y el proceso en general, las cuales se pueden resumir de la siguiente forma.

Técnicas:

- Equipos contra incendio
- Detectores de gas natural fijos y portátiles
- Detectores de ambiente explosivo
- Mantener en condiciones adecuadas las válvulas de seccionamiento, reguladores, accesorios y equipo en general
- Recorridos del STGN
- Ventilación cruzada en ERM's

Administrativas:

- Control y archivo adecuado de los programas de inspección técnica y de seguridad
- Implementación de un programa de integridad mecánica
- Capacitación teórico-práctica sobre casos de emergencia a personal operativo
- Mantener los procedimientos de emergencias generales y específicas en las áreas operativas y de mantenimiento
- Documentar la estructura, organización y responsabilidades de los involucrados en la atención de emergencias
- Revisión continua de cumplimiento normativo
- Contar con un Plan de Respuesta a Emergencias para escenarios de riesgo mayor
- Documentar por escrito y tener los procedimientos de operación, mantenimiento y seguridad en las instalaciones
- Reuniones periódicas para convenir los pasos a seguir para el mantenimiento de la seguridad en el sistema

Operación y mantenimiento:

- Programa de mantenimiento predictivo, preventivo y de refacciones para el mantenimiento correctivo
- Ajustarse a las guías correspondientes para el cumplimiento documental necesario
- Mantener un programa de capacitación y desarrollo a todo el personal de las diferentes instalaciones

I.5 Informe Técnico

El informe técnico del estudio de riesgo se encuentra formando parte del presente documento como inciso a) del *Anexo 5*.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V.,
en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

Contenido

<i>I. Identificación de los Instrumentos Metodológicos y Elementos Técnicos que sustentan la información señalada en el Estudio de Riesgo Ambiental.....</i>	<i>2</i>
I.1 Formatos de Presentación.....	2
I.1.1 Planos de localización.....	2
I.1.2 Fotografías.....	3
I.2 Otros anexos.....	3

Índice de Tablas

Tabla 56 Información Vectorial y Raster utilizada en el trabajo.....	2
--	---

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

I. Identificación de los Instrumentos Metodológicos y Elementos Técnicos que sustentan la información señalada en el Estudio de Riesgo Ambiental

I.1 Formatos de Presentación

De acuerdo al artículo 19 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, se entregará un (1) ejemplare impresos de la Manifestación de Impacto Ambiental (por un uso responsable del papel); y dos CD's o medios electrónicos con el respaldo magnético de la MIA y el ERA en formato Word y sus anexos (planos e información que complementa el estudio) de los cuales uno será utilizado para consulta pública.

1.1.1. Planos de Localización

El Diagrama de Flujo de Proceso, diagramas nodalizados, y los planos de localización, se podrán observar en el anexo 2 de forma correspondiente, al final del documento.

La información vectorial y raster utilizada en éste trabajo se describe a continuación:

Tabla 56 Información Vectorial y Raster utilizada en el trabajo

RASTER		
Insumo	Descripción	Fuente
Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) V 2.0 escala 1:50,000	Son archivos que almacenan datos de elevación (MDE) del terreno los cuales se pueden procesar posteriormente para obtener diversos productos.	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/continuo_Elevaciones.aspx
Cuencas Visuales	Se obtienen mediante ArcMap, empleando una herramienta llamada Viewshed y el MDE del CEM	ESRI Inc. ArcGis Desktop 9.3 Service Pack 1
Fallas y Fracturas. Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000.	Representa las estructuras geológicas originadas por los eventos tectónicos. Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000.	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx
Climas	Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 y 1:50 000 de INEGI.	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx
Suelos	Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 y 1:50 000 de INEGI.	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx
Vías de comunicación	Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 y 1:50 000 de INEGI	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

RASTER		
Insumo	Descripción	Fuente
Rasgos hidrográficos	Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 y 1:50 000 de INEGI.	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx
Localidades	Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 y 1:50 000 de INEGI	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx
Datos del relieve	Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 y 1:50 000 de INEGI.	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx
Zonas de protección de la naturaleza	Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 de INEGI.	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx
Áreas de Interés para las Aves (AICAS)	Datos Vectoriales de Áreas de Interés para las Aves en México.	http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/aica250kgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
Regiones Terrestres Prioritarias	Datos Vectoriales de regiones prioritarias terrestres para la conservación de la biodiversidad en México	http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/rtp1mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
Regiones Hidrológicas Prioritarias	Datos Vectoriales de regiones hidrológicas prioritarias por su biodiversidad	http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/rhpri4mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
Áreas Naturales Protegidas (ANP)	Datos Vectoriales de las áreas declaradas como Áreas Naturales Protegidas	http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

1.1.2 Fotografías

Las fotografías están integradas en cada uno de los capítulos correspondientes, ya que aún no se ha realizado la obra no se tiene un anexo fotográfico como tal.

Se referencian algunos croquis en los que se utilizaron fotografías aéreas del área a partir del uso del Google Earth



“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

I.2 Otros Anexos

ANEXO 1	DOCUMENTACION TECNICA DEL PROYECTO
	A) Memorias Descriptivas de la(s) metodología(s) utilizada(s)
	* Lista de Verificación (Check List)
	* Análisis HAZOP
	* Matriz de Jerarquización
	* Resumen Indice Mond
	B) Memoria Técnica de las Modelaciones
	* Nodo 1A y 1B
	* Nodo 2A y 2B
	* Nodo 3A y 3B
	* Nodo 4
	C) Memoria Técnico-Descriptiva
	D) Programa de Ejecución
	E) Proceso Constructivo Perforación Direccional Controlada
ANEXO 2	Planos de Trayectoria y Diagramas de flujo
ANEXO 3	Hoja de datos de seguridad del gas natural
ANEXO 4	Fotos de radios de afectación
ANEXO 5	RESUMEN EJECUTIVO
	A) Informe Técnico
ANEXO 6	Análisis de Posibles Riesgos de Contaminación hacia el Suelo y los Recursos Hídricos y subterráneos, que incluya:
	<ul style="list-style-type: none">• Caracterización de los Materiales o Residuos que serán manejados o depositados en el sitio, anexando la información toxicológica de las sustancias peligrosas identificadas.• Identificación de los niveles de contaminación en el medio (agua subterránea, agua superficial, suelo, sedimentos, etc.)

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro a la empresa Invernaderos Potosinos, S.A. de C.V., en el municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato”

- **Características ambientales que afectan el destino y transporte de los contaminantes.**
 - a. **Geológicas y geohidrológicas**
 - b. **Topográficas**
 - c. **Corrientes Superficiales**
 - d. **Atmosféricas**
- **Población potencialmente expuesta**
- **Biota potencialmente expuesta**
- **Identificar los puntos, rutas y vías de exposición hacia la población y biota expuesta**
- **Con base en la información anterior, analizar el comportamiento de los contaminantes en el ambiente (entre otros aspectos, detectar el tiempo en que llegaría una concentración de sustancias a los mantos freáticos que pudiera causar problemas de contaminación) y su afectación hacia la biota y la población, por su exposición cronológica a los mismos. Estimar la concentración por la exposición a los contaminantes.**
- **Recomendaciones para reducir la exposición y afectaciones hacia el ambiente.**