

Contenido

I. Descripción del proyecto y/o instalación	6
Fundamentación Legal	10
Cálculo de Gas de Empaque	11
Bases de diseño	13
Características particulares del proyecto	13
Sistemas de seguridad	29
II. Descripción detallada del proceso	40
Ingeniería de la Estación Principal de Gas Natural	40
Ingeniería de la Estación de Compresión de Gas Natural	41
Ingeniería de la Estación de Gas Natural Vehicular	42
Balance de Materia	44
Sistemas de Seguridad y Salvaguardas del sistema	45
Etapa de Abandono	50
Programa de Mantenimiento	50
III. Descripción del Entorno	52
Resumen de infraestructura	56
Dimensiones del proyecto	57
Integración e interpretación del inventario ambiental	59
IV. Análisis Preliminar de Riesgos	63
Identificación de las Causas de los Accidentes	70
Descripción y valoración de las medidas aplicadas y, si es posible, de las estudiadas para evitar la repetición del accidente.	74
V. Identificación, evaluación y análisis de riesgos	78
V.1 Análisis cualitativo de riesgo	79
V.1.1. Identificación de peligros y evaluación de riesgos	79
V.1.2. Jerarquización de escenarios de riesgo	83
V.2 Análisis cuantitativo de riesgo	88
V.2.1 Análisis Detallado de Frecuencias	88
V.2.2 Análisis Detallado de Consecuencias	88
V.2.3 Representación gráfica de los resultados de la Simulación de consecuencia (radios potenciales de afectación)	91
V.3 Análisis de Riesgo	92
V.3.1 Reposicionamiento de Escenarios de Riesgo	92

V.3.2	Análisis de Vulnerabilidad	92
V.4.	Determinación de Medidas de reducción de Riesgo adicionales para Escenarios de Riesgo no tolerables y/o ALARP	97
VI.	<i>Sistemas de Seguridad y Medidas para administrar los escenarios de riesgo</i>	101
VII.	<i>Conclusiones y Recomendaciones</i>	109
VIII.	<i>Resumen Ejecutivo</i>	111
VIII.1	Situación General que presenta el Proyecto	111
VIII.2	Conclusiones	124
VIII.3	Informe Técnico	127

Índice de Figuras

Figura 1. Descripción General del Trazo del Proyecto.	8
Figura 2. Detalle en la conexión del STGN a la ERM.....	9
Figura 3. Tipo de soldadura Cadweld y reparación de recubrimiento de tubería.....	14
Figura 4. Tipo Poste de toma de potencial.....	14
Figura 5. Tipo protección mecánica.....	15
Figura 6. Puntas de perforación del método direccional horizontal.	19
Figura 7. Técnica de perforación direccional para colocar tuberías en cruzamientos.....	20
Figura 8. Ejemplo de la cama de arena y del tendido de tubería.....	21
Figura 9. Relleno y Compactación.....	22
Figura 10. Diseño de Zanja para Instalación de Tubería de Acero al Carbón de 6" y 4".....	22
Figura 11. Cinta de advertencia.....	23
Figura 12. Señalética a emplear.....	24
Figura 13. Especificaciones de la señalética a emplear.....	24
Figura 14. Gabinetes Tipo para Estaciones de Regulación y Medición a usuarios.....	25
Figura 15. Colocación de niple y envolvente.....	33
Figura 16. Colocación de válvula.....	34
Figura 17. Perforación o Hot Tapping.....	35
Figura 18. Brida RTJ.....	35
Figura 19. Pruebas de hermeticidad.....	36
Figura 20. Trayectoria del Sistema de Transporte.....	37
Figura 21. Rombo de identificación de riesgos de la NFPA-704.....	51
Figura 22. Ubicación Nacional.....	53
Figura 23. Ubicación Estatal.....	53
Figura 24. Ubicación Municipal.....	54
Figura 25. Ubicación con referencia a la zona urbana del municipio de Delicias, Estado de Chihuahua.....	54
Figura 26. Detalle de ubicación de la Estación de Regulación y Medición Principal ERMP.....	55
Figura 27. Uso de suelo y vegetación en el Sistema Ambiental.....	59
Figura 28. Emergencias ambientales reportadas a la PROFEPA.....	67
Figura 29. Sustancias involucradas en emergencias.....	67
Figura 30. Emergencias ambientales reportadas 2000 – 2018. Número, Ubicación y Transporte.....	69
Figura 31. Sustancias Involucradas en las Emergencias Químicas en México.....	70
Figura 32. Metodologías empleadas.....	76
Figura 33. Diagrama de Flujo de Proceso (DFP) Sistema de Transporte GAZPRO GAS.....	79
Figura 34. Matrices para identificación de riesgos.....	98
Figura 35. Matriz empleada para riesgo.....	99
Figura 36. Matrices de identificación de riesgos.....	115
Figura 37. Matriz para identificación de riesgos.....	116

Índice de Tablas

Tabla 1. Descripción de los trazos que conforman el Proyecto	7
Tabla 2. Parámetros de operación y Diseño	9
Tabla 3. Cálculo de gas de empaque.....	12
Tabla 4. Características de diseño (Flujo).....	13
Tabla 5. Características de diseño.....	13
Tabla 6. Características generales de la Tubería en AC 4"	13
Tabla 7. Equipo a utilizar en la etapa de construcción	16
Tabla 8. Características de diseño Gasoducto.....	31
Tabla 9. Características de diseño Gasoducto Polietileno (Etapa Futura).....	32
Tabla 10. Distancias entre válvulas en tuberías del sistema	36
Tabla 11. Normas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS).	38
Tabla 12. Normas de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).	38
Tabla 13. Normas de la Comisión Reguladora de Energía (CRE).....	38
Tabla 14. Normas de la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA)	38
Tabla 15. Normas del Instituto Americano del Petróleo (API).....	38
Tabla 16. Normas de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME/ANSI). ...	39
Tabla 17. Normas de la Sociedad Americana de Materiales y Pruebas (ASTM).	39
Tabla 18. Normas de la Secretaría de Energía (SENER).....	39
Tabla 19. Especificaciones generales de Petróleos Mexicanos (PEMEX).....	39
Tabla 20. Descripción de los Trazos.	55
Tabla 21. Tabla resumen de los cruzamientos contemplados en el Trazo	56
Tabla 22. Tabla resumen de la tubería contemplada en el STGN.....	57
Tabla 23. Dimensiones para obtener la superficie de afectación	58
Tabla 24. Resumen de superficies de afectación.....	58
Tabla 25. Información promedio de viento en las estaciones del INIFAP.	60
Tabla 26. Estaciones climatológicas cercanas al sitio del proyecto.....	61
Tabla 27. Valores promedio medidos en las estaciones climatológicas cercanas.	61
Tabla 28. Ejemplo de la lista de verificación	64
Tabla 29. Transporte Estatal de Sustancias Involucradas en Emergencias Químicas	66
Tabla 30. Eventos ocurridos en México	72
Tabla 31. Distribución típica de las causas de fallas 1995-2009	74
Tabla 32. Resultados índices del sistema	75
Tabla 33. Resultados índices con reducción.....	75
Tabla 34. Probabilidad de ocurrencia.....	80
Tabla 35. Ejemplo Hoja de trabajo HazOp	81
Tabla 36. Resultados finales HazOp.....	82
Tabla 37. Jerarquización de riesgos Nodo 1 (Interconexión con ducto troncal de 16").	84
Tabla 38. Jerarquización de riesgos Nodo 2 (Tubería de 6" AC interconexión-hasta ramal 4").	85
Tabla 39. Jerarquización de riesgos Nodo 3 (Tubería de 4" AC desde ERMP hasta ERMU).	85
Tabla 40. Jerarquización de riesgos Nodo 4 (Tubería de 4" AC desde ERMP hasta ERMU).	85
Tabla 41. Jerarquización de riesgos totales por nodo	86
Tabla 42. Tasa de Descarga.....	88
Tabla 43. Interacciones.....	92
Tabla 44. Resultados por nodo.	93
Tabla 45. Medidas de prevención y mitigación.....	94

Tabla 46. Criterios de Categoría, Descripción y Frecuencia en Matriz de Riesgos COMERI	97
Tabla 47. Valores de Frecuencia por Evento Máximo en Nodo.....	97
Tabla 48. Criterios para la asignación de índices de consecuencias (COMERI 144)	98
Tabla 49. Resultado de la aplicación de criterios de asignación de consecuencias	99
Tabla 50. Matriz de Riesgos bajo el uso de los criterios COMERI.....	99
Tabla 51. Resultados de la aplicación de la Matriz de Riesgo del Proyecto	100
Tabla 52. Recomendaciones con SASISOPA.....	103
Tabla 53. Criterios de Categoría, Descripción y Frecuencia en una Matriz de riesgos según COMERI	114
Tabla 54. Valores de Frecuencia por Evento Máximo en Nodo.....	114
Tabla 55. Criterios para la asignación de índices de consecuencias (COMERI 144)	114
Tabla 56. Resultado de la aplicación de criterios de asignación de consecuencias	115
Tabla 57. Matriz de Riesgos bajo el uso de los criterios COMERI.....	116
Tabla 58. Resultados de la aplicación de la Matriz de Riesgo del Proyecto	116
Tabla 59. Resultados por nodo.	118
Tabla 60. Medidas de prevención y mitigación.....	119
Tabla 61. Sustancias Manejadas (Solo se ocupa gas natural a lo largo de todo el sistema)	129
Tabla 62. Identificación y Clasificación de Riesgos	129
Tabla 63. Criterios para la Estimación de Consecuencias	129
Tabla 64. Resultados de la Estimación de Consecuencias	130

I. Descripción del proyecto y/o instalación

Con el propósito de generar un impacto estratégico mediante la reducción de costos energéticos al sector industrial de la Unión Centro Sur del Estado de Chihuahua, tomando como punto neurálgico a la Ciudad de Delicias y con el afán de posicionar a esta como la base del tercer polo de desarrollo económico del Estado, la empresa GAZPRO Gas, S.A. de C.V. decidió invertir en la realización de un sistema multi-tecnología para abastecer de gas natural al Parque Industrial de la ciudad Delicias (PID) esto mediante un Sistema de Transporte (STGN) vía gasoducto y con una extensión del ramal principal hacia la zona industrial del municipio vecino de Meoqui; dicho sistema debido a su trayectoria y desarrollo pretende también ser la base de una distribución futura en el municipio y ser así una opción de suministro para los usuarios comerciales y residenciales de Cd. Delicias; no obstante lo anterior, se tiene considerado contar con el espacio y preparaciones suficientes en el área destinada a la zona de interconexión que permitan en una etapa futura llevar a cabo la instalación de una estación de Gas Natural Comprimido (GNC), la cual contará con los equipos y espacio suficientes que permitan realizar la compresión y llenado de módulos de transporte de gas (contenedores ó GTM's), los cuales se moverán vía transporte terrestre (ruedas) a los usuarios industriales y comerciales que así lo requieran, llegando así a aquellos lugares donde el suministro tradicional vía gasoducto no es factible (en un radio de hasta 250 Km) y después en una etapa final y no menos importante, la instalación de una estación de Gas Natural Vehicular (GNV) para contar con la opción de atender a distintos usuarios de los municipios aledaños que conforman la Unión Centro Sur (flotillas, transporte de pasajeros y vehículos particulares); para todo lo anterior se ha definido un sitio de interconexión con el sistema troncal de transporte de Gas Natural existente en la zona a cargo de la empresa FERMACA, el cual está conformado por un gasoducto de 16" D.N. con condiciones de presión y volumen suficientes para suministro del proyecto en ciernes, todo lo anterior queda integrado en el proyecto conocido como **"GAZNA Gas Natural de Delicias"**; para lograr lo anterior será necesario realizar una interconexión física al sistema troncal existente propiedad de la empresa *Fermaca Pipeline El Encino, S. de R.L. de C.V.* mediante el procedimiento conocido como "Hot Tap", posteriormente construir una Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) ubicada en el municipio de Delicias, Estado de Chihuahua y a partir de ahí se realizarán las preparaciones necesarias para realizar el STGN y crecer a futuro la infraestructura que permita cubrir las diferentes etapas de suministro y cobertura de la región.

De lo anterior, se desprenden las siguientes etapas consideradas en el proyecto global de suministro regional de gas natural:

- 1-a) Sistema de Transporte principal (STGN), para suministro a usuarios industriales diversos en el Municipio de Delicias. (7,800 m de 6" D.N. + 9,900 m de 4" D.N.)
- 1-b) Ramal de extensión del sistema de transporte principal hacia el Municipio de Meoqui para suministro a usuarios industriales diversos. (16,500 m de 4" D.N.)
- 2) Estación de Compresión de Gas Natural (GNC) para suministro industrial en la región centro Sur del Estado de Chihuahua. (4,000 MMBTU/Día de capacidad)
- 3) Extensión del sistema principal de transporte con un sistema de distribución (SDGN) para cobertura de suministro a nivel comercial y residencial en las principales colonias del Municipio de Delicias.
- 4) Instalación de estación de servicio de Gas Natural Comprimido para uso vehicular (GNV), con cobertura para vehículos particulares, flotillas y autotransportes (1,500 MMBTU/Día capacidad).

La zona de estudio comprende al municipio de Delicias en el Estado de Chihuahua, como un punto de referencia e inicio del proyecto integral y pretende realizar lo necesario para regionalizar dicho suministro hasta los municipios aledaños de Jiménez, Camargo, Julimes, San Francisco de Conchos, Rosales y Meoqui.

Es así que entonces se procederá a habilitar con alta presión un ducto transporte de acero al carbono en un diámetro de 6"Ø, denominado "Gasoducto GAZNA", dicho gasoducto tendrá la capacidad de suministrar el consumo pico requerido de Gas Natural para los usuarios del PID en un tiempo de 24 hrs de consumo diario, y se contará con una extensión que alimentara a futuro, en alta presión a una estación de compresión que acondicionará el gas natural para su posterior suministro a Semirremolques y para una estación futura de Gas Natural Vehicular.

El punto de interconexión de la ERMP se realizará en un terreno aledaño a un Gasoducto troncal de 16" Ø paralelo a la Avenida Las Moras, en las inmediaciones de la zona industrial Delicias; dicho ducto troncal es propiedad de Fermaca Pipeline El Encino, S. de R.L. de C.V. (Fermaca); al utilizar este combustible se pretende evitar al mínimo las emisiones contaminantes ya que su combustión resulta más eficiente y genera menores daños al medio ambiente.

Tabla 1. Descripción de los trazos que conforman el Proyecto

Trazo	Color de identificación	Diámetro de tubería [pulg]	Longitud [m]
1	Verde	4	16,500.00
2	Azul Claro	6	7,850.00
3	Azul Oscuro	4	9,940.00
4	Morado	4	850.00
Total			35,140.00

La descripción general de la ubicación del Proyecto puede visualizarse en la Figura 1.

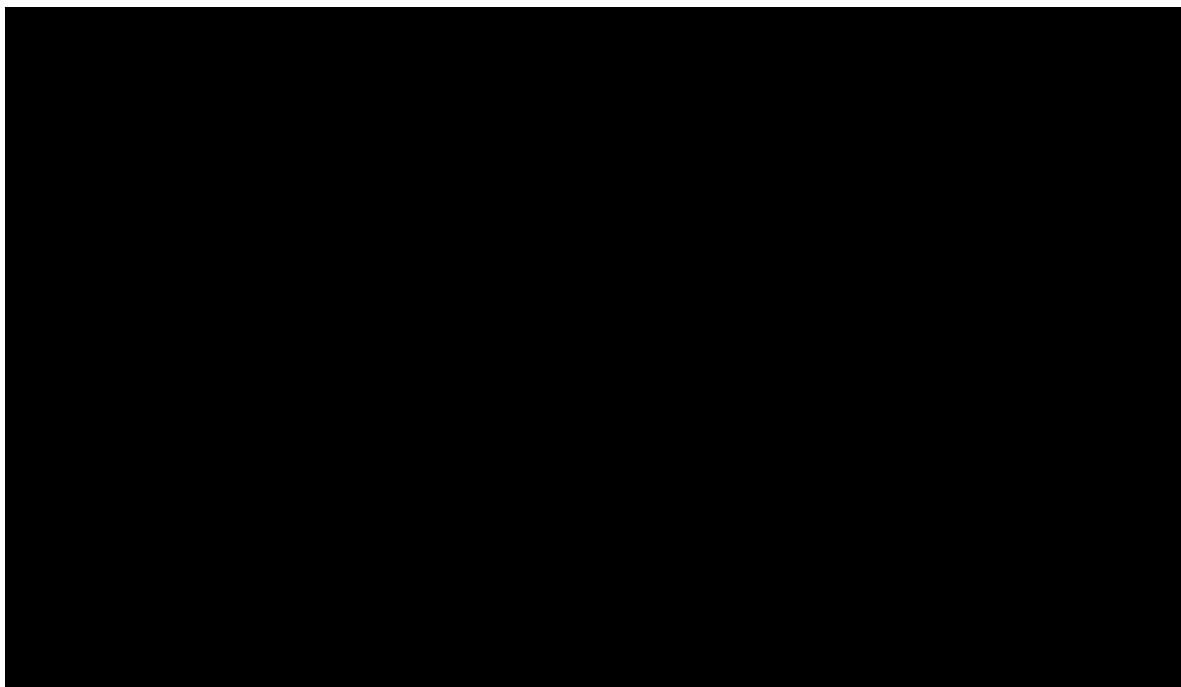


Figura 1. Descripción General del Trazo del Proyecto.

Para este estudio de riesgo ambiental consideraremos la condición de operación normal de un sistema de transporte: 21 kg/cm². La ERM regulará la presión para las condiciones operativas del tramo en tubería de Acero al Carbón 4", la cual será de 21 kg/cm² (299 psig).

El diseño, construcción y operación del sistema de Transporte de gas natural se sujetará en todas sus etapas a las especificaciones y lineamientos establecidos aplicables en la NOM-007-ASEA-2016 "Transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por medio de ductos".

Debido a que el diseño del STGN donde se ubica el proyecto se encuentra en una zona urbana y ubicación en un sitio donde existen industriales y comerciales, así como en un tramo corto algunos residenciales, le corresponde una **Localización clase 3** de acuerdo con lo establecido en la NOM-007-ASEA-2016:

"Localización clase 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."

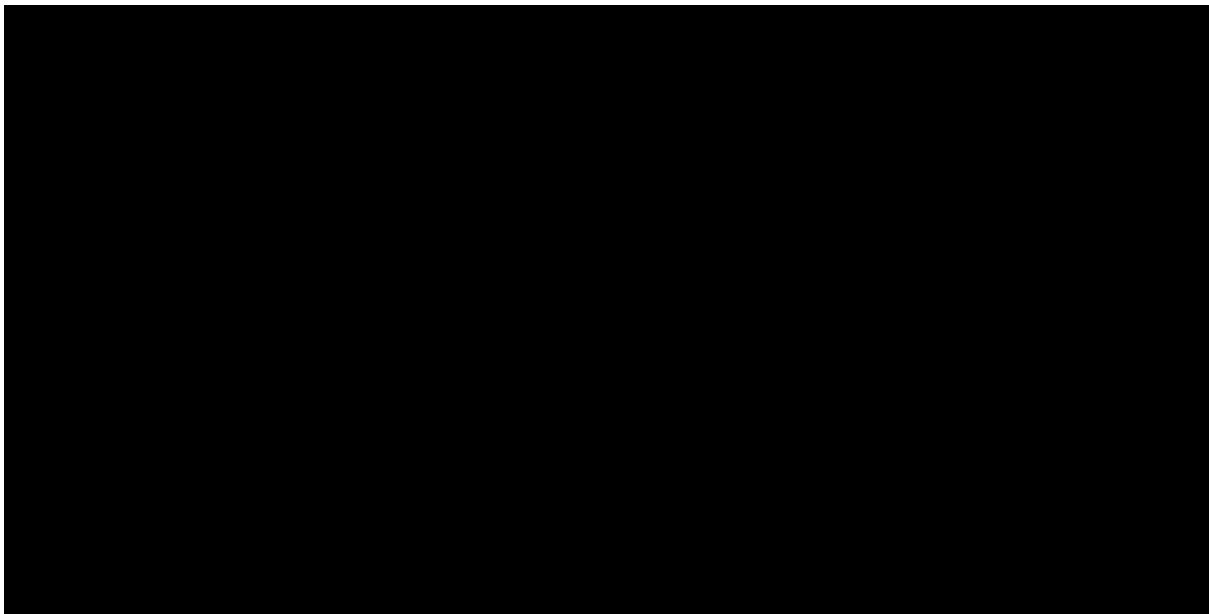


Figura 2. Detalle en la conexión del STGN a la ERM

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

Como apoyo a este punto, se anexan los planos topográficos y de red con sus respectivas especificaciones en los Anexos 1 y 2 así como la memoria técnico-descriptiva en el Anexo 4.3, más adelante en el punto de obra mecánica se detalla el sistema de protección catódica y la prueba de hermeticidad que se usará en el sistema.

La Presión Máxima de Operación (PMO) en la tubería de Transporte será de 24 Kg/cm² mientras que la Presión de diseño es de 70.31 Kg/cm². Así mismo, el STGN ha sido diseñado para transportar Gas Natural en un flujo máximo de 286,859 m³/día a lo largo de su trayectoria en condiciones de temperatura y presión normal, como puede observarse en la Tabla 3 siguiente.

Tabla 2. Parámetros de operación y Diseño

Parámetro	Trazo
	1
Diámetro nominal [pulg]	6" y 4"
Presión Máxima de Operación [Kg/cm ²]	70.31
Presión de diseño [Kg/cm ²]	24
Flujo máximo [m ³ /día]	286,859.00
Presión atmosférica [Kg/cm ²]	1.015

El Gas Natural que será transportado cumplirá con los requisitos especificados en la NOM-001-SECRE-2010 y se encontrará odorizado bajo las especificaciones de la NOM-007-ASEA-2016.

Se considera que el Proyecto tiene una vida útil de 30 años, sin embargo, con base en la experiencia acumulada del promovente, este periodo de tiempo puede extenderse hacia una vida mayor considerando tanto las condiciones operativas que se manejarían en el sistema, así como el mantenimiento predictivo, preventivo y, en su caso, correctivo a la infraestructura que será instalada. Una vez concluido el tiempo descrito, el promovente

realizará los estudios y análisis necesarios para determinar la extensión de la vida útil. En caso de requerirse, durante la etapa de Abandono del Sitio se desarrollará un Programa de actividades de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y de Protección al Ambiente de acuerdo con la normatividad aplicable.

Fundamentación Legal

Actualmente, el municipio de Delicias ya es abastecido con Gas Natural, sin embargo, la infraestructura existente no es suficiente para cubrir las necesidades de este hidrocarburo, con miras a un crecimiento de producción, usos varios y generación eléctrica requeridos. En los últimos años, el desarrollo de infraestructura de gas natural resulta una excelente opción de sustitución de otros combustibles fósiles, haciendo más competitivo y eficiente el suministro de este combustible en apoyo a quienes actualmente utilizan otro combustible en sus procesos y servicios, además de proporcionar una alternativa de generación de energía barata y eficiente.

En la actualidad, el gas natural es visto como una de las principales y más relevantes fuentes de energía debido a su seguridad y accesibilidad en términos económicos, asimismo los sistemas de transporte abonan un suministro eficaz y seguro para los procesos industriales que los utilizan. Sus usos son muy variados, por ejemplo, se utiliza para satisfacer las necesidades energéticas de los hogares, para la operación de sistemas de calefacción y en diversas actividades industriales, principalmente para la generación de electricidad.

Es importante mencionar que el Gas Natural es más ligero que el aire, así que se dispersa de manera adecuada cuando se libera accidentalmente a la atmósfera y en espacios abiertos se reduce el riesgo de combustión con este hidrocarburo.

La construcción del STGN permitirá satisfacer las necesidades propias de los usuarios industriales de los municipios de Delicias y Meoqui y optimizará los costos asociados a su consumo energético, además de, disminuir la generación de contaminantes liberados a la atmósfera, asimismo este sistema representará oportunidades de trabajo toda vez que generará al menos 14 puestos de trabajo directos y más de 50 indirectos en la zona que comprende el proyecto.

El fundamento legal para la presentación del estudio de riesgo ambiental se basa en que su principal componente (en su composición mayormente metano), en su manejo es considerado como actividad altamente riesgosa:

“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 de forma indirecta (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.

Sumado a lo anterior, a continuación, se calcula el gas de empaque con el fin de comprobar si rebasa la cantidad de reporte de sustancia, planteada en el listado de actividades altamente riesgosas de la LGEEPA:

Cálculo de Gas de Empaque

De acuerdo con lo señalado en el segundo listado de actividades altamente riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación 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 los tramos de tubería mencionados previamente y las presiones a las que operarán, el cálculo de la cantidad de gas natural empacado es de máximo **6,935.30 Kg** por lo que sobrepasa la cantidad de reporte (*se anexa hoja de excel con el cálculo del gas de empaque*) y por lo tanto es necesario presentar un Estudio de Riesgo Ambiental basados en este criterio.

Tabla 3. Cálculo de gas de empaque

CALCULO DEL GAS DE EMPAQUE				
PROYECTO	STGN GAZNA			
	Delicias/Meoqui, Chihuahua			
		Diámetro 1		
Longitud del Gasoducto	25.754,52	pie	7.850	m
Diámetro Extemo del gasoducto	6,625	pulg		
Espesor del gasoducto	0,237	pulg		
Presión de operación	350,00	psig		
Volumen de gas de empaque	131.854	pie3		
		Diámetro 2 1a		
Longitud del Gasoducto	54.133,70	pie	16.500	m
Diámetro Extemo del gasoducto	4,500	pulg		
Espesor del gasoducto	0,237	pulg		
Presión de operación	350,00	psig		
Volumen de gas de empaque	118.730	pie3		
		Diámetro 3 1b		
Longitud del Gasoducto	32.611,45	pie	9.940	m
Diámetro Extemo del gasoducto	4,500	pulg		
Espesor del gasoducto	0,237	pulg		
Presión de operación	350,00	psig		
Volumen de gas de empaque	71.526	pie3		
EMPAQUE	322.110	pie3	9.121,14	m³
	9.122,35	m3		
Densidad del aire	0,0764	lb/pie3		
Gravedad específica gas natural	0,62			
	15.257,71	lb		
	6.935,32	kg	Densidad aire 60°C	

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

Bases de diseño

El objetivo principal de la infraestructura es recibir el gas natural a través de una Interconexión con el SNG para iniciar en una Estación de Regulación y Medición donde se reducirá la presión a una útil para su transporte a el usuario final (350 psig) y cuantificar el volumen de gas suministrado para fines de facturación (el consumo se estima en aproximadamente 286,859.00 m³/día). Los parámetros de diseño del sistema son los siguientes:

Tabla 4. Características de diseño (Flujo)

	Sistema Internacional	Unidades Inglesas
Flujo	286,859 m ³ /Día	10,130,345 pie ³ (N)/Día

Se considerará el flujo más alto para los escenarios de riesgo y como reporte de este estudio

Tabla 5. Características de diseño

Salida de la Estación	Presión [psig]	Máxima	Mínima
	Temperatura [°C]	25	5

Para el caso de la tubería, el material que se empleará será de 6" y 4" de diámetro en Acero al Carbón API 5L X42.

Tabla 6. Características generales de la Tubería en AC 4"

Parámetro	Sistema Internacional	Unidades Inglesas
Capacidad de diseño del sistema	286,859 m ³ (N)/Día	10,130,345 pie ³ (N)/Día
Máxima Presión permisible de operación (Presión de diseño)	6,894.75 kPa	1,000 psig
Presión de Operación	2,413.16 kPa	350 psig
Clase de localización (Diseño)	3	
Clase de localización (Operación)	3	

Características particulares del proyecto

Las principales obras por realizar para la puesta en marcha del proyecto son:

Etapas de construcción.

- Interconexión con el gasoducto existente de 16" propiedad de FERMACA.
- Instalación de una Estación de Regulación y Medición Principal (EMRP) y adecuaciones para conexiones y ramales futuros
- Construcción del sistema de transporte conformado por tubería en AC. 6", con una longitud total de 7,850 m, y AC 4" con una longitud total de 16,500 m y Estación de Regulación a la llegada con los usuarios finales.
- Ramal de extensión del sistema de transporte principal hacia el Municipio de Meoqui conformado por tubería de 4" con una longitud total de 16,500 m para suministro a usuarios industriales diversos.

Etapas de operación y mantenimiento.

Operación y mantenimiento del sistema de Transporte de gas natural y de la ERMP, válvulas de seccionamiento, y protección catódica mediante ánodos de sacrificio.

Instalación Ánodos de Sacrificio.

Para proteger a la tubería de la corrosión y como parte de la protección catódica se instalarán ánodos de sacrificio, en donde primeramente se soldará un cable de cobre calibre 12 directamente a la tubería de A.C.10" unido mediante soldadura CADWELD 90, este cable pasará por un poste de toma de potencial, posteriormente se instalará un ánodo de sacrificio a una distancia no mayor de 3 metros del poste de toma de potencial, el ánodo de sacrificio será de magnesio, de alto potencial de 32 LBS y relleno químico backfill.



Figura 3. Tipo de soldadura Cadweld y reparación de recubrimiento de tubería



Figura 4. Tipo Poste de toma de potencial.



Figura 5. Tipo protección mecánica

Se entregarán certificados de calidad, pruebas no destructivas realizadas por fábrica, composición química, pruebas de resistencia.

Preparación del sitio

A través de contratistas diversos se encargará de realizar las actividades de preparación del sitio, para la realización de las actividades de limpieza, nivelado, excavación, relleno de zanja e instalación.

En general, durante los aspectos constructivos del proyecto serán respetadas las disposiciones de la NOM-007-ASEA-2016 “*Transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por medio de ductos*”, tanto para el punto de interconexión, tubería de suministro entre este punto, así como la Estación de Regulación y Medición Principal y de Usuario, así como el resto del gasoducto de AC. De 6” y 4” API 5L X-42.

La supervisión asegurará que las actividades de construcción se realicen de acuerdo con las especificaciones establecidas en la norma antes mencionada, así mismo, que toda medida de mitigación sea identificada y con estricto apego a los requisitos establecidos en la normatividad ambiental vigente.

Las actividades de construcción se realizarán de tal manera, que se minimicen los efectos adversos al ambiente en que se pudiera incurrir.

La empresa promovente supervisará todas las actividades y tendrá la responsabilidad de evitar afectaciones que pudieran generarse en las distintas fases de construcción hacia la erosión del suelo, cuerpos de agua, vegetación y vida silvestre en el área.

La obra civil consistirá en:

- En la construcción de un registro de concreto armado.
- La construcción de una caseta para la ERMP.

Las dimensiones de la zanja serán de 30 cm de ancho por la longitud total de la opción seleccionada, considerando desde el punto de interconexión hasta los puntos de entrega. Cabe señalar, que no se llevarán a cabo obras de:

- Rellenos en: zonas terrestres, cuerpos de agua, zonas inundables o marinas,
- Obras de dragado de cuerpos de agua y zonas de tiro,
- Muelles,
- Desviación de cauces.

Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

La realización del proyecto no requiere de grandes actividades ni obras de tipo provisional para la ejecución de las distintas fases de construcción, ya que los mantenimientos de la maquinaria y vehículos se realizarán en talleres fuera del área donde se ubicará el proyecto, así mismo se contará con oficinas fuera del derecho de vía del sistema de Transporte de gas natural.

Cabe mencionar, que no será necesaria la construcción de caminos de acceso, ni de almacenes, talleres u oficinas.

El abastecimiento de combustibles será con equipos de la propia empresa contratista que estarán suministrando los requerimientos diarios de los equipos de construcción, poniendo especial atención en no generar derrames de combustible y residuos, producto de la misma actividad

En la siguiente tabla se muestra el equipo y maquinaria a utilizar en el proyecto

Tabla 7. Equipo a utilizar en la etapa de construcción

Insumo (Equipo y/o maquinaria)	Etapas
Perforadora direccional	Construcción
Equipo vector para lodos	
Retroexcavadora	
Cargador frontal	
Camión de volteo	
Plantas soldadoras	
Generadores eléctricos	
Camionetas pick up	

Etapas de construcción

Las técnicas de construcción que se utilizarán a lo largo del tendido del sistema de Transporte de gas natural, tales como: limpieza y nivelado, excavación, alineación de la tubería, soldado de tubería, depósito de la tubería en la zanja, prueba hidrostática, limpieza y arranque, se realizarán con apego a procedimientos propios de las empresas contratistas seleccionadas por GAZPRO GAS S.A. DE C.V., por lo que no se contempla la utilización de procedimientos o procesos ajenos a las técnicas comunes de instalación de tuberías para el Transporte de gas natural.

Limpieza y Nivelado.

La maleza existente (en los pocos lugares donde esto sea requerido) a lo largo del sistema de Transporte de gas natural deberá ser removida para permitir la operación segura y eficiente de los equipos de construcción. El espacio facilitará el almacenamiento temporal

de material resultante de la excavación.

Los derechos de vía y áreas de afectación serán claramente delimitados e identificados y no será permitida su trasgresión.

En general, el trayecto seleccionado para el tendido del sistema de Transporte no implica afectaciones a la flora que representen propósitos comerciales o desequilibrio ecológico, la limpieza requerida en el área de trabajo será mitigada en pocas semanas con el resurgimiento de la vegetación silvestre. Aunado a lo anterior, no se realizará ningún impacto negativo a la fauna localizada en el área donde se desarrollará la obra civil del proyecto.

Diseño de las zanjas

Una vez identificadas las instalaciones subterráneas y la consulta a los órganos correspondientes en presencia del personal de operación de los mismos, se procederá a la realización del zanjeo teniendo en cuenta las siguientes precauciones:

- Tomar las medidas de seguridad necesarias para evitar la rotura o deterioro de líneas telefónicas y eléctricas (sean aéreas o subterráneas), tubería de agua, gas, descargas sanitarias, pozos de visita, registros eléctricos, telefónicos, desagües u otros.
- Cuando se realicen excavaciones en terrenos inestables el perfil de la zanja será en “V” o en su defecto se asegurará por posible derrumbe.
- Se deberá disponer y emplear los equipos necesarios, así como los métodos adecuados y la mano de obra suficiente para ejecutar el zanjeo de acuerdo con el replanteo y cronograma de obra.
- La tierra extraída durante el zanjado deberá volcarse a un lado de la zanja, en caso de no poder ser retirada inmediatamente, se respetará una distancia mínima de 0.30 m entre el talud del acopio y el borde de la zanja, evitando crear cualquier tipo de obstrucción en las alcantarillas públicas o privadas, los desagües pluviales, los pasos peatonales y vehiculares, etc. y deberá asegurar un saneamiento suficiente de la zanja antes de bajar la tubería.

Una vez tomadas las precauciones antes mencionadas se procederá a instalar la tubería de Acero.

Cabe mencionar que si existe algún cambio en la profundidad del ducto ésta será definida por la Gerencia de Desarrollo de GAZPRO GAS, S.A. de C.V.

La separación mínima entre la tubería de Transporte y cualquier estructura subterránea como por ejemplo tuberías de drenaje, agua potable, vapor o combustible debe ser de 30 (treinta) centímetros como mínimo para prevenir daños en ambas estructuras, acorde a lo indicado en la norma vigente NOM-007-ASEA-2016.

Para paralelismo o cruzamientos, la separación mínima entre un ducto de Transporte con instalaciones eléctricas y de comunicación, debe ser de 1 metro. Cuando no sea posible lograr las distancias mínimas indicadas entre ductos, la distancia debe ser determinada de acuerdo a un estudio específico considerando, cargas, identificación de la localización del ducto, estabilidad del terreno, canalizaciones de líneas eléctricas y que no se afecten los sistemas de protección catódica de los ductos entre sí.

En el caso de que, durante la instalación de la tubería, no sea posible mantener la

separación mencionada en el punto anterior debido a una infraestructura existente (energética, hidráulica, telecomunicaciones, ductos de servicios, entre otros), se deberán tomar medidas para proteger a los ductos de agentes externos y asegurar el acceso a los mismos para fines de mantenimiento, para lo cual deben instalarse registros, divisiones o protecciones constituidas por materiales con características térmicas, dieléctricas y aislantes adecuadas que brinden la protección más segura de conformidad con lo establecido en la de acuerdo a lo indicado en la norma vigente NOM-007-ASEA-2016.

Excavación.

La excavación de la zanja donde se instalará la tubería será realizada en su mayoría con retroexcavadora dando un ancho de zanja de 0.3 m para el tubo de 6" Y 4" AC., el material extraído de la zanja será depositado a un costado de esta en el lado donde no impida la circulación vial en el terreno.

La excavación se realizará en un solo paso removiendo subsuelo hasta alcanzar la profundidad requerida (1 m máximo). El material será depositado en la parte más cercana, permitiendo facilitar su manejo para el relleno de esta.

Perforación direccional horizontal

Es la técnica que permite realizar la perforación e instalación subterránea de tubería, además permite trabajar en terrenos tipo I, II y III para desviación intencional de un ducto siguiendo un determinado programa establecido en términos de la profundidad y ubicación relativa del objetivo, es decir, para salvar un obstáculo como puede ser algún tipo de instalación, o donde el terreno por condiciones naturales (lagunas, ríos, montañas) hacen difícil su acceso. La perforación horizontal es una derivación directa de la perforación direccional. Con la aplicación de esta técnica se puede perforar un pozo direccionalmente hasta lograr un rango entre 80° y 90° de desviación a la profundidad y dirección del objetivo a alcanzar, a partir del cual se iniciará la sección horizontal.

A continuación, se describe brevemente el procedimiento de perforación:

Antes de iniciar con la excavación, se llevan a cabo sondeos de estudio geotécnico completo, con el propósito de poder evaluar todas las dificultades posibles y determinar la trayectoria de la perforación, para lo cual se emplean diferentes brocas de múltiples formas y refuerzos en punta (Ver Figura 6) para adaptarse a las necesidades de cada terreno:

- En terrenos blandos se utiliza el sistema de lanza, equipada con un puntero protegido por puntas de widia (carburo de tungsteno, correspondiente a la parte cortante de la broca), el cual erosiona el terreno,
- En terrenos especialmente blandos la erosión es realizada directamente por el fluido de perforación,
- En terrenos duros se utiliza el sistema para obras que requieren de grandes esfuerzos en la punta de perforación, ya que da mayor potencia en el extremo del varillaje. Dicha potencia es transmitida a través del mismo fluido de perforación, el cual, accionando un motor hidráulico, permite dar fuerza de rotación al cabezal del que está provisto. El cabezal de perforación (bit) es especial para cada tipo de roca, perforando el terreno de forma progresiva y evitando el martilleo

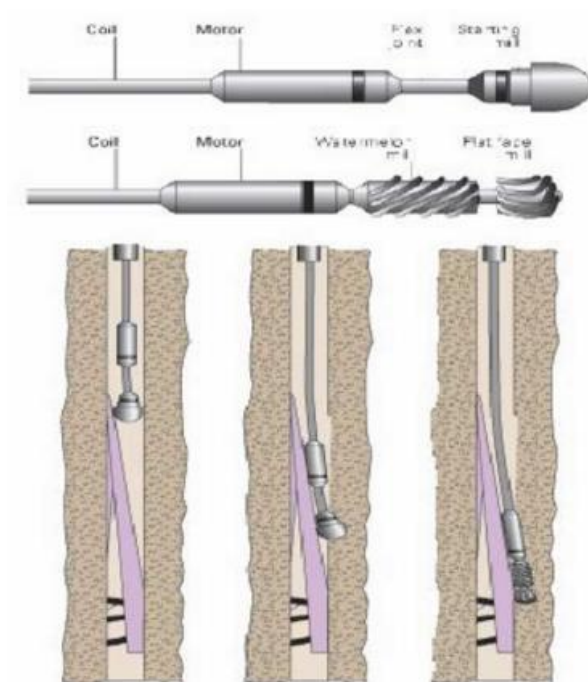


Figura 6. Puntas de perforación del método direccional horizontal.

Luego del estudio geotécnico y definida la dirección y profundidades, se inicia la perforación con el ensanche (Ver Figura 7), el cual consiste en el desmontaje del cabezal de perforación, utilizado para los trabajos de direccionamiento de la perforación piloto, y en la conexión de un escariador para proceder al ensanche del micro túnel hasta el diámetro requerido para la introducción del tubo de servicio. El ensanche del micro túnel se realiza progresivamente, es decir, no se pasa del diámetro de perforación piloto directamente al diámetro final, sino que se ejecutan varios ensanches intermedios dependiendo del diámetro del gasoducto a instalar.

El ducto por instalar puede ser de acero o polietileno, adaptando el proceso de perforación a los radios de giro admisibles según el material, para minimizar las tensiones residuales. En ambos casos, paralelamente al proceso de perforación, se procede a la preparación y soldadura de la tubería. Ésta se prepara en toda su longitud, y se alinea para permitir la introducción en la perforación.

La tubería por instalar se conecta inmediatamente detrás del escariador (ensanchador), como si se tratará del último de los ensanches, de forma que, al tirar desde la máquina de perforación, el ensanchador agranda o limpia el túnel abierto previamente, y simultáneamente, se instala el tubo de servicio. Una vez que la tubería sale a la cata de entrada, ésta queda instalada dentro del túnel, según el trazo seguido para la perforación piloto, sin tensiones ni deformaciones.

Terminada la introducción de la tubería, se procede a retirar todo el equipo de perforación. Al concluir la obra se entrega un informe completo, con fotografías de la obra, planta y perfil del trazo final de la instalación del tubo de servicio.

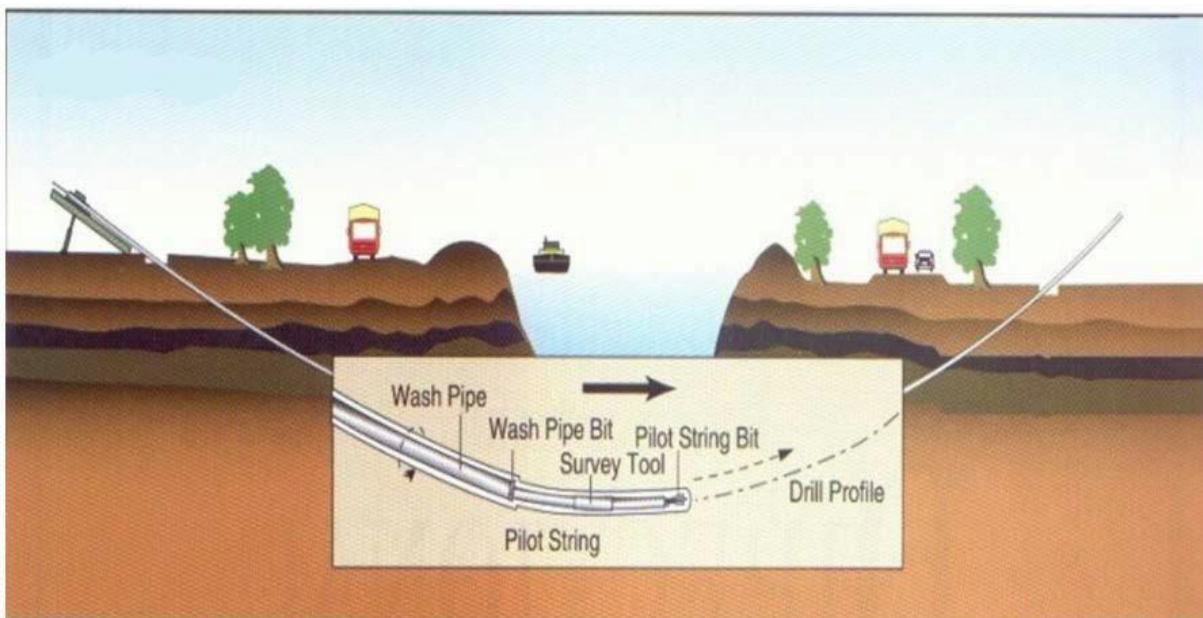


Figura 7. Técnica de perforación direccional para colocar tuberías en cruzamientos.

Alineación de la tubería.

La tubería será embarcada directamente desde su lugar de origen hasta el sitio de construcción de la obra. Cada segmento se descargará de la plataforma que lo transporte, para depositarlo a un costado del área de afectación, sin rebasar sus límites. La actividad de alineación de la tubería en el terreno será coordinada con la excavación de la trinchera para minimizar el tiempo de construcción.

Soldado de tubería.

Una vez concluidas las actividades de alineación de la tubería, los segmentos serán soldados entre sí, apegándose a los criterios de la norma NOM-007-ASEA-2016.

Las personas que efectúan e inspeccionan uniones en tuberías, dispondrán de una copia de los procedimientos de soldadura en sitio, y la soldadura será realizada por un soldador calificado utilizando procedimientos calificados. Los soldadores y los procedimientos deben cumplir además con los requerimientos de esta norma. La calificación del procedimiento de soldadura, la calidad de la soldadura se determinará con pruebas destructivas.

- **Procedimiento de soldadura.** Antes de que se realicen las soldaduras en una tubería de acero se debe contar con un procedimiento de soldadura calificado de acuerdo con las Normas Aplicables para el tipo o proceso de soldadura a emplear.
- **Calificación de soldadores.** Los soldadores serán calificados de acuerdo con las Normas Aplicables para el tipo o proceso de soldadura a emplear.
- **Protección de las soldaduras.** Durante el proceso de soldadura en tuberías, se debe proteger de condiciones ambientales adversas que pudieran perjudicar la calidad de la soldadura, empleando para esto cubiertas que mitiguen y reduzcan algún efecto sobre la soldadura o en el caso de presentar condiciones climatológicas adversas se suspenderán los trabajos hasta que las condiciones lo permitan y se obtenga una soldadura de buena calidad.

Las soldaduras terminadas en tuberías enterradas y/o sumergidas deben ser protegidas contra la corrosión, de acuerdo con lo establecido en el APÉNDICE NORMATIVO II de la Norma Oficial Mexicana en comento. Para esto se emplearán mangas plásticas termorcontractiles.

La soldadura por emplear tendrá las siguientes características:

- Unión filete con electrodo soldable con arco eléctrico (SMAW), con especificaciones AWS A5. 1-91, clasificación E8010 de 1/8" y 5/32".
- Unión filete con electrodo soldable con arco eléctrico (SMAW), con especificaciones AWS A5. 1-91, clasificación E8018 de 1/8" y 5/32".

Instalación de la Tubería en Zanja

La tubería se instalará en una zanja a una profundidad de 1.00 metros a lomo de tubo, el método de instalación será de la siguiente manera:



Figura 8. Ejemplo de la cama de arena y del tendido de tubería

Primero se colocará una capa de arena cernida de 0.10 metros posteriormente se instalará el tubo de acero al carbón de 10", enseguida se colocará otra capa de arena cernida y que cubrirá en su totalidad la tubería hasta una altura de 0.10 metros por encima del lomo superior del tubo de A.C. de 10"., posteriormente se colocará una capa del producto de excavación con un espesor de 0.30 metros compactado al 95%, encima de esta capa se instalará a todo lo largo de la zanja una cinta de advertencia color amarillo con la leyenda "Ducto Gas Natural", y por último se rellenará con producto de excavación, en capas de 0.20 metros las cuales se compactarán al 95% hasta llegar al nivel del terreno natural.



Figura 9. Relleno y Compactación

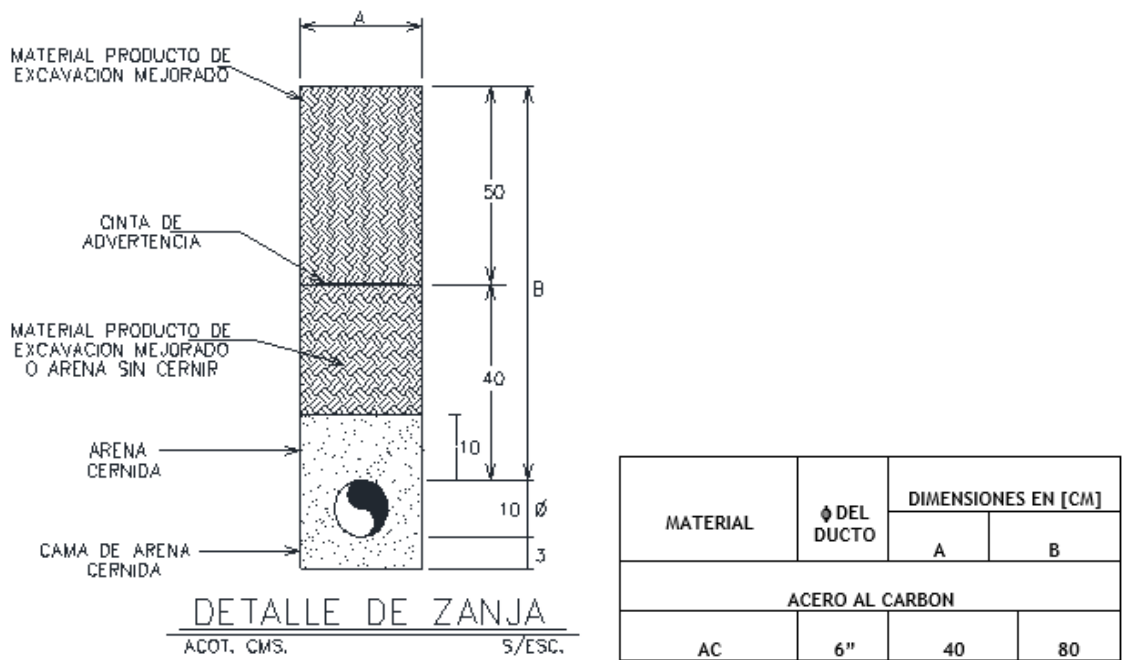


Figura 10. Diseño de Zanja para Instalación de Tubería de Acero al Carbón de 6" y 4".

Señalamiento de la tubería.

Dentro de la zanja donde se alojen la tubería de AC, se colocará una cinta de advertencia plástica que estará a 0.30 m sobre el lomo del tubo alojado en las zanjas, dicha cinta tendrá un ancho de 0.20 m misma que deberá ajustarse al ancho de la zanja y en su centro llevará la leyenda "Precaución Gas Natural".



Figura 11. Cinta de advertencia

A lo largo de las vialidades que se vean involucradas, en estos tramos se considera la instalación de postes de señalización que de acuerdo con la NOM-007-ASEA-2016, deberán contar con lo siguiente: la leyenda “No cavar, No golpear, No construir”, los cuales llevarán una placa o banderola en la parte superior del poste, con la leyenda “en caso de emergencia, llamar a: (Nombre del regulado), teléfono. Los postes deberán ir en fondo amarillo y letras en color negro., y de acuerdo con la Localización Clase 5 los postes serán instalados a cada 100 m, en ambos lados de cruces de carreteras, puentes, ríos arroyos y canales, vías de ferrocarril. Para el tramo de llegada a la zona industrial en donde se encuentra el usuario final se instalarán tachuelas de latón con las leyendas: nombre del Regulado, teléfono(s) del mismo, y las leyendas Gas Natural, no cavar, y flecha del flujo del gas.

Sistema contra incendio.

Las Estaciones de Regulación y Medición tanto principal como de los usuarios finales, estarán dotadas de gabinetes protectores y los equipos de control apropiados en cada caso, para proporcionar las condiciones de seguridad dentro de sus instalaciones y asegurar la funcionalidad en la operación.

La ERMP contará con 3 extintores tipo y los equipos de control apropiados en cada caso, para proporcionar las condiciones de seguridad dentro de sus instalaciones y asegurar la funcionalidad en la operación.

Al exterior del gabinete, en específico en las tapas se colocarán debidamente la señalética adecuada para este tipo de instalación que incluyen las siguientes:



Figura 12. Señalética a emplear

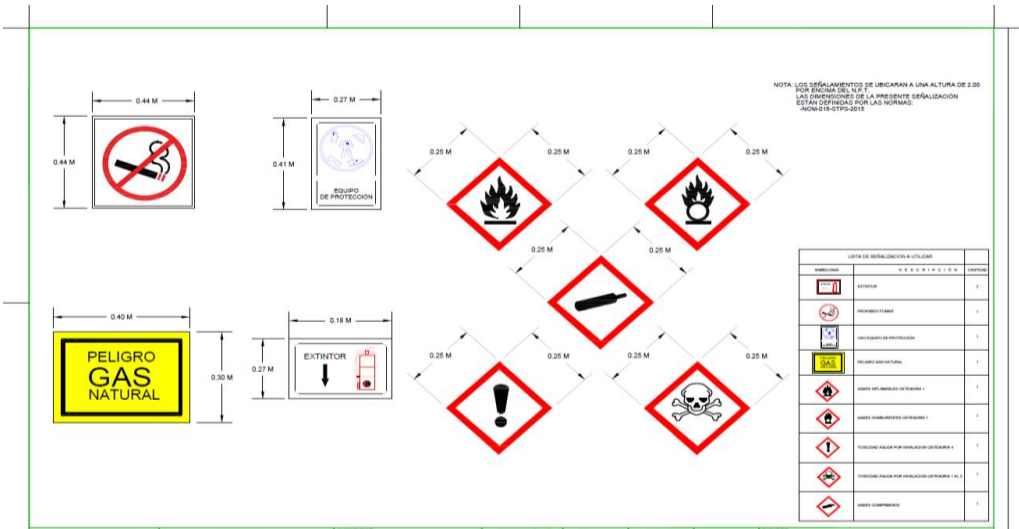


Figura 13. Especificaciones de la señalética a emplear.



Figura 14. Gabinetes Tipo para Estaciones de Regulación y Medición a usuarios

Prueba de hermeticidad.

Esta prueba asegura la integridad de la tubería y se efectúa con apego a la NOM-007-ASEA-2016.

El gasoducto de AC. 6", operará a 24.61 Kg/cm^2 por lo que se probará hidrostáticamente a 1.5 veces la Presión Máxima de Operación (PMO), es decir a 36.915 Kg/cm^2 , probada hidrostáticamente con una duración mínima de 24 horas.

El gasoducto de AC. 4", operará a 24.61 Kg/cm^2 por lo que se probará hidrostáticamente a 1.5 veces la Presión Máxima de Operación (PMO), es decir a 36.915 Kg/cm^2 , probada hidrostáticamente con una duración mínima de 24 horas.

Cualquier indicación de pérdida de presión que indique una fuga en el tramo a probar deberá originar una revisión exhaustiva para localizar la falla, su eliminación y reparación. El proceso se repetirá hasta que la prueba sea 100% satisfactoria durante las 24 horas requeridas.

Limpieza y arranque.

Los gasoductos de AC. de 6" y 4", serán limpiados con esferas que se inyectarán a los gasoductos mediante un arreglo de tuberías y se presionará con un compresor, esta actividad se realizará hasta verificar que dentro de dicha tubería no cuente con agua, lodos o cualquier otro objeto que pueda dañar al sistema., una vez verificado que la tubería ya no cuenta con elementos extraños se retirará este arreglo y se soldará y unirán los tramos de tubería.

Una vez concluido el relleno de la trinchera, la superficie será limpiada para dejarla libre de escombros y permitir la regeneración de la flora silvestre. Se tomarán medidas para minimizar la erosión de la franja de afectación y restaurar el contorno natural para permitir el drenaje natural de la superficie.

Limpieza y rehabilitación del derecho de vía.

La limpieza incluirá la rehabilitación del derecho de vía, los espacios de trabajo temporales y las rutas de acceso que se hayan impactado durante la construcción e instalación del

gasoducto. Las actividades incluyen:

- Remoción y eliminación de rocas, escombros y sobrantes de excavación,
- Instalación de las obras de control de erosión donde apliquen. Al final de estas actividades se deberá contar con:
 - Las medidas de control de la erosión correctamente definidas,
 - La instalación correcta de las señales terrestres y aéreas del gasoducto,
 - La remoción de todo el excedente de tubería y otros materiales de construcción.

Al término de la construcción e instalación el gasoducto, éste será protegido contra la erosión del suelo a lo largo de su vida útil para prevenir daños y posibles fallas, las cuales pueden ser causadas por la eliminación de los apoyos, por la fuerza de las corrientes de agua y movimiento dinámico, principalmente.

Todo el sistema constructivo tiene como finalidad la protección del sistema a lo largo de la vida útil del mismo, los detalles específicos pueden verificarse en el procedimiento constructivo que como anexo 1 se integra al estudio.

Puesta en servicio y arranque del sistema.

Los procedimientos y protocolos de finalización para la puesta en servicio de las instalaciones serán elaborados completamente durante la fase de diseño.

En general, la puesta en servicio de una instalación involucrará lo siguiente:

- Planeación, preparación y programación de los procedimientos de pruebas previas a la puesta en servicio de los equipos y sistemas a fin de asegurar su ejecución completa y correcta. Todo incumplimiento con las especificaciones y deficiencia será rectificado,
- La puesta en servicio de las instalaciones se realizará con base a la verificación de cada sistema uno por uno.
- Este trabajo pondrá al sistema de Transporte y sus accesorios en un estado operativo completamente probado. El funcionamiento y el rendimiento según diseño de todo equipo será revisado y verificado.

Etapas de operación y mantenimiento

Las actividades de operación y mantenimiento se realizarán por personal capacitado y con experiencia. Sin embargo, como parte de los procedimientos operativos, se contará con manuales de operación y mantenimiento de las instalaciones.

Los Manuales de Operación y Mantenimiento se prepararán acorde con las buenas prácticas de ingeniería, usando manuales de instalación, operación y mantenimiento de los equipos individuales proporcionados por los proveedores de equipo. Estos manuales estarán disponibles antes de la puesta en marcha del sistema de transporte, se revisarán y actualizarán periódicamente durante la etapa de operación de este, con el fin de que siempre reflejen todos los principios de ingeniería aplicables, la experiencia que va adquiriéndose, el conocimiento que se obtiene sobre el ducto en su operación, las consideraciones aplicables en materia de flujo de Gas Natural y condiciones operativas.

En estos manuales se incluirán todos los planes de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, y los procedimientos de operación del sistema. Cada componente del sistema se manejará individualmente, incluyendo la siguiente información para cada uno: antecedentes, requisitos reglamentarios y de las normas técnicas, aspectos ambientales,

instrucciones y procedimientos técnicos detallados, programas de control y aseguramiento de la calidad, auditorías y aspectos administrativos, principalmente.

Aunado a lo anterior, la empresa GAZPRO GAS, S.A. de C.V. cuenta con un listado de actividades para la aplicación y supervisión de mantenimiento tanto predictivo como correctivo el cual tiene como objetivo reducir los riesgos de operación de los gasoductos, para minimizar la presencia de fugas que puedan ocasionar eventos catastróficos si entran en contacto con una fuente de ignición; así mismo, con la implementación del programa de mantenimiento, se pretende extender la vida útil de la tubería que transporta el Gas Natural.

A continuación, se describen brevemente los principales aspectos a considerar en la operación del presente proyecto:

- **Calidad del Gas Natural.** La calidad del Gas Natural a transportar está considerada en el contrato con el proveedor del energético, bajo los parámetros de la NOM-001-SECRE-2010 (Calidad del Gas Natural).
- **Odorización.** La Odorización del gas cumplirá con los requerimientos de la NOM-007-ASEA- 2016.
- **Procedimientos de Operación y Mantenimiento.** La Comisión Reguladora de Energía es la entidad gubernamental encargada de aprobar los procedimientos de operación y mantenimiento de la empresa GAZPRO GAS, S.A. de C.V., durante el proceso de otorgamiento del permiso de Transporte.
- **Vigilancia y Monitoreo de Fugas.** La empresa GAZPRO GAS, S.A. de C.V. cuenta con procedimientos de vigilancia y detección de fugas a través de revisiones periódicas y monitoreo a lo largo de sus gasoductos para detectar la presencia de gas en el subsuelo y en instalaciones relacionadas con el proyecto.
- **Válvulas y Reguladores de Presión.** En el proyecto se contempla la instalación de válvulas a lo largo del gasoducto principal, que permitirán asegurar de una manera eficaz el control operativo de la red y el suministro ideal a los socios.
- **Reparaciones y Pruebas.** Los ductos que conforman el sistema de Transporte y suministro de gas natural, están bajo procedimientos que garantizan reparaciones eficientes y seguras, ya que son sometidos a pruebas previas a la puesta en operación.
- **Servicios de Emergencia.** La empresa GAZPRO GAS, S.A. de C.V., cuenta con un centro de recepción de reportes de emergencia, el cual opera durante los 365 días del año, las 24 horas del día; con el objeto de atender situaciones de reportes de fuga, alarma o emergencia, mediante cuadrillas de personal especializado.
- **Capacitación y Entrenamiento.** La empresa GAZPRO GAS, S.A. de C.V., contará con un programa de capacitación, mantenimiento y seguridad, basado en los lineamientos del Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Ambiente SASISOPA.
- La empresa GAZPRO GAS, S.A. de C.V., dispone de un plan integral de seguridad y protección civil, que incluye la prevención de accidentes, programas de auxilio, recuperación y plan de emergencia.

Todo lo anterior deberá ser constatado anualmente en su cumplimiento por una Unidad de Verificación aprobada por la Comisión Reguladora de Energía.

Descripción de obras asociadas al proyecto

Como se mencionó en el punto II.2.3, para este caso en específico y debido a la trayectoria considerada, no será necesaria la construcción de caminos de acceso, almacenes, talleres u oficinas, por lo que se considera que este punto no aplica.

Etapas de abandono del sitio

GAZPRO GAS, S.A. de C.V., considerará a futuro un programa de abandono del sitio, ya que si bien, el sistema de gas natural fue diseñado para una vida útil de al menos 30 años, se tiene contemplado que en su momento se realizarán los estudios y análisis necesarios para determinar la exención de la vida útil y así como el cumplimiento de todas las normas y leyes ambientales vigentes aplicables al proyecto; dicho procedimiento de abandono de sitio, el cual será considerado al término de la vida útil del proyecto y en caso de que la red no sea viable de continuar operando, consiste en aislar el sistema de tuberías (gasoducto), y sustituir su contenido con nitrógeno gaseoso (sistema de inertiación), dejando de esta manera el sistema enterrado e inertizado como parte de su abandono.

Utilización de explosivos

Para la instalación del sistema de Transporte de gas natural no se utilizarán explosivos, ya que, en caso de requerirse la apertura de una zanja, la excavación se realizará mediante maquinaria pesada, pues el tipo de suelo de la zona de interés no requiere la utilización de materiales explosivos para su instalación.

Recomendaciones técnico-operativas

- GAZPRO GAS, S.A. de C.V., cuenta con procedimientos escritos para manejar documentos de ingeniería, entre los que se incluyen planos, croquis, diagramas y especificaciones con su respectivo código de identificación, lista de revisión, aprobación y fechados de la red de Transporte.
- GAZPRO GAS, S.A. de C.V., deberá de construir ampliaciones y adiciones a su red sólo mediante planos y especificaciones que hayan sido aprobados y controlados mediante procedimientos escritos.
- GAZPRO GAS, S.A. de C.V., deberá asegurarse de que las construcciones de sus ampliaciones queden registradas en planos o diagramas “as built”, que consignen todos los cambios o diferencias que se dieran en el proceso de construcción.
- GAZPRO GAS, S.A. de C.V., deberá asegurarse de que las tuberías de AC que integren todos los accesorios y equipos de la estación cumplan como mínimo el estándar.
- La empresa de Transporte de gas debe efectuar una inspección efectiva a las uniones soldadas en sus tuberías.
- GAZPRO GAS, S.A. de C.V., debe garantizar que las tuberías, equipos y accesorios de su estación de Transporte sean probadas y dictaminadas conforme a la norma NOM-007-ASEA-2016 o cualesquiera otra vigente.
- GAZPRO GAS, S.A. de C.V., debe establecer una coordinación intensiva con las compañías y dependencias prestadoras de servicios, que realicen las actividades en el entorno de la red de Transporte, para notificación de obras y su consecuente prevención de riesgos.
- GAZPRO GAS, S.A. de C.V., debe asegurarse que, ante un descontrol en la red de Transporte de alguna de las variables del proceso, tales como presiones y flujos, fuera

de su rango normal, una respuesta conveniente y expedita, deberá de llevar nuevamente a valores normales a dicha variable.

- GAZPRO GAZ, S.A. de C.V., debe tener en sus programas de mantenimiento preventivo, la inspección y calibración de los accesorios de protección de las estaciones.
- GAZPRO GAZ, S.A. de C.V., debe implementar programas de capacitación al personal sobre las técnicas y procedimientos de operación, mantenimiento y actuación en emergencias sobre la red de Transporte, así como realizar las evaluaciones del personal periódicamente como constancia de su capacitación y aprendizaje.
- GAZPRO GAS, S.A. de C.V., debe contar con programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo que comprendan la totalidad de la red de Transporte, manteniendo registros de sus condiciones.
- GAZPRO GAS, S.A. de C.V., debe asegurar la atención a reportes de fugas y emergencias en la red, en un lapso mínimo de tiempo.

Sistemas de seguridad

Odorización del Gas.

Cuando el Sistema de Transporte no reciba el Gas odorizado, se debe contar con un sistema de odorización que cumpla con lo establecido en el APÉNDICE NORMATIVO I de la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016.

El equipo de odorización seleccionado dosificará el odorizante dentro de los rangos de concentración recomendados El equipo de odorización cumplirá con lo siguiente:

- a) La cantidad de odorizante dosificado es proporcional al volumen de Gas, independientemente de las condiciones de Presión y temperatura, tanto del ambiente como del Gas;
 - b) Los materiales serán resistentes a la corrosión química y atmosférica;
 - c) El equipo tendrá la capacidad para manejar un amplio rango de flujos, y
 - d) El recipiente que contenga el odorizante estará provisto por un dique de contención de derrames con una capacidad volumétrica mínima al 100% de la capacidad del recipiente, contará con una purga para recuperación del odorizante.
 - e) La selección del equipo se realizará de acuerdo con el volumen de Gas a odorizar.
 - f) Control del proceso de odorización.
 - g) El olor del Gas se monitoreará en la planta y con esto verificar que la concentración del odorizante sea estable y se perciba cuando la proporción de Gas en aire sea de al menos 1% (uno por ciento) o una quinta parte del límite inferior de explosividad.
- GAZPRO GAS, S.A. de C.V. deberá de contar con procedimientos y planes de emergencia para ataque de contingencias en la estación.
 - GAZPRO GAS, S.A. de C.V., contará con procedimientos de emergencia y personal capacitado para atender cualquier eventualidad en la red.
 - GAZPRO GAS, S.A. de C.V. contará con un servicio de emergencia las 24 horas del día, durante los 365 días del año, de manera ininterrumpida, así como contar con la identificación visible de los teléfonos de emergencia en la señalización del gasoducto, a los que se podrá llamar en caso de la detección de un siniestro. Esto permitirá a los vecinos eventuales denunciar o notificar algún evento anormal a lo largo de la red o sus inmediaciones.

- GAZPRO GAS, S.A. de C.V., deberá contar con procedimientos de contingencia para emergencias donde se involucran todos los recursos del transportista y su operador y realizar simulacros de atención de contingencias en conjunto, verificando los tiempos de respuesta y delimitando las responsabilidades que atañen a cada uno.
- GAZPRO GAS, S.A. de C.V., contará con vehículos equipados con equipo de detección de fugas, herramental especializado y personal calificado para atender cualquier emergencia en la red de Transporte.
- Los procedimientos de operación y mantenimiento del transportista deberán de ser aprobados por la Comisión Reguladora de Energía y su cumplimiento verificado anualmente por una Unidad de Verificación aprobada por la propia Comisión.

Medidas preventivas

Cualquier instalación que presente riesgos de accidentes mayores tendrá que disponer de medidas de prevención que refuercen sus esfuerzos en la seguridad. El tipo y características de dichas medidas, dependerá de los riesgos que se pretendan minimizar en la red de Transporte.

En estas tuberías y equipos deberán de establecerse medidas adicionales de seguridad.

- En complemento con las recomendaciones de funcionamiento y control, el titular del permiso de transporte deberá de contemplar la instalación de instrumentación que permita las acciones convenientes de operación segura del sistema.
- La empresa debe efectuar auditorias periódicas sobre el funcionamiento de los distintos sistemas de operación y mantenimiento de seguridad y de prevención.
- GAZPRO GAS, S.A. de C.V., deberá cerciorarse de que sus procedimientos garanticen que las actividades de mantenimiento y operación se realicen de manera segura y debe considerar, como mínimo, lo siguiente:
 - a) La operación, mantenimiento y reparación de tuberías, válvulas y accesorios;
 - b) Las especificaciones de construcción, planos y datos históricos de las operaciones deben ponerse a disposición del personal operativo;
 - c) La documentación que comprenda la recolección de datos para realizar reporte de incidentes debe realizarse conforme con los procedimientos de evaluación de incidentes/accidentes.
- GAZPRO GAS, S.A. de C.V., debe tener procedimientos que proporcionen las condiciones de seguridad necesaria cuando se hayan excedido los límites de diseño de operación y debe considerar:

La respuesta, investigación y corrección relativa al:

- Cierre de válvulas y paros no intencionales;
- Incremento o disminución en la presión o en el rango de flujo fuera de los límites de operación normal y;
- Cualquier otra disfunción no deseable de un componente, desviación de la operación normal, o error humano que pueda resultar en un riesgo a las personas o la propiedad.
- Revisión de las variaciones de la operación normal después de que han terminado las operaciones anormales. Esto debe realizarse las veces que sea necesario, principalmente en las localizaciones críticas del sistema para determinar su integridad y operación segura;
- Notificación al personal operativo responsable cuando se reciba un aviso sobre una

- operación anormal, y
- Revisión periódica de la respuesta del personal operativo para determinar la efectividad de los procedimientos para controlar operaciones anormales y, en su caso, tomar las acciones correctivas donde se encuentren deficiencias

Todo lo anterior en congruencia con el seguimiento para la implementación del Sistema de Administración de la Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Ambiente SASISOPA.

Vida útil

Se considera una vida útil de la tubería de por lo menos 30 años. (Debido a la conciliación de la duración del material y las condiciones operativas del sistema).

Procedimiento de cálculo adoptado para la determinación de los diámetros y los espesores de las paredes de las tuberías, troncales y ramales principales

El espesor para el gasoducto está basado en la fórmula incluida en las NOM-007-ASEA-2016 y la NOM-003-ASEA-2016, el espesor mínimo que puede ser manipulado durante la construcción sin que el tubo se doble durante su manejo normal.

Los cálculos hidráulicos se realizan utilizando la ecuación del Modelo de Flujo de Fluidos Weymouth, recomendada para sistemas que operan a presiones medias y el modelo obtenido mediante un programa de cómputo para cálculos hidráulicos. Todas las evidencias de memorias de cálculo se integrarán una vez que se cuente con la Ingeniería correspondiente.

La determinación del diámetro para la tubería de acero al carbón de 6" API-5LX42 Ced 80 que suministrará a la primera etapa del proyecto hasta su división de ramales a 4" Ced 80 se dimensionó a partir de un Simulador de Procesos PRO (II) Versión 9.4 a través del Modelo de Flujo Beggs-Brill-Moody cargado en el software.

De acuerdo con los datos arrojados por simulador la tubería 6" API-5LX42 Ced. 80 A.C. soporta la presión de diseño requerida para el Sistema de Transporte de Gas Natural, el simulador se regió bajo el modelo de cálculo de Beggs-Brill-Moody que se utiliza para el diseño de redes de Gas Natural, por otra parte, la caída de presión para esta tubería es mínima y la velocidad no repasa los 66 ft/s que es la velocidad máxima para diseño de tuberías que transportan Gas Natural.

Por otra parte, el espesor para la tubería de acero al carbón de 6" API-5LX42 Ced 80 que suministrará al Sistema de Transporte de Gas Natural está basado en la fórmula incluida en la NOM-007-ASEA-2016 y la NOM-003-ASEA-2016, el espesor mínimo que puede ser manipulado durante la construcción sin que el tubo se doble durante su manejo normal.

Tabla 8. Características de diseño Gasoducto

Parámetro	Sistema Internacional	Unidades Inglesas
Capacidad de diseño del sistema	286,859 m ³ (N)/Día	10,130,345 pie ³ (N)/Día
Máxima Presión permisible de operación (Presión de diseño)	6,894.75 kPa	1,000 psig
Presión de Operación	2,413.16 kPa	350 psig
Clase de localización (Diseño)	3	3

Parámetro	Sistema Internacional	Unidades Inglesas
Clase de localización (Operación)	3	3
Tubería de 6" Acero API-5LX42 con recubrimiento epóxico (Fusion Bond)		
Longitud	7,800 metros	25,590.55 Ft
Diámetro exterior	168.30 mm	6.625"
Espesor de pared	7.11 mm	0.280"
Tubería de 4" Acero API-5LX42 con recubrimiento epóxico (Fusion Bond)		
Longitud	26,400 metros	86,614 Ft
Diámetro exterior	114.30 mm	4.026"
Espesor de pared	6.02 mm	0.237"
Condiciones Base		
Factor de eficiencia del flujo	0.92	0.92
Temperatura Base	298.15 K	77 °F
Presión base	1.0 atm	14.7 psig

Tabla 9. Características de diseño Gasoducto Polietileno (Etapa Futura)

Parámetro	Sistema Internacional	Unidades Inglesas
Capacidad de diseño del sistema máxima	56,640 m³(N)/Día	2,000,000 pie³(N)/Día
Máxima Presión permisible de operación (Presión de diseño)	689.47 kPa	100 psig
Presión de Operación	689.47 kPa	100 psig
Clase de localización (Diseño)	4	4
Clase de localización (Operación)	4	4
Tubería de Polietileno de Alta Densidad 6"		
Longitud	2,500 metros	1,553 millas (8,202 Ft)
Espesor	15.3 mm	0.602"
Diámetro Externo	168.3 mm	6.625"
Tubería de Polietileno de Alta Densidad 4"		
Longitud	4,000 metros	2,485 millas (13,123 Ft)
Espesor	10.4 mm	0.409"
Diámetro Externo	114.3 mm	4.5"
Condiciones Base		
Factor de eficiencia del flujo	0.92	0.92
Temperatura Base	298.15 K	77 °F
Presión base	1.0 atm	14.7 psig

Punto de Interconexión con sistema troncal

En este punto se realizará una interconexión física con el sistema troncal existente, conocida como "Hot Tap", la cual se complementará con una Estación de Regulación de Alta Presión la cual entre otros elementos contará con sistema de filtrado, reguladores de presión, válvulas de bloqueo tipo Slam-Shut de corte automático, válvula de corte principal y válvulas manuales de bloqueo, y en ella tendrá lugar la reducción de presión del sistema, (presión de operación del ducto) que es la presión con que operará la tubería de acero que se instalará como parte del Sistema de transporte de Gas Natural.

Como señala la NOM-007-ASEA-2016, las Estaciones de Regulación y medición para los usuarios, deberán diseñarse con materiales no combustibles (ver Boletín 294 de la *American Insurance Association*), contar con el espacio necesario para la protección de los equipos e instrumentos que permita las actividades de operación y mantenimiento, tendrá una ventilación cruzada a favor de los vientos dominantes para garantizar que el personal

que operará, mantendrá, inspeccionará y supervisará la instalación no corra riesgos por acumulación de gases. Contará con un gabinete para protección de intemperie.

Colocación y soldadura de niple y envolvente.

La tubería por emplear para el niple de interconexión será de 4" de diámetro nominal API 5L X-52 cedula 80, con un espesor de pared 5.54 mm (0.218"), sin costura.

En coordinación con personal de FERMACA se colocarán las siguientes piezas, el niple será colocado al centro del tubo de 16", se realizará limpieza al tubo de 16" al finalizar esta actividad se procederá a marcar directamente en el tubo las dimensiones de la envolvente para asegurar la perfecta ubicación, posteriormente se colocará el niple (tramo de tubo de 4" cedula 80), y se iniciará con la aplicación de la soldadura (E-8018) una vez terminado esta soldadura se realizará la prueba de partículas magnéticas, líquidos penetrantes y ultrasonido.



Figura 15. Colocación de niple y envolvente

Continuando con la colocación de la envolvente de 16" x 4", y se procederá con la aplicación de soldadura (E-8010) al término de esta actividad se realizará la prueba de partículas magnéticas, líquidos penetrantes y ultrasonido a toda la soldadura. Posteriormente se soldará la válvula de sacrificio al niple de 4" y se le realizará la prueba radiográfica.

Colocación de válvula.

Se procederá a soldar la válvula de 4" ANSI 600, en el niple de 4" cedula 80. En el otro extremo se instalará una brida ciega de 4" ANSI 600.



Figura 16. Colocación de válvula

Actividades previas a la perforación o hot tapping:

- Se debe contar con el permiso de trabajo autorizado.
- Se contará con equipo detector de gas natural certificado para realizar el monitoreo de gases cuando se requiera, para la ejecución de las actividades de hot-tapping.
- Se debe contar con el equipo de contra incendio adecuado antes de la ejecución de esta actividad de Hot-Tapping.
- Se debe contar con las brigadas de contra incendio y primeros auxilios con su equipo adecuado, pendientes de cualquier contingencia que llegase a realizarse durante el Hot-Tapping.
- Se debe de llenar la lista de verificación de actividades para la realización de los hot-tapping.
- Señalizar el área existente a intervenir y localizar la ubicación donde se debe de realizar el hot tapping.

Como primer paso se instalará la brida adaptadora, en el extremo de la válvula. Las bridas adaptadoras son accesorios de la máquina taladradora que tiene una cara del rango y características iguales a los de las bridas de la máquina taladradora y la otra cara con el rango y las características iguales a los correspondientes a la válvula de compuerta a través de la cual se pretende hacer la perforación de la línea.

Estas bridas adaptadoras podrán ser sustituidas por adaptadores fabricados en taller, mediante dos bridas, una semejante a la brida de la máquina y la otra semejante a la brida de la válvula, soldadas en los extremos de una reducción concéntrica.

Posteriormente se instalará máquina taladradora mediante la brida adaptadora en la válvula a través de la cual se va a perforar y se realizará una prueba de hermeticidad para verificar que no existen fugas en la máquina taladradora y la conexión con el arreglo instalado, se procederá a abrir la válvula de compuerta a través de la cual se va a perforar y extender (o bajar) manualmente, accionando la manivela, la barra taladradora de la máquina hasta tocar con la broca guía de la barra taladradora de la máquina el lomo de la tubería que se pretende perforar.



Figura 17. Perforación o Hot Tapping.

Al finalizar la perforación se colocará sobre la brida RTJ una brida ciega 4" RTJ, entre estas un comal y al final se colocará una cadena y candado para evitar la apertura de la válvula.



Figura 18. Brida RTJ.

Colocación de accesorios.

Como primer paso se asegurará que la válvula de 4" este completamente cerrada y se procederá a retirar la brida ciega, se colocará una brida RTJ ANSI 600 y enseguida la tubería de acero al carbón de 4" cedula 80 API 5L X52, que servirá para suministrar el gas natural a la estación de regulación y medición (City Gate) del cliente, a las soldaduras se le realizaran pruebas radiográficas al 100%.

Prueba de Hermeticidad Hidrostática.

Al finalizar la instalación de la tubería se realizará la prueba de hermeticidad "hidrostática", la cual será de 1.5 veces la presión de operación durante 24 horas, esta prueba se efectuará con registradores de gráfica circular de P y T y será atestiguada por

una Unidad Verificadora”, la cual al finalizar la prueba satisfactoria emitirá un acta circunstanciada validando la prueba.



Figura 19. Pruebas de hermeticidad

Para proteger al tubo de A.C. 4” API 5L X52 se aplicará RAM-100 en toda su superficie, posteriormente se le realizará la prueba con el HOLIDAY DETECTOR esto para tener la seguridad de que el RAM-100 fue aplicado correctamente.

Válvulas de seccionamiento

Dado que una parte de la trayectoria del ducto está considerada dentro de una localización de Clase 5, se requieren para dicho proyecto válvulas de seccionamiento. De acuerdo con la norma NOM-007-ASEA-2016, se indica que debe existir una válvula de seccionamiento por cada 8 km en Clase 5. Sin embargo, por operatividad, el sistema de Transporte contará con diversas válvulas de corte, que funcionan como válvulas de seccionamiento, estratégicamente localizadas al inicio y final de este sistema de transporte. De igual forma, se instalará una válvula de corte en el disparo frente al predio del usuario final, donde posteriormente se instalará la caseta de medición y regulación del cliente.

Tabla 10. Distancias entre válvulas en tuberías del sistema

Localización de Clase	Espaciamiento entre válvulas
1 y 2	Cada 32 kilómetros
3	Cada 24 kilómetros
4	Cada 16 kilómetros
5	Cada 8 kilómetros

Notas:

La ubicación de las válvulas no debe exceder la distancia marcada de acuerdo con su clase de localización.

En caso de restricciones físicas o de accesibilidad, el espaciamiento entre válvulas de seccionamiento puede ser modificado para permitir que la válvula sea instalada en un lugar accesible.

Válvulas de corte

En el proyecto se contempla la instalación de válvulas de corte al inicio y final del sistema del gasoducto principal, que permitirán asegurar de una manera eficaz el control operativo de todo el sistema y el suministro ideal a los usuarios.

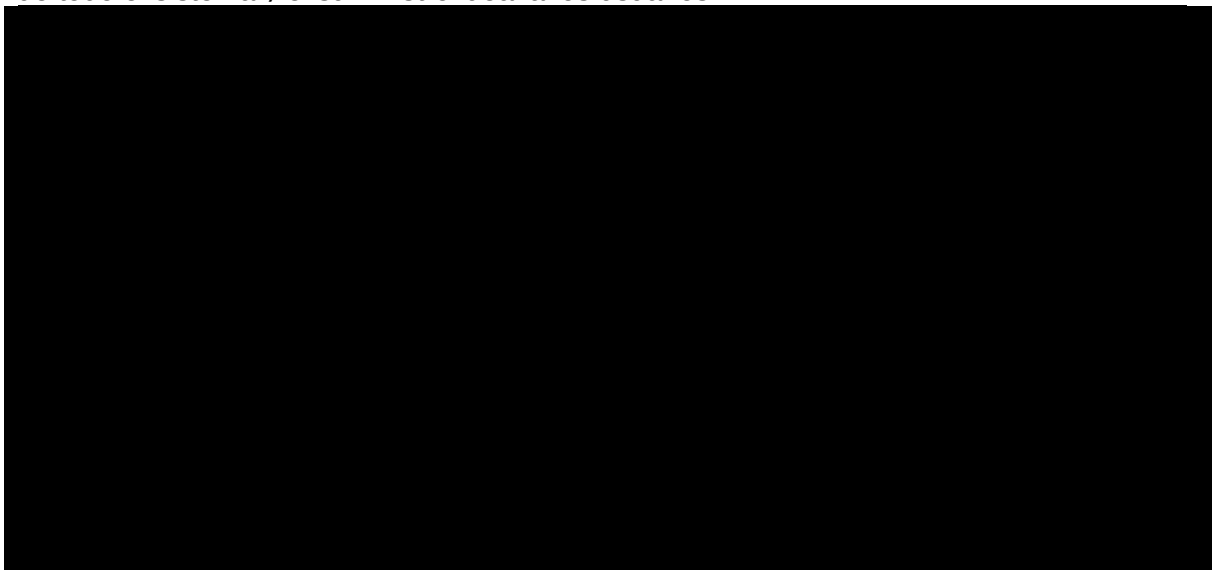


Figura 20. Trayectoria del Sistema de Transporte

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

Unidad Verificadora

Se debe contratar una unidad verificadora en diferentes etapas del proceso para dictaminar el diseño, la construcción de todo el sistema, el pre arranque, el arranque y puesta en marcha, así como la operación y mantenimiento continua.

Proyecto Sistema Contra Incendios

Durante la obra civil y mecánica se contará con extintores tipo PQS, además del apoyo de autoridades como Protección Civil del municipio y bomberos de ser necesario, sin embargo, durante la operación de este sistema solo se contará con un extintor tipo PQS para tuberías e instrumentación y un extintor tipo CO₂ para el área del gabinete de control, con el fin de combatir cualquier eventualidad, estos se ubicarán en las Estaciones de Regulación y Medición de los usuarios finales.

Dichos extintores se colocarán en un área de fácil acceso, regularmente a la entrada de las estaciones. La capacidad de cada extintor será de 6 Kg y contará con instrucciones impresas en el tanque, así como su especificación.

Cuadros de medición y regulación de los usuarios

Los trenes de regulación de presión en el interior de dichas casetas de usuario estarán equipados con válvulas de bloqueo y sus correspondientes manómetros antes y después de los reguladores.

Como se indicó anteriormente, las casetas de los usuarios serán construidas siguiendo la arquitectura propia de la región, en forma de nichos, por lo que no se requiere abrir zanja para cimentaciones. La vegetación a remover será únicamente la que se encuentra en la zona en que se realizará la construcción de la caseta de regulación de usuario, consistente básicamente de pastos o vegetación de ornato propia de los frentes y accesos.

Normatividad y Buenas Prácticas

Para el desarrollo de este proyecto, desde el diseño, hasta la obra, operación y mantenimiento se mantendrá un estricto apego a la normatividad nacional, internacional y buenas prácticas:

Tabla 11. 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-020-STPS-2011	Recipientes Sujetos a Presión
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.

Tabla 12. 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.

Tabla 13. Normas de la Comisión Reguladora de Energía (CRE).

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

Tabla 14. Normas de la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA)

NORMA OFICIAL MEXICANA	Título
NOM-007-ASEA-2016	Transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por medio de ductos
NOM-010-ASEA-2016	Gas Natural Comprimido (GNC)

Tabla 15. Normas del Instituto Americano del Petróleo (API).

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

Tabla 16. Normas de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME/ANSI).

NORMA	Título
ASME/ANSI B.31.8	Sistema de tubería para transporte y Transporte gas
ASME-B-16.5	Bridas para tubo de acero y accesorios bridados
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
ASME-SECC IX	ASME-Secc. IX Calificaciones de soldadura y de protección.
ANSI B36.10	Tubo de acero forjado, soldado y sin costura Sociedad Americana de Instrumentos (ISA)
ISA-S5	Símbolos e identificación de instrumentos.

Tabla 17. 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

Tabla 18. Normas de la Secretaría de Energía (SENER).

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

Tabla 19. Especificaciones generales de Petróleos Mexicanos (PEMEX)

NORMA	Título
3.374.08	Normas para construcción de obras públicas en sistemas de tuberías de transporte y Transporte de gas

II. Descripción detallada del proceso

Ingeniería de la Estación Principal de Gas Natural

Filosofía de operación de la ERM Principal

Entrada

Al inicio de la estación se encuentra un transmisor indicador de presión (PIT-101), el cual enviara una señal de 4-20 mA hacia el computador de flujo (FQIT-101), en el mismo arreglo se encuentra un manómetro (PI-101). Posteriormente se encuentra el paso de filtración.

Tren de Filtración

Este paso de filtración será simple, en el tren 101 contará con una válvula bola de acero al carbón ANSI 600 a prueba de explosión, posteriormente se encuentra el filtro coalescedor con estampado ASME, modelo C-4"-1480F 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.

Filtro coalescedor

El filtro de cartucho coalescedor en posición vertical el cual cuenta con 2 coples, 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 será con una línea simple, en el tren 101 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 primer paso de regulación con un regulador EZR SLAM-SHUT (PCV 101-A) ANSI 600 R.F., para este primer regulador la presión de entrada será de 43 Kg/cm² mínimo y la presión regulada de salida será de 35 Kg/cm². El set point por alta presión de 35 kg/cm² y el set point por baja presión será de 25 Kg/cm², si existiera una sobrepresión o baja presión (fuga) la válvula de corte del regulador cerrará el paso de gas.

El segundo paso de regulación irá de 35 Kg/cm² a 24 Kg/cm², a la salida de esta se colocará una "Tee", una de estas salidas irá directo a compresor y otra de ellas se conectará a otro tren de regulación con un solo paso de regulación y su By-Pass, este regulador irá de 24 Kg/cm² a 7.01 Kg/cm², esta salida irá hacia el gasoducto del parque. El tamaño de los reguladores se determinó a partir de las condiciones críticas de diseño: P entrada máxima = 54 Kg/cm², P salida alta presión = 25 Kg/cm², P salida baja presión = 7.03 Kg/cm², Qmax para compresores = 84,960 M³/DIA y Q max para gasoducto = 56,640 M³/DIA.

Medición

En este tren cuenta con dos líneas simples de medición una a la salida que va a compresores y otra a la salida que va a gasoducto. Esta sección medirá el flujo de gas de la estación, los medidores serán tipo Turbina G-400 ANSI 300, este medidor enviara señales de pulsos eléctricos de alta frecuencia que son recibidos y contabilizados junto con las señales de temperatura y presión, por el computador de flujo.

En el paso de medición en el tren 101 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 G-400 ANSI 300, después de 5 diámetros se instalará en la tubería el transmisor de presión PIT-102, y enseguida un transmisor indicador de temperatura (TIT-101), seguido de una válvula tipo bola ANSI 300.

Corrección de flujo

Computador de Flujo

El Computador de Flujo realiza principalmente la corrección del flujo medido por el elemento primario de flujo 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 eléctricas 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 convertida en 4-20 mA al computador de flujo.

Toda la información contenida en el computador de flujo se puede descargar y/o reconfigurar mediante la interrogación remota. La comunicación se realiza mediante el protocolo Modbus PEMEX.

La comunicación de la estación hacia SCADA está por definirse.

Localidad: Delicias, Chihuahua

País: MÉXICO

Coordenadas Geográficas:

28° 9'17.12" Latitud N

105°30'44.29" Longitud O

Ingeniería de la Estación de Compresión de Gas Natural

Filosofía de operación de los Compresores, Cabezal de Succión y Descarga

Al salir el combustible de la ERM, entrará al cabezal de Succión de 4" D.N. desde donde se conectarán cada uno de los compresores, los cuales aumentarán la presión del gas natural desde la mínima garantizada, hasta la máxima requerida, y desplazarán el fluido hasta el cabezal de descarga, para posteriormente de él se desprendan dos tomas tipo manguera, para que las misma se suministre el gas natural a los semirremolques.

Protección por instalar para evitar la corrosión de las tuberías para la Estación de Compresión

- Protección mecánica.
- Para la línea de interconexión del sistema se usará recubrimiento poliken y primer.
- Protección catódica.

Los pequeños tramos de tubería serán protegidos por medio de ánodos de magnesio enterrados en intervalos aproximados de 180 mts (590 ft) como máximo. Se instalarán las instalaciones de prueba para lecturas periódicas de voltaje en intervalos aproximados de 1,000 mts (3,280 ft) y a la entrada de las casetas. Cumpliendo en todo momento a los estándares y normas ASTM y NACE.

Ingeniería de la Estación de Gas Natural Vehicular

Filosofía de Operación de la Estación de Gas Natural Vehicular

Entrada

A partir de la Estación de GNC el hidrocarburo acondicionado con las propiedades óptimas para uso de automotor se recibirá a la estación de GNV a partir de una válvula de corte de 3" A.C. ASTM A217 y una válvula de retención de 3" A.C. ASTM A217 ubicadas en la línea de suministro de la estación de GNC aledaña a la estación de GNV, la válvula de retención se colocará para evitar la descarga del hidrocarburo en caso de falla de línea, ambas válvulas cuentan una presión permisible de fabricante de 3750 psig (263.65 kg/cm²), además se contará con un manómetro de Bourdon de 3" instalado de igual forma en la línea de suministro de la estación de GNC con una presión permisible de fabricante de 4000 psig (281.23 kg/cm²), a partir de la instalación del manómetro y las válvulas mencionadas se continuará el trazo de la tubería de 3" Ced.160 5L X-70 con longitud total de 178 m misma que proviene de la zona GNC hasta el área de almacenaje.

Panel Prioritario de Control y Sistema de Almacenamiento por Cascada

La tubería mencionada estará conectada a un panel de control prioritario que controlara el almacenaje de Gas Natural a varios niveles de presión; cada nivel de presión tendrá uno o más recipientes; primero se llenarán los recipientes con la presión más alta otorgada por la Estación de GNC y posteriormente se procederá el llenado a menor presión en secuencia mediante un control automático hasta llegar a una presión de 2900 Psig (200 bar).

El Gas Natural será surtido a los vehículos desde la presión más baja (2900 Psig), cuando la presión disminuya a niveles muy bajos de presión que no se permitan, el panel prioritario de control de forma automática cerrará la entrada al recipiente anterior y abrirá la entrada al recipiente con una presión superior. El proceso anterior se repetirá hasta que el tanque con mayor presión en el sistema entre en operación. Finalmente, cuando no se disponga de Gas Natural en los tanques del sistema de almacenamiento de la estación de GNV, la estación de GNC enviará hidrocarburo para llenar el sistema de almacenamiento por medio del panel de control prioritario.

Dichos tanques de almacenamiento son fabricados con una aleación de acero 34CrMo4, el conjunto del sistema de tanques tendrá una capacidad de almacenamiento de 1440 litros

Agua, certificados bajo la norma ISO 9809-2:2010 cumpliendo con la NOM-010-SECRE-2002.

Finalmente, la instalación de los recipientes será a nivel de piso terminado colocándose canastas de acero en una sola pieza las cuales contendrán los cilindros de almacenamiento de gas natural vehicular, dichos tanques tendrán una protección plástica para evitar el roce entre ellos y a la vez cada uno de ellos tendrá una válvula de alivio (relevo de presión) determinado a la presión recomendada por el fabricante para cada nivel de presión, además de una válvula de corte manual instalada en cada conjunto de tanques de almacenamiento. Para la operación y chequeo de los mismos contarán con un manómetro capaz de medir una presión permisible de 4000 psig (281.23 kg/cm²).

En cuanto a la protección contra la corrosión los tanques serán recubiertos de una resina con alto contenido de Zinc actuando como ánodo según recomendación del fabricante. Además de un nodo de sacrificio a base de una aleación de Magnesio con alto potencial o de aluminio recomendado para tanques de diámetro pequeño conforme a la norma NRF-017-PEMEX-2017.

Dispensador de GNV

Posterior del sistema de almacenamiento tipo cascada, se suministrará Gas Natural a través de una tubería de 1" SS Ced.80 AISI 316 L de 31 metros instalada a 0.6 m a lomo de tubo al cabezal de succión de los dispensadores de la estación, dicho cabezal tendrá instalado un manómetro de Bourdon de 1" con una presión permisible de fabricante de 4000 psig (281.23 kg/cm²).

Por otra parte, el conector de llenado del dispensador no debe permitir el paso de Gas Natural cuando dicho conector no esté acoplado correctamente o se encuentre separado de la boquilla de recepción del vehículo, por lo que las mangueras de suministro tendrán una válvula "break away" como protección adicional en caso de separación de la misma.

El dispensador contara con una pantalla electrónica que mostrara el flujo másico entregado del hidrocarburo medido mediante un medidor tipo KG80 Coriolis instalado en el inmueble de cada dispensador. Para finalmente entregar el hidrocarburo en condiciones para uso automotor. Cuando la operación concluya el surtidor será despresurizado antes de desconectarse del cilindro del automotor mediante una válvula de desfogue que estará conectada a una línea vertical de ¼ D.N. A.C. de 5.5 m respecto al nivel de piso terminado. Cada surtidor contará con un manómetro tipo Bourdon los cuales cuentan con una presión permisible de fabricante de 4000 psig (281.23 kg/cm²) , el mismo se instalará a la entrada del gas al equipo en cuestión.

Cada isla de despacho estará protegida contra choques mediante dos elementos de tubería de acero con 101.1 mm D.I.. identificados de color blanco con una altura de 90 cm y una longitud horizontal de 102 cm siendo anclado a tierra por 42 cm por el mismo material, estos elementos se encontrarán en los lados más estrechos de las islas debido al sentido de circulación vehicular y cada dispensador estará conectado al sistema de tierra de la estación con el fin de evitar cargas electrostáticas.

Dichos dispensadores se encontrarán céntricos dentro del predio de la estación a una distancia de 20 m de la barda perimetral más cercana y 24 m de la avenida colindante

Dispositivos de Seguridad para la Estación de Gas Natural Vehicular

En la estación de GNV se instalarán detectores de mezclas explosivas marca HONEYWELL los cuales accionarán una alarma sonora y visual en caso de alcanzar una mezcla de Gas Natural con aire del 0.5% en volumen y en caso de presentarse una mezcla de 3% o superior en volumen accionará un sistema de bloqueo del suministro de energía eléctrica, así como el cierre de las válvulas de suministro a los contenedores tipo cascada y a los contenedores. Los detectores contarán con una alarma visual que indicarán que están en correcto funcionamiento y en caso de no ser así se procederá a su revisión y/o mantenimiento según sea el caso.

Las válvulas de alivio (relevo de presión) estarán conectadas a un canal de venteo que se dirigirá a una zona de descarga segura para después terminar en un desfogue de manera vertical a 0.7 m de la altura más alta de la estación, los canales de venteo tendrán un arreglo tipo “cuello de ganso” al final de este para evitar la entrada de basura, agua o polvo al mismo. Por otra parte, se tomarán en cuenta la dirección de los vientos dominantes de la zona a ubicarse el Sistema de Expendio al Público, así como la ubicación de edificios y lugares que puedan estar ocupados por personas o equipos de la misma estación.

Los dispositivos de control tanto de los tanques de almacenamiento y dispensadores son diseñados e instalados por el fabricante de forma que no se presente alguna falla por calentamiento externo o interno, así como condensaciones en el sistema. Lo anterior derivado de evitar cualquier percance por el mal funcionamiento de estos.

Se instalarán cuatro paros de emergencia marca SIEMENS 3SB3 en la caseta de vigilancia donde habrá un operador las 24 hrs, uno en los tanques de almacenamiento y uno en cada dispensador de GNV, que serán accionados cuando exista una contingencia dentro de la estación, por lo que se interrumpirá el suministro de energía eléctrica, así como el suministro del hidrocarburo a los equipos dentro de la estación. El restablecimiento de las actividades será autorizado y supervisado por el gerente de la estación.

Las Instalaciones eléctricas y el equipo a instalar dentro de la estación de GNV están clasificados dentro del Grupo D debido a que el gas natural es un gas inflamable que mezclado con aire puede arder o explotar y dentro de la clase 1 en la división 1 y 2 respectivamente, por lo que la determinación de la presión máxima de la explosión y de la separación máxima de seguridad entre las partes de una unión con abrazadera dentro de la estación estarán dentro una envolvente de aluminio libre de cobre.

La estación de GNV contará con envolventes a prueba de explosión de aluminio de cobre de acuerdo a la clasificación de la NOM-001-SEDE-2012, que clasifica al sistema como grupo D Clase 1 División 1 y 2, para gases inflamables.

Balance de Materia

En lo que respecta al balance de materia y energía, este puede verificarse a continuación y los puntos en los planos correspondientes en el Anexo 2.

Tabla 16. Balance de Materia

No	Descripción de Corriente	Estado Físico	Flujo m3/hr / MPCSD	Presión Psig / Kg/cm ²	Temperatura °C / F
1	De la ER 01 a válvula para suministro a red	Gas	11,952.46 / 10.13	350 / 24.61	25.00 / 77.00

En lo que respecta a las temperaturas y presiones que se manejarán a lo largo del sistema estas pueden verificarse en las bases de diseño de este documento.

Como se mencionó, el gas fluirá desde el punto de interconexión y a lo largo de toda la trayectoria del sistema de Transporte, donde se manejará la presión necesaria para atender las necesidades operativas y de suministro a la red de acero que llevará el combustible a los usuarios finales.

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

El régimen operativo 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 del usuario.

Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) con base en la ingeniería de detalle y con la simbología correspondiente

Para este caso los DTI's de la instalación, planos de apoyo y consulta también se cuenta con los planos topográficos correspondientes a lo largo de toda la trayectoria considerada, los cuales en conjunto con el plano de localización servirán para verificar las condiciones y especificaciones de material respectivas.

Sistemas de Seguridad y Salvaguardas del sistema

Filosofía de operación de la seguridad

En la estación de regulación y medición del usuario final, se contará con regulador con Slam-Shut, donde se tiene el siguiente principio de funcionamiento:

La válvula de corte (montada en el regulador de la primera etapa de regulación) por fuga tendrá la capacidad de estar monitoreado aguas arriba y aguas abajo de las condiciones de operación. Es decir, la presión de operación aguas abajo es de 24 kg/cm^2 , el rango de corte por alta presión será de 25 kg/cm^2 , y el rango de corte por baja presión será de 20 kg/cm^2 .

La finalidad de la válvula de corte por fuga es cortar súbitamente el suministro de gas a las estaciones en caso de alguna eventualidad o contingencia. La válvula interrumpe automáticamente el flujo al detectar una presión de salida en condiciones que sobrepasen a los parámetros de control (valores del set point).

Si el flujo máximo es rebasado (ya sea por un sobre consumo o alguna fuga de consideración) la presión de la estación de medición disminuirá ocasionando que se alcance el set point de la válvula de corte provocando el cierre de esta.

Muy baja presión (sugiere una fuga aguas debajo de la estación de medición). Al momento de presentarse una fuga, la presión del sistema tenderá a bajar por seguridad la válvula realizará el corte por baja al detectar 4 kg/cm^2 de la presión de salida (PS). Cabe mencionar que los valores del set point, para la presión y el caudal dentro del ducto se designan de acuerdo a los requerimientos del cliente.

Cabe mencionar que la fuga debe de ser de grandes proporciones para que baje la presión (rebasar las condiciones de flujo máximo) y la ssv la detecte y corte el suministro de gas, ya que si existen pequeñas fugas operacionales (como un mal apriete de bridas, flexitalic mal puestas, roscas barridas, etc.) la ssv no las detectará y no cerrará para que el usuario que está conectado a esta estación no sufra un corte de gas inesperado por una pequeña fuga.

Accesorios y aditamentos:

Los tubos, válvulas, bridas, instrumentos y conexiones serán de especificación conocida, cumplirán con los estándares y especificaciones de composición, fabricación y calidad.

Salvaguardas principales del sistema:

El mantenimiento del Sistema de Transporte de Gas Natural, punto de inyección y de las Estaciones de Regulación y Medición para los usuarios finales será realizado de acuerdo con los códigos ASME B.31.8 y B.31.3.

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.

En su momento se verificará periódicamente cada componente de las Estaciones de Regulación y Medición, reemplazando o reparando los equipos cuando sea necesario. Las pequeñas fugas que lleguen a detectarse en las bridas del patín de regulación serán marcadas para ser reparadas a la brevedad.

Se contará con un operador que será el responsable de vigilar el buen funcionamiento de la instalación.

La caseta del usuario contará con acceso directo y exclusivo para el personal, que tenga a su cargo el mantenimiento. La caseta será revisada cada tercer día. El gasoducto será recorrido e inspeccionado periódicamente. Se 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 la protección catódica (en donde aplique), de los sistemas y dispositivos de seguridad de la instalación eléctrica y conexiones, posible manipulación peligrosa, vandalismo o evidencia de daños en las instalaciones, sustracción de dispositivos de protección catódica, y acciones de terceros sobre las tuberías.
2. Se realizará la vigilancia del derecho de vía con los siguientes fines: Buscando indicios de posibles fugas en las tuberías (cambios de coloración en el suelo o detección de vegetación muerta), puntos de corrosión en las instalaciones externas, condiciones inseguras del ducto, actividades de construcción, excavaciones, detectar la realización de actividades en sus inmediaciones que pudieran dañar la tubería e identificar de manera oportuna la invasión del derecho de vía.

3. Se realizará una inspección que coincida con la vigilancia del gasoducto y/o inspecciones de fuga para asegurarse de que existen marcadores (señalamientos) adecuados, visibles y en buen estado a lo largo del derecho de Vía del gasoducto.
4. Se vigilará los posibles casos de cambios en la Clase de Localización.

Mantenimiento

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

1. Seguir las instrucciones del Manual de Operación y Mantenimiento de la empresa, además de las recomendaciones del fabricante del equipo e instalaciones en general.
2. Se realizará periódicamente la verificación del apriete en conexiones, para evitar fugas de gas.
3. En su momento se dará mantenimiento a válvulas, reguladores y equipo en general, llevando un registro de las fallas detectadas señalando su localización, causas y tipo de reparación efectuada. Las válvulas de una tubería de Transporte que se puedan requerir durante una emergencia se deben inspeccionar y checar su viabilidad operativa una vez cada año calendario, como mínimo.
4. Se mantendrá en óptimas condiciones la protección anticorrosiva de las instalaciones superficiales, corrigiendo cualquier daño mediante el uso de pintura anticorrosiva.
5. Anualmente deberá realizarse un examen de los requerimientos de capacidad de cada sistema o segmento de sistema para asegurarse de que se cumple con el criterio de seguridad establecido.

Reparación

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

1. Efectuar las reparaciones según el procedimiento aprobado, empleando exclusivamente personal calificado para ese tipo de trabajo.
2. En el caso de los soldadores, deberán contar con pruebas de calificación por lo menos dos veces al año, para garantizar que realizan su trabajo de manera adecuada. (Solo en las partes que se utilice acero).
3. En todos los casos se seguirán las técnicas de reparación establecidas y aprobadas por la empresa.
4. Se apegará a los procedimientos de reparación marcados en las normas internacionales.
5. Se informará al público 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 de las instalaciones. A continuación, se detalla cada uno de éstos.

Inspecciones

El operador del sistema estará familiarizado con los procedimientos y realizará inspecciones visuales de rutina en el ducto y en el equipo de las Estaciones de Regulación y Medición de usuarios al menos tres veces por semana de acuerdo con los procedimientos operativos de GAZPRO GAS, S.A. de C.V. para detectar labores de construcción u otros factores que pudieran poner en riesgo la integridad del ducto. Se deberá comprobar la medición de flujo y la presión de ajuste de los reguladores.

Adicionalmente, se inspeccionarán las carreteras, servicios y cruces del gasoducto de acuerdo con las regulaciones aplicables.

Inspección de fugas

Las inspecciones de fugas serán realizadas dos veces al año en todo el sistema.

Cualquier indicación de fuga, ya sea por pérdida de vegetación u olor a odorizante, deberá ser inmediatamente confirmada mediante inspección con un detector de fugas de gas.

Vigilancia en el ducto

La Franja de Seguridad de la tubería deberá ser inspeccionada y patrullada al menos mensualmente para la detección de fugas y de cualquier actividad cercana al sistema que pudiera crear una operación insegura, tomando las medidas necesarias en cada caso.

El programa de patrullaje se lleva a cabo para buscar indicios de fugas, condiciones inseguras del ducto, actividades de construcción, excavaciones, sustracción de dispositivos de protección catódica, tomas clandestinas de producto, perforaciones en los ductos y cualquier otro factor que pueda afectar la seguridad y operación del sistema.

Las inspecciones del Sistema de Transporte de Gas Natural incluyen recorridos en vehículo terrestre y/o a pie a lo largo de la Franja de Seguridad para detectar evidencia de:

1. Evidencia de fugas por pérdida de vegetación.
2. Daños a los marcadores (señalamientos) de la tubería.
3. Excavaciones realizadas por terceros que pudieran dañar el gasoducto.
4. Control de la maleza.
5. Asentamientos humanos irregulares.
6. Cambios en la Clase de Localización

Cualquier indicación de fuga, ya sea por pérdida de vegetación u olor a odorante, deberá ser inmediatamente confirmada por medio de una inspección con un detector de fugas de gas.

De acuerdo con la NOM-007-ASEA-2016, la vigilancia se debe realizar mediante:

- a) Inspección visual de las instalaciones, con relación a:
 - Modificación en la densidad de población y cambio de clase de localización;
 - Efecto de la exposición a la intemperie o movimiento de las tuberías;
 - Cambios en la topografía que pudieran afectar a las instalaciones;
 - Posible manipulación peligrosa, vandalismo o daños o evidencia de tales situaciones;
 - Acciones de terceros sobre las tuberías, y
 - Posible filtración de gas natural a edificios desde los registros y fosas a través de entradas de aire.

b) Revisión y análisis periódicos de documentación que incluyan:

- Inspección de fugas;
- Inspección de válvulas e;
- Investigación de fallas de las instalaciones en general.

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

Control de la Vegetación

No se requiere llevar a cabo control de malezas o fauna nociva a lo largo del trazo del ducto, ya que en la mayor parte del trazo correrá alojado en caminos de terracería, a un costado de caminos asfaltados y en el interior de calles y avenidas de la zona urbana del municipio de Delicias, Chihuahua.

Sin embargo, en el caso del trazo de la tubería que se alojará de forma marginal en los caminos de terracería y en el DDV de la carretera Estatal 22, sí se requiere llevar a cabo una limpieza periódica o chaponeo para mantener despejada la franja de desarrollo del ducto en su etapa de operación.

Control de la Corrosión

Las porciones expuestas de tubería de acero (instalaciones externas) deberán ser inspeccionadas para analizar el deterioro del recubrimiento y/o la corrosión externa.

Cualquier actividad de excavación hecha por terceros en la vecindad del ducto, deberá ser notificada de inmediato, informando a los responsables de la excavación la ubicación del ducto y los riesgos de ruptura de tuberías.

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 la tubería utilizada deberá ser reparada tan pronto como sea posible. Asimismo, todas las fugas deberán ser reparadas conforme lo requiera su clasificación. No todas las fugas se reparan de inmediato, depende de su clasificación, es la prioridad para atenderla.

Si ocurre algún tipo de daño, además de fuga, en una de las tuberías, 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. En las instalaciones externas que así lo necesiten,

las reparaciones en acero 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.

Verificación y en su caso Reajuste de la Presión Máxima de Operación.

En el caso de que las variaciones de presión se deban a condiciones no satisfactorias del sistema, se procederá a su reacondicionamiento; a la sustitución de la parte dañada; a la reducción de la presión máxima de operación; y en caso extremo, a retirar el sistema de operación.

Control de la Corrosión.

Dentro del programa de mantenimiento, mensualmente se revisará el estado de la pintura de las casetas de medición y regulación del sistema.

Estas acciones se complementan con los programas ya descritos sobre la inspección de las tuberías y el mantenimiento general de toda la infraestructura del proyecto.

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.

En caso de que no se opere solo se inertizará el gasoducto (llenado con Nitrógeno) y se dejará enterrado y sellado.

Programa de Mantenimiento

Para garantizar el buen funcionamiento del sistema de Transporte de Gas natural GAZPRO GAS y todo lo que la conforma, durante la operación de esta se contempla realizar mantenimiento a válvulas, reguladores y equipo en general, llevando un registro de las fallas detectadas señalando su localización, causas y tipo de reparación efectuada.

Todas las reparaciones se realizarán según el procedimiento aprobado, empleando exclusivamente personal calificado para este tipo de trabajo y acorde a lo mencionado en los párrafos anteriores. Adicionalmente, 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 riesgo la salud, infraestructura y/o al ambiente.

Con el fin de permitir la correcta operación del sistema, se establecerán planes y programas que cubrirán los aspectos de operación, inspección, mantenimiento y reparación de la estación, contemplando lo requerido en las normas nacionales e internacionales, y la **NOM-007-ASEA-2016**.

Señalamientos

Se contempla la colocación de señalamientos desde el punto de interconexión y a lo largo de toda la trayectoria del sistema de Transporte, y avisos de tipo informativo, restrictivo y preventivo durante todas las etapas del proyecto, con el fin de garantizar que el equipo e

infraestructura en general no sea dañado debido a carencias de información al público en general.

Se colocará también, el teléfono de atención a emergencias del promovente, para que den aviso en el caso de presentarse una situación que ponga en peligro la integridad de las personas y de sus bienes, de esta manera se activará el plan de atención a emergencias y los operadores a cargo se encargarán de atender dichos eventos.

Se colocarán letreros de no fumar, así como el rombo de identificación de riesgos de la NFPA-704 para el gas natural, mientras se homologa la comunicación de riesgos de acuerdo con el Sistema Globalmente Armonizado (SGA) establecido en la NOM-018-STPS-2015, se utilizarán tanto el rombo de clasificación de riesgos como la nomenclatura del SGA (Figuras siguientes).

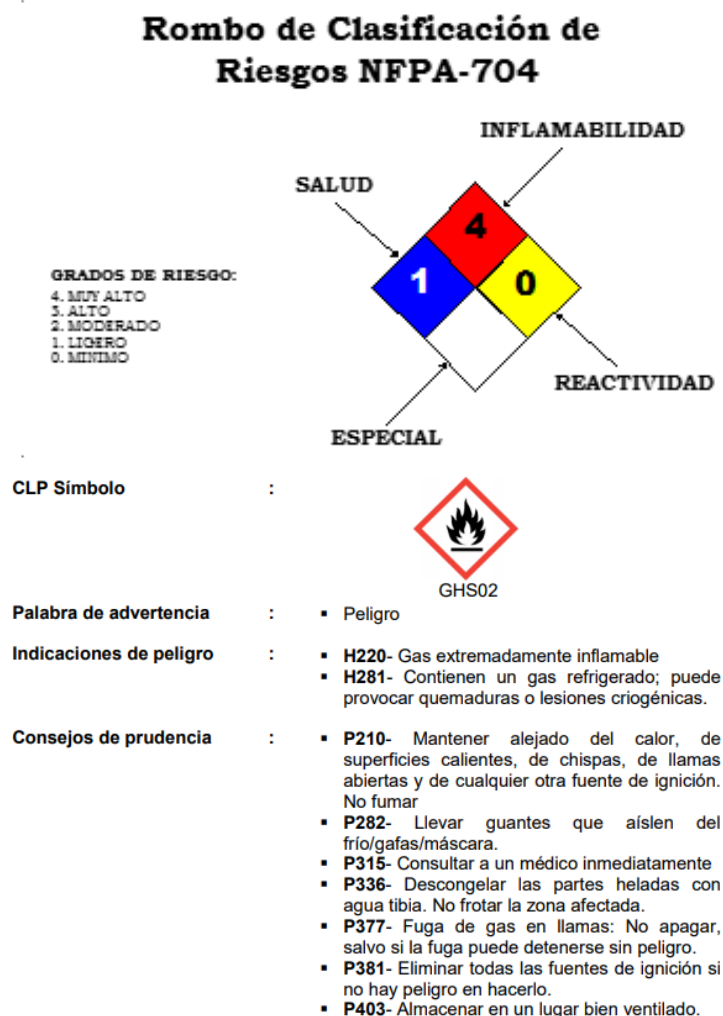


Figura 21. Rombo de identificación de riesgos de la NFPA-704

III.Descripción del Entorno

El presente proyecto se pretende ubicar en la zona urbana y suburbana del municipio de Delicias, Estado de Chihuahua, el cual consiste en un **Sistema de Transporte de gas natural**, con el objeto de suministrar dicho energético a usuarios industriales en la zona; en etapas futuras se buscará incrementar el suministro a la parte residencial y de automotores.

El ducto de acero al carbono principal constará de aproximadamente 35,000 m de tubería. Al inicio del recorrido se tendrá tubería de 6", la cual cruzará perpendicularmente y en dirección Norte la Av. Las Moras para después integrarse a la carretera Estatal 22 y alojarse marginalmente en su margen derecho en dirección Noreste por aproximadamente 7,800 m para integrarse después a la Av. Fernando Baeza en donde buscará alojarse principalmente en el camellón central de dicha avenida y con ello avanzar hasta su cruce con la carretera federal 45 D Cd. Delicias – Saucillo para cambiar con dirección Sureste por la Av. Ferrocarril Ote, en donde se cambiará su diámetro a uno de 4" API 5L x-42 y se desplazará en dirección Sureste hasta encontrarse con las diversas empresas industriales ubicadas en la zona.

Con esta trayectoria se prevé la opción para en una etapa futura colocar una estación de regulación y desde ahí interconectar un ramal y red de polietileno de alta densidad para distribuir comercial y residencialmente a las colonias Colinas del Valle, Valle Verde, Flores del Tepeyac, Las Huertas, Lindavista, Tierra y Libertad, Benito Juárez, 1º de Mayo Roma y Nuevo Delicias entre otras.

Dado que el gasoducto pasa paralelo a edificaciones, más no las cruza, el ducto es clasificado de acuerdo con la NOM-007-ASEA-2016 como clase de localización 3, y será hasta que se decida implementar la parte de distribución que se estará reclasificando a clase de Localización 4 y 5 y bajo el cumplimiento de la NOM-003-ASEA-2016.

Durante alguna contingencia y/o falla el flujo de gas será controlado mediante la Estación de Medición y Regulación Principal (ERMP) y las válvulas habilitadas para corte, cambios de dirección o cambio de profundidad.

Se instalarán postes de señalización a lo largo de todo el gasoducto cumpliendo con la normatividad de la NOM-007-ASEA-2016.

El proyecto será construido en su totalidad en el municipio de Delicias, Estado de Chihuahua, y con un ramal hacia el municipio de Meoqui. Se presenta su ubicación nacional, estatal y municipal en la Figuras 9, 10 y 11, respectivamente.

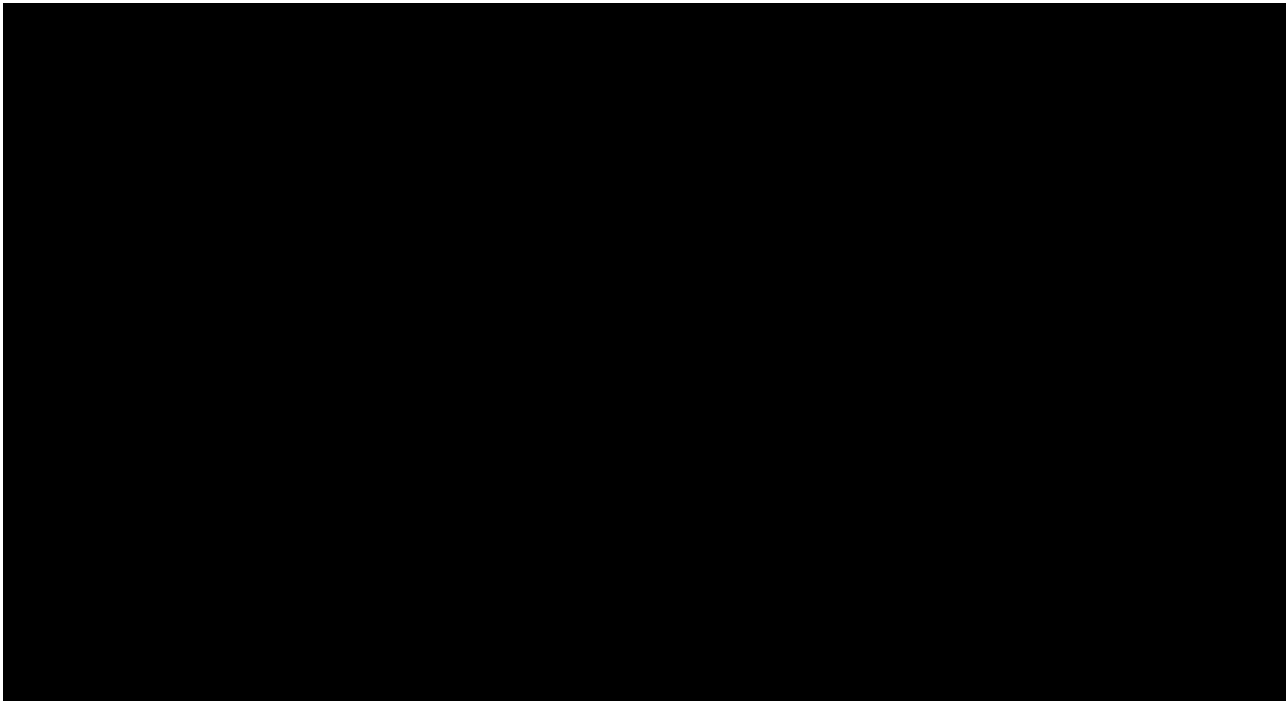


Figura 22. Ubicación Nacional.

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

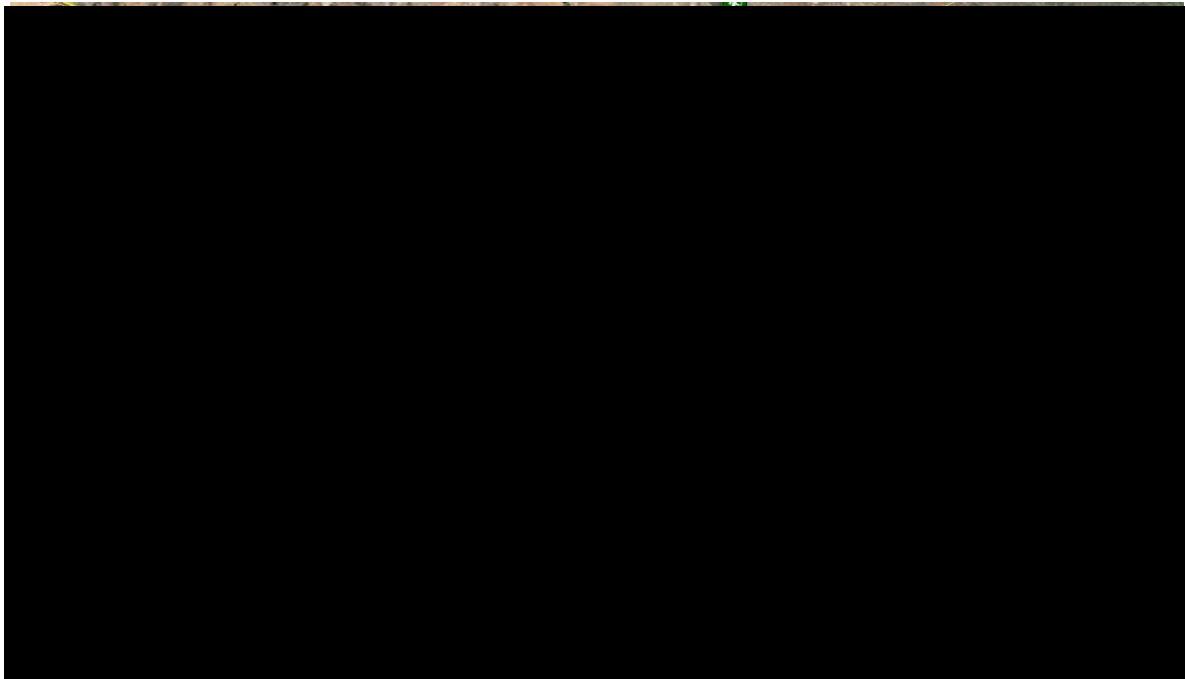


Figura 23. Ubicación Estatal.

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

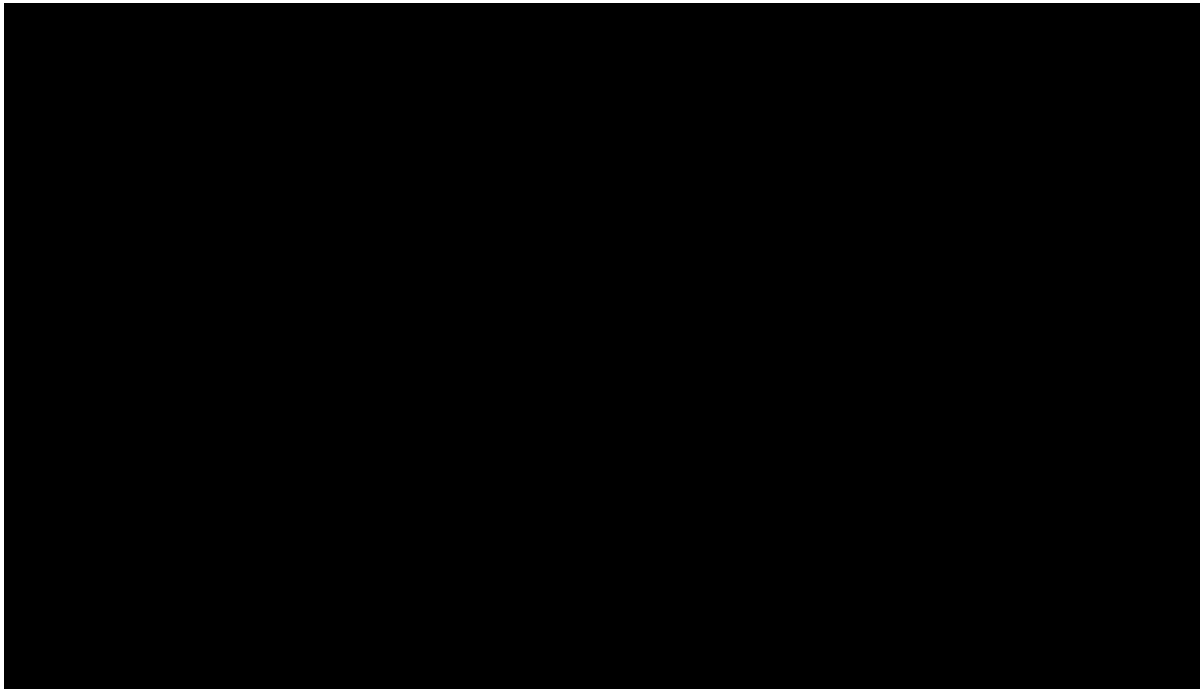


Figura 24. Ubicación Municipal.

En la Figura 25 se presenta la ubicación del proyecto con referencia a la zona urbana del

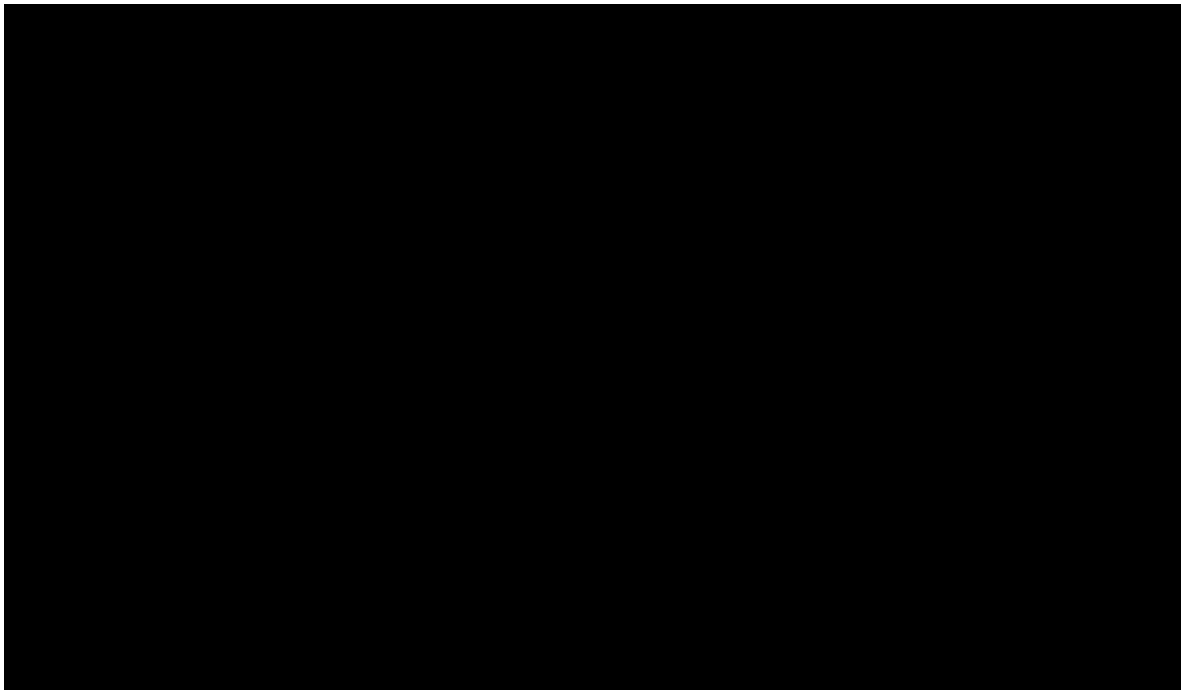


Figura 25. Ubicación con referencia a la zona urbana del municipio de Delicias, Estado de Chihuahua

Para describir adecuadamente la ubicación del STGN en su totalidad, el Trazo se dividió en partes:

Tabla 20. Descripción de los Trazos.

Trazo	Color de identificación	Diámetro de tubería [pulg]	Longitud [m]
1	Verde	4	16,500.00
2	Azul Claro	6	7,850
3	Azul Oscuro	4	9,940
4	Morado	3	850
Total			35,140.00

El ducto de acero al carbono principal constará de aproximadamente 35,000 m de tubería. Al inicio del recorrido se tendrá tubería de 6”, la cual cruzará perpendicularmente y en dirección Norte la Av. Las Moras para después integrarse a la carretera Estatal 22 y alojarse marginalmente en su margen derecho en dirección Noreste por aproximadamente 7,800 m para integrarse después a la Av. Fernando Baeza en donde buscará alojarse principalmente en el camellón central de dicha avenida y con ello avanzar hasta su cruce con la carretera federal 45 D Cd. Delicias – Saucillo para cambiar con dirección Sureste por la Av. Ferrocarril Ote, en donde se cambiará su diámetro a uno de 4” API 5L x-42 y se desplazará en dirección Sureste hasta encontrarse con las diversas empresas industriales ubicadas en la zona.

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

Con esta trayectoria se prevé la opción para en una etapa futura colocar una estación de regulación y desde ahí interconectar un ramal y red de polietileno de alta densidad para distribuir comercial y residencialmente a



Figura 26. Detalle de ubicación de la Estación de Regulación y Medición Principal ERMP.

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

Resumen de infraestructura

Materiales de interconexión

- Válvula de compuerta de paso completo y continuado marca WALWORTH de 4", clase 600 # ANSI 600, lubricarle bridada ambos extremos con caras RTJ para usarse con 2 juntas para anillo R-23 con juntas aislantes PIKOTEK, con niple, válvula de 2 ½"Ø en el dren de purga.
- Las bridas por emplear tendrán las siguientes características: Brida de cuello soldable (Welding Neck) acero al carbón tipo RTJ de 4" de diámetro, especificación ASTM A 105, clase 600 #.
- Niple de interconexión, tubo de acero al carbón de 4" Ø sin costura, especificación API 5L X60, espesor 0.375".
- Envolvente metálica bipartida de refuerzo (full encirclement) para soldarse en tubería de 16" de diámetro especificación API 5L X60, espesor de pared 0.375".
- Junta aislante marca PIKOTEK de 4" 600# tipo RTJ, cuerpo de acero inoxidable 316, atrapada entre dos discos de resina epóxica reforzada con fibra de vidrio que contenga dos sellos de teflón auto energizados uno a cada lado, con insertos no pegados en la resina epóxica y bujes y arandelas aislantes de material NEMA G-10 con arandelas protectoras de apriete.
- Medias cañas de poliuretano de alta densidad de 0.50 metros, para tubería de 16" y 4".

Tabla 21. Tabla resumen de los cruzamientos contemplados en el Trazo

ITEM	Ubicación (municipio / vialidad)	Tipo de cruzamiento	Coordenadas geográficas	
			Latitud (N)	Longitud (O)
1	Av. de las Moras	Direccional, carretero		
2	Carretera federal 22	Direccional, carretero		
3	Carretera federal 22	Direccional, corriente de agua		
3	Carretera federal 22 y Av. río San Pedro Sur	Direccional, carretero		
4	Av. Ferrocarril Oriente	Direccional, férreo		
5	Carretera Saucillo – Cd. Delicias	Direccional, carretero		
6	Av. Ferrocarril Oriente	Direccional, férreo		
7	Carretera Saucillo – Cd. Delicias	Direccional, carretero		
8	Av. Río Conchos	Direccional, carretero		

ITEM	Ubicación (municipio / vialidad)	Tipo de cruzamiento	Coordenadas geográficas	
			Latitud (N)	Longitud (O)
9		Direccional, férreo		
10	Av. Río San Pedro Norte	Direccional, carretero		
11	Av. S/N	Direccional, carretero		
12	Río San Pedro	Direccional, corriente de agua		
13	Av. Ferrocarril	Direccional, carretero		
14	Santos Degollado	Direccional, carretero		
15	Bugambilia	Direccional, carretero		

Dimensiones del proyecto

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

Longitud total del proyecto

La longitud total del STGN será de 35,140 m de tubería de acero al carbono 6" de diámetro con longitud de 7,850 m, y 26,440 m de 4", como se aprecia en la Tabla 20.

Tabla 22. Tabla resumen de la tubería contemplada en el STGN

Dimensiones	
Diámetro de tubería [pulg]	Longitud [m]
6	7,850
4	16,500
4	9,940
4	850

Superficie total del proyecto

La superficie total del proyecto, al ser un sistema de Transporte, se obtuvo considerando su longitud y el ancho mínimo de la franja de seguridad establecido en la NOM-007-ASEA-2016 que, por tener un alcance a sistemas de transporte, permite dimensionar las distancias de seguridad adecuadas en zonas urbanas para los diámetros de los ductos que se contemplan en el proyecto.

La longitud considerada fue de 35,140 m y un ancho mínimo de franja de 0.4648 m en el Trazo. De esta forma se estima una **superficie de afectación permanente de 16,333.10 m²** y se muestra en la Tabla 21.

Tabla 23. Dimensiones para obtener la superficie de afectación

Concepto	Afectación	
	Temporal	Permanente
Etapas 1A Longitud total 6"	7,800 m	7,800 m
Etapas 1A Longitud total 4"	9,900 m	9,900 m
Etapas 1 A Derivaciones a usuarios 4"	850 m	850 m
Etapas 1B Longitud total 4"	16,500 m	16,500 m
Ancho de alojamiento 6" zona rural	7 m	7 m
Ancho de alojamiento 4" zona rural	7 m	7 m
Ancho de alojamiento 6" Zona Urbana	5 m	0.4572 m
Ancho de alojamiento 4" Zona Urbana	5 m	0.3048 m
Superficie del trazo de 6"	54,600 m ²	3,566.16 m ²
Superficie del trazo de 4"	184,800 m ²	129,360 + 2,414.01 m ² 131,774.01 m ²
Superficie de la Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP)	0 m ²	400 m ²
Superficie del Área de Compresión	0 m ²	21,521 m ²
Etapas 2 Superficie de la Estación Compresión de Gas Natural (GNC)*	0 m ²	1,732 m ²
Etapas 3 Superficie de la Estación de Gas Natural Vehicular (GNV) *	0 m ²	1,609 m ²
Superficie total requerida para el proyecto	239,400.00 m ²	160,602.17 m ² = 1,606,021 Km ²

En la Tabla 24 se presentan la superficie de afectación permanente y temporal, esta última con valor de 200 m².

Tabla 24. Resumen de superficies de afectación

Afectación	Superficie [m ²]
Permanente	239,400.00
Temporal	160,602.17
Total	400,002.17

Uso actual de suelo en el sitio del proyecto y en sus colindancias

De acuerdo con la carta del INEGI de Uso de Suelo y Vegetación (Escala 1:250 000: Serie VI: INEGI: 2017), los Usos de Suelo y Vegetación presentes en el Sistema Ambiental son, de mayor a menor proporción Agricultura de riego anual y semipermanente, Asentamientos humanos, Agricultura de riego semipermanente y permanente, Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo, Matorral desértico micrófilo y Pastizal inducido.

En la siguiente figura se presentan los usos de suelo con respecto a la ubicación del trazo que se contempla en el proyecto.

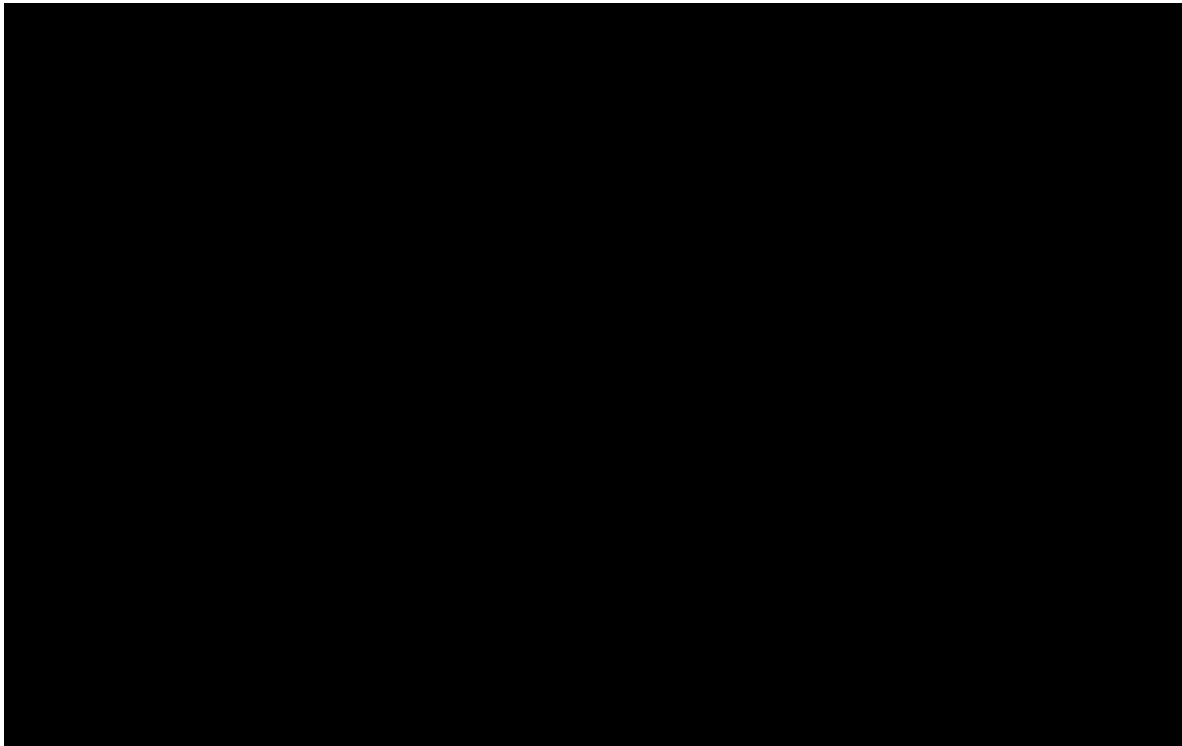


Figura 27. Uso de suelo y vegetación en el Sistema Ambiental

Fuente: Elaboración propia con información del Estado de Chihuahua.

Integración e interpretación del inventario ambiental

Integración

Para el inventario ambiental se consideró la información integral de diferentes aspectos relacionados con el proyecto, tales como los factores bióticos y abióticos. De forma inicial se determinó la posición geográfica del trazo del gasoducto, describiendo las coordenadas en donde se ubica y se hizo un reconocimiento general de la zona, con el objetivo de identificar las particularidades de esta. Además, se realizó un muestreo de flora y fauna en campo.

Posteriormente, mediante el uso de herramientas de información geográfica como Google Earth, Software QGIS, Mapa Digital-INEGI, SIGACUA-CONAGUA, SIGEIA-SEMARNAT, SIORE-SEMARNAT, así como de las bases de datos de fuentes oficiales como son el INEGI, CONAGUA y CONABIO, se analizaron de forma integral los componentes bióticos y abióticos para determinar un Sistema Ambiental representativo.

Interpretación

La zona donde se ubicará el proyecto se encuentra dentro de los límites de la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 20 “Bolsón de Mapimí Norte” (Con política de “Aprovechamiento Sustentable”), definida por el “Ordenamiento Ecológico General del Territorio”. Se consideró que la UAB 20 es demasiado extensa como para delimitar el SA a su frontera, por lo cual se tomaron otros factores, al norte se delimitó a las corrientes de agua, al este y sur fue definido de acuerdo con corrientes de agua, tipo de roca y caminos establecidos;

al sur por uso de suelo y vegetación, finalmente al oeste por límites políticos de los municipios de Meoqui y Delicias.

El Sistema Ambiental se ubica en la subprovincia fisiográfica “Del Bolsón de Mapimí” la cual forma parte de la provincia fisiográfica “Sierras y Llanuras del Norte”. Las características geomorfológicas de la zona corresponden a Llanura aluvial. Las formaciones rocosas en el Sistema corresponden a Suelo y “Unidad cronoestratigráfica” de clase Sedimentaria conglomerada. Respecto al suelo, se identificó Xerosol cálcico y Xerosol háplico.

El clima de la zona es BBWhw(w) y BWhw, ambos corresponden a un tipo de clima “Muy seco semicálido”. Respecto a la hidrología, el SA forma parte de la región hidrológica 24 “Bravo-Conchos”, ubicada en la cuenca hidrológica “R. San Pedro” y la subcuenca “R. Pedro-Meoqui”, una pequeña proporción del SA (en la parte Norte) se ubica en la cuenca “R. San Pedro”, en la subcuenca “R. Conchos-P. Rosetilla”. De acuerdo con la información más reciente presentada por la CONAGUA y el INEGI, se distinguen canales en operación, corrientes de agua de carácter perenne e intermitente, así como líneas centrales de flujo virtual, en la zona norte del SA se identificaron pequeños cuerpos de agua de carácter perenne. A pesar de existir estas corrientes y cuerpos de agua, durante el desarrollo del proyecto se realizarán las obras necesarias para impactarlos lo menos posible.

Para poder determinar el comportamiento del viento en la zona, se buscó de forma inicial información en el Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias (INIFAP). Existen cinco estaciones meteorológicas cercanas al sitio del proyecto, las cuales proporcionan datos diferentes, de modo que se han considerado los datos de todas. Éstas corresponden a “Campo Experimental”, “El Indio”, “Rancho El Chueco”, “Rancho El Barril” y “Huerta El Maguey”, todas pertenecientes al INIFAP, cuyos resultados se resumen de la siguiente forma:

Tabla 25. Información promedio de viento en las estaciones del INIFAP.

Estación	Fecha	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)	Velocidad del viento (km/h)	Dirección del viento	Humedad relativa (%)
Campo experimental	03-feb-22	21.80	-2.50	10.57	3.77	Suroeste	37.92
El Indio	22-feb-22	26.30	-3.00	18.06	2.37	Sur	45.89
Rancho El Chueco	03-feb-22	21.80	-2.50	10.57	3.77	Suroeste	37.92
Rancho El Barril	22-feb-22	18.70	-2.20	8.29	3.62	Sur	42.15
Huerta El Maguey	22-feb-22	27.80	-5.00	18.68	4.70	Sur	37.97

En la tabla anterior se observa que predomina la dirección del viento el al sur y suroeste, mientras que la velocidad promedio en todas las estaciones de las que se obtuvieron los resultados es de 3.65 km/h. Es importante señalar que la información por estación corresponde a los promedios registrados en la semana anterior a la fecha señalada. No fue posible obtener más datos debido a la limitada disponibilidad de información en la página oficial del INIFAP.

De igual forma se revisó la información de las estaciones EMA y ESIME a través de la página de la CONAGUA, se identificó la EMA-Delicias, sin embargo, no existe información disponible sobre viento, por lo cual no se consideró, mientras que las estaciones más cercanas de la Junta Central de Agua y Saneamiento del Estado de Chihuahua, las cuales también presentan información de viento, estaban a aproximadamente 40 km al punto más cercano del Sistema Ambiental, por lo que al no ser representativas para el proyecto, fueron omitidas.

De acuerdo con la información disponible, se presenta para las siguientes estaciones climatológicas¹ los valores de temperatura, precipitación, número de días con lluvia y niebla para un periodo de tiempo definido, éstas fueron seleccionadas por ser las más cercanas al sitio del proyecto.

Tabla 26. Estaciones climatológicas cercanas al sitio del proyecto.

ID	Nombre de la estación	Periodo	Latitud	Longitud	Altura
8044	Delicias (DGE)	1891-2010	28°11'39" N	105°27'49" O	1,173 msnm
8102	Meoqui (DGE)		28°16'00" N	105°29'00" O	1,155 msnm

Tabla 27. Valores promedio medidos en las estaciones climatológicas cercanas.

Concepto	ID	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima normal (°C)	8044	20.3	23.1	26.3	29.9	34.1	36.1	34.0	32.8	31.3	29.1	24.3	21.1	28.5
	8102	17.8	21.2	24.5	29.3	33.9	35.2	33.6	31.8	28.8	24.9	20.7	18.0	26.6
Temperatura media normal (°C)	8044	11.1	13.6	16.5	20.3	24.7	27.6	26.7	25.7	23.9	20.3	15.1	11.8	19.8
	8102	10.3	13.4	16.1	20.2	24.3	26.2	25.2	24.0	21.6	17.5	13.0	10.2	18.5
Temperatura mínima normal (°C)	8044	1.9	4.2	6.8	10.7	15.3	19.0	19.4	18.7	16.5	11.5	5.5	2.4	11.0
	8102	2.9	5.7	7.7	11.0	14.8	17.1	16.9	16.3	14.3	10.1	5.4	2.5	10.4
Precipitación normal (mm)	8044	11.8	6.3	3.9	7.9	13.7	34.6	69.5	75.6	48.8	20.7	8.8	10.3	311.9
	8102	9.6	4.2	3.8	13.6	13.5	23.6	49.9	51.8	39.4	18.3	4.5	5.7	237.9
Evaporación total	8044	122.3	164.5	251.7	289.9	337.6	238.8	279.3	234.9	198.1	187.6	140.7	124.5	2,659.9
	8102	130.5	154.9	215.8	255.6	309.9	295.4	292.7	245.7	223.7	179.5	136.4	121.0	2,561.1
Número de días con lluvia	8044	2.7	2.0	1.3	1.7	3.2	6.3	10.2	9.6	7.7	3.8	1.9	2.9	53.3

¹ Información obtenida directamente de la Comisión Nacional del Agua a través de su página electrónica <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=chih>.

Concepto	ID	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	8102	1.6	0.9	0.5	1.0	1.4	2.7	4.0	5.0	3.8	2.2	0.7	0.7	24.5
Número de días con niebla	8044	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.6	0.0	0.3	0.0	2.1
	8102	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Número de días con granizo	8044	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	8102	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Número de días con tormenta eléctrica	8044	0.0	0.1	0.0	0.1	0.8	0.6	2.2	0.7	1.0	0.0	0.0	0.1	5.6
	8102	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Riesgo Sísmico

Los municipios Delicias y Meoqui se encuentra en la zona A, la cual es una zona donde no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores. (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

En cuanto a la presencia de fallas y fracturas, dentro del área del Sistema Ambiental no se encuentra ninguna entidad de este tipo, sin embargo, existen identificadas algunas “Fallas” de tipo “normal”² en los alrededores del Sistema Ambiental, mismas que no afectan el desarrollo del proyecto.

Dentro de los límites determinados para el Sistema Ambiental, se identifican la Agricultura de riego anual y semipermanente, Asentamientos humanos, Agricultura de riego semipermanente y permanente, Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo, Matorral desértico micrófilo y Pastizal inducido.

El principal uso de suelo y vegetación donde se ubica el trazo del proyecto corresponde a agricultura de riego anual y semipermanente, y asentamientos humanos. No se considera que la ejecución del proyecto afecte de manera significativa ni afecte su comportamiento a corto, mediano o largo plazo, a razón de la limitada ocupación territorial, siendo también que parte de la flora observada pertenece a especies introducidas como lo son: *Arundo donax* (Carrizo Asiático Gigante), *Megathyrsus maximus*, *Cenchrus ciliaris*, *Paspalum dilatatum*, *Eragrostis curvula*, *Nicotiana glauca*, las cuales son vegetación secundaria, ésta vegetación suele aparecer cuando ya hubo o existe un cierto deterioro en el ambiente. Respecto a la fauna observada en el Sistema Ambiental las especies identificadas en el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010 son *Accipiter cooperii*, *Buteo albonotatus* y *Buteo jamaicensis* en la categoría de Sujeta a protección especial; y a *Anas diazi* y *Rallus limicola*

² Las fallas de tipo normal ocurren cuando el bloque de techo se desplaza hacia abajo en comparación al bloque de muro, quedando por debajo del mismo. Suelen tener una inclinación de unos 60° disminuyendo con la profundidad. La mayoría de estas fallas se desplazan sólo unos metros y ya que se deben a movimientos extensivos, pueden dar lugar a zonas deprimidas.

como Amenazadas. Durante el muestreo se observó una gran cantidad de aves, parte de estas son especies (sobre todo de las más abundantes) consideradas exóticas e invasivas.

Sin embargo, y considerando que el trazo del proyecto pasará por derecho de vía de caminos ya establecidos, así como la marcada actividad antropogénica que se desarrolla dentro del mismo (SA) y la naturaleza propia del proyecto, no se esperan afectaciones significativas de la flora y fauna del lugar.

Sabiendo que:

- El proyecto no se contrapone con las disposiciones legales aplicables,
- Las actividades que se llevarán a cabo en las diferentes etapas del proyecto no representan una afectación importante de los recursos de la zona,
- La ejecución del proyecto contribuye a la economía local derivado de las actividades que generen empleos,

No se considera que la ejecución del presente proyecto ponga en peligro el equilibrio del Sistema Ambiental.

IV. Análisis Preliminar de Riesgos

Para esta fase se llevará a cabo una identificación de posibles riesgos a partir de los siguientes métodos:

- **Una lista de verificación (Check List)** bajo la NOM-007-ASEA 2016: *Transporte de gas natural, y gas licuado del petróleo por ductos*, con el fin de que se verifique el cumplimiento en todas las etapas del proyecto, de tal manera que se identificarán los puntos que puedan generar un riesgo.

Esta metodología tiene como objetivo identificar los requerimientos de diseño, administrativos, operacionales, de mantenimiento y legales necesarios para la ejecución del presente proyecto. Esta lista de verificación se conforma de cuatro columnas, donde se especifica la actividad verificada (numeral de la norma), si aplica o no y algunas observaciones al respecto. Derivado de lo anterior, se obtuvo un listado con las actividades y medidas necesarias establecidas en la norma que son de aplicación para el proyecto. Dicha tabla se puede consultar de forma completa en el Anexo 4.5.1.

- **Antecedentes de Accidentes e Incidentes de Proyectos e Instalaciones Similares:** 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. Se basa en informaciones de procedencia diversa:
 - Bibliografía especializada (publicaciones periódicas y libros de consulta).
 - Bancos de datos de accidentes informatizados (tal es el caso de la información proporcionada por la Dirección General de Protección Civil, el Centro Nacional de Prevención de Desastres y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente).
 - Registro de accidentes de la propia empresa, de asociaciones empresariales o de las autoridades competentes.
 - Informes o peritajes realizados normalmente sobre los accidentes más importantes

- Como adicional se llevará a cabo la metodología cuantitativa, en específico el **Índice Mond**, con el fin de conocer el riesgo de la interconexión física y sus elementos como un solo nodo o una sola unidad de proceso debido a su corta dimensión. Es un índice de riesgo se basa en la asignación de penalizaciones y/o bonificaciones a diferentes áreas e instalaciones de un proyecto, las penalizaciones son asignadas en función de las sustancias presentes y las condiciones de proceso, las bonificaciones toman en cuenta las medidas de seguridad que pueden mitigar o prevenir efectos adversos a la operación de la instalación.

La aplicación del método es iterativa, por cuanto en primer lugar se divide la instalación objeto de estudio en unidades de proceso, se describen los materiales determinantes en el riesgo y se evalúa el peor caso; una vez obtenido el resultado, se corrige con la modificación de los índices más determinantes (si ello es razonable) y por último se modifican los valores obtenidos mediante la aplicación de unos factores correctores que tienen en consideración aquellos aspectos que minimizan el riesgo.

A todos estos valores se les asigna un valor numérico de acuerdo con lo señalado por la metodología y posteriormente se calcula el Factor de Riesgo Global, el cual señala el riesgo integral que representa el proyecto, tanto con los índices del sistema planteados sin ninguna medida de prevención y/o seguridad como del sistema al considerar los índices de reducción.

A continuación, se realizan las metodologías anteriormente mencionadas:

Listado de Verificación (Check List)

Se ha mencionado que la lista de verificación para este análisis de riesgo preliminar se realizará con base a la NOM-007-ASEA-2016, con el fin de verificar aspectos desde el diseño de la misma, en el Anexo 4.5.1 se podrá encontrar el archivo completo de la lista de verificación:

Tabla 28. Ejemplo de la lista de verificación

NOMBRE DEL DOCUMENTO		Lista de Verificación		
NORMA Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016 TRANSPORTE DE GAS NATURAL		PROYECTO:	STGN GAZPRO GAS	
UBICACIÓN :	ESTADO DE CHIHUAHUA	VERIFICO	ING. RICARDO ANDARACA	
ACTIVIDAD VERIFICADA		SI	NO	OBSERVACIONES
6. Materiales				
6.1 Requisitos Generales				
Los materiales de los Ductos y sus Componentes deben cumplir con los requisitos del Diseño, así como:		X		
a) Mantener su integridad estructural y propiedades mecánicas de acuerdo con las condiciones previstas de temperatura y otras condiciones del medio ambiente;				
b) Ser químicamente compatibles con el gas que se transporte, y				
c) Ser compatibles con cualquier otro material que esté en contacto con el Ducto.				

Antecedentes de Accidentes e Incidentes

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

La principal ventaja en el uso de esta metodología de análisis de riesgo ambiental es que el establecimiento de una hipótesis de accidentes se basa en casos reales. De esa forma, a continuación, se procede al planteamiento y desarrollo del análisis histórico de accidentes, tomando como marco de referencia los siniestros acontecidos tanto internacional como nacionalmente, conforme los siguientes puntos:

Marco General.

Las actividades petroleras como la distribución, transporte o manejo de sustancias como el gas natural, en todo proceso industrial que esta intervenga tiene cierto margen de riesgo que puede estar vinculado a manifestaciones de eventos no deseados como incendios o explosiones (derivados de fugas e ignición) 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 con 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 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 una empresa especializada operará este sistema, se 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 México, los accidentes con gas natural han ocurrido en su mayoría en gasoductos, dichos eventos

pusieron de manifiesto el alto grado de consecuencias derivadas de las manifestaciones del riesgo implícito que lleva la operación y manejo de sistemas que contienen el combustible mencionado.

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 - 2018³, presenta la siguiente estadística:

Tabla 29. Transporte Estatal de Sustancias Involucradas en Emergencias Químicas

Estado	No de Sustancias Liberadas
Tamaulipas (TAM)	24
Estado de México (EM)	21
Veracruz (VER)	17
Ciudad de México (CDMX)	16
Querétaro (QRO)	16
Guanajuato (GTO)	15
Jalisco (JAL)	13
Puebla (PUE)	13
Chihuahua (CHIH)	12
Sonora (SON)	12
Nuevo León (NL)	11
Baja California (BC)	10
Coahuila (COA)	10
Durango (DGO)	10
Sinaloa (SIN)	10
Hidalgo (HGO)	9
Morelos (MOR)	9
Oaxaca (OAX)	9
Michoacán (MICH)	8
San Luis Potosí (SLP)	8
Tlaxcala (TLAX)	7
Guerrero (GUE)	6
Tabasco (TAB)	6
Aguascalientes (AGS)	4
Zacatecas (ZAC)	4
Colima (COL)	3
Nayarit (NAY)	3
Yucatán (YUC)	3
Campeche (CAM)	2
Chiapas (CHIS)	2
Quintana Roo (QROO)	2
Baja California Sur (BCS)	1

Puede observarse que el Estado de Chihuahua, se encuentra registrado en la 9ª posición con respecto a la liberación de sustancias y el último en incidencia de accidentes.

³ Esta información es la más reciente publicada hasta la elaboración de este estudio.

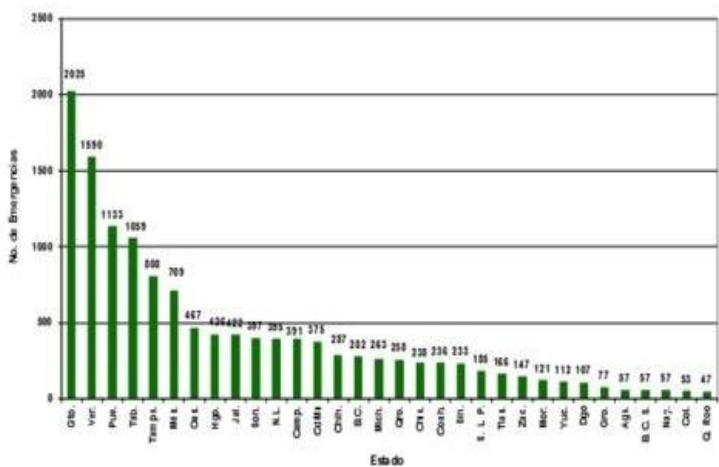


Figura 28. Emergencias ambientales reportadas a la PROFEPA

De los accidentes reportados, en el período 2000 – 2018, la PROFEPA establece que las principales sustancias involucradas, son:

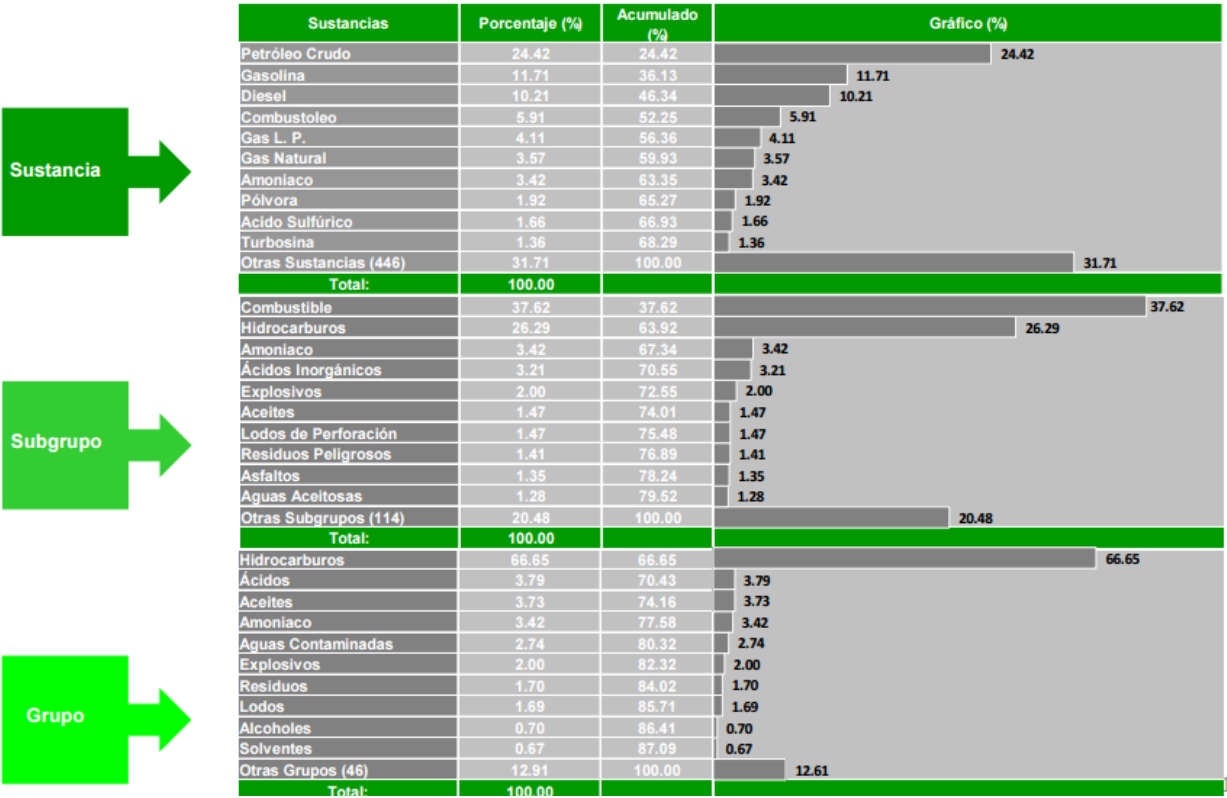


Figura 29. Sustancias involucradas en emergencias

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 5.85 % de los accidentes ocurridos en la República Mexicana (para el período 2000 - 2018).

Por otra parte, para el período señalado entre 2000 y 2018, los accidentes reportados en el país se han presentado mayoritariamente en actividades de transporte, conforme se establece enseguida:



Figura 17. Emergencias ambientales reportadas 2000-2018. Número, Localización y Tipo.

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 (huachicol) o 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 estos, conforme se muestra a continuación:

Medio de Transporte



Figura 30. Emergencias ambientales reportadas 2000 – 2018. Número, Ubicación y Transporte.

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 – 2018, 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.

Sustancia	Frecuencia	%	% Acumulado
Gas L.P.	166	22.59	22.59
Hidrocarburo	137	18.64	41.22
Desconocida	55	7.48	48.71
Pólvora	49	6.67	55.37
Gasolina	48	6.53	61.90
Metano	43	5.85	67.76
Diesel	40	5.44	73.20
Amoniaco	21	2.86	76.05
Ácidos	17	2.31	78.37
Plásticos	15	2.04	80.41
Otros (63)	144	19.59	100.00
Total	735	100.00	

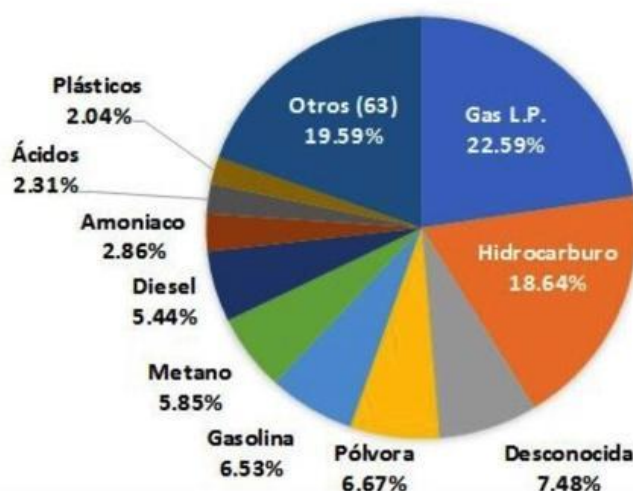


Figura 31. Sustancias Involucradas en las Emergencias Químicas en México

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.

Identificación de las Causas de los Accidentes

Errores humanos.

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

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

- Administración inadecuada.
- Distracción o fatiga.
- Falta de concentración o de memoria.
- Negligencia.

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

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

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

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

Fallo de equipos

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

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

- Explosión por sobrepresión en recipientes de almacenamiento, rebasándose su presión de diseño y la de la prueba hidrostática, conjuntándose con la falta de disparo de la respectiva válvula de alivio.
- Reparaciones improvisadas o mal realizadas.

Fallo de diseño o de proceso

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

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

Algunos de los eventos ocurridos en México referentes al gas natural (específicamente transporte por ducto y plantas, ya que es la actividad con mayor afluencia de dicho combustible) se resumen en la tabla siguiente:

Tabla 30. 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 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 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 información)
1998	Tabasco, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas y daños ecológicos	Evento histórico (No se cuenta con 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 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 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 información)

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 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 información)
2012	Tamaulipas, México	Planta de Gas	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con 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 información)
2013	Oklahoma	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con información)
2013	Texas	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con información)
2013	Missouri	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con información)
2014	Nuevo León, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos	Evento histórico (No se cuenta con 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 información)
2015	CDMX, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga		Evento histórico (No se cuenta con información)
2016	CDMX, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga		Evento histórico (No se cuenta con información)

Fuente: Elaboración propia.

Históricamente, las tuberías son una de las formas más seguras para transportar 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 tuberías con gas natural más extensas.

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

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

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

El sistema de transporte para suministro de gas natural 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 infraestructura 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 31. Distribución típica de las causas de fallas 1995-2009

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, estaciones de compresión y estaciones de regulación/medición.

Fuente: PRCI report, PR-218-9801, March 2001

Como se muestra en la tabla anterior, los defectos de construcción y/o materiales y corrosión son las causas más frecuentes de fallas en infraestructura de gas, representando el 45% de las fallas.

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 de la interconexión física, la tubería de suministro, la ERMP y sus componentes de cada una para Gas Natural fueron diseñados y serán construidos en estricto apego de las Normas Oficiales Mexicanas y Normas Internacionales que apliquen. Bajo esta consideración, se determina que el sistema 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 suministro, 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 de este sistema “interconexión física para suministro de gas natural”, se sujetará a una evaluación del cumplimiento estricto con respecto a las especificaciones marcadas en la normatividad técnica vigente.

▪ Índice de Mond

Toda la descripción de la metodología se encuentra en el Anexo 4.4. Los resultados de la aplicación de esta metodología se encuentran en el Anexo 4.5.2.

Resultado de lo anterior, se obtiene el índice Global de Riesgo (R) para los dos casos, las siguientes tablas resumen los resultados tabulados obtenidos a partir de cada sección de estudio, los cuales se estructuraron a partir de los reportes del “Índice de Mond” correspondientes.

Tabla 32. Resultados índices del sistema

Índice	Inicial	Valor	Categoría
Índice DOW Equivalente	D	134.10	Muy Extremo
Índice de Riesgo de Incendio	F	0.0749	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	179.39	Moderado

Tabla 33. Resultados 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	0.0749	Ligero
Índice de Riesgo de Explosión Interna Reducido	E_R	2.4	Bajo
Índice de Riesgo de Explosión Aérea Reducido	A_R	0.06	Ligero
Índice Global de Riesgo Reducido	R_R	78.28	Bajo

▪ Conclusión de análisis preliminar

Al término del análisis preliminar de riesgos se puede observar que los principales riesgos son los siguientes por cada metodología ocupada:

- Lista de Verificación: A pesar de que es una lista basada en la norma, donde se evalúa que aplica y que no, y con que se cumple, nos da un vistazo en aspectos donde se debe tener extrema precaución y que no se deben de omitir:
 - * En el diseño del sistema
 - * Capacitación de personal
 - * Procedimientos y supervisión
 - * Materiales adecuados y probados

- Antecedes de Accidentes e Incidentes: Se tuvo análisis que rodeaba al gas natural y a el transporte por ductos, y se tuvieron puntos que aplican al sistema, donde resaltan los principales riesgos:
 - * Factor humano: Capacitación, errores, negligencias, descuidos, y maniobras.
 - * Equipos: Inadecuados, mala calidad, mala instalación de los componentes, rotura de tuberías, mala selección en el diseño, supervisión y mantenimiento.
 - * Diseño: Diseño equivoco, condiciones que rebasan las de diseño, falta de instrumentación o accesorios necesarios, falta de sistemas de seguridad, instalaciones que no son a prueba de explosión.
- Índice Mond: De esta metodología solo se obtuvo un riesgo cuantitativo general de la instalación, considerándola como una sola instalación, el cual es categorizado como Bajo, debido a todas las bonificaciones que se dieron gracias a las salvaguardas del sistema y buenas prácticas de GAZPRO GAS S.A. de C.V.

Las primeras dos metodologías arrojan parámetros identificados como focos de atención donde se pueden generar riesgos, se deben evaluar con más detalle y con métodos más robustos, con el fin de tener una identificación más puntual, jerarquizarlos y evaluarlos, con el fin de proponer las medidas adecuadas para tener el mínimo riesgo de esta interconexión física y sus elementos.

▪ Siguiendo metodologías

Tomando como base el análisis de riesgo preliminar se sugiere la utilización de las siguientes metodologías que se mencionan en el diagrama siguiente:

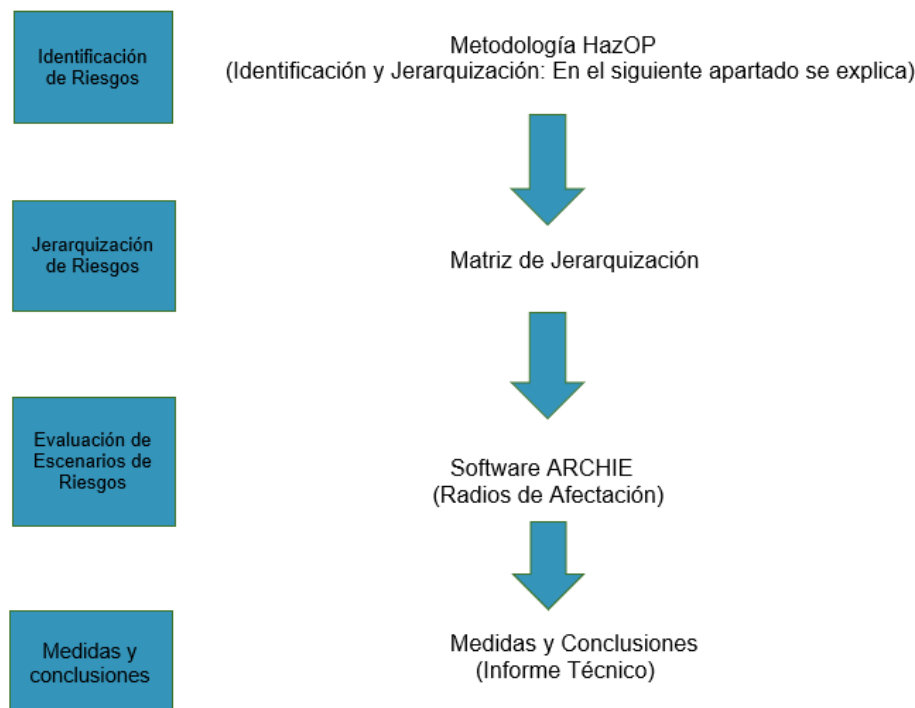


Figura 32. Metodologías empleadas

▪ 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 por lo 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 existentes⁴ 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 metodologías tales como la lista de verificación, HAZOP, Matriz de jerarquización e Índice de Mond para la identificación, descripción y jerarquización de riesgos, ya que permiten un procedimiento lógico, objetivo y presentan la información de manera clara y concisa, lo que permite describir los riesgos de acuerdo con las particularidades del proyecto. Mediante el uso de estas metodologías, es posible apreciar la afectación de cada riesgo, así como determinar las acciones más relevantes para cada uno de ellos.

▪ Criterios considerados para la evaluación de los Factores de Riesgo.

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

- Punto de Interconexión de Gas con Estación de Regulación y Medición Principal
- Trayectoria de Gasoducto de alta presión (Acero)
- Estaciones de Regulación y Medición para usuarios

Las variables de proceso que se aplicaron fueron:

- Flujo
- Mantenimiento
- Sistemas de Seguridad
- Administración
- Presión
- Temperatura
- Nivel.

⁴ 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.

V. Identificación, evaluación y análisis de riesgos

Para este punto se seguirá el siguiente proceso:

1. Se determinarán los nodos a evaluar del sistema.
2. Se identificarán los riesgos de cada nodo con la metodología HazOp, dentro de la hoja de trabajo, viene una sección para evaluar cada riesgo de forma cualitativa y cuantitativa (abarcando dos metodologías en una sola hoja), lo cual nos da un preliminar sobre la jerarquización del riesgo
3. Se jerarquizarán las causas que generan de forma constante un riesgo y cuál sería la consecuencia de esta causa por nodo, la conclusión de esta metodología nos dará la cantidad de riesgos por nodos que son tolerables y en caso de existir “no tolerables” se dará seguimiento acorde a la guía de la ASEA.
4. Una vez que se tienen los riesgos y las causas más probables, se construyen los eventos, los cuales se evaluarán y modelarán en el software especializado.

Definición de Nodos del “Sistema de Transporte de Gas Natural GAZPRO Gas”

NOTA: Es importante resaltar que se buscará realizar la clasificación de nodos de acuerdo con los cambios de flujos, condiciones de operación o elementos que se consideren como un elemento del sistema, más no por instrumentos o equipos ya que muchos de ellos sólo realizan acciones como medir, filtrar o dar paso al combustible, sin alterarlo de alguna forma ni aunarlo o reducirle algún riesgo.

- Nodo 1: Punto de interconexión con gasoducto de 16” de FERMACA, justo en la válvula troncal
- Nodo 2: Ducto de suministro de acero 6” de diámetro hasta cambio de diámetro a 4” (7,850 m)
- Nodo 3: Ducto de transporte de acero 4” de diámetro hasta llegar a diversos usuarios (9,340 m)
- Nodo 4.- Ducto de transporte de acero 4” de diámetro hasta Meoqui (16,500 m)

Cada nodo abarca las válvulas, tubería, accesorios y equipos que se encuentran en ese tramo. No se hacen nodos por equipos como filtro, medidor, válvulas, etc, ya que en estos descritos, el gas solo fluye y su función es cortar el suministro del mismo, medirlo o filtrar las impurezas, más no hay un cambio en las condiciones de operación de dicho combustible, por otros lados los reguladores son donde se hace un cambio en la presión y que es la variable principal en este tipo de sistemas.

A continuación, se muestra el DFP donde se puede ver la división de Nodos:

El punto de interconexión se identifica con el recuadro **ROJO**.

El Nodo 2 Corresponde a el tramo de 6", se identifica con el recuadro **AMARILLO**.

Los nodos 3 y 4 corresponden a los recuadros **MORADO** y **AZUL** respectivamente, los cuales constituyen la trayectoria de la tubería de 4" de Acero a la llegada del usuario final.

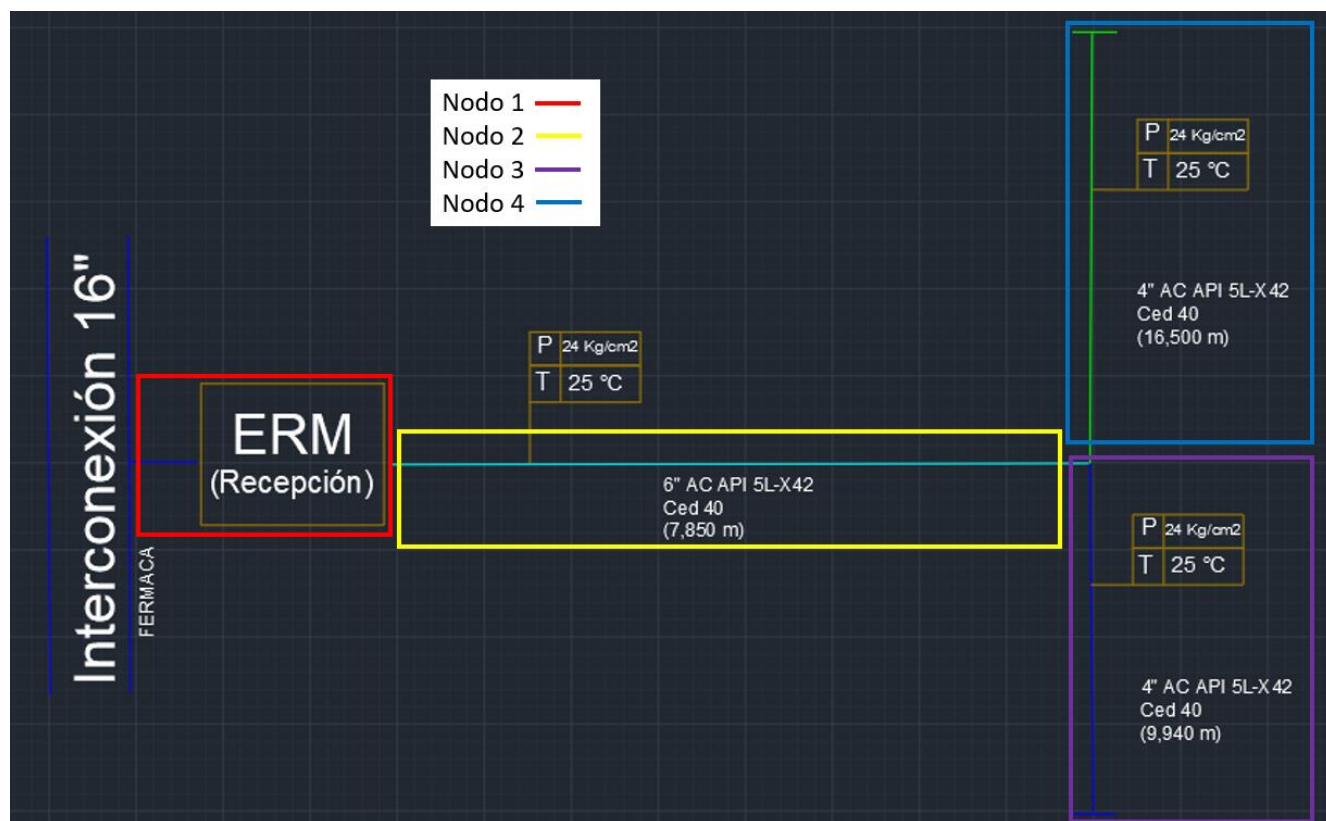


Figura 33. Diagrama de Flujo de Proceso (DFP) Sistema de Transporte GAZPRO GAS

V.1 Análisis cualitativo de riesgo

V.1.1. Identificación de peligros y evaluación de riesgos

Metodología HazOp

Esta técnica de análisis de riesgo cuestiona cada una de las partes críticas del proceso para descubrir desviaciones probables en éste, que pueden originar riesgos al personal, al proceso o a las instalaciones, a través del análisis sistemático de las causas y consecuencias de las desviaciones mediante “palabras guía”.

Para la hoja de trabajo propuesta, se propone que sea cualitativa y cuantitativa con el fin de cumplir con los requisitos de la guía, de forma cualitativa se verifican los posibles riesgos que afronta cada nodo del sistema, donde se observa desde la desviación, causa y

consecuencias; en la parte cuantitativa se podrá verificar la frecuencia, exposición, consecuencia y magnitud de cada posible riesgo identificado, con esta hoja de trabajo del HazOp no solo se podrá identificar los riesgos, si no también jerarquizar.

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 los nodos mencionados anteriormente, que fueron analizadas independientemente con la finalidad de detectar las posibles desviaciones que se pudieran presentar; así como sus causas, efectos y alcance; en función de las características de operación, del equipo involucrado, de los posibles factores externos y fenómenos naturales que pudieran influir en la desviación de su funcionamiento o condiciones normales.

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:

$$MR = P * E * C$$

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 con los antecedentes de riesgo registrados y de la facilidad con que podrían ocurrir. Mediante los siguientes valores:

Tabla 34. Probabilidad de ocurrencia

PROBABILIDAD DE RIESGO	CALIFICACIÓN
Virtualmente imposible (que prácticamente no ocurre)	0.1
Poco probable, pero posible (que puede ocurrir)	3.0
Muy probable (que puede ocurrir frecuentemente)	6.0
Altamente probable (que sí ocurre)	10.0
FRECUENCIA DE EXPOSICIÓN	
Exposición mínima	0.1
Raro (unas pocas veces al año)	1.0
Ocasional (semanalmente)	3.0

Continuo (frecuente, diario)	10.0
DESCRIPCIÓN DE LAS CONSECUENCIAS	
No graves (sin lesión alguna, casi nada de daño material)	0.5
Apenas graves (lesiones tratadas con primeros auxilios)	1.0
Seria (lesión incapacitante y daños materiales por un monto de 365 días de salario mínimo para CDMX)	7.0
Desastre (de una a cinco defunciones y daños materiales por un monto de hasta 30 veces el salario mínimo anual para CDMX)	40
Catástrofe (más de cinco defunciones y daños materiales por un monto mayor de 30 veces el salario mínimo anual para CDMX)	100

Para esta metodología se consideraron los elementos identificados por los cuales se generan riesgos en los Antecedentes e Incidentes del análisis preliminar.

Resultado de la aplicación de dicha metodología se obtuvo una matriz con 11 columnas, correspondientes a la palabra guía/parámetro de ingeniería y proceso, desviación probable, causas posibles de desviación, consecuencia de la desviación, alcance de las consecuencias, valores de probabilidad, exposición, consecuencias y magnitud y finalmente la acción recomendada. La siguiente tabla ejemplifica la matriz resultante, la cual puede ser consultada de forma completa en el Anexo 4.6

Tabla 35. Ejemplo Hoja de trabajo HazOp

Estudio de Riesgo Ambiental										
Proyecto: Sistema de Transporte de Gas Natural GAZPRO GAS										
Ubicación: Delicias, Chihuahua				HAZOP						
Empresa:	GAZPRO GAS, S.A. de C.V.	Ubicación:	Delicias, Chihuahua	Realizó:	Ricardo Andaraca Fernández	Fecha:	Marzo 2022			
PALABRA GUÍA / PARÁMETRO DE ING. Y PROCESO	DESVIACIÓN PROBABLE	CAUSAS POSIBLES DE DESVIACIÓN	CONSECUENCIAS DE LA DESVIACIÓN	ALCANCE DE LAS CONSECUENCIAS	PROBABILIDAD	EXPOSICIÓN	CONSECUENCIAS	MAGNITUD	ACCIÓN RECOMENDADA	
NODO 1. PUNTO DE INTERCONEXIÓN CON GASODUCTO DE 16" DE FERMACA, JUSTO EN LA VALVULA TROMCAL	1.1.- No se tiene un procedimiento ordenado para realizar la interconexión.	- Falta de revisión documental.	- Probabilidad de fuga - Probabilidad de daño a tubería y equipos	- Daño a sistema, daño a personal, daño atmosfera.	0.1	1.0	7.0	0.7	Para esto es necesario programar y revisar la documentación, previo a inicio de trabajos.	
	1.2.- No se cuenta con un programa de revisión (fugas, corrosión, debilitamiento).	- Falta de seguimiento a revisión documental con transportista	- Probabilidad de fuga - Probabilidad de daños a equipo - Baja probabilidad de dardos de fuego y nubes inflamables	- Daño a personal, instalación, daño a la atmosfera.	3.0	1.0	7.0	21.0		
	1.3.- No se cuenta con válvulas de sacrificio o válvulas de corte para aislar el sistema.	- Revisión de ingeniería deficiente. Falta de comunicación con dueño de ducto.	- En caso de fuga, generación de nubes de vapor y/o inflamable. - Contaminación del ambiente	- Posible daño a personal y atmosfera.	0.1	1.0	7.0	0.7	Es necesario revisar previamente la ingeniería	
	1.4.- Cuando se detecta una fuga, se soluciona únicamente ese problema, sin mayor inspección.	- Deficiente coordinación para la revisión de problemas.	- Contaminación del ambiente de trabajo - Posibles dardos de fuego e incendio	- Daño de instalación, y personal. Daño a la atmosfera.	3.0	0.1	7.0	2.1	Realizar la inspección correspondiente.	
	1.5 Ausencia de flujo de gas natural	- Fallo en línea principal del transportista (dueño de ducto de interconexión)	- Falta de combustible para pruebas y gasoducto de estudio.	- Falso de equipos que necesitan el combustible.	3.0	1.0	0.5	1.5		
	1.6.- Fuga de gas en "Hot Tap"	- Malas prácticas por parte del contratista u operador. - Equipo deficiente para realizar la interconexión.	- Probabilidad de incendio - Baja probabilidad de explosión - Dardos de fuego y nubes de vapor.	- Daños a personal, Daño al ambiente, daño al sistema	3.0	0.1	7.0	2.1		
SUBTOTAL 2.1					12.2	4.2	35.5	28.1		

Posteriormente, de la matriz anterior se identificaron **los casos o posibles fallos (eventos) más críticos** en cada uno de los tres nodos propuestos en el sistema y se jerarquizarán con la matriz de jerarquización más adelante mostrada.

Como resultado de lo anterior se obtuvo la siguiente tabla de resumen de resultados de la aplicación de la metodología HAZOP, donde se muestran los dos nodos de importancia (y con los cuales se trabajará todo el estudio) y su magnitud y probabilidad, tanto por nodo como por evento principal.

Tabla 36. Resultados finales HazOp

Número/Nombre de nodo	Total por Nodo	
	Magnitud	Probabilidad
1. Punto de Interconexión con ducto 16"	28.10	12.20
Evento por nodo 1	Por evento	
	21.0	3.0
1.2.- No se cuenta con un programa de revisión (fugas, corrosión, debilitamiento).	21.0	3.0
1.3.- No se cuenta con válvulas de sacrificio o válvulas de corte para aislar el sistema.	0.7	0.1
1.4.- Cuando se detecta una fuga, se soluciona únicamente ese problema, sin mayor inspección.	2.1	3.0
1.5 Ausencia de flujo de gas natural	1.5	3.0
1.6.- Fuga de gas en "Hot Tap".	2.1	3.0
Número/Nombre de nodo	Total por nodo	
	Magnitud	Probabilidad
2. Trayecto de ducto 6" AC hasta ramales de 4"	61.80	18.40
Evento por nodo 2	Por evento	
	Magnitud	Probabilidad
2.1.- No se tiene un procedimiento ordenado de mantenimiento de tuberías y accesorios.	21.0	3.0
2.2.- No se cuenta con un programa de revisión (fugas, corrosión, debilitamiento) y mantenimiento de tuberías y accesorios.	21.0	3.0
2.4.- Cuando se detecta una fuga, se soluciona únicamente ese problema, sin mayor inspección.	3.0	3.0
2.6.- Sellos de válvulas y bridas en mal estado, falta de apriete o torque inadecuado.	9.0	3.0
2.7 Ausencia de flujo de gas natural	4.5	3.0
2.8 La temperatura y presión de operación exceden la de diseño de tubería.	2.1	0.1
Número/Nombre de nodo	Total por nodo	
	Magnitud	Probabilidad
3. Gasoducto de Acero 4" a ERMU	192.05	33.40
Evento por nodo 3	Por evento	
	Magnitud	Probabilidad
3.1.- Deterioro de líneas y accesorios de regulación (válvulas) de gas, por falta de recubrimiento u obsolescencia (corrosión).	21.0	3.0
3.2.- Fuga de gas en línea de llegada a caseta.	21.0	3.0
3.3.- Fuga de gas en línea de transporte después de la caseta.	3.0	3.0
3.4. Válvula de corte en la caseta de medición y regulación del punto de interconexión cerrada por error humano.	1.5	3.0
3.6.- Falta de supervisión o de instrumentación de detección de fugas (monitoreo de condiciones de operación) o instrumentación en mal estado.	63.0	3.0
3.7.- Falta de supervisión de buen estado de abrazaderas y soportes de líneas de conducción.	3.0	3.0
3.8.- Falta de mantenimiento, de pruebas de hermeticidad periódicas, radiografiado, mantenimiento menor (pintura anticorrosiva en instalaciones superficiales en línea (ducto) de conducción de gas.	9.0	3.0

3.10.- Falta de sistemas de corte de flujo rápido en el sitio no se tienen válvulas operadas a control remoto	63.0	3.0
3.11.- Instalación eléctrica en caseta que no es a prueba de explosiones.	3.0	3.0
Número/Nombre de nodo	Total por nodo	
	Magnitud	Probabilidad
4. Gasoducto de Acero 4" a ERMU	61.80	18.40
Evento por nodo 4	Por evento	
	Magnitud	Probabilidad
4.1.- No se tiene un procedimiento ordenado de mantenimiento de tuberías y accesorios.	21.0	3.0
4.2.- No se cuenta con un programa de revisión (fugas, corrosión, debilitamiento) y mantenimiento de tuberías y accesorios.	21.0	3.0
4.4.- Se detecta una fuga y se soluciona sin mayor inspección.	3.0	3.0
4.6.- Sellos de válvulas y bridas en mal estado, falla de apriete o torque.	9.0	3.0
4.7 Ausencia de flujo de gas natural	4.5	3.0

También se puede observar que después de identificar y jerarquizar los nodos con esta metodología, los posibles fallos que más riesgos atraen son los siguientes:

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

Estos fallos se meterán a la matriz de jerarquización, con el fin de verificar por nodo cual es la consecuencia de cada uno y poder plantear escenarios de riesgo a modelar y evaluar.

También se pueden observar con esta metodología el nivel de Riesgo de Cada Nodo: Tolerable, No Tolerable y/o ALARP (Tan Bajo como sea Razonablemente Posible).

V.1.2. Jerarquización de escenarios de riesgo

Matriz de jerarquización

Para realizar una jerarquización más visual de los riesgos involucrados en el sistema "Transporte de Gas Natural" y sus elementos, se llevó a cabo la metodología de evaluación por una Matriz de Jerarquización. Mediante los puntos de riesgo establecidos con la metodología anterior, se condensó la información de cómo podrían suceder los riesgos en una matriz de jerarquización, la cual permite identificar los posibles escenarios a modelar.

Para la ejecución de esta metodología se clasifica el riesgo, la severidad y la ocurrencia de cada posible fallo, posteriormente estos valores son interpolados y se determina el riesgo total de cada evento por nodo, éstos pueden clasificarse como riesgos altos, medio o bajo

(no tolerables, ALARP, tolerables (con revisión/sin revisión de forma correspondiente). Para aplicar esta metodología se consideraron los siguientes fallos por nodo (resultantes del análisis HAZOP ya mencionados):

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

Resultado de esta metodología se obtuvieron las siguientes matrices de jerarquización, una para cada nodo de interés.

Los cuadros marcados en rojo corresponden a riesgos “Altos”, los naranjas a “Medio” y amarillos/verdes (Con revisión/sin revisión) a “Bajo”. El procedimiento de esta matriz se puede consultar en el Anexo 4.4, y los resultados se muestran a continuación:

*Es importante mencionar que se consideraron las salvaguardas y criterios de mantenimiento, que se mencionaron con anterioridad con los que cuenta la interconexión, el ducto y las ERMP y ERMU, con el fin de que la frecuencia sea lo más aproximado a la realidad, sin embargo, para la severidad no se consideran esperando el escenario más crítico y obtener los máximos daños posibles.

Los receptores de riesgo de estos nodos se podrán verificar en el informe técnico que se muestra en el Punto VIII.3 contenido en el Resumen Ejecutivo de este estudio, y que son derivados a partir de los radios de afectación por nodo.

Tabla 37. Jerarquización de riesgos Nodo 1 (Interconexión con ducto troncal de 16”).

Frecuencia	Severidad			
	Catastrófico	Crítico	Marginal	Insignificante
Frecuente				
Probable				
Ocasional				
Remoto		Fuga de Gas Natural Fractura de Material No existen sistemas ni atención a emergencias	No existe capacitación No Supervisión ni procedimientos No Mantenimiento	Ausencia de Gas Natural
Improbable	Condiciones de Operación Excedidas			

Tabla 38. Jerarquización de riesgos Nodo 2 (Tubería de 6" AC interconexión-hasta ramal 4").

Frecuencia	Severidad			
	Catastrófico	Crítico	Marginal	Insignificante
Frecuente				
Probable				
Ocasional			No supervisión ni procedimientos No Mantenimiento	
Remoto		Fuga de Gas Natural Fractura de Material No existen sistemas ni atención a emergencias	No existe capacitación	Ausencia de Gas Natural
Improbable		Condiciones de Operación Excedidas		

Tabla 39. Jerarquización de riesgos Nodo 3 (Tubería de 4" AC desde ERMP hasta ERMU).

Frecuencia	Severidad			
	Catastrófico	Crítico	Marginal	Insignificante
Frecuente				
Probable				
Ocasional			No supervisión ni procedimientos No Mantenimiento	
Remoto		Fuga de Gas Natural Fractura de Material No existen sistemas ni atención a emergencias	No existe capacitación	Ausencia de Gas Natural
Improbable		Condiciones de Operación Excedidas		

Tabla 40. Jerarquización de riesgos Nodo 4 (Tubería de 4" AC desde ERMP hasta ERMU).

Frecuencia	Severidad			
	Catastrófico	Crítico	Marginal	Insignificante
Frecuente				
Probable				
Ocasional				
Remoto		Fuga de Gas Natural Fractura de Material No existen sistemas ni atención a emergencias	No existe capacitación No Supervisión ni procedimientos No Mantenimiento	Ausencia de Gas Natural

Frecuencia	Severidad			
	Catastrófico	Crítico	Marginal	Insignificante
Improbable	Condiciones de Operación Excedidas			

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los resultados anteriores.

Tabla 41. Jerarquización de riesgos totales por nodo

Nodo	Nivel de Riesgo			
	No Tolerable	ALARP	Tolerable	Tolerable
1	0	0	3	1
2	0	0	4	1
3	0	0	3	1
4	0	0	4	1
5	0	0	3	1

Como se puede observar los riesgos más altos caen en regiones de frecuencia y severidad similares en el nodo 1, esto debido a que se maneja la mayor condición de presión, y otros factores que influyen en esto, son las salvaguardas, filosofía de seguridad y operacional, así como los programas de mantenimiento que se tienen, estos hacen que la frecuencia disminuya de forma drástica, a pesar de tener una severidad crítica en estos puntos. Por otra parte, el nodo 4 presenta un riesgo muy manejable ya que a pesar de abarcar el tramo más considerable de tubería y accesorios, la presión en este punto es totalmente manejable para los operadores, además de contarse con diversas válvulas de bloqueo (seccionamiento), las cuales aíslan el sistema en zonas controlables y de menor magnitud.

En conclusión, el nodo 1 es donde se presentan mayores riesgos, esto debido a la severidad aunada a las condiciones donde se maneja la presión más alta. El nodo 3 presenta un comportamiento similar al nodo 4, en estos localizamos el menor riesgo incluso mayor número de riesgos tolerables con revisión ya que la presión es muy manejable para el operador por el apoyo de los accesorios y dispositivos de seguridad involucrados.

Un punto para resaltar es que los riesgos asociados a Fuga de Gas Natural, Fracturas de material, y condiciones de operación excedidas, generan la severidad más crítica en los cinco nodos, y esto debido a que son riesgos que podrían provocar nubes de gas y dardos de fuego sin importar la presión en la que se encuentre, lo cual podría provocar daños al sistema y alguna herida a personal, sin embargo, lo siguiente apoya a disminuir la frecuencia como ya se comentó:

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

La fractura o daño al sistema, disminuye su frecuencia gracias a los programas de atención que la empresa ha desarrollado, así como la supervisión que se tendrá.

Por otra parte, todas las fallas anteriores que se ingresaron a la matriz, si ocurrieran como consecuencia se tendría una fractura de material la cual a su vez daría pie a una fuga de gas natural.

Por lo que, la fractura o este fallo se puede dar en la tubería o algún accesorio del punto de interconexión, red de suministro o ERM's, y debido a ***esto los escenarios que se construirán son modelar fugas de combustible por orificios generados en accesorios o en algún tramo de tubería. Como adicional se propondrá una ruptura total en los nodos 2 y 4, ya que corresponden a los escenarios más críticos y con la mayor longitud de empaque de gas natural.***

Con todo lo anterior, es decir, considerando los resultados de la metodología HAZOP y la Matriz de jerarquización, se puede concluir que; *la red de suministro (posterior al punto de interconexión), el proceso tiene una mayor magnitud de riesgo debido a la infraestructura que lo conforma, así como a sus condiciones de operación y las personas involucradas en su supervisión.*

Así mismo, se determinó que la ERM posterior a la regulación 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.

Así, los escenarios de riesgo a simular se han propuesto realizar en los puntos clave a lo largo del sistema (cambios de presión, equipos e infraestructura), realizando énfasis en el área de mayor riesgo conforme con los resultados de la metodología HAZOP y la Matriz de jerarquización, y proponiendo fugas de gas natural por fracturas de material en tuberías o accesorios, quedando de la siguiente manera:

NODO 1: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A ½" DE DIAMETRO, EN UNA UNION EN MAL ESTADO POR DESACOPLO DE UNA BRIDA, EN LA ZONA DE LA VÁLVULA DE INTERCONEXIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **30 MINUTOS**.

NODO 2A: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1" DE DIAMETRO, EN UNA TUBERÍA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN DEL SISTEMA GAZNA (LINEA PRINCIPAL), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **30 MINUTOS**.

NODO 2B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 6" DE DIAMETRO (**RUPTURA TOTAL**), EN UNA TUBERÍA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN DEL SISTEMA GAZNA (LINEA PRINCIPAL), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **30 MINUTOS**.

NODO 3A: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1" DE DIAMETRO, EN UNA TUBERÍA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN DEL SISTEMA GAZNA (LINEA PRINCIPAL), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **30 MINUTOS**.

NODO 3B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 4" DE DIAMETRO (**RUPTURA TOTAL**), EN UNA TUBERÍA EN MAL

ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN DEL SISTEMA GAZPRO GAS (LINEA PRINCIPAL), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **30 MINUTOS**.

NODO 4A: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1" DE DIAMETRO, EN UNA TUBERÍA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN DEL SISTEMA GAZNA (LINEA MEOQUI), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **30 MINUTOS**.

NODO 4B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 4" DE DIAMETRO (**RUPTURA TOTAL**), EN UNA TUBERÍA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN DEL SISTEMA GAZNA (LINEA MEOQUI), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **30 MINUTOS**.

Las memorias de cálculo de estos nodos se podrán verificar en los Anexos 4.7.1 a 4.7.5

V.2 Análisis cuantitativo de riesgo

V.2.1 Análisis Detallado de Frecuencias

Este se encuentra desarrollado más adelante en el Punto V.4.

V.2.2 Análisis Detallado de Consecuencias

A pesar de no contar con escenarios de riesgo que se hayan identificado con un nivel "no tolerable" o "ALARP", es importante conocer en caso de fuga los radios de afectación y consecuencias de esta en cada uno de los escenarios propuestos anteriormente.

Las memorias de las simulaciones se podrán verificar en los anexos 4.7.1, 4.7.2, 4.7.3 4.7.4, y 4.7.5 de este estudio de riesgo, donde se mencionan todos los datos, aspectos técnicos y factores considerados para cada escenario de riesgo. Como se mencionó anteriormente se ocupará gas natural como única sustancia en el proceso (en el Anexo 3.1 se puede consultar su Hoja de Seguridad y Datos).

Acorde a dichas memorias podemos obtener lo siguiente:

Tabla 42. Tasa de Descarga

Nodo	Diámetro	Flujo (lb/min)	Presión (Kg/cm ²)	Temperatura (°C)	Duración de fuga (min)	Coefficiente de Descarga
1	1/2"	47	28.12	25	30	0.62
2A	1"	188	24.61	25	30	0.62
2B	6"	6,782	24.61	25	30	0.62
3A	1"	188	24.61	25	30	0.62
3B	4"	3,014	24.61	25	30	0.62
4A	1"	188	24.61	25	30	0.62
4B	4"	3,014	24.61	25	30	0.62

Radios 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, distribución y/o 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 población 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 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.

La falla se puede detectar por medio de la diferencia entre presiones y cantidades el suministro y el consumo de gas natural, o por un tercero que notifique la fuga.

Es importante señalar que las simulaciones que se presentan fueron realizadas observando las condiciones climatológicas y meteorológicas extremas del sistema ambiental, 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 la afectación por riesgo de actividades en las cuales se utilizan sustancias con características explosivas, el caso del proyecto en comento para la determinación de la **zona de alto riesgo**, se establece como parámetro de afectación las ondas de sobrepresión de 0.070 Kg/cm² (1 PSIG), tomando como zona de afectación, el área de un círculo con un radio que considera la distancia desde el punto donde se puede formar la nube explosiva y cuyo extremo representa la distancia a la cual se tiene una onda con valor equivalente a dicha sobrepresión.

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

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.

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 de este sistema “Recepción para suministro de Gas Natural y su Transporte a presión”.

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:

- El modelo que se utilizará para simular este escenario es el de 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 los anexos 4.7 se pueden verificar los correspondientes a las modelaciones realizadas para este proyecto en las memorias de cada Nodo, y en el punto posterior, se mostrarán los radios de afectación de igual forma de cada Nodo.

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 en su descarga hacia la atmósfera.

El fundamento matemático y científico del citado simulador, así como las instrucciones para su utilización están contenidos en el Software correspondiente.

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

Para las condiciones ambientales, se consideraron las condiciones atmosféricas más críticas posibles, es decir el caso de una fuga que es detectada y atendida a tiempo, se consideró con dos **estabilidades atmosféricas tipo B y tipo F**, siendo F la más crítica, es decir, estable, de noche, con nubosidad poco densa y sin capa de inversión durante por lo menos 10 minutos.

V.2.3 Representación gráfica de los resultados de la Simulación de consecuencia (radios potenciales de afectación)

En el Anexo 4.8 se muestran los radios de afectación derivados de los escenarios propuestos en las memorias correspondientes, en dichas imágenes se muestran las zonas de alto riesgo y amortiguamiento.

NOTA:

1. Las interacciones se podrán consultar en el siguiente punto "Análisis de Vulnerabilidad"
2. Debido a las distancias y tamaño de la instalación es suficiente la impresión en escala en hoja tamaño carta.
3. El nombre y firma del responsable de elaboración, se menciona en dichos documentos.

V.3 Análisis de Riesgo

V.3.1 Reposicionamiento de Escenarios de Riesgo

Debido a que no se presentaron riesgos en las regiones de “no tolerables” o “ALARP”, no se lleva a cabo un reposicionamiento de escenarios de riesgo, y se procede a un análisis de vulnerabilidad.

V.3.2 Análisis de Vulnerabilidad

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 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) (solo para la frecuencia fueron considerados) 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 la información que se levanta en sitio, el sistema no tendrá interacción con otras áreas, equipos o instalaciones, solo tendrá interacción con los aspectos ya identificados en la descripción del proyecto:

Tabla 43. Interacciones

NODO	DESCRIPCIÓN	INTERACCIÓN	MEDIDA PREVENTIVA
1	Interconexión con troncal y llegada previa a ERMP	*Caminos aledaños y terrenos baldíos aledaños a la ERMP	*Respetar programas de mantenimiento y supervisión de equipos, accesorios y líneas
1	ERMP	*Zonas verdes arbustivas y vías de comunicación existentes	*Contar con plan de atención a emergencias *Pactar acuerdos con autoridades para una vigilancia continua y conjunta en cada instalación exterior.
2,3 Y 4	Red de suministro a presión	*Vías de comunicación, así como área urbana de la zona	*Capacitación de personal **No exceder las condiciones operativas del sistema *Seguir las recomendaciones de las medidas de prevención y mitigación

* Estas interacciones no se dan 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 dominó.

** Es importante mencionar que el gas natural debido a sus características tiende a elevarse y dispersarse, por lo que posterior a fugar, no formaría alguna nube explosiva a nivel de equipos o sitio, ni en la ERMs, ya que las mismas cuentan con ventilación suficiente.

A continuación, acorde a los radios de afectación obtenidos se muestran las interacciones que se tiene con el medio ambiente, social e infraestructura.

Tabla 44. Resultados por nodo.

		1	2	3	4
Dardos de Fuego	Distancias	Amort: 29.87 m Riesgo: 14.94 m	Amort: 332.53 m Riesgo: 166.42 m	Amort: 221.89 m Riesgo: 110.95 m	Amort: 221.89 m Riesgo: 110.95 m
	Efectos	Suelo (Modificación de sus características) Paisaje (Alteración de la calidad escénica) Flora (Zona arbustiva aledaña al trazo)	Suelo (Modificación de sus características) Paisaje (Alteración de la calidad escénica) Flora (Zona arbustiva aledaña al trazo)	Suelo (Modificación de características del terreno de soporte) Paisaje (Alteración de la calidad escénica) Flora (Zona arbustiva aledaña al sitio)	Suelo (Modificación de sus características) Paisaje (Alteración de la calidad escénica) Flora (Zona arbustiva aledaña al trazo)
Nube de Gas Inflamable (Estabilidad F y LFL)	Distancias	Ancho Máximo Riesgo: 35.05 m Riesgo Viento Abajo: 39.01 m	Ancho Máximo Riesgo: 84.12 m Riesgo Viento Abajo: 75.59 m	Ancho Máximo Riesgo: 331.01 m Riesgo Viento Abajo: 367.89 m	Ancho Máximo Riesgo: 331.01 m Riesgo Viento Abajo: 367.89 m
	Efectos	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosférico) Salud (Posible alcance a población aledaña) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Flora (Zona arbustiva de los alrededores) Infraestructura (Contaminación de ambiente empresas de la zona y de caminos de acceso)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosférico) Salud (Posible alcance a población en tránsito) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Flora (Zona arbustiva de los alrededores) Infraestructura (Contaminación de ambiente empresas de la zona y de caminos de acceso)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosférico) Salud (Posible alcance a personal y población en tránsito) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Flora (Zona arbustiva de los alrededores) Infraestructura (Contaminación de ambiente empresas de la zona y de caminos de acceso)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosférico) Salud (Posible alcance a población aledaña) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Flora (Zona arbustiva de los alrededores) Infraestructura (Contaminación de ambiente empresas de la zona y de caminos de acceso)
Explosión Nube de Vapor	Distancias	0.5 psig: 59.13 m 1.0 psig: 34.14 m	0.5 psig: 742.49m 1.0 psig: 428.24 m	0.5 psig: 489.81 m 1.0 psig: 282.24 m	0.5 psig: 489.81 m 1.0 psig: 282.24 m
	Efectos	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosférico) Salud (Posible alcance a población en tránsito) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Flora (Zona arbustiva de los alrededores) Infraestructura (contaminación de ambiente empresas de la zona y de caminos de acceso)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosférico) Salud (Posible alcance a población en tránsito) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Flora (Zona arbustiva de los alrededores sin alteración) Infraestructura (contaminación de ambiente empresas de la zona y de caminos de acceso)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosférico) Salud (Posible alcance a población en tránsito) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Flora (Zona arbustiva de los alrededores sin alteración) Infraestructura (contaminación de ambiente empresas de la zona y de caminos de acceso)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosférico) Salud (Posible alcance a población en tránsito) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Flora (Zona arbustiva de los alrededores sin alteración) Infraestructura (contaminación de ambiente empresas de la zona y de caminos de acceso)

Medidas Preventivas

Las medidas preventivas que se describen a continuación fueron propuestas con base a los riesgos que podrían tener una mayor probabilidad obtenidos del HazOp y la matriz de jerarquización, de igual forma se consideraron los posibles radios de afectación que fueron calculados con el programa ARCHIE. Estas medidas también se mencionarán más adelante

Tabla 45. Medidas de prevención y mitigación

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, desgaste o debilitamiento de tubería (en raisers, uniones e instalaciones externas).	En este apartado cuando se presenta un impacto, es al generarse una fuga de gas natural, la misma puede ocasionar: *Dardos de fuego *Nubes inflamables y nubes de vapor 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)	<u>Dardos de Fuego</u>	
		FG.2	Contar con válvulas de seccionamiento que aislen el sistema.		<u>Afectación</u>	<u>Medida</u>
		FG.3	Contar con detectores de gas natural e índice de zona explosiva		Suelo y/o vegetación	Se propone la remediación del cual resulte impactado, dejando el sitio en condiciones originales.
		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.		Personal o Población	Se brindarán los primeros auxilios y en caso de requerir una mayor atención, trasladar a la clínica más cercana al punto.
		FG.5	Informar a los involucrados que puedan dar solución al evento.		Infraestructura	Se propone reparar el daño y las consecuencias que traiga el mismo.
	Fracturas en accesorios o instrumentación.	FG.6	Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de unión de accesorios o instrumentos.		<u>Nubes Inflamables</u>	
		FG.7	Se siguen recomendaciones FG.2, FG.3 y FG.5		<u>Afectación</u>	<u>Medida</u>
					Personal o Población	Se propone, contar con un procedimiento y adiestramiento adecuado de personal para controlar la situación, mantener la zona

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		
	Operación inadecuada de la inyección y de la estación	FG.8	Contar con un programa de pruebas de hermeticidad y recertificación de materiales acorde con recomendaciones de fabricante y normatividad.			sin personas o alguien ajeno, y alejarse de lugares confinados cercanos, mediante detector portátil de gas natural.
FG.9		Capacitación adecuada del personal a operar la interconexión y el sistema de abastecimiento en general	Se atenderán con primeros auxilios a las personas involucradas, verificando que la persona se encuentre en estado normal. Asimismo ofrecer oxígeno c/apoyo respiratorio			
FG.10		Realizar bitácoras para reportar el mantenimiento, fallas y reparaciones al sistema y sus componentes				
Fracturas de material	Operación inadecuada de la inyección y de la estación	FM.1	Capacitación adecuada del personal a operar el sistema y sus elementos.	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. En este apartado cuando se presenta un impacto, es al generarse una fuga de gas natural, la misma puede ocasionar: *Dardos de fuego *Nubes inflamables y nubes de vapor NOTA: En el caso de nubes inflamables y nubes de vapor (cabe mencionar que debido a que la estación tendrá ventilación, no	<u>Dardos de Fuego</u>	
	Falta de mantenimiento	FM.2	Contar con programas de operación y mantenimiento de la estación		<u>Afectación</u>	<u>Medida</u>
		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 de lo que resulte impactado, dejando el sitio en condición original.
		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, desgaste o debilitamiento de tubería.		Infraestructura	Se propone reparar el daño y las consecuencias presentadas.
		FM.16	Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de unión de accesorios o instrumentos		<u>Nubes Inflamables</u>	
	Falta de procedimientos	FM.17	Contar con un programa de supervisión y procedimientos definidos que puedan consultar los operadores para evitar el riesgo		<u>Afectación</u>	<u>Medida</u>
					Personal o Población	Se propone, contar con un procedimiento y adiestramiento adecuado de personal para controlar la situación, mantener la zona sin personas o alguien ajeno, y alejarse de lugares

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.	existirá riesgo de explosión o incendio por confinamiento)	confinados cercanos, mediante 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.		

V.4. Determinación de Medidas de reducción de Riesgo adicionales para Escenarios de Riesgo no tolerables y/o ALARP

El convenio COMERI 144 PEMEX especifica que la Matriz de Riesgos, (Que es la calificación inicial de riesgos y primera etapa de cuantificación) como correlación entre la Frecuencia y las Consecuencias y que en su contenido se encuentran valores con significado para la organización y apoyo en la toma de decisiones, debe contener los siguientes criterios bajo la descripción de frecuencias, categorías de riesgo y frecuencias:

Tabla 46. Criterios de Categoría, Descripción y Frecuencia en Matriz de Riesgos COMERI

Categoría	Descripción de Frecuencia de ocurrencia	Frecuencia / Año
F6 Muy Frecuente	Ocorre una o más veces en un año	> 1
F5 Frecuente	Ocorre una o más veces en un período de entre 1 y 5 años	> 0.2 a 1
F4 Poco Frecuente	Ocorre una vez en un período de entre 5 y 10 años	0.1 a 0.2
F3 Raro	Ocorre una vez en un período mayor a 10 años	0.01 a 0.1
F2 Muy Raro	Ocorre solamente una vez en la vida útil de la planta	0.001 a 0.01
F1 Extremadamente Raro	Evento que es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro	0.0001 a 0.001

Los valores obtenidos de la aplicación del HAZOP vía los criterios de asignación de índices de frecuencia se observan en la tabla siguiente:

Tabla 47. Valores de Frecuencia por Evento Máximo en Nodo

Riesgo / Nodo	Descripción	Resultado	Probabilidad Ocurrencia	Puntuación Frecuencia
1 Interconexión con sistema troncal	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en la interconexión	4.61 E-5	0.0000461	F2
2, 3 Y 4 Red principal de Transporte	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en un punto del tramo de la línea regular AC 6" Y 4"	7.03 E-3	0.00703	F1

Los criterios tomados para la evaluación de consecuencias se observan en la tabla siguiente:

Tabla 48. Criterios para la asignación de índices de consecuencias (COMERI 144)

Categoría de Consecuencia (Impacto)	Daños al Personal	Efecto en la Población	Impacto Ambiental	Pérdida de Producción Daños a la instalación [Millones USD]
C6 Catastrófico	Heridas o daños físicos que pueden resultar en más de 15 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar en más de 100 fatalidades	Fuga o derrame externo que no se pueda controlar en una semana	Mayor de 50
C5 Mayor	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 4 a 15 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 15 a 100 fatalidades	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en una semana	De 15 a 50
C4 Grave	Heridas o daños físicos que pueden resultar en hasta 3 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 4 a 15 fatalidades	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en un día	De 5 a 15
C3 Moderado	Heridas o daños físicos que generan incapacidad médica	Heridas o daños físicos que resultan en hasta 3 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización a gran escala	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en algunas horas	De 0.500 a 5
C2 Menor	Heridas o daños físicos reportables y/o que se atienden con primeros auxilios	Heridas o daños físicos reportables y/o que se atienden con primeros auxilios. Evento que requiere de evacuación. Ruidos, olores e impacto visual que se puede detectar.	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en una hora (incluyendo tiempo para detectar)	De 0.250 a 0.500
C1 Despreciable	No se esperan heridas o daños físicos	No se esperan heridas o daños físicos. Ruidos, olores e impacto visual imperceptibles	No hay fuga o derrame externo	Hasta 0.250

Una vez identificadas las frecuencias se utilizan las siguientes matrices para identificar el índice de riesgo

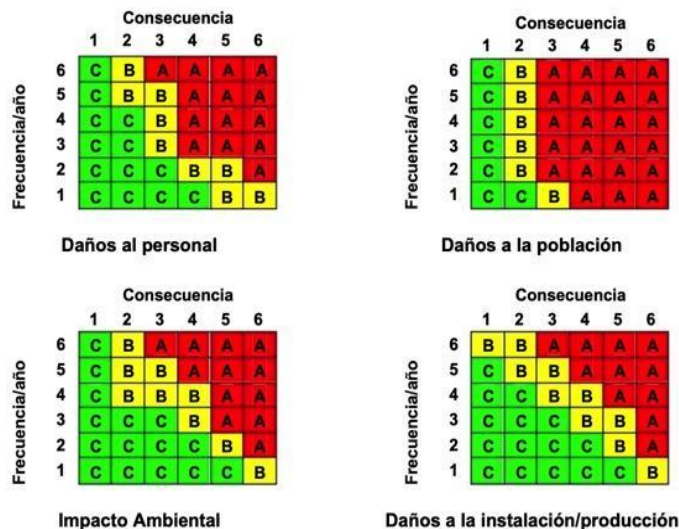


Figura 34. Matrices para identificación de riesgos

Ahora bien, con los valores obtenidos de la aplicación de los criterios de los índices de consecuencias se observa la tabla siguiente:

Tabla 49. Resultado de la aplicación de criterios de asignación de consecuencias

Nodo	Descripción riesgo máximo	Personal	Población	Impacto Ambiental	Pérdida o daño a la producción/ instalación	Valor de Consecuencias por Nodo
1	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en la interconexión	C3	C2	C3	C3	C3
2	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en un punto del tramo de la línea regular de AC 6"	C2	C2	C3	C2	C2
3	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en un punto del tramo de la línea regular de AC 4"	C2	C2	C3	C2	C2
4	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en un punto del tramo de la línea regular de AC 4"	C2	C2	C3	C2	C2

Al final y para identificar el nivel de riesgo se utiliza la siguiente matriz para el uso de los criterios COMERI mencionados

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	C	B	A	A	A	A
F5	C	C	B	B	A	A
F4	D	C	C	B	B	A
F3	D	C	C	C	B	A
F2	D	D	D	C	C	B
F1	D	D	D	D	C	C

Figura 35. Matriz empleada para riesgo

La cual establece la clasificación de riesgos acorde con lo siguiente:

Tabla 50. Matriz de Riesgos bajo el uso de los criterios COMERI

ÍNDICE DE RIESGO	CLASIFICACION
A	Zona de Riesgo No Tolerable
B	Zona de Riesgo Indeseable
C	Zona de Riesgo Aceptable con Controles (ALARP)
D	Zona de Riesgo Tolerable

Como resultado de la aplicación de lo anterior tenemos que para nuestro proyecto

Tabla 51. Resultados de la aplicación de la Matriz de Riesgo del Proyecto

Nodo	Descripción	Personal			Población			Impacto Ambiental			Pérdida o daño a la producción/instalación			Valor de Consecuencias por Nodo		
		F	C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R
1	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en la interconexión	F2	C3	D	F2	C2	D	F2	C3	D	F2	C3	D	F2	C3	D
2	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en un punto del tramo de línea regular de AC 6"	F1	C2	D	F1	C2	D	F1	C3	D	F1	C2	D	F1	C2	D
3	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en un punto del tramo de línea regular de AC 4"	F1	C2	D	F1	C2	D	F1	C3	D	F1	C2	D	F1	C2	D
4	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en un punto del tramo de línea regular de AC 4"	F1	C2	D	F1	C2	D	F1	C3	D	F1	C2	D	F1	C2	D

De los nodos y escenarios analizados podemos identificar que:

- El evento de fuga con incendio y/o explosión de gas natural en el punto de recepción tiene una tasa de falla (f_E) de 0.0000461, es decir un 0.00461 % de probabilidad de ocurrencia, lo cual se puede interpretar como que de cada 100,000 situaciones en que se presente este evento, la fuga solo se dará en 4 ocasiones. Y de acuerdo con su análisis de la matriz de riesgo, se considera dentro de la zona de riesgo tolerable.
- El evento de fuga con incendio y/o explosión de gas natural en un punto del tramo de la línea regular de AC 6" D.N., tiene una tasa de falla (f_E) de 0.0000107, es decir

un 0.00107 % de probabilidad de ocurrencia, lo cual se puede interpretar como que de cada 100,000 situaciones en que se presente este evento, el siniestro se presentará solo en 1 ocasión. Y de acuerdo con su análisis de la matriz de riesgo, se considera dentro de la zona de riesgo tolerable, y es importante mencionar que corresponden a la mayor parte del proyecto por su magnitud.

- De igual manera, en el evento de fuga con incendio y/o explosión de gas natural en un punto del tramo de la línea regular de Acero al Carbono de 4" D.N., tiene una tasa de falla ($fÉ$) de 0.00703, es decir un 0.703 % de probabilidad de ocurrencia, lo cual se puede interpretar como que de cada 1000 situaciones en que se presente este evento, el siniestro se presentará solo en 7 ocasiones. Y de acuerdo con su análisis de la matriz de riesgo, se considera dentro de la zona de riesgo tolerable.

En todos los eventos, lo que más contribuye a la generación de las fallas, son aquellos que dependen de la intervención humana, por lo que, se hace necesario reforzar los mecanismos de Disciplina Operativa (Disponibilidad, Calidad, Comunicación y Cumplimiento) en los procedimientos de operación, inspección, supervisión de los trabajos de mantenimiento, así como, el seguimiento de los programas de mantenimiento tanto preventivos como correctivos.

VI. Sistemas de Seguridad y Medidas para administrar los escenarios de riesgo

Descripción de los equipos, medidas y dispositivos de seguridad

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

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

Como dispositivos de seguridad, en la Estación de Regulación y Medición (donde se tiene mayor interacción) se deben contar al menos con extintores PQS y de CO₂, 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).

Acorde a las buenas prácticas, a la normatividad nacional y a la norma oficial de referencia que se toma (NOM-007-ASEA-2016), el proyecto deberá apegarse a lo siguiente:

Componentes

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

Protección Contra Corrosión

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

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.
- 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.

Recomendaciones Técnico-Operativas

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 sistema de Transporte y sus elementos, así como las medidas preventivas para su rápido control, por si llegase a ocurrir algún evento inesperado.

Las recomendaciones técnico-operativas que se detallan a continuación buscan minimizar o prevenir algún riesgo asociado con el manejo de la recepción, el ducto de suministro, así como de las ERM's para el suministro de gas natural durante todas las etapas del proyecto.

La principal recomendación es mantener estandarizados todos los procedimientos que nos ayuden a mantener una calidad y seguridad óptima en todos los proyectos, iniciando con el diseño de estos, considerando todas las medidas de seguridad recomendadas por normas nacionales e internacionales y las establecidas por el promovente como parte de sus propios procedimientos, bases de diseño, y buenas prácticas. Estas recomendaciones aplicarán para todos los nodos.

- Sobre el “Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación” que enuncia la tabla, es importante mencionar que este proyecto al estar en fase de desarrollo, la autorización del SASISOPA para la administración del proyecto guarda el mismo estatus, es por eso por lo que para este punto se puede tomar en etapa de asignación y desarrollo.

Tabla 52. Recomendaciones con SASISOPA

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
Etapas de Construcción				
1	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.		Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Proyectos
2	Diseñar y aplicar un procedimiento de soldadura y uno similar para la calificación de los soldadores, de acuerdo a las características de la tubería, accesorios y a los estándares nacionales e internacionales vigentes.		Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Proyectos
3	Aplicar pinturas o alguna protección mecánica para tuberías y equipos que lo requieran.		Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Proyectos

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
4	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.		Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Proyectos
5	Supervisar por medio de una unidad verificadora y documentar las pruebas que se realicen al ducto en campo en todas sus fases.		Durante las etapas tanto de instalación y construcción, las fechas dependerán de las autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Proyectos
6	Los posibles accidentes se pueden dar durante la obra, por ello se tomarán las medidas de prevención reglamentarias de construcción, así como las dispuestas por el reglamento de seguridad e higiene en el trabajo. El personal será dotado de equipos protectores como cascos, zapatos de seguridad, goggles, arneses y guantes.		Durante la etapa de instalación y construcción, las fechas dependerá de las de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Proyectos
7	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 etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Proyectos
8	Durante la construcción, como en toda obra, existen riesgos para los trabajadores de caídas, por colapso, por derrumbes, por quemaduras eléctricas o de combustible, en el manejo de la herramienta y equipo, etc., sin embargo todos estos riesgos son comunes en todo proceso de construcción, por lo que existirán residentes y supervisores de la construcción quienes, además de vigilar la calidad y procesos constructivos, vigilarán la seguridad de las operaciones. Se tomarán todas las medidas de seguridad y de prevención de accidentes conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Construcciones y en el Reglamento de Prevención de accidentes en el trabajo.		Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Proyectos
9	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 equipos contra incendio.		Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Proyectos
10	Deberá de tomar las medidas de seguridad adecuadas para evitar descargas eléctricas en los trabajos de soldadura.		Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Proyectos
11	Se integrará una cuadrilla de limpieza en el entorno del trazo para mantenerlo limpio de tierra.		Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Proyectos

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
Etapas de Operación y Mantenimiento (O&M)				
12	Contar con un Plan de Atención a Emergencias que se implemente durante la ejecución de los trabajos.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantto.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
13	Supervisar la correcta implementación del sistema de detección de fugas, de tal manera que se minimice el tiempo de respuesta para evitar daño		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de O&M.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
14	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.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantto.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
15	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.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantto.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
16	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.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantto.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
17	Monitoreo continuo, inspección y limpieza de las instalaciones exteriores, tales como casetas de regulación y medición, y sus equipos (medidores, reguladores, filtros, etc.)		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantto.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
18	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.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
19	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.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
20	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.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
21	Incluir la instalación y su administración integral al Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Ambiente (SASISOPA), el cual es una herramienta que sustenta la gestión ambiental para mejorar el desempeño		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
22	GAZNA, 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.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
23	GAZNA 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		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
24	La empresa deberá presentar un plan de contingencias ambientales que se implementará durante la ejecución de los trabajos.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
25	No se permite fumar, tener flamas abiertas o cualquier otra fuente de ignición. Se deben usar linternas que sean a prueba de explosión;		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
26	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;		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
27	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.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
28	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.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
29	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.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
30	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;		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
31	Se puede realizar trabajos en línea viva para la supresión y reparación de fugas, si se cuenta con personal calificado, procedimiento y equipo diseñado afín		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
32	En caso de requerirse iluminación artificial para realizar trabajos, se deben utilizar lámparas e interruptores a prueba de explosión.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Proyectos
Seguridad				
33	Actualización de los planos de este sistema y sus componentes		Durante la etapa del proyecto	Gerente de Seguridad e Higiene
34	Evidencias de la capacitación de los trabajadores para la operación y mantenimiento del Sistema y sus elementos, así como para la atención a emergencias.		Durante la etapa del proyecto	Gerente de Seguridad e Higiene
35	Programa de mantenimiento preventivo al sistema, con base a recomendaciones de fabricante, filosofía operacional y normatividad.		Durante la etapa del proyecto	Gerente de Seguridad e Higiene
36	Procedimientos para la detección oportuna de fugas apoyándose en los detectores y módulo de control.		Durante la etapa del proyecto	Gerente de Seguridad e Higiene
Comunicación y Social				
37	Será necesario establecer cursos intensivos de capacitación, entrenamiento de personal y elaboración de simulacros.		Durante la etapa de vida del proyecto	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones
38	Generar las alianzas necesarias con las autoridades locales de atención a emergencias, con las empresas vecinas y localidades cercanas.		Durante la etapa de vida del proyecto	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones
39	Cumplir cabalmente con un Programa de Prevención de Accidentes (PPA) , en el que se considere Educación Pública, Capacitación Interna y Externa, Simulacros, comunicación con autoridades, etc. Los riesgos en general se reducirán mejorando continuamente el mantenimiento, inspección y auditorías de seguridad y ambiental tanto internas y externas, incluyendo esto en los procedimientos normales de la empresa.		Durante la etapa de vida del proyecto	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
40	Los riesgos de fugas 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 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.		Durante la etapa de vida del proyecto	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones
41	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.		Durante la etapa de vida del proyecto	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones
42	Implantar rigurosamente los planes y programas de capacitación, seguridad, inspección, controles de operación, vigilancia, etc., garantizando así un involucramiento total de los recursos humanos, al esquema de seguridad.		Durante la etapa de vida del proyecto	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones
43	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.		Durante la etapa de vida del proyecto	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones

VII. Conclusiones y Recomendaciones

- En la ejecución del proyecto se utilizarán equipos modernos y se contará con las medidas necesarias para aminorar los riesgos que implica su operación.
- Se observa que el diseño actual considera la aplicación de la normatividad y prácticas recomendadas apropiadas como corresponde a este tipo de instalaciones industriales y sus riesgos asociados.
- Para el caso del diseño de detalle y la construcción se ha previsto el cumplimiento de la normatividad y especificaciones más estrictas, mismas que son las requeridas por la industria de hidrocarburos a nivel internacional y que se le ha dado relevancia a la seguridad y a las previsiones ambientales enfocadas al cuidado de la salud y seguridad de los trabajadores y de la comunidad, así como el cuidado del ambiente.
- De acuerdo con la información técnica del proyecto, se puede observar que se han cubierto adecuadamente los aspectos de la seguridad a través de la integridad mecánica de los equipos y sistemas y que las instalaciones contarán con los medios adecuados para el cuidado del ambiente.
- Se advierten también las previsiones apropiadas para evitar y controlar las posibles alteraciones a las condiciones normales de operación que pudieran originar riesgos por fuga de Gas Natural.
- Se realizó una metodología de la siguiente forma:
 - Análisis preliminar de riesgos a través de metodologías cualitativas y estadísticas
 - Análisis de riesgo: identificación, jerarquización y evaluación
 - Se determinaron las regiones de los riesgos y se procedió a determinar su viabilidad del proyecto y vulnerabilidad hacia los factores que lo rodean.
- Con el fin de verificar la frecuencia de los riesgos se tomaron las salvaguardas y programas que se aplicarán en todo el sistema.
- Se realizaron recomendaciones para cada etapa del proyecto.
- Acorde con los resultados del estudio es factible mencionar que el área verificada con la revisión de las políticas, sistemas, características del diseño y compromisos de seguridad involucrados, el nivel de riesgo de la instalación es tolerable y sus consecuencias no afectarían a la población aledaña ni a sus bienes alrededor de la instalación.
- La empresa a cargo del Sistema de Transporte de Gas Natural 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 Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016 para esta etapa.
- El Dictamen al que se refiere el párrafo anterior, debe ser entregado a la Agencia de Seguridad Energía y Ambiente (ASEA), en los primeros tres meses de cada año, una vez cumplido el primer año de operaciones.

- Este proyecto del Sistema de Transporte de Gas Natural GAZPRO GAS, en el municipio de Delicias, Estado de Chihuahua, se realizó apegándose a los lineamientos que señala la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016 “Transporte de Gas Natural, Etano y Gas Asociado al Carbón Mineral por Medio de Ductos”.
- 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 de los terrenos contemplados que recorrerá la trayectoria del gasoducto, sin que esto incurra en desviaciones o intervenciones con otros sistemas e infraestructura existente, para lo cual el diseño y construcción consideraron los detalles requeridos en cada caso.

Lo anterior se puede resumir en que **el proyecto tiene un nivel de riesgo tolerable y el control y atención de estos se verá centralizado dentro de los límites del área definida para esta obra en su conjunto.**

VIII. Resumen Ejecutivo

VIII.1 Situación General que presenta el Proyecto

La situación general que presenta el proyecto “Sistema de Suministro de Gas Natural GAZNA.”, en materia de riesgo es tolerable, y lo anterior se obtuvo realizando un análisis de riesgo, siguiendo lo siguiente:

4. Se determinaron los nodos a evaluar del sistema.
5. Se identificaron los riesgos de cada nodo con la metodología HazOp, dentro de la hoja de trabajo, viene una sección para evaluar cada riesgo de forma cualitativa y cuantitativa (abarcando dos metodologías en una sola hoja), lo cual nos da un preliminar sobre la jerarquización del riesgo
6. Se jerarquizaron las causas que generan de forma constante un riesgo y cuál sería la consecuencia de esta causa por nodo, la conclusión de esta metodología nos dará la cantidad de riesgos por nodos que son tolerables y en caso de existir “no tolerables” se dará seguimiento acorde a la guía de la ASEA.
7. Una vez que se tienen los riesgos y las causas más probables, se construyen los eventos, los cuales se evaluaron y modelaron en el software especializado.

Definición de Nodos del **“Sistema de Suministro de Gas Natural GAZNA”**

NOTA: Es importante resaltar que se buscó realizar la clasificación de nodos de acuerdo con los cambios de flujos, condiciones de operación o elementos que se consideren como un elemento del sistema, más no por instrumentos o equipos ya que muchos de ellos sólo realizan acciones como medir, filtrar o dar paso al combustible, sin alterarlo de alguna forma ni aunarlo o reducirle algún riesgo.

El alcance del estudio considera los siguientes elementos que lo conforman:

- a) Sistema de Transporte principal (STGN), para suministro a usuarios industriales diversos en el Municipio de Delicias. (7,800 m de 6” D.N. + 9,900 m de 4” D.N.)
- b) Ramal de extensión del sistema de transporte principal hacia el Municipio de Meoqui para suministro a usuarios industriales diversos. (16,500 m de 4” D.N.)

Cabe mencionar, que para este estudio en específico, se considerará la presión máxima de operación del sistema (gas desde su entrega al gasoducto del área de recepción) y la presión normal de operación hacia la estación de regulación y medición que suministrarán este hidrocarburo al usuario final, esto se puede observar en la información técnica y de soporte de los diferentes anexos que conforman el estudio.

- Nodo 1: Punto de interconexión con gasoducto de 16” de FERMACA, justo en la válvula troncal
- Nodo 2: Ducto de suministro de acero 6” de diámetro hasta cambio de diámetro a 4” (7,850 m)
- Nodo 3: Ducto de transporte de acero 4” de diámetro hasta llegar a diversos usuarios (9,340 m)
- Nodo 4.- Ducto de transporte de acero 4” de diámetro hasta Meoqui (16,500 m)
- También se considerarán algunas opciones de evaluación como lo que son las políticas y procedimientos de atención a contingencias y la atención y postura de la administración respecto de la seguridad del sistema (Nodos 5 y 6)

Cada nodo abarca las válvulas, tubería, accesorios y equipos que se encuentran en ese tramo. No se hacen nodos por equipos como filtro, medidor, válvulas, etc, ya que en estos descritos, el gas solo fluye y su función es cortar el suministro del mismo, medirlo o filtrar las impurezas, más no hay un cambio en las condiciones de operación de dicho combustible, por otros lados los reguladores son donde se hace un cambio en la presión y que es la variable principal en este tipo de sistemas.

Posterior a ejecutar las metodologías y considerando los resultados de la metodología HAZOP y la Matriz de jerarquización, se puede concluir que; la red de suministro (posterior al punto de recepción), el proceso tiene una mayor magnitud de riesgo debido a la infraestructura que lo conforma, así como a sus condiciones de operación y las personas involucradas en su supervisión. Así mismo, se determinó que las ERM's, tanto al inicio como al final del sistema de Transporte por ducto 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.

Así, los escenarios de riesgo a simular se han propuesto realizar en los puntos clave a lo largo del sistema (cambios de presión, equipos e infraestructura), realizando énfasis en el área de mayor riesgo conforme con los resultados de la metodología HAZOP y la Matriz de jerarquización, y proponiendo fugas de gas natural por fracturas de material en tuberías o accesorios, quedando de la siguiente manera:

NODO 1: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A $\frac{1}{2}$ " DE DIAMETRO, EN UNA UNION EN MAL ESTADO POR DESACOPLADO DE UNA BRIDA, EN LA ZONA DE LA VÁLVULA DE INTERCONECCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **30 MINUTOS**.

NODO 2A: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1" DE DIAMETRO, EN UNA TUBERÍA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN DEL SISTEMA GAZNA (LINEA PRINCIPAL), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **30 MINUTOS**.

NODO 2B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 6" DE DIAMETRO (**RUPTURA TOTAL**), EN UNA TUBERÍA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN DEL SISTEMA GAZNA (LINEA PRINCIPAL), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **30 MINUTOS**.

NODO 3A: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1" DE DIAMETRO, EN UNA TUBERÍA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN DEL SISTEMA GAZNA (LINEA PRINCIPAL), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **30 MINUTOS**.

NODO 3B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 4" DE DIAMETRO (**RUPTURA TOTAL**), EN UNA TUBERÍA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN DEL SISTEMA GAZPRO GAS (LINEA PRINCIPAL), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **30 MINUTOS**.

NODO 4A: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1" DE DIAMETRO, EN UNA TUBERÍA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN DEL SISTEMA GAZNA (LINEA MEOQUI), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **30 MINUTOS**.

NODO 4B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 4" DE DIAMETRO (**RUPTURA TOTAL**), EN UNA TUBERÍA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN DEL SISTEMA GAZNA (LINEA MEOQUI), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **30 MINUTOS**.

Las memorias de cálculo de estos nodos se podrán verificar en los Anexos 4.7.1 a 4.7.4

De igual manera se realizó una ponderación y/o jerarquización con el apoyo del grupo multidisciplinario de acuerdo con lo siguiente:

Se asignó para cada escenario una ponderación por tipo de consecuencia (daño al personal, daños a la población, a la instalación, impacto ambiental, pérdidas de producción) acorde con la tabla Clasificación por Categorías de Consecuencias (COMERI).

Los objetivos de la revisión de riesgos de las instalaciones son:

- Identificar, seleccionar, evaluar y clasificar los riesgos más importantes con el potencial de ocasionar daños al personal y/o a la población, el medio ambiente, el producto manejado y la instalación.
- Desarrollar recomendaciones para reducir los riesgos.
- Identificar los procesos y las áreas más importantes que requieren de una evaluación más detallada para determinar las medidas más efectivas destinadas a reducir el riesgo.

En la Tabla de categorías de consecuencias, se consideran cinco tipos de consecuencias:

- a) daños al personal
- b) efectos en la población
- c) impacto ambiental
- d) pérdida de producción y
- e) daños a la instalación.

El grupo multidisciplinario es imprescindible a la hora de asignar categorías de consecuencia, ya que poseen el conocimiento del proceso y la experiencia necesaria; por ejemplo, el personal puede proporcionar información valiosa sobre las variables principales acerca de (1) los efectos en la vida y la salud del personal, (2) el impacto ambiental y (3) la evaluación económica, como pueden ser los costos de reparación o reemplazo de equipos, el tiempo muerto que se necesita para restaurar los sistemas después de paros, el tiempo de paralización necesario para volver a arrancar unidades de proceso y los costos asociados con interrupciones en la producción.

El convenio COMERI 144 PEMEX especifica que la Matriz de Riesgos, (Que es la calificación inicial de riesgos y primera etapa de cuantificación) como correlación entre la Frecuencia y las Consecuencias y que en su contenido se encuentran valores con significado para la organización y apoyo en la toma de decisiones, debe contener los siguientes criterios bajo la descripción de frecuencias, categorías de riesgo y frecuencias

Lo anterior puede verse referido en las tablas de resultados siguientes:

Tabla 53. Criterios de Categoría, Descripción y Frecuencia en una Matriz de riesgos según COMERI

Categoría	Descripción de Frecuencia de ocurrencia	Frecuencia / Año
F6 Muy Frecuente	Ocorre una o más veces en un año	> 1
F5 Frecuente	Ocorre una o más veces en un período de entre 1 y 5 años	> 0.2 a 1
F4 Poco Frecuente	Ocorre una vez en un período de entre 5 y 10 años	0.1 a 0.2
F3 Raro	Ocorre una vez en un período mayor a 10 años	0.01 a 0.1
F2 Muy Raro	Ocorre solamente una vez en la vida útil de la planta	0.001 a 0.01
F1 Extremadamente Raro	Evento que es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro	0.0001 a 0.001

Los valores obtenidos de la aplicación del HAZOP vía los criterios de asignación de índices de frecuencia se observan en la tabla siguiente:

Tabla 54. Valores de Frecuencia por Evento Máximo en Nodo

Riesgo / Nodo	Descripción	Resultado	Probabilidad Ocurrencia	Puntuación Frecuencia
1 Interconexión con sistema troncal	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en la interconexión	4.61 E-5	0.0000461	F2
2, 3 Y 4 Red principal de Transporte	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en un punto del tramo de la línea regular AC 6" Y 4"	7.03 E-3	0.00703	F1

Los criterios tomados para la evaluación de consecuencias se observan en la tabla siguiente:

Tabla 55. Criterios para la asignación de índices de consecuencias (COMERI 144)

Categoría de Consecuencia (Impacto)	Daños al Personal	Efecto en la Población	Impacto Ambiental	Pérdida de Producción Daños a la instalación [Millones USD]
C6 Catastrófico	Heridas o daños físicos que pueden resultar en más de 15 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar en más de 100 fatalidades	Fuga o derrame externo que no se pueda controlar en una semana	Mayor de 50
C5 Mayor	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 4 a 15 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 15 a 100 fatalidades	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en una semana	De 15 a 50
C4 Grave	Heridas o daños físicos que pueden resultar en hasta 3 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 4 a 15 fatalidades	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en un día	De 5 a 15
C3 Moderado	Heridas o daños físicos que generan incapacidad médica	Heridas o daños físicos que resultan en hasta 3 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización a gran escala	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en algunas horas	De 0.500 a 5

Categoría de Consecuencia (Impacto)	Daños al Personal	Efecto en la Población	Impacto Ambiental	Pérdida de Producción Daños a la instalación [Millones USD]
C2 Menor	Heridas o daños físicos reportables y/o que se atienden con primeros auxilios	Heridas o daños físicos reportables y/o que se atienden con primeros auxilios. Evento que requiere de evacuación. Ruidos, olores e impacto visual que se puede detectar.	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en una hora (incluyendo tiempo para detectar)	De 0.250 a 0.500
C1 Despreciable	No se esperan heridas o daños físicos	No se esperan heridas o daños físicos. Ruidos, olores e impacto visual imperceptibles	No hay fuga o derrame externo	Hasta 0.250

Una vez identificadas las frecuencias se utilizan las siguientes matrices para identificar el índice de riesgo

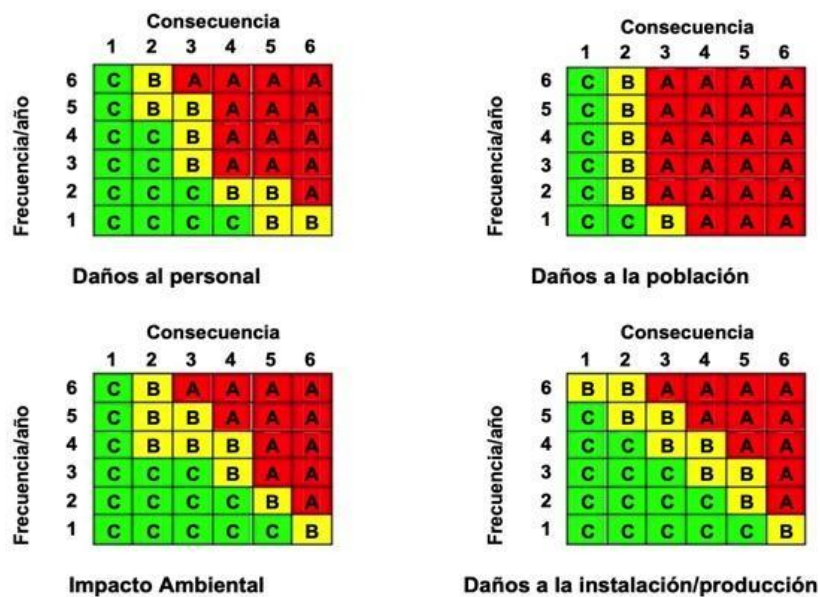


Figura 36. Matrices de identificación de riesgos

Ahora bien, con los valores obtenidos de la aplicación de los criterios de los índices de consecuencias se observa la tabla siguiente:

Tabla 56. Resultado de la aplicación de criterios de asignación de consecuencias

Nodo	Descripción riesgo máximo	Personal	Población	Impacto Ambiental	Pérdida o daño a la producción/ instalación	Valor de Consecuencias por Nodo
1	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en la interconexión	C3	C2	C3	C3	C3
2	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en un punto del tramo de la línea regular de AC 6"	C2	C2	C3	C2	C2
3	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en un punto del tramo de la línea regular de AC 4"	C2	C2	C3	C2	C2
4	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en un punto del tramo de la línea regular de AC 4"	C2	C2	C3	C2	C2

Al final y para identificar el nivel de riesgo se utiliza la siguiente matriz para el uso de los criterios COMERI mencionados

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	C	B	A	A	A	A
F5	C	C	B	B	A	A
F4	D	C	C	B	B	A
F3	D	C	C	C	B	A
F2	D	D	D	C	C	B
F1	D	D	D	D	C	C

Figura 37. Matriz para identificación de riesgos

La cual establece la clasificación de riesgos acorde con lo siguiente:

Tabla 57. Matriz de Riesgos bajo el uso de los criterios COMERI

ÍNDICE DE RIESGO	CLASIFICACION
A	Zona de Riesgo No Tolerable
B	Zona de Riesgo Indeseable
C	Zona de Riesgo Aceptable con Controles (ALARP)
D	Zona de Riesgo Tolerable

Como resultado de la aplicación de lo anterior tenemos que para nuestro proyecto

Tabla 58. Resultados de la aplicación de la Matriz de Riesgo del Proyecto

Nodo	Descripción	Personal			Población			Impacto Ambiental			Pérdida o daño a la producción/instalación			Valor de Consecuencias por Nodo		
		F	C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R
1	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en la interconexión	F2	C3	D	F2	C2	D	F2	C3	D	F2	C3	D	F2	C3	D
2	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en un punto del tramo de línea regular de AC 6"	F1	C2	D	F1	C2	D	F1	C3	D	F1	C2	D	F1	C2	D

Nodo	Descripción	Personal			Población			Impacto Ambiental			Pérdida o daño a la producción/instalación			Valor de Consecuencias por Nodo		
		F	C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R
3	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en un punto del tramo de línea regular de AC 4"	F1	C2	D	F1	C2	D	F1	C3	D	F1	C2	D	F1	C2	D
4	Fuga con incendio y/o explosión de gas natural en un punto del tramo de línea regular de AC 4"	F1	C2	D	F1	C2	D	F1	C3	D	F1	C2	D	F1	C2	D

De los nodos y escenarios analizados podemos identificar que:

- El evento de fuga con incendio y/o explosión de gas natural en el punto de recepción tiene una tasa de falla (f_E) de 0.0000461, es decir un 0.00461 % de probabilidad de ocurrencia, lo cual se puede interpretar como que de cada 100,000 situaciones en que se presente este evento, la fuga solo se dará en 4 ocasiones. Y de acuerdo con su análisis de la matriz de riesgo, se considera dentro de la zona de riesgo tolerable.
- El evento de fuga con incendio y/o explosión de gas natural en un punto del tramo de la línea regular de AC 6" D.N., tiene una tasa de falla (f_E) de 0.0000107, es decir un 0.00107 % de probabilidad de ocurrencia, lo cual se puede interpretar como que de cada 100,000 situaciones en que se presente este evento, el siniestro se presentará solo en 1 ocasión. Y de acuerdo con su análisis de la matriz de riesgo, se considera dentro de la zona de riesgo tolerable, y es importante mencionar que corresponden a la mayor parte del proyecto por su magnitud.
- De igual manera, en el evento de fuga con incendio y/o explosión de gas natural en un punto del tramo de la línea regular de Acero al Carbono de 4" D.N., tiene una tasa de falla (f_E) de 0.00703, es decir un 0.703 % de probabilidad de ocurrencia, lo cual se puede interpretar como que de cada 1000 situaciones en que se presente este evento, el siniestro se presentará solo en 7 ocasiones. Y de acuerdo con su análisis de la matriz de riesgo, se considera dentro de la zona de riesgo tolerable.

En todos los eventos, lo que más contribuye a la generación de las fallas, son aquellos que dependen de la intervención humana, por lo que, se hace necesario reforzar los mecanismos de Disciplina Operativa (Disponibilidad, Calidad, Comunicación y Cumplimiento) en los procedimientos de operación, inspección, supervisión de los trabajos de mantenimiento, así como, el seguimiento de los programas de mantenimiento tanto preventivos como correctivos.

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 sistema de Transporte 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.

A continuación, acorde a los radios de afectación obtenidos se muestran las interacciones que se tiene con el medio ambiente, social e infraestructura:

Tabla 59. Resultados por nodo.

		1	2	3	4
Dardos de Fuego	Distancias	Amort 29.87 m Riesgo: 14.94 m	Amort: 332.53 m Riesgo: 166.42 m	Amort: 221.89 m Riesgo: 110.95 m	Amort: 221.89 m Riesgo: 110.95 m
	Efectos	<i>Suelo</i> (Modificación de sus características) <i>Paisaje</i> (Alteración de la calidad escénica) <i>Flora</i> (Zona arbustiva aledaña al trazo)	<i>Suelo</i> (Modificación de sus características) <i>Paisaje</i> (Alteración de la calidad escénica) <i>Flora</i> (Zona arbustiva aledaña al trazo)	<i>Suelo</i> (Modificación de características del terreno de soporte) <i>Paisaje</i> (Alteración de la calidad escénica) <i>Flora</i> (Zona arbustiva aledaña al sitio)	<i>Suelo</i> (Modificación de sus características) <i>Paisaje</i> (Alteración de la calidad escénica) <i>Flora</i> (Zona arbustiva aledaña al trazo)
Nube de Gas Inflamable (Estabilidad F y LFL)	Distancias	Ancho Máximo Riesgo: 35.05 m Riesgo Viento Abajo: 39.01 m	Ancho Máximo Riesgo: 84.12 m Riesgo Viento Abajo: 75.59 m	Ancho Máximo Riesgo: 331.01 m Riesgo Viento Abajo: 367.89 m	Ancho Máximo Riesgo: 331.01 m Riesgo Viento Abajo: 367.89 m
	Efectos	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosférico) Salud (Posible alcance a población aledaña) <i>Paisaje</i> (Alteración en la calidad escénica) <i>Flora</i> (Zona arbustiva de los alrededores) Infraestructura (Contaminación de ambiente empresas de la zona y de caminos de acceso)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosférico) Salud (Posible alcance a población en tránsito) <i>Paisaje</i> (Alteración en la calidad escénica) <i>Flora</i> (Zona arbustiva de los alrededores) Infraestructura (Contaminación de ambiente empresas de la zona y de caminos de acceso)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosférico) Salud (Posible alcance a personal y población en tránsito) <i>Paisaje</i> (Alteración en la calidad escénica) <i>Flora</i> (Zona arbustiva de los alrededores) Infraestructura (Contaminación de ambiente empresas de la zona y de caminos de acceso)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosférico) Salud (Posible alcance a población aledaña) <i>Paisaje</i> (Alteración en la calidad escénica) <i>Flora</i> (Zona arbustiva de los alrededores) Infraestructura (Contaminación de ambiente empresas de la zona y de caminos de acceso)
Explosión Nube de Vapor	Distancias	0.5 psig: 59.13 m 1.0 psig: 34.14 m	0.5 psig: 742.49m 1.0 psig: 428.24 m	0.5 psig: 489.81 m 1.0 psig: 282.24 m	0.5 psig: 489.81 m 1.0 psig: 282.24 m
	Efectos	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosférico) Salud (Posible alcance a población en tránsito) <i>Paisaje</i> (Alteración en la calidad escénica) <i>Flora</i> (Zona arbustiva de los alrededores) Infraestructura (contaminación de ambiente empresas de la zona y de caminos de acceso)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosférico) Salud (Posible alcance a población en tránsito) <i>Paisaje</i> (Alteración en la calidad escénica) <i>Flora</i> (Zona arbustiva de los alrededores sin alteración) Infraestructura (contaminación de ambiente empresas de la zona y de caminos de acceso)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosférico) Salud (Posible alcance a población en tránsito) <i>Paisaje</i> (Alteración en la calidad escénica) <i>Flora</i> (Zona arbustiva de los alrededores sin alteración) Infraestructura (contaminación de ambiente empresas de la zona y de caminos de acceso)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosférico) Salud (Posible alcance a población en tránsito) <i>Paisaje</i> (Alteración en la calidad escénica) <i>Flora</i> (Zona arbustiva de los alrededores sin alteración) Infraestructura (contaminación de ambiente empresas de la zona y de caminos de acceso)

Medidas Preventivas

Las medidas preventivas que se describen a continuación fueron propuestas con base a los riesgos que podrían tener una mayor probabilidad obtenidos del HazOp y la matriz de jerarquización, de igual forma se consideraron los posibles radios de afectación que fueron calculados con el programa ARCHIE. Estas medidas también se mencionarán más adelante

Tabla 60. Medidas de prevención y mitigación

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, desgaste o debilitamiento de tubería (en raisers, uniones e instalaciones externas).	En este apartado cuando se presenta un impacto, es al generarse una fuga de gas natural, la misma puede ocasionar: *Dardos de fuego *Nubes inflamables y nubes de vapor 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)	<u>Dardos de Fuego</u>	
		FG.2	Contar con válvulas de seccionamiento que aislen el sistema.		<u>Afectación</u>	<u>Medida</u>
					Suelo y/o vegetación	Se propone la remediación del cual resulte impactado, dejando el sitio en condiciones originales.
		FG.3	Contar con detectores de gas natural e índice de zona explosive		Personal o Población	Se brindarán los primeros auxilios y en caso de requerir una mayor atención, trasladar a la clínica más cercana al punto.
		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.		Infraestructura	Se propone reparar el daño y las consecuencias que traiga el mismo.
		FG.5	Informar a los involucrados que puedan dar solución al evento.		<u>Nubes Inflamables</u>	
	Fracturas en accesorios o instrumentación.	FG.6	Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de unión de accesorios o instrumentos.	<u>Afectación</u>	<u>Medida</u>	
		FG.7	Se siguen recomendaciones FG.2, FG.3 y FG.5	Personal o Población	Se propone, contar con un procedimiento y adiestramiento adecuado de personal para controlar la situación, mantener la zona	

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		
	Operación inadecuada de la inyección y de la estación	FG.8	Contar con un programa de pruebas de hermeticidad y recertificación de materiales acorde con recomendaciones de fabricante y normatividad.			sin personas o alguien ajeno, y alejarse de lugares confinados cercanos, mediante detector portátil de gas natural.
FG.9		Capacitación adecuada del personal a operar la interconexión y el sistema de transporte en general	Se atenderán con primeros auxilios a las personas involucradas, verificando que la persona se encuentre en estado normal. Asimismo ofrecer oxígeno c/apoyo respiratorio			
FG.10		Realizar bitácoras para reportar el mantenimiento, fallas y reparaciones al sistema y sus componentes				
Fracturas de material	Operación inadecuada de la inyección y de la estación	FM.1	Capacitación adecuada del personal a operar el sistema y sus elementos.	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. En este apartado cuando se presenta un impacto, es al generarse una fuga de gas natural, la misma puede ocasionar: *Dardos de fuego *Nubes inflamables y nubes de vapor NOTA: En el caso de nubes inflamables y nubes de vapor (cabe mencionar que debido a que la estación tendrá ventilación, no	<u>Dardos de Fuego</u>	
	Falta de mantenimiento	FM.2	Contar con programas de operación y mantenimiento de la estación		<u>Afectación</u>	<u>Medida</u>
		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 de lo que resulte impactado, dejando el sitio en condición original.
		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, desgaste o debilitamiento de tubería.	Infraestructura
	FM.16		Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de unión de accesorios o instrumentos		<u>Nubes Inflamables</u>	
	Falta de procedimientos	FM.17	Contar con un programa de supervisión y procedimientos definidos que puedan consultar los operadores para evitar el riesgo		<u>Afectación</u>	<u>Medida</u>
					Personal o Población	Se propone, contar con un procedimiento y adiestramiento adecuado de personal para controlar la situación, mantener la zona sin personas o alguien ajeno, y alejarse de lugares

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.	existirá riesgo de explosión o incendio por confinamiento)	confinados cercanos, mediante 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.		

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:

- 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 sistema de Transporte y sus elementos, así como las medidas preventivas para su rápido control, por si llegase a ocurrir algún evento inesperado.
- Se instalarán extintores de acuerdo con la normatividad vigentes en las estaciones de regulación y medición.
- Se tendrán detectores de gas natural fijos en la estación de regulación y medición principal y de usuario, así como detectores de gas natural portátiles los cuales serán ocupados por los operadores del ducto durante sus inspecciones.
- Ya que se cuenta con válvulas de seccionamiento de equipo y la general, se recomienda darle el mantenimiento correspondiente a todas y cada una de ellas en cumplimiento con lo planteado en la NOM-007-ASEA-2016.
- La principal recomendación es mantener estandarizados todos los procedimientos que nos ayuden a mantener una calidad y seguridad óptima en todos los proyectos, iniciando con el diseño de estos, considerando todas las medidas de seguridad recomendadas por normas nacionales e internacionales y las establecidas por el promovente como parte de sus propios procedimientos, bases de diseño, y buenas prácticas.

Administrativas:

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

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

Operación y mantenimiento:

- Contar con un programa de mantenimiento predictivo, preventivo y refacciones suficientes para el correctivo.
- Ajustarse a las guías estatales de la Dirección de Ecología para el cumplimiento documental requerido.
- Mantener un programa intenso de capacitación y desarrollo de profesionistas en las áreas de operación, mantenimiento, seguridad y atención a emergencias para atender las instalaciones.
- Implementar de manera formal y dar continuidad al Sistema de Administración de la Seguridad Operativa, Seguridad Industrial y de Protección al Ambiente SASISOPA

Receptores de Riesgo

Como se puede observar en la Tablas V a VII y en conjunto con los valores obtenidos de las modelaciones correspondientes y las interacciones de cada escenario de acuerdo a dichos resultados, se menciona a continuación la clasificación de cada uno de ellos (Catastrófico, Grave, Significativo, Reparable o Ninguno)

NODO 1: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A ½" DE DIAMETRO, EN UNA UNION EN MAL ESTADO POR DESACOPLO DE UNA BRIDA, EN LA ZONA DE LA VÁLVULA DE INTERCONEXIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **30 MINUTOS**.

- Se puede concluir que se tendrá un efecto **REPARABLE**, ya que las distancias de alcance son medianas, y dentro del radio de alcance de dichas distancias, se localizan impactos e interacciones con algunas zonas verdes las cuales son pocas y a los trabajadores y personal en tránsito es poco probable que se vean afectados, por las propias medidas de seguridad existentes durante la operación de "Hot Tap" y de resguardo de dicha interconexión. Los radios de afectación se pueden consultar en el **Anexo 4.8** de este estudio.

NODO 2A, 3A y 4A: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1" DE DIAMETRO EN UNA TUBERÍA QUE RESULTO EN MAL

ESTADO AL SER GOLPEADA POR PALA MECANICA, EN ALGUN PUNTO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE GAS A LA ERMP, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **30 MINUTOS**.

- Se puede concluir que se tendrá un efecto **REPARABLE**, ya que las distancias de alcance son medianas, y dentro del radio de alcance de dichas distancias, se localizan impactos e interacciones con algunas zonas verdes las cuales son pocas y a los trabajadores y personal en tránsito es poco probable que se vean afectados, por las propias medidas de seguridad existentes durante la operación de “Hot Tap” y de resguardo de dicha interconexión. Los radios de afectación se pueden consultar en el **Anexo 4.8** de este estudio.

NODO 2B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 6” DE DIAMETRO EN UNA TUBERÍA QUE RESULTO EN MAL ESTADO AL SER GOLPEADA POR PALA MECANICA, EN ALGUN PUNTO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE GAS A LA ERMP, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **30 MINUTOS**.

- En los casos de ruptura total, los elementos de seguridad, cierre y bloqueo se activan casi inmediatamente, sin embargo en la evaluación realizada, estos serían los eventos con mayor impacto los cuales de presentarse tendrían un efecto **GRAVE**, ya que las distancias de alcance son grandes y dentro del radio de alcance de dichas distancias, se localizan impactos e interacciones con algunas zonas verdes, así como con vías de comunicación y zonas semiurbanas y comerciales que podrían ser impactadas. Los radios de afectación se pueden consultar en el **Anexo 4.8** de este estudio.

NODO 3B Y 4B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 4” DE DIAMETRO EN UNA TUBERÍA QUE RESULTO EN MAL ESTADO AL SER GOLPEADA POR PALA MECANICA, EN ALGUN PUNTO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE GAS A LA ERMP, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **30 MINUTOS**.

- En los casos de ruptura total, los elementos de seguridad, cierre y bloqueo se activan casi inmediatamente, sin embargo en la evaluación realizada, estos serían los eventos con mayor impacto los cuales de presentarse tendrían un efecto **GRAVE**, ya que las distancias de alcance son grandes y dentro del radio de alcance de dichas distancias, se localizan impactos e interacciones con algunas zonas verdes, así como con vías de comunicación y zonas semiurbanas y comerciales que podrían ser impactadas. Los radios de afectación se pueden consultar en el **Anexo 4.8** de este estudio.

VIII.2 Conclusiones

- En la ejecución del proyecto se utilizarán equipos modernos y se contará con las medidas necesarias para aminorar los riesgos que implica su operación.
- Se observa que el diseño actual considera la aplicación de la normatividad y prácticas recomendadas apropiadas como corresponde a este tipo de instalaciones industriales y sus riesgos asociados.
- Para el caso del diseño de detalle y la construcción se ha previsto el cumplimiento de la normatividad y especificaciones más estrictas, mismas que son las requeridas por la industria de hidrocarburos a nivel internacional y que se le ha dado relevancia a la

seguridad y a las previsiones ambientales enfocadas al cuidado de la salud y seguridad de los trabajadores y de la comunidad, así como el cuidado del ambiente.

- De acuerdo con la información técnica del proyecto, se puede observar que se han cubierto adecuadamente los aspectos de la seguridad a través de la integridad mecánica de los equipos y sistemas y que las instalaciones contarán con los medios adecuados para el cuidado del ambiente.
- Se advierten también las previsiones apropiadas para evitar y controlar las posibles alteraciones a las condiciones normales de operación que pudieran originar riesgos por fuga de Gas Natural.
- Se realizó una metodología de la siguiente forma:
 - Análisis preliminar de riesgos a través de metodologías cualitativas y estadísticas
 - Análisis de riesgo: identificación, jerarquización y evaluación
 - Se determinaron las regiones de los riesgos y se procedió a determinar su viabilidad del proyecto y vulnerabilidad hacia los factores que lo rodean.
- Con el fin de verificar la frecuencia de los riesgos se tomaron las salvaguardas y programas que se aplicarán en todo el sistema.
- Se realizaron recomendaciones para cada etapa del proyecto.
- Acorde con los resultados del estudio es factible mencionar que el área verificada con la revisión de las políticas, sistemas, características del diseño y compromisos de seguridad involucrados, el nivel de riesgo de la instalación es tolerable y sus consecuencias no afectarían a la población aledaña ni a sus bienes alrededor de la instalación.
- La empresa a cargo del Sistema de Transporte de Gas Natural 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 Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016 para esta etapa.
- El Dictamen al que se refiere el párrafo anterior, debe ser entregado a la Agencia de Seguridad Energía y Ambiente (ASEA), en los primeros tres meses de cada año, una vez cumplido el primer año de operaciones.
- Este proyecto del Sistema de Transporte de Gas Natural GAZNA, en el municipio de Delicias, Estado de Chihuahua, se realizó apegándose a los lineamientos que señala la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016 "Transporte de Gas Natural, Etano y Gas Asociado al Carbón Mineral por Medio de Ductos".
- 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 de los terrenos contemplados que recorrerá la trayectoria del gasoducto, sin que esto incurra en desviaciones o intervenciones con otros sistemas e infraestructura existente, para lo cual el diseño y construcción consideraron los detalles requeridos en cada caso.

Lo anterior se puede resumir en que **el proyecto tiene un nivel de riesgo tolerable y el control y atención de estos se verá centralizado dentro de los límites del área definida para esta obra en su conjunto.**

VIII.3 Informe Técnico

Datos Generales del Regulado

Fecha de Ingreso: Abril 2022

Datos de la Empresa Contratada por el Regulado para Elaborar el Análisis de Riesgo

Nombre de la Empresa: Consultoría y Servicio Integral A&A, S. de R.L. de C.V.

Cargo: Dirección de Operaciones

NOMBRE DE PERSONA FISICA INFORMACIÓN PROTEGIDA BAJO LOS
ARTICULOS 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA
LFTAIP.

Datos Generales del Regulado

CURR:

RFC: GGA 211005 1G8

Nombre, Razón o Denominación Social: GAZNA, S.A. de C.V.

Nombre del Proyecto: Sistema de Transporte de Gas Natural GAZNA

Objeto de la Instalación o Proyecto: Suministrar Gas Natural a los equipos de las instalaciones de usuarios finales

DOMICILIO, TELEFONO Y CORREO ELECTRONICO DEL REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA, INFORMACIÓN PROTEGIDA BAJO LOS ARTICULOS 116 PRIMER PARRAFO DE LA
LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Domicilio para Oír y Recibir Notificaciones

Nombre del Representante Legal: Ricardo Andaraca Urueta

Cargo: Apoderado Legal

Actividad del Sector Hidrocarburos (artículo 3º fracción XI de la Ley de la ASEA): Procesamiento, compresión, licuefacción, descompresión y regasificación, así como transporte, almacenamiento y Transporte de gas natural.

Uso de Suelo donde se encuentra el Proyecto

☒ Agrícola	☐ Rural	☐ Habitacional	☒ Industrial
☐ Comercial	☒ Mixto		

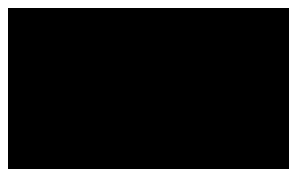
El proyecto y/o instalación se encuentra ubicada en zona con las siguientes características

☒ Zona Industrial	☐ Zona habitacional	☒ Zona suburbana
☒ Parque Industrial	☐ Zona urbana	☐ Zona rural

Localización Geográfica (Inicio de Sistema)

Coordenadas Latitud N:

Coordenadas Longitud W:



Superficie

Requerida temporal:	239,400.00 m ²
Permanente:	160,602.17 m ²
Total:	400,002.17 m ²

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

Tabla 61. Sustancias Manejadas (Solo se ocupa gas natural a lo largo de todo el sistema)

Nombre Químico la Sustancia (IUPAC)	Número CAS	Riesgo Químico					Capacidad Total		Capacidad de la Mayor Unidad de Almacenamiento (Ton)
		C	R	E	T	I	Almacenamiento (unidad)	Producción (Ton/día)	
Gas Natural	74-82-8					XX	N/A		0.21626 (Empaque)

Tabla 62. Identificación y Clasificación de Riesgos

Número de Falla	Falla	Accidente Hipotético			Ubicación				Metodología empleada para la identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos
		Fuga	Incendio	Explosión	Etapa de Operación			Unidad o Equipo de Proceso	
					Transporte	Regulación	Servicios		
Nodo 1	Falla de Material en Interconexión	XX	XX	XX	XX			Punto de Interconexión	Check List, Hazop, Mond, Matriz de Jerarquización
Nodo 2	Tubo Subterráneo	XX	XX	XX	XX			Tubería de suministro alta presión 6" AC	Check List, Hazop, Mond, Matriz de Jerarquización
Nodo 3	Tubo Subterráneo	XX	XX	XX	XX			Tubería de suministro alta presión 4" AC	Check List, Hazop, Mond, Matriz de Jerarquización
Nodo 4	Tubo Subterráneo	XX	XX	XX	XX			Tubería de suministro alta presión 4" AC	Check List, Hazop, Mond, Matriz de Jerarquización

Tabla 63. Criterios para la Estimación de Consecuencias

Número de Falla	Tipo de Liberación		Cantidad Hipotética Liberada		Estado Físico	Programa de Simulación Empleado	Zona de Alto Riesgo		Zona de Amortiguamiento	
	Masiva	Continua	Cantidad	Unidad			Distancia (m)	Tiempo (seg)	Distancia (m)	Tiempo (seg)
Nodo 1		XX	47	lbs/min	Gas	ARCHIE	14.94	1,800	29.87	1,800
Nodo 2		XX	6,782	lbs/min	Gas	ARCHIE	166.42	1,800	332.53	1,800
Nodo 3		XX	3,014	lbs/min	Gas	ARCHIE	110.95	1,800	221.89	1,800
Nodo 4		XX	3,014	lbs/min	Gas	ARCHIE	110.95	1,800	221.89	1,800

Tabla 64. Resultados de la Estimación de Consecuencias

Número de Falla	Toxicidad				Explosividad (Sobrepresión)		Radiación Térmica		Otros Criterios
	IDHL	TLV ₈	Velocidad del Viento (m/seg)	Estabilidad Atmosférica	0.5 psig	1.0 psig ²	1.4 KW/m ²	5.0 KW/m ²	
Nodo 1			4.5	F	59.13 m	34.14 m			Emisión de 30 minutos
Nodo 2			4.5	F	742.49 m	428.24 m			Emisión de 30 minutos
Nodo 3			4.5	F	489.81 m	282.24 m			Emisión de 30 minutos
Nodo 4			4.5	F	489.81 m	282.24 m			Emisión de 30 minutos

IX. Identificación de los Instrumentos Metodológicos y Elementos Técnicos que Sustentan la Información presentada en el Análisis de Riesgos (Anexos)

Anexo 1.

- 1.1 Diagrama de Flujo de Proceso
- 1.2 Planos Topográficos de Trayectoria y Cruzamientos de Sistema de Transporte

Anexo 3.

- 3.1 Hoja de Datos y Seguridad del Gas Natural

Anexo 4.

- 4.1 Cálculo de gas de empaque
- 4.2 Programa de Obra
- 4.3 Memoria Técnico-Descriptiva
- 4.4 Descripción de las Metodologías Utilizadas
- 4.5 Análisis Preliminar de Riesgo
 - 4.5.1 Lista de Verificación
 - 4.5.2 Índice de Mond
- 4.6 Análisis de Riesgo de Procesos y jerarquización de riesgos
 - 4.6.1 Análisis HazOp
- 4.7 Catálogo de Escenarios de Riesgos
 - 4.7.1 Memoria Nodo 1
 - 4.7.2 Memoria Nodo 2A
 - 4.7.3 Memoria Nodo 2B
 - 4.7.4 Memoria Nodo 3A
 - 4.7.5 Memoria Nodo 3B
 - 4.7.5 Memoria Nodo 4A
 - 4.7.5 Memoria Nodo 4B
- 4.8 Radios de Afectación