# ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS

**PARA EL PROYECTO**

# "SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV"

**Presentado por:**
**RIC PROYECTOS GENERACION IV S.A.P.I DE C.V**

**Elaborado por:**
ERGON RISK MANAGEMENT S DE RL DE CV.

ERGON CH4
Soluciones de Riesgo y Energía

| | | |
|---|---|---|
| Biol. Kenia Lizeth Alemán Silva<br>**Firma** | NOMBRES DE PERSONAS FISICAS ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP<br>[redacted]<br>**Firma** | [redacted]<br>**Firma** |
| Ing. Lucero Montiel Uscanga<br>**Firma** | | |
| **ELABORA** | **REVISA** | **AUTORIZA** |

**JULIO 2021**

# ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS

| ADMINISTRACION DE CAMBIOS | | |
|---|---|---|
| **REVISION N°** | **FECHA** | **DESCRIPCIÓN** |
| | | |
| | | |

**INDICE**


1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ANALISIS DE RIESGO. ....7
1.1 PROYECTO ....7
1.1.1 NOMBRE DEL PROYECTO ....7
1.1.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO ....7
1.2 PROMOVENTE ....7
1.2.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL ....7
1.2.2 REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES DEL PROMOVENTE ....7
1.2.3 NOMBRE Y CARGO DEL REPRESENTANTE LEGAL ....7
1.2.4 DIRECCIÓN DE LA OFICINA PRINCIPAL: ....7
1.2.5 CLAVE ÚNICA DEL REGISTRO DEL REGULADO CURR ....7
1.3 RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS ....7
1.3.1 REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES ....7
1.3.2 DIRECCIÓN DEL RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS ....7
2. OBJETIVO ....8
3. ALCANCE ....8
4. DEFINICIONES ....9
5. CONTENIDO DEL ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS ....12
5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ....12
5.1.1 TRANSPORTE POR DUCTOS ....30
5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ....61
5.3 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO ....62
5.3.1 TRANSPORTE POR DUCTOS ....92
5.4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS ....96
5.4.1. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO ....96
5.4.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGO ....125
5.5 REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN ....132
5.6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO ....135
5.6.1. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ....135
5.6.2. INTERACCIONES DE RIESGO ....161
5.7 SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO ....161
5.7.1. SISTEMAS DE SEGURIDAD ....161
5.7.2. MEDIDAS PREVENTIVAS ....163
5.7.3. RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS ....166
5.8. CONCLUSIONES ....174
5.9. RESUMEN EJECUTIVO ....180

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos Generales. 12
Tabla 2. Especificaciones de ducto (SISTEMA) 35
Tabla 3. Clases de Localización 37
Tabla 4. Diseño del sistema de protección catódica: Rectificadores. 39
Tabla 5. Diseño del sistema de protección catódica: Camas anódicas. 39
Tabla 6. Diseño del sistema de protección catódica: Postes de medición de tubo/suelo. 39
Tabla 7. Cruzamientos 40
Tabla 8. Distancia mínima entre cada señalamiento 41
Tabla 9. Señalamientos. 41
Tabla 10. Instalaciones superficiales: Estaciones de compresión. 43
Tabla 11. Instalaciones superficiales: Estaciones de regulación y/o medición. 43
Tabla 12. Instalaciones superficiales: Trampas de envío y/o recibo de diablos y válvulas de seccionamiento 43
Tabla 13. Resumen de Sustancias Peligrosas. 61
Tabla 14. Edafología presente en el sitio del proyecto y el entorno de la franja de 800 m a ambos lados del DDV del Gasoducto 69
Tabla 15. Geología presente en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV 72
Tabla 16. Regiones Terrestres Prioritarias en un radio de 800 metros 74
Tabla 17. Tipo de Vegetación en un radio de 800 metros 75
Tabla 18. Tipos de uso de suelo de acuerdo con INEGI. 76
Tabla 19. Proximidades y cruzamientos con zonas vulnerables de población en el entorno de la franja de 800 m a ambos lados del DDV. 92
Tabla 20. Proximidades y cruzamientos con componentes ambientales franja de 800 m a ambos lados del DDV. 93
Tabla 21. Proximidades con infraestructura franja de 800 m a ambos lados del DDV. 93
Tabla 22. Uso de suelo en el sitio del proyecto y en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV 95
Tabla 23. Metodologías de Análisis Preliminar de Peligros 96
Tabla 24. Sustancias de mayor índice de accidentes 99
Tabla 25. Antecedentes de Accidentes e Incidentes 101
Tabla 26. Tipo de las metodologías de acuerdo a la etapa del proyecto. 104
Tabla 27. Palabras guía para realizar el Hazop 106
Tabla 28. Tabla de clasificación de frecuencias para Escenarios de Riesgo 110
Tabla 29. Tabla de clasificación de consecuencias para Escenarios de Riesgo 110
Tabla 30. Definiciones de las diferentes regiones de Riesgo 111
Tabla 31. Escenarios de riesgo identificados 113
Tabla 32. Escenarios evaluados cuantitativamente 123
Tabla 33. Tipos de estabilidad 127
Tabla 34. Estabilidad atmosférica de Pasquill 128
Tabla 35. Diámetros de fuga en base al tipo de evento 128
Tabla 36. Criterios de zonas de seguridad y riesgo. 129

Tabla 37. Criterios de simulación 131
Tabla 38. Descripción de los posibles receptores de Riesgo 135
Tabla 39. Recomendaciones de la Identificación de peligros y Evaluación de riesgos 166
Tabla 40. Programa para la implementación de las recomendaciones 171

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Macrolocalización del Gasoducto “Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV” .....12
Figura 2. Microlocalización del Gasoducto “Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV” .....13
Figura 3. Plano General del Gasoducto “Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV”...14
Figura 4.Gasoducto Ø24” – Reynosa – Chihuahua HOT TAP .....17
Figura 5. Ubicación del "Sistema de Transporte de Gas natural RIC Generación IV.....63
Figura 6. Accesos al “Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV” .....64
Figura 7. Clima en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y el entorno de la franja de 800 metros a ambos lados del DDV .....65
Figura 8. Precipitación media anual en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y el entorno de la franja de 800 metros a ambos lados del DDV.....67
Figura 9. Hidrografía en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto el entorno de la franja de 800 metros a ambos lados del DDV .....68
Figura 10. Edafología en la ubicación del proyecto y en un radio de 800 metros. .....71
Figura 11. Tipo de Geología en el sitio del proyecto y en un radio de 800 metros. .....72
Figura 12. Regiones Hidrológicas prioritarias en el sitio del proyecto y un radio de 800 metros .....73
Figura 13. Regiones marinas prioritarias del territorio mexicano. .....74
Figura 14. Regiones terrestres prioritarias en el sitio del proyecto y en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV. .....75
Figura 15. Vegetación en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y un radio de 800 metros. .....76
Figura 16. Uso de suelo en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y un radio de 800 metros. ....77
Figura 17. Sitios Ramsar con respecto al proyecto y un radio de 800 metros a ambos lados del DDV..78
Figura 18. Áreas de conservación para las aves (AICA´s) con respecto al sitio del proyecto y un radio de 800 metros a ambos lados del DDV. .....79
Figura 19. Grado de riesgo por sequías en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y un radio de 800 metros. .....80
Figura 20. Grado de riesgo por heladas en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y un radio de 800 metros. .....81
Figura 21. Grado de riesgo por tormentas eléctricas en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y un radio de 800 metros. .....82
Figura 22. Riesgo por inundaciones en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y un radio de 800 metros. .....83
Figura 23. Grado de riesgo por sequías en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y un radio de

800 metros. ....84
Figura 24. Volcanes activos en el municipio de Ramos Arizpe, Coahuila. ....86
Figura 25. Zonas susceptibles a hundimientos y desplazamientos en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y un radio de 800 metros. ....87
Figura 26. Zonificación de peligro por tsunamis en el territorio mexicano. ....88
Figura 27. Ubicación del proyecto dentro de las zonas sísmicas del territorio mexicano. ....89
Figura 28. Fallas y fracturas en el municipio de Ramos Arizpe, Coahuila. ....90
Figura 29. Proximidades y cruzamientos con zonas vulnerables de población en el sitio del proyecto y en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV. ....92
Figura 30. Proximidades con infraestructura en el sitio donde se pretende instalar el gasoducto y en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV. ....95
Figura 31. Árbol de fallas para el ducto derivado del análisis histórico. ....100
Figura 32 Diagrama de la Técnica del Análisis HAZOP ....105
Figura 33. Definición de nodos de la “SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV” ....109
Figura 34. Principio ALARP ....112

# 1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ANALISIS DE RIESGO.

## 1.1 Proyecto

### 1.1.1 Nombre del proyecto

"SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV"

### 1.1.2 Ubicación del proyecto

El Sistema de Transporte de Gas Natural se ubicará en Carretera Federal 57D Monterrey - Matehuala km 17+900 Oscar Flores Tapia, La Esmeralda, Ramos Arizpe, Coahuila.; tendrá una longitud total de 8,620 metros.

## 1.2 Promovente

### 1.2.1 Nombre o razón social

RIC PROYECTOS GENERACION IV S.A.P.I DE C.V.

### 1.2.2 Registro Federal de contribuyentes del promovente

RPG190717HH3

### 1.2.3 Nombre y cargo del representante legal.

El nombre del Apoderado Legal de RIC PROYECTOS GENERACION IV S.A.P.I DE C.V. es el C. Alejandro Treviño Ghio.

DOMICILIO, TELÉFONO Y CORREO ELECTRÓNICO DEL REPRESENTANTE LEGAL ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

### 1.2.5 Clave Única del Registro del Regulado CURR

ND

## 1.3 Responsable de la elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos

ERGON RISK MANAGEMENT S DE RL DE CV

### 1.3.1 Registro Federal de Contribuyentes

ERM180921IN1

### 1.3.2 Dirección del responsable de la elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos

DOMICILIO, TELÉFONO Y CORREO ELECTRÓNICO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Teléfono: 81.23.35.53

## 2. OBJETIVO

Desarrollar el Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH) de la etapa de la ingeniería de Diseño, para identificar, evaluar y categorizar los riesgos potenciales que se pudiesen presentar asociados a las actividades del proyecto "SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV", propiedad de RIC PROYECTOS GENERACION IV S.A.P.I DE C.V.; que comprende el transporte de acceso abierto de gas natural 10" D.N. por medio de ductos, estableciendo las medidas necesarias para administrar la seguridad de la instalación en niveles tolerables.

Aunado a lo anterior, se tienen los siguientes objetivos particulares:

Identificación preliminar de peligros y amenazas en la fase de operación mediante la metodología; Lista de Verificación.

- Identificación y evaluación de riesgos usando la metodología HAZOP; analizando las causas, consecuencias y salvaguardas asociadas a cada escenario de riesgo.
- Ponderación y Jerarquización de los escenarios analizados.
- Estimación cuantitativa de los escenarios de riesgo que se hayan identificado y ubicado en las regiones de riesgo "No Tolerable y/o ALARP" asociados a pérdida de contención de sustancias peligrosas.
- Análisis de Vulnerabilidad con base en los resultados a la evaluación cuantitativa
- Emisión de Recomendaciones, medidas y sistemas de seguridad para la reducción de ocurrencia de los escenarios de riesgo.

## 3. ALCANCE

El alcance del presente estudio comprende la identificación de peligros, evaluación y análisis de riesgo, del SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV", el cual se encuentra en la etapa de DISEÑO.
Para la elaboración de Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos (ARSH), se estará empleando un proceso metodológico, sistemático y consistente que permitirá identificar los peligros de manera exhaustiva y evaluar los riesgos asociados a los procesos y actividades que se llevarán a cabo en el Sistema de Transporte, documentando la existencia de sistemas y dispositivos de seguridad, y/o medidas de reducción de riesgos para eliminar, prevenir, controlar, minimizar o mitigar los escenarios de riesgo a un nivel de riesgo tolerable.

## 4. DEFINICIONES

**Amenaza:** Es el acto que por sí mismo o encadenado a otros, puede generar un daño o afectación al bienestar o salvaguarda al personal, población, medio ambiente, Instalación, producción, otro.

**Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH):** Documento que integra la identificación de peligros, evaluación y Análisis de Riesgos de Procesos, con el fin de determinar metodológica, sistemática, y consistentemente los Escenarios de Riesgos generados por un proyecto y/o instalación, así como la existencia de dispositivos, Sistemas de Seguridad, salvaguardas y barreras apropiadas y suficientes para reducir la probabilidad y/o consecuencias de los escenarios de riesgo y vulnerabilidades hacia el personal, población medio ambiente, instalaciones y producción, así como las recomendaciones o medidas de prevención, control, mitigación y/o compensación para la reducción de riesgos a un nivel tolerable.

**Análisis Preliminar de Peligros:** Es el resultado de realizar un primer intento para identificar en forma general los posibles riesgos que pueden originar los peligros en un diseño o instalaciones en operación, para ubicar la situación actual que se tiene respecto de la Administración de los Riesgos.

**Caso alterno**: Es el evento creíble de una liberación accidental de un material o sustancia peligrosa que es simulado, pero que no corresponde al peor caso ni al caso más probable.

**Caso más probable:** Con base a la experiencia operativa, es el evento de liberación accidental de un material o sustancia peligrosa, que tiene la mayor probabilidad de ocurrir.

**Dispositivo de seguridad:** Elemento protector contra sobrepresión o baja Presión en un Sistema de distribución, por ejemplo, válvulas de seguridad, reguladores en monitor, entre otros.

**Efecto Dominó:** También conocido como encadenamiento de eventos, evento asociado a un incendio o explosión en una Instalación, que multiplica sus consecuencias por efecto de la sobrepresión, proyectiles o la radiación térmica que se generan sobre elementos próximos y vulnerables, tales como otros recipientes, tuberías o equipos de la misma Instalación o Instalaciones próximas, de tal forma que puedan ocurrir nuevas fugas, derrames, incendios o explosiones que a su vez, pueden nuevamente provocar efectos similares.

**Escenario de Riesgo:** Determinación de un evento hipotético derivado de la aplicación de la metodología de identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos, en el cual se considera la probabilidad de ocurrencia y severidad de las consecuencias y, posteriormente, determinar las zonas potencialmente afectadas mediante la aplicación de modelos matemáticos para la Simulación de consecuencias.

**Estación de regulación:** Instalación destinada a reducir y controlar la Presión del Gas a la salida de la instalación dentro de límites previamente definidos.

**Estación de regulación y medición:** Instalación destinada a cuantificar el flujo de Gas y controlar la Presión de éste dentro de límites previamente definidos.

**Exposición:** Contacto de las personas, población o elementos que constituyen el medio ambiente con Sustancias Peligrosas o contaminantes químicos, biológicos o físicos o la posibilidad de una situación Peligrosa derivado de la materialización de un Escenario de Riesgo.

**Peor Caso:** Corresponde a la liberación accidental del mayor inventario del material o sustancia peligrosa contenida en un recipiente, línea de proceso o ducto, la cual resulta en la mayor distancia hasta alcanzar los límites por toxicidad, sobrepresión o radiación térmica, de acuerdo a los criterios para definir las zonas intermedia de salvaguarda al entorno de la instalación. Para identificar los perores casos, no se requiere de un análisis de riesgos formal, ni conocer las causas que pudieran provocarlo ni su probabilidad de ocurrencia, simplemente consideramos que éste sucede.

**Riesgo Inherente**: Es propio del trabajo o proceso, que no puede ser eliminado del sistema, es decir, en todo trabajo o proceso se encontrarán Riesgos para las personas o para la ejecución de la actividad en sí misma. Es el Riesgo intrínseco de cada actividad, sin tener en cuenta los controles y medidas de reducción de Riesgos.

**Riesgo Residual:** Es el Riesgo remanente después del tratamiento de Riesgo, es decir, una vez que se han implementado controles y medidas de reducción de Riesgos para mitigar el Riesgo Inherente; el Riesgo Residual puede contener Riesgos no identificados, también puede ser conocido como Riesgo retenido.

**Riesgo Tolerable:** Es el Riesgo que se acepta en un contexto dado basado en los valores actuales de la sociedad

**Salvaguarda:** Dispositivo, sistema, procedimientos o programas, entre otros, destinados a proteger la seguridad física integral de las personas, el medio ambiente o la Instalación.

**Simulación:** Representación de un escenario de Riesgo o fenómeno mediante la utilización de sistemas o herramientas de cómputo, modelos físicos o matemáticos u otros medios, que permite estimar las consecuencias de dichos escenarios a partir de las propiedades físicas y químicas de las sustancias o componentes de las mezclas de interés, en presencia de determinadas condiciones y variables atmosféricas.

**Sistemas de Seguridad:** Conjunto de equipos y componentes que se interrelacionan y responden a las alteraciones del desarrollo normal de los procesos o actividades en la Instalación o centro de trabajo y previenen situaciones que normalmente dan origen a Accidentes o emergencias.

**Sistema de Transporte:** Todos los Ductos, equipos, instrumentos, Componentes o dispositivos por los que el Gas Natural, etano y Gas asociado al carbón mineral fluye y que incluyen, entre otros, válvulas, accesorios unidos al Ducto, estaciones de compresión, medición y regulación, trampas de envío y recibo de diablos, en su caso.

**Sustancia Explosiva:** La que en forma espontánea o por acción de alguna forma de energía genera una gran cantidad de calor y ondas de sobrepresión en forma casi instantánea.

**Sustancia Inflamable:** Aquella capaz de formar una mezcla con el aire en concentraciones tales para prenderse espontáneamente o por la acción de una fuente de ignición.

**Sustancia Tóxica:** Aquella que puede producir alteraciones en organismos vivos, lesiones, enfermedades, al material genético o muerte.

**Vulnerabilidad:** Es la mayor facilidad de la ocurrencia de una amenaza en virtud de las condiciones que imperan; pueden decirse que son los puntos o momentos de debilidad que se tienen y pueden favorecer la ocurrencia de un acto negativo o el aumento de las consecuencias de este.

**Zona de Alto Riesgo para el Análisis de Riesgo:** Área de restricción total en la que no se deben permitir actividades distintas a las del Sector Hidrocarburos e industriales.

**Zona de Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo:** Área donde pueden permitirse determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de salvaguardar a la población y al ambiente.

# 5. CONTENIDO DEL ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS

## 5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El gasoducto es propiedad de la empresa "RIC PROYECTOS GENERACION IV S.A.P.I DE C.V.", sin embargo, el suministro de gas natural va orientado a los usuarios industriales que se instalarán en el

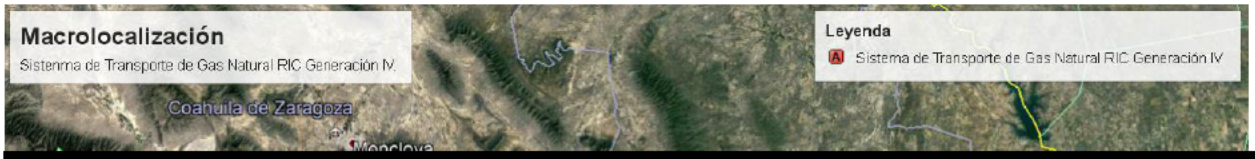
UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Tabla 1. Datos Generales.

| | |
|---|---|
| Direccion del proyecto: | UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP |
| Longitud de red aprox: | 8,620 metros. |

**Ubicación del proyecto**

A continuación, en las siguientes imágenes se muestran la macrolocalización y microlocalización respectivamente. Así como una imagen de la proyección del ducto correspondiente.




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

Figura 1. Macrolocalización del Gasoducto "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV"

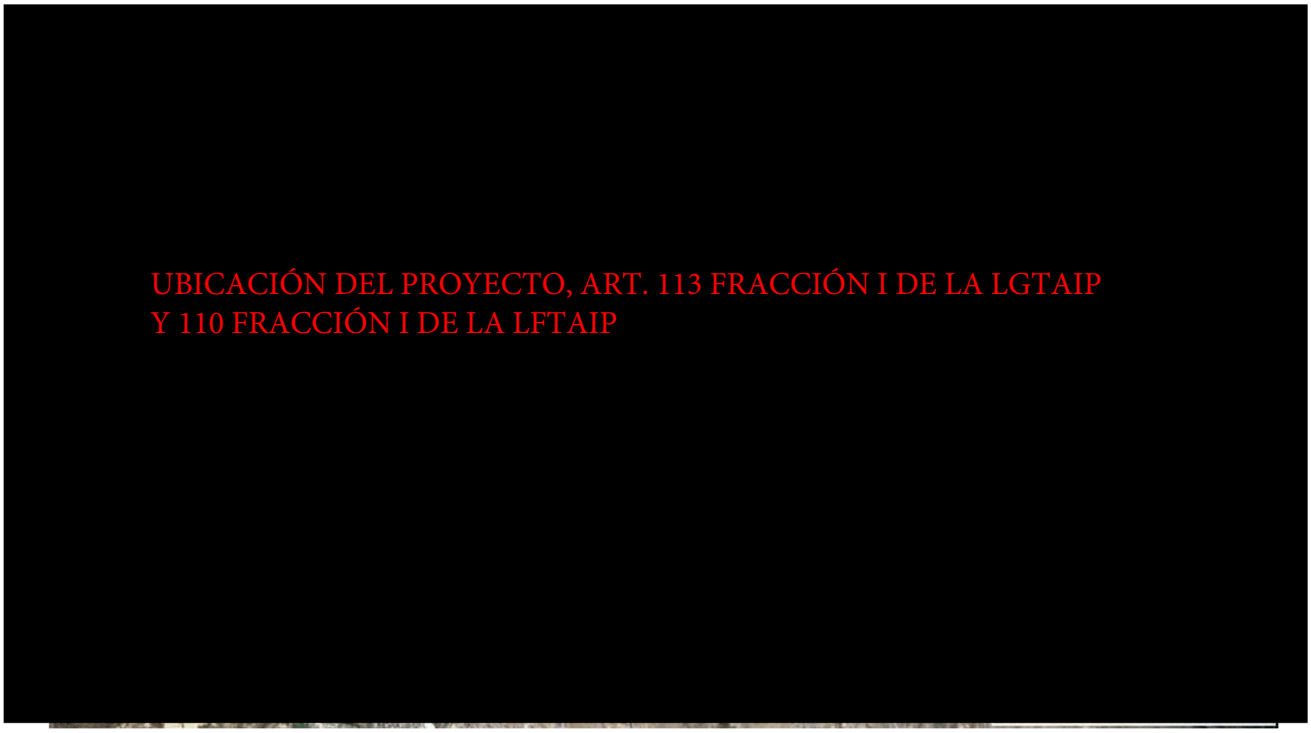



**Figura 2. Microlocalización del Gasoducto "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV"**

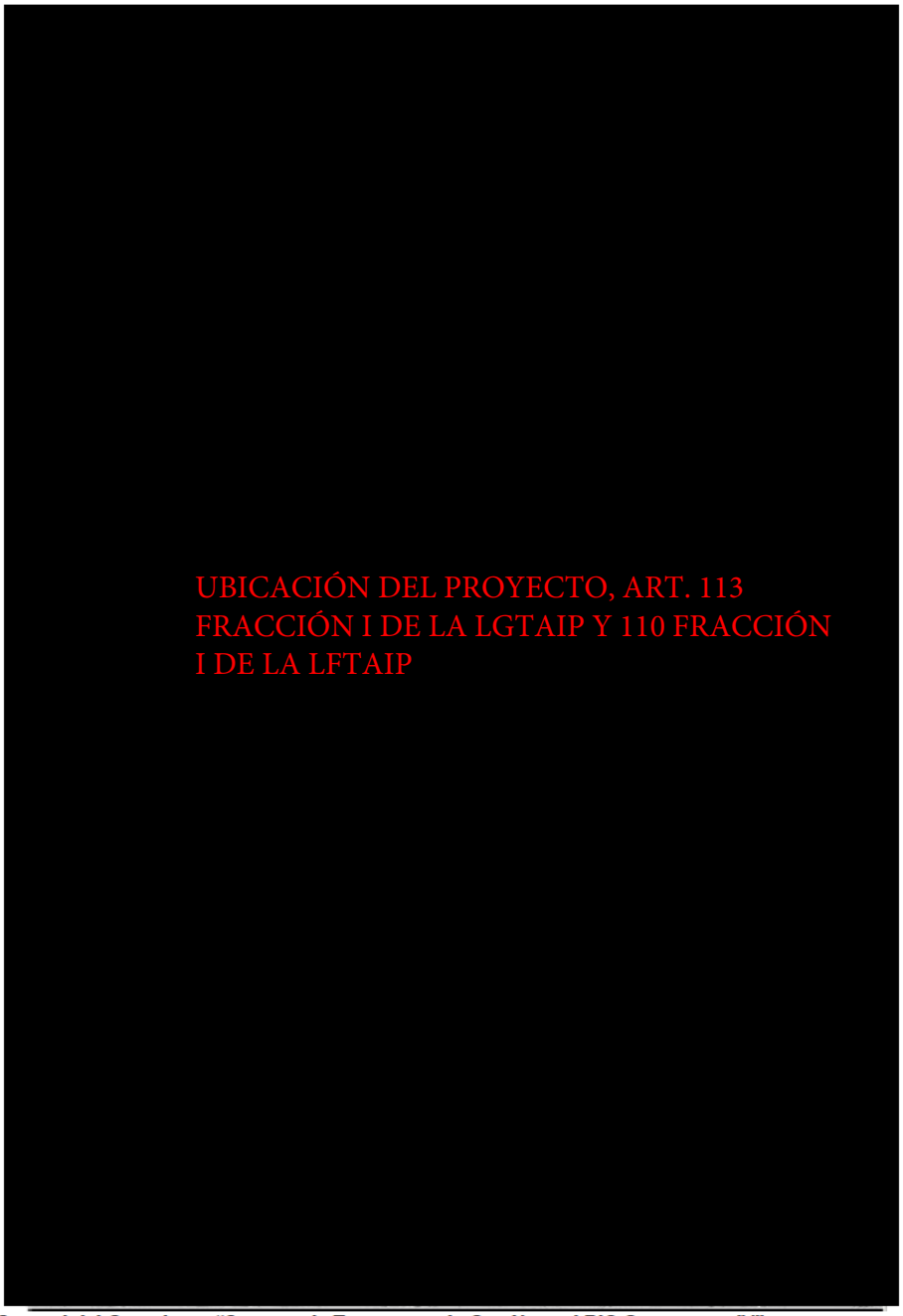



**Figura 3. Plano General del Gasoducto "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV"**

**TRAYECTORIA DE LA RED DE ACERO 10" Ø DEL PROYECTO.**

El inicio de la instalación se encuentra ubicado aproximadamente a 290 metros al Oeste del km 15+800 margen derecho de la carretera federal 57 tramo Saltillo – Castaños, en esta ubicación pasa un corredor de ductos a cargo del Sistema de Transporte y Almacenamiento Nacional Integrado de Gas Natural SISTRANGAS por lo que se pretende conectarse al gasoducto de 24" Ø Reynosa – Chihuahua en este punto se realizarán el registro de interconexión aproximadamente en las coordenadas Latitud Norte [redacted] Longitud Oeste [redacted] a una distancia no mayor a 60 metros de dicha interconexión estara ubicada la estación de Regulación y Medición Principal (ERMP), aproximadamente en las coordenadas Latitud Norte [redacted] ongitud Oeste [redacted] todo esto en las inmediaciones del municipio de Ramos Arizpe, a partir de este punto se iniciara la instalación de la tubería de acero al carbón AC 10" Ced. 40 de manera subterránea, a una profundidad de 1.00 m a lomo de tubo.

ART. 113

* COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

La profundidad de la Tubería de acero al carbón AC 10" Ced. 40 será de 1.00 metros a lomo de Tubo.

El gasoducto motivo del proyecto constará de una longitud de 8,620 metros de diferentes tubería de acero al carbón de 10" Ø D.N., 8" Ø D.N., 4" Ø D.N., misma que se interconectará mediante la ERMP con el ducto propiedad del SISTRANGAS de 24" Ø en un terreno aledaño a la carretera federal 57 tramo Saltillo – Castaños aproximadamente en las coordenadas Latitud Nort [redacted] Longitud Oeste [redacted] y de donde partirá con dirección Suroeste por aproximadamente 10 metros para llegar a Registro Válvula de Seccionamiento 1 (VS-1), siguiendo con la misma trayectoria Suroeste y recorriendo una distancia de 130 metros hasta encontrarse con dicha carretera federal 57 y alojarse marginalmente en su margen derecho con dirección Sureste por aproximadamente 200 metros para llegar al Cruzamiento Direccional 1 inicio (CD-1 In) para después cruzar una vía ferroviaria y posteriormente llegar a Registro del Cruzamiento Direccional 1 salida (CD-1 Out) a un lado de la propia carretera federal 57, para a partir de ahí alojarse marginalmente con esta en su margen izquierdo y con dirección predominantemente Sureste por aproximadamente 1,250 metros para llegar a Registro Válvula de Seccionamiento 2 (VS-2) para seguir con la misma trayectoria Sureste para recorrer una distancia de 1,235 metros llegar a registro de Cruzamiento Direccional 2 Inicio (CD-2 In) hasta cruzar la carretera federal No. 40 y llegar a registro de Cruzamiento direccional 2 salida (CD-2 Out) continuando en esta dirección por al menos 1,100 metros para llegar a registro de Cruzamiento Direccional 3 inicio (CD-3 In) y cruzar la carretera federal No. 54D Saltillo – Monterrey y llegar a registro de Cruzamiento Direccional 3 salida (CD-3 Out) para continuar con la misma dirección Sureste alojados marginalmente sobre el margen izquierdo de la carretera federal 57 Saltillo – Castaños por al menos 1,300 metros más hasta llegar a Registro Válvula de Seccionamiento 3 para seguir con la misma trayectoria Sureste al margen izquierdo de la carretera federal 57 Saltillo – Castaños, recorriendo una distancia de 1,120 metros se llegara al puente San José, llegando para al Cruzamiento Direccional 4 Inicio (CD4-In) hasta cruzar el puente San José llegando al Cruzamiento Direccional 4 Salida (CD4-Out) la cual tendrá Registro Válvula de Seccionamiento 4 con Válvula de 10" Ø D.N, en este punto se tendrá además un disparo de 4" Ø D.N con Válvula de Seccionamiento de 4" Ø D.N al cual recorrerá 240 metros con rumbo Oeste para llegar a Válvula de Seccionamiento 6 Disparo (VS-6 Disparo) 4" Ø D.N el cual quedará en las inmediaciones del Parque Industrial Amistad Chuy María (PIACM),

siguiendo con la trayectoria de la Tubería de 10" Ø D.N., en el Cruzamiento Direccional 4 Salida (CD4-Out) para seguir con trayectoria Sur alojándose marginalmente sobre el margen izquierdo de la carretera federal 57 Saltillo – Castaños por al menos 1,100 metros más hasta llegar a Válvula de Seccionamiento 5 (VS-5) donde se ubicara el Disparo con Válvula hacia interior de 8" Ø D.N del Parque Industrial Amistad Chuy María (PIACM), el cual recorrerá 580 metros con rumbo Oeste para llegar a Válvula de Seccionamiento 7 Disparo (VS-7 Disparo).

Cada Registro de Válvula de Seccionamiento, Registro de Mantenimiento y Registro de Cruzamiento Direccional tendrá carrete bridado o carrete con codo de tubería alojada en ese Registro de una longitud de 2.5 metros para envió y recepción de Polly Pig para mantenimiento y limpieza del gasoducto, solo se aceptarán codos de radio largo (3R) en la construcción del Gasoducto.

EL Sistema de Transporte, estará integrado por los siguientes componentes:

**"Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV"** se encuentra contenido dentro de los límites del Municipio de Ramos Arizpe, Estado de Coahuila.

| "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV" | | |
|---|---|---|
| **Item** | **Municipio** | **Estado** |
| HOT TAP | RAMOS ARIZPE | COAHUILA |
| ERMP con Enlace SCADA | RAMOS ARIZPE | COAHUILA |
| "Sistema de Transporte de GasNatural RIC Generación IV" | RAMOS ARIZPE | COAHUILA |
| Parque Industrial Amistad Chuy María(PIACM) | RAMOS ARIZPE | COAHUILA |

Para la conexión del "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV" con el SISTRANGAS se considerarán las interconexiones con los Gasoductos siguientes:

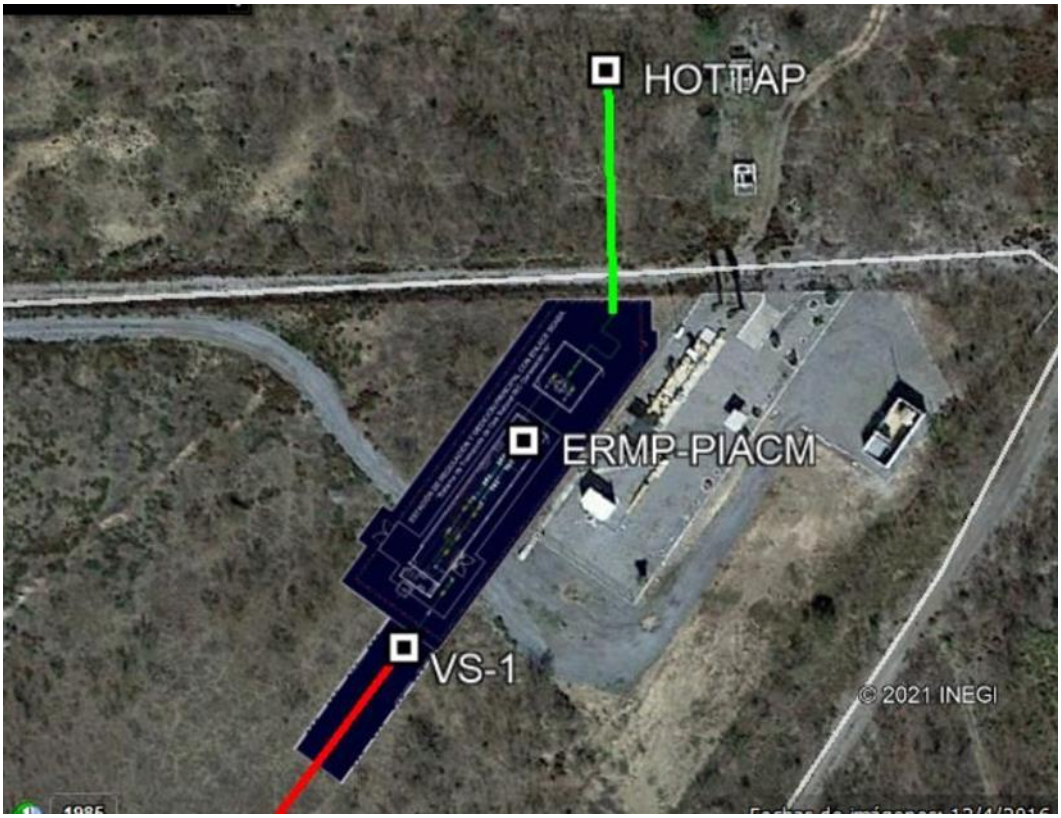



**Figura 4.Gasoducto Ø24" – Reynosa – Chihuahua HOT TAP**

**INTERCONEXIÓN: y HOTTAP Gasoducto Ø24" Reynosa – Chihuahua, CENAGAS.**

- HOTTAP: Interconexión Gasoducto CENAGAS
- ERMP: Estación de Regulación y Medición Principal
- PIACM: Parque Industrial AMISTAD Chuy María
- VS: Válvula de Seccionamiento

El **Gasoducto "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV"** ubicado en el municipio de Ramos Arizpe Estado de Coahuila, en su área de las interconexiones se localizan auna altitud de 1,290 metros sobre el nivel medio del mar y es aquí en donde se realiza la alimentación de Gas Natural de los ductos a cargo del **SISTRANGAS** de **Ø24".**

**Punto de Interconexión (Gasoducto Ø24" "Reynosa – Chihuahua" CENAGAS HOT TAP)**

Esta interconexión dará suministro de Gas Natural a la Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) con Enlace SCADA, lo cual se hará mediante una TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", API 5L-X52, PSL2 Ced. 80, OD 8.625", WT 0.500", ID 7.625" Sin Costura para acoplarse al Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) con Enlace SCADA, la profundidad de este tramo se hará a 1.00 metros a

lomo de la tubería en suelo normal. la Clase de Localización será la numero 3 acorde con la NOM-007-ASEA-2016.

| Ubicación Interconexión<br>"Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV"<br>Municipio RAMOS ARIZPE, Estado de COAHUILA. | | | |
|---|---|---|---|
| **Referencia** | **Coordenada GRADO, MINUTO, SEGUNDO** | **Coordenada GRADO DECIMALES** | **DATUM WGS84 UTM, ZONA 14R** |
| **Gasoducto Ø24" "Reynosa – Chihuahua"CENAGAS HOT TAP** | COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP | | |

**TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", API 5L-X52, PSL2 Ced. 80, OD 8.625", WT 0.500", ID 7.625", Sin Costura. Longitud: 60 metros.**

**NODO-0** La interconexión con los Gasoductos de CENAGAS de **Ø**24" con los **Gasoductos** es mediante una **Silleta Simple (Envolvente) Acero al Carbón Ø24"X Ø8" ANSI 900** para HOTTAP el Gasoducto de CENAGAS tiene una presión de trabajo de **50 kg/cm2. (711 psi),** después de las silletas descrita en el HOTTAP tendrá una **Válvula Troncal Ø8"** tipo Compuerta de doble bloqueode caras paralelas clase ANSI 600 extremos tipo de junta de anillo RTJ, después de la Válvula Troncal estará conectada con una **Junta Aislante tipo Monobloc Ø8"** clase ANSI 600, despuésdel Gasoducto de **Ø24"** tendrá un Codo **Ø8x90°** radio largo, este accesorios codo serán de Ced 80 para después seguir con una TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", API 5L-X52, PSL2 Ced. 80, OD 8.625", WT 0.500", ID 7.625", Sin Costura hasta la Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) **con Enlace SCADA** que estará a una distancia de 60 metros **NODO-1**.

**La profundidad de la Tubería de acero al carbón AC 8" Ced. 80 será de 1.00 metros a lomo de Tubo.**

**Estación de medición y regulación de Gas (ERMP)**

La Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) con enlace al Sistema SCADA, estará a 60 metros del punto de interconexión.

| Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) con enlace al Sistema SCADA | | | |
|---|---|---|---|
| **Referencia** | **Coordenada GRADO, MINUTO, SEGUNDO** | **Coordenada GRADO DECIMALES** | **DATUM WGS84 UTM, ZONA 14R** |
| ERMP **con Enlace SCADA** | COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP | | |

**TUBERÍA Acero al Carbón Ø10", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 10.750", WT 0.365", ID 10.020" Sin Costura. Longitud: 7,800 metros**.

**NODO 2, Km 0+000 a la salida de la Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) con Enlace SCADA** la cual tendrá una presión de salida de **34 Kg/cm²** (484 psi), recorrido una distancia de 10 metros para llegar a Registro Válvula de Seccionamiento 1 (VS-1), siguiendo conla misma trayectoria Suroeste y recorriendo una distancia de 130 metros hasta encontrarse con dicha carretera federal 57 y alojarse marginalmente en su margen derecho con dirección Surestepor aproximadamente 200 metros para llegar al Cruzamiento Direccional 1 inicio (CD-1 In) para después cruzar una vía ferroviaria y posteriormente llegar a Registro del Cruzamiento Direccional1 salida (CD-1 Out) a un lado de la propia carretera federal 57, para a partir de ahí alojarse marginalmente con esta en su margen izquierdo y con dirección predominantemente Sureste por aproximadamente 1,250 metros para llegar a Registro de Válvula de Seccionamiento 2 (VS-2) para seguir con la misma trayectoria Sureste para recorrer una distancia de 1,235 metros llegar a registro de Cruzamiento Direccional 2 Inicio (CD-2 In) hasta cruzar la carretera federal No. 40 y llegar a registro de Cruzamiento direccional 2 salida (CD-2 Out) continuando en esta dirección poral menos 1,100 metros para llegar a registro de Cruzamiento Direccional 3 inicio (CD-3 In) y cruzarla carretera federal No. 54D Saltillo – Monterrey y llegar a registro de Cruzamiento Direccional 3 salida (CD-3 Out) para continuar con la misma dirección Sureste alojados marginalmente sobre el margen izquierdo de la carretera federal 57 Saltillo – Castaños por al menos 1,300 metros más hasta llegar a Registro de Válvula de Seccionamiento 3 (VS-3) para seguir con la misma trayectoria Sureste al margen izquierdo de la carretera federal 57 Saltillo – Castaños, recorriendouna distancia de 1,120 metros se llegara al puente San José, llegando para al Cruzamiento Direccional 4 Inicio (CD4-In) hasta cruzar el puente San José llegando al Cruzamiento Direccional4 Salida (CD4-Out) en este punto se tendrá Registro de Válvula de Seccionamiento 4 (VS-4) además tendrá un disparo de 4" Ø D.N., siguiendo con la trayectoria de la Tubería de 10" Ø D.N en el Cruzamiento Direccional 4 Salida (CD4-Out) para seguir con trayectoria Sur alojándose marginalmente sobre el margen izquierdo de la carretera federal 57 Saltillo – Castaños por al menos 1,100 metros más hasta llegar a Válvula de Seccionamiento 5 (VS-5) este registro tendrá una Válvula TRUNNION de 10 pulgadas de paso completo, se dejará esta Válvula de 10 pulgadas

como disparo para futuros consumos aguas arriba de la Válvula de 10 pulgadas tendrá carrete bridado de 10 pulgadas la cual tendrá una longitud de 2.5 metros para envió y recepción de Polly Pig para mantenimiento y limpieza del gasoducto, también tendrá una Tee reductora de 10x8 pulgadas con Válvula TRUNNION de 8 pulgadas como disparo **NODO 4**. km 7+700.

**La profundidad de la Tubería de acero al carbón AC 10" Ced. 40 será de 1.00 metros a lomo de Tubo.**

**Puntos de entrega (PIACM Y PARQUE INDUSTRIAL)**

El punto de entrega del SISTEMA DE TRANSPORTE DE ACCESO ABIERTO POR MEDIO DE DUCTOS de Gas Natural estará a 8,620 metros de la Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP), será en dos puntos, el primero al pie de las inmediaciones del Parque Industrial Amistad Chuy María (PIACM) y el segundo en el interior del mismo Parque Industrial.

| Ubicación Puntos de Entrega DISPARO | | | |
|---|---|---|---|
| **Referencia** | **Coordenada GRADO, MINUTO, SEGUNDO** | **Coordenada GRADO DECIMALES** | **DATUM WGS84 UTM, ZONA 14R** |
| **Válvula Seccionamiento VS-6 DISPARO** | COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP | | |
| **Válvula Seccionamiento VS-7 DISPARO** | | | |

**TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 8.625", WT 0.322", ID 7.981" Sin Costura. Longitud 580 metros.**

**NODO 4 KM 7+700** esta ubicación en la entrada del Parque Industrial Amistad Chuy María (PIACM) tendrá un Registro ventilado con tapa de concreto y escalera marina para su acceso, este registro tendrá una Válvula TRUNNION de 10 pulgadas de paso completo, se dejará esta Válvula de 10 pulgadas como disparo para futuros consumos aguas arriba de la Válvula de 10 pulgadas tendrá carrete bridado de 10 pulgadas la cual tendrá una longitud de 2.5 metros para envió y recepción de Polly Pig para mantenimiento y limpieza del gasoducto, además también tendrá una Tee reductora de 10x8 pulgadas bridada con Válvula TRUNNION de 8 pulgadas como Válvula de Seccionamiento, siguiendo con la Tubería de 8 pulgadas saldrá de este registro con rumbo Oeste alojándose en la parte Norte de la Avenida principal del Parque Industrial Amistad Chuy María (PIACM) para seguir con el mismo rumbo Oeste recorriendo una distancia de 580 metros para llegar a Válvula de Seccionamiento 7 (VS-7 Disparo), km 0+580, **NODO 6**.

**La profundidad de la Tubería de acero al carbón AC 8" Ced. 40 será de 1.00 metros a lomo de Tubo.**

**Consumo inicial del Parque Industrial Amistad Chuy María (PIACM).**

| Consumos<br>Parque Industrial Amistad Chuy María (PIACM). | | | |
|---|---|---|---|
| Punto de Consumo (Usuario) | Energía<br>Potencia | GJoules/día | $Sm^3/hr$<br>(SMCH) |
| Parque Industrial Amistad Chuy María | 13,000<br>MMBTUD | 13,716 | 14,922 |
| RIC PROYECTOS GENERACION IV | 100<br>MWatt/hr | 8,640 | 9,400 |
| CAS Ilkano | 300<br>MMBTUH | 7,596 | 8,264 |
| TOTAL | | 29,952 | 32,586 |

Se correrán las memorias de cálculo para las siguientes tuberías, bajo las siguientes consideraciones:

- Flujo Operativo
- Flujo Máximo de cada Tubería

| Flujo Operativo, Flujo máximo de cada Tubería | |
|---|---|
| Volumen de Clientes,<br>Gasoducto "Sistema de Transporte de Gas Natural RICGeneración IV" | 32,586 Sm3/hr |
| Capacidad Máxima en HOTTAP<br>TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", API 5L-X52, PSL2 Ced. 80,OD 8.625", WT 0.500", ID 7.625", Sin Costura.<br>Presión: 50 kg/cm2 Temperatura de Diseño: 21°C<br>Gravedad Relativa Gas Natural: 0.61<br>Gravedad Especifica Gas Natural: 0.74725 kg/m3 | 126,000<br>Sm3/hr |
| Capacidad Máxima en TRANSPORTE<br>TUBERÍA Acero al Carbón Ø10", ASTM A106, Gr. B Ced. 40,OD 10.750", WT 0.365", ID 10.020", Sin Costura.<br>Presión: 34 kg/cm2 Temperatura de Diseño: 21°C<br>Gravedad Relativa Gas Natural: 0.61<br>Gravedad Especifica Gas Natural: 0.74725 kg/m3 | 97,500 Sm3/hr |

**Capacidad Máxima del SISTEMA DE TRANSPORTE DE ACCESO ABIERTO POR MEDIO DE DUCTOS DE GAS NATURAL del "Sistema de Transporte de Gas NaturalRIC Generación IV" tendrá una capacidad de 97,500 $Sm^3/hr$.**

**Porcentaje Utilizado de Capacidad Máxima = 34 %**

**Descripción de Punto de Entrega del servicio de Gas Natural de la Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP)**

La Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) con Enlace SCADA está a una distancia de 60 metros del punto de Interconexión, la pruebas de la tubería y Válvulas serán con prueba del sello y del asiento por 24 hrs., y en cuanto a la red se le realizará la correspondiente prueba hidrostática con registrador con grafica de presión y temperatura por 24 hrs, debiendo ser ambas satisfactorias, se realizará la limpieza de las siguientes TUBERÍAS con POLLY PIG y se llevará registro fotográfico para ser entregado a la Unidad Verificadora:

- TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", API 5L-X52, PSL2 Ced. 80, OD 8.625", WT 0.500", ID 7.625", Sin Costura, longitud 60 metros.

- TUBERÍA Acero al Carbón Ø10", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 10.750", WT 0.365", ID 10.020" Sin Costura, longitud 7,800 metros.
- TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 8.625", WT 0.322", ID 7.981" Sin Costura, longitud 580 metros.
- TUBERÍA Acero al Carbón Ø4", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 4.500", WT 0.237", ID 4.026" Sin Costura, longitud 240 metros.

| Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) con Enlace SCADA | | | |
|---|---|---|---|
| **Referencia** | **Coordenada GRADO, MINUTO, SEGUNDO** | **Coordenada GRADO DECIMALES** | **DATUM WGS84 UTM, ZONA 14R** |
| **ERMP con Enlace SCADA** | [redacted] | | |

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

## VINCULACIÓN CON PLANES DE DESARROLLO URBANO

### Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024

Responsabilidad de construir una propuesta posneoliberal y de convertirla en un modelo viable de desarrollo económico, ordenamiento político y convivencia entre los sectores sociales. Debemos demostrar que sin autoritarismo es posible imprimir un rumbo nacional; que la modernidad puede ser forjada desde abajo y sin excluir a nadie y que el desarrollo no tiene porqué ser contrario a la justicia social". Tales son los lineamientos en los que se enmarca el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 y estos son los principios rectores de su propuesta:

- Honradez y honestidad
- No al gobierno rico con pueblo pobre
- Al margen de la ley, nada; por encima de la ley, nadie
- Economía para el bienestar
- El mercado no sustituye al Estado
- Por el bien de todos, primero los pobres
- No dejar a nadie atrás, no dejar a nadie fuera
- No puede haber paz sin justicia
- El respeto al derecho ajeno es la paz
- No más migración por hambre o por violencia
- Democracia significa el poder del pueblo
- Ética, libertad, confianza

II. POLÍTICA SOCIAL

Desarrollo sostenible

El gobierno de México está comprometido a impulsar el desarrollo sostenible, que en la época presente se ha evidenciado como un factor indispensable del bienestar. Se le define como la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Esta fórmula resume insoslayables mandatos éticos, sociales, ambientales y económicos que deben ser aplicados en el presente para garantizar un futuro mínimamente habitable y armónico. El hacer caso omiso de este paradigma no sólo conduce a la gestación de desequilibrios de toda suerte en el corto plazo, sino que conlleva una severa violación a los derechos de quienes no han nacido. Por ello, el Ejecutivo Federal considerará en toda circunstancia los impactos que tendrán sus políticas y programas en el tejido social, en la ecología y en los horizontes políticos y económicos del país. Además, se guiará por una idea de desarrollo que subsane las injusticias sociales e impulse el crecimiento económico sin provocar afectaciones a la convivencia pacífica, a los lazos de solidaridad, a la diversidad cultural ni al entorno.

Vinculación: El presente proyecto "SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACION IV." promueve el uso de gas natural, el cual es una energía más amigable con el medio ambiente en comparación con combustibles como el diésel, combustóleo o gasolina. Es por ello por lo que, participa

en el desarrollo sostenible al contribuir en la disminución de emisiones hacia la atmósfera lo que mejora la calidad del aire local y es una opción en el sector energético para garantizar un futuro mínimamente habitable y armónico.

**Plan Estatal de Desarrollo Coahuila 2017-2023.**

El Plan Estatal de Desarrollo 2017-2023 se presenta en cumplimiento a las disposiciones aplicables de la Ley de Planeación para el Desarrollo del Estado de Coahuila de Zaragoza. Este será el instrumento que marque el rumbo a seguir, a través de la identificación de prioridades, definición de nuestros grandes objetivos y las estrategias necesarias para alcanzarlos; con políticas públicas modernas, el uso ordenado y transparente de los recursos públicos, funcionarios públicos eficientes y la participación permanente de la sociedad en todos los ámbitos de gobierno, lograremos hacer que nuestro estado sea una referencia de seguridad y bienestar para todas las familias.

Partimos de un diagnóstico preciso sobre la situación de la entidad al iniciar nuestra gestión; el enfoque adoptado consiste en identificar las capacidades y ventajas competitivas, así como las nuevas oportunidades de desarrollo que se prevén en un futuro inmediato.

El presente proyecto coadyuvará con las líneas, objetivos y estrategias a desarrollar de la Dimensión de Desarrollo Económico Sustentable del Plan Estatal de Desarrollo Coahuila 2017-2023, de la siguiente forma:

| Eje Rector 3. Desarrollo Económico Sustentable. | | |
|---|---|---|
| **Objetivo** | **Estrategia** | **Vinculación** |
| • 3.1 Fomento económico, promoción e inversión. | • 3.1.1Llevar a cabo una intensa promoción económica que permita una mayor atracción de inversiones nacionales y extranjeras, de alta productividad. | • Debido a la naturaleza del proyecto este objetivo no es de competencia |
| • 3.4 Empleo y Derechos Laborales. | • 3.4.1 Promover la generación de empleos formales para atender el crecimiento de la fuerza laboral en el estado. | • Durante su operación, el "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV", se espera que tenga un beneficio en la generación de empleos directos e indirectos en la zona. |
| | • 3.4.2 Fortalecer las estrategias para aumentar la formalidad laboral en sectores económicos de mayor incidencia | • Debido a la naturaleza del proyecto este objetivo no es de competencia |
| 3.10 Medio Ambiente | • 3.10.3 Ampliar la cobertura de la disposición de residuos sólidos urbanos en rellenos sanitaros en cabeceras municipales y | • Durante la etapa de construcción del presente proyecto se generarán Residuos Sólidos Urbanos, los cuales se colectarán en recipientes o contenedores con tapas herméticas e |

| | | |
|---|---|---|
| | poblaciones de más de cinco mil habitantes. | identificadas con el código de colores establecido por el promovente, los cuales serán colocados en lugares visibles y accesibles en las distintas áreas del predio. Se procurará el reciclaje para el caso de los residuos que lo permitan. La disposición final será por parte del servicio de limpia municipal o, en su defecto empresa autorizada para dicho fin. |

En conclusión, al realizar la vinculación anterior se observa que la implementación del proyecto, coadyuvará a cumplir con los objetivos de la Dimensión Desarrollo Económico Sustentable del Plan Estatal de Desarrollo Coahuila 2017-2023, por lo que no existe impedimento para su realización.

**Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de Coahuila de Zaragoza 2011-2017.**

El Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de Coahuila de Zaragoza 2011-2017 (PDUOT-Coah), es el instrumento de planeación sectorial que en su contenido y alcances consolida el objetivo 2.9 Ciudades de calidad y ordenamiento, consistente en Desarrollar un sistema de ciudades y zonas metropolitanas de calidad, sustentables, modernas, ordenadas y equipadas, y con servicios públicos eficientes, ubicado en el eje rector del Plan Estatal de Desarrollo 2011-2017 denominado Una Nueva Ruta al Desarrollo.

Este programa tiene como objetivo general establecer las disposiciones y lineamientos para avanzar en la distribución equilibrada de la población y de las actividades económicas en la entidad, conforme al Sistema Estatal de Asentamientos Humanos, como instrumento rector en materia de ordenamiento territorial que determina las estrategias para orientar el desarrollo urbano y regional, a través de un proceso institucional, participativo e incluyente de la sociedad civil, la iniciativa privada, el gobierno, la academia y el Consejo Consultivo Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de Coahuila.

El "SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV" coadyuvará con los has siguientes objetivos y metas del Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de Coahuila de Zaragoza 2011-2017, de la siguiente forma:

| OBJETIVOS PARA EL DESARROLLO URBANO Y SUSTENTABLE | | |
|---|---|---|
| **Objetivo** | **Meta** | **Vinculación** |
| **2.1** Consolidar las zonas metropolitanas y de otras zonas urbanas importantes en un esquema de desarrollo urbano sustentable mejorando el equipamiento, la infraestructura básica y de servicios | •A corto plazo elaborar programas para combatir la contaminación ambiental del agua en zonas metropolitanas de Saltillo- Ramos Arizpe-Arteaga y Torreón-Matamoros. | El presente proyecto es relevante ya que el "SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV" promueve el uso de gas natural, el cual es una opción más viable ecológicamente en lugar de |

| | | |
|---|---|---|
| para eficientizar la gestión ambiental urbana en los temas de movilidad intraurbana y problemas de contaminación. | •A mediano plazo elaborar programas para combatir la contaminación ambiental del agua en zonas metropolitanas de Piedras Negras-Nava y Monclova-Frontera-Castaños.<br>•A mediano plazo elaboración de planes para combatir la contaminación de aire y suelo en las 5 zonas metropolitana.<br>•A mediano plazo desarrollar programas de manejo integral de los acuíferos. A saber: el número 0507 de Monclova, el 0510 de Saltillo-Ramos Arizpe, el 0509 de La Paila, el 0505 de General Cepeda-Sauceda, el 0520 de Torreón y municipios aledaños, el 0511 de la Región Manzanera de Zapalinamé, el 0512 de la Región Carbonífera y el acuífero 0502 de Cajón del Derramadero. | combustóleo, Diesel o gasolina, los cuales generan emisiones importantes a la atmósfera. Por su parte el gas natural, tiene una combustión más limpia y no genera partículas sólidas al entrar en combustión por lo que es amigable con el medio ambiente y contribuye a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que coadyuva a mitigar el cambio climático. |
| **2.2** Fortalecer e incluir los municipios en los temas de vivienda digna y distribución equitativa del equipamiento urbano para disminuir los desequilibrios regionales. | •A mediano plazo impulsar la adquisición de 1,253 viviendas nuevas rurales y 14,830 viviendas nuevas urbanas.<br>•A largo plazo elaborar un programa para la certeza jurídica del patrimonio inmobiliario.<br>•A corto plazo promover y facilitar el acceso a salud a 27,685 personas de los municipios con mayores desventajas tales como Juárez, Progreso, Escobedo, Jiménez, Hidalgo, Lamadrid, Ocampo, Viesca, Candela, Guerrero y Villa Unión priorizando el equipamiento en regiones.<br>•A corto plazo dotar de equipamiento educativo a 27,685 habitantes de los municipios de Juárez, Progreso, Escobedo, Jiménez, Hidalgo, Lamadrid, Ocampo, Viesca, Candela, Guerrero, Villa Unión.<br>•A corto plazo fortalecer la infraestructura deportiva y de esparcimiento a 27,685 habitantes de los municipios de Juárez, Progreso, Escobedo, Jiménez, Hidalgo, Lamadrid, Ocampo, Viesca, Candela, Guerrero, Villa Unión | Debido a la naturaleza del proyecto este objetivo no es de competencia. |

| | | |
|---|---|---|
| | •A mediano plazo atender en materia de equipamiento los asentamientos urbanos con población mayor de 15,000 habitantes (15 localidades) entre 2,500 y 15,000 habitantes (21 localidades) para promover un acceso equitativo de equipamiento. | |
| **2.3** Consolidar las actividades relacionadas con los agrupamientos económicos existentes (clusters) en cada región y municipio para elevar la competitividad de los centros de población donde se ubican a través de atraer inversiones y derivado de ello la generación de empleo. | •A largo plazo cubrir los requerimientos de infraestructura para la producción (industrial, urbana, logística) en cada región de acuerdo a los clusters que prevalecen en cada región. | Durante su operación, el "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV", se espera que tenga un beneficio en la generación de empleos directos e indirectos en la zona. |

Derivado de la vinculación anterior, se concluye que la implementación del "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV" coadyuva a disminuir las emisiones atmosféricas al promover el uso de gas natural, el cual es un combustible más limpio en comparación con el combustóleo, el diésel y la gasolina, además de la generación de empleo en su etapa de operación.

**Programa de Desarrollo Urbano de la Zona Metropolitana Saltillo- Ramos Arizpe- Arteaga, en el Estado de Coahuila.**

La Zona Metropolitana Saltillo- Ramos Arizpe- Arteaga en el Estado de Coahuila está conformada por los municipios de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga, que se derivó de la concentración e interrelación de actividades económicas y administrativas entre los tres municipios, siendo Saltillo la población más importante dentro de esta conurbación al constituirse como el polo de mayor concentración urbana, influyendo en el desarrollo urbano, económico y social de Ramos Arizpe y Arteaga.

El Programa Desarrollo Urbano de la Zona Metropolitana de Saltillo, tiene la visión de ser una herramienta de planeación urbana integradora de los tres municipios y reguladora en cuanto a la posición y características particulares dentro del conglomerado urbano.
Los objetivos generales y específicos de este Programa hacen referencia a la maximización de los diversos ámbitos integrales de la Zona Metropolitana sureste como el desarrollo urbano, económico, social y ambiental. Los objetivos generales establecen la plataforma en la que se sustenta este Programa como instrumento directriz de la planeación urbana de la Zona Metropolitana Sureste.

| OBJETIVOS PARA EL DESARROLLO URBANO Y SUSTENTABLE | | |
|---|---|---|
| **Objetivos generales y específicos** | **Metas** | **Vinculación** |
| Medio ambiente e Imagen | | |
| - Definir medidas para preservar y acrecentar los recursos naturales y mejorar las condiciones ambientales, a fin de mantener el equilibrio ecológico.<br>- Promover el monitoreo constante de las emisiones al medio ambiente con unidades fijas que se sumen a las móviles que operan actualmente, con la finalidad de contar con las mejores condiciones de calidad del aire y mantener un equilibrio ecológico sin riesgos a la salud. | - Preservar el medio ambiente (suelos y mantos freáticos) de fuentes importantes de contaminación.<br>- Mejorar, limitar y recomponer la vegetación del perímetro de protección próximo a las zonas industriales (500 m) y de las áreas verdes existentes dentro y periféricas a las zonas urbanas. | El presente proyecto es relevante ya que el "SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV" promueve el uso de gas natural, el cual es una opción más viable ecológicamente en lugar de combustóleo, Diesel o gasolina, los cuales generan emisiones importantes a la atmósfera. Por su parte el gas natural, tiene una combustión más limpia y no genera partículas sólidas al entrar en combustión por lo que es amigable con el medio ambiente y contribuye a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que coadyuva a mitigar el cambio climático |
| Suelo | | |
| - Definir usos y destinos del suelo, identificando plenamente las zonas urbanizables y no urbanizables. | - Restauración y reutilización del suelo. | El trayecto por el que pasa el proyecto "SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV" cuenta con diferentes usos de suelo a lo largo del Gasoducto. De acuerdo con el INEGI y la "Cartas de Uso de Suelo y Vegetación, Serie VI; Edición:2017", los tipos de Vegetación identificados a lo largo del trayecto son los siguientes: Asentamientos Humanos (15.09%), Matorral Desértico Micrófilo (15.34%), Matorral Desértico Rosetófilo (30.45%), Agricultura de Riego Anual (24.37%) y Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (14.72%). |
| Desarrollo Económico | | |
| - Contribuir al desarrollo económico de la Zona Metropolitana mediante la atracción de nuevas empresas a través del apoyo, promoción de los incentivos y ventajas que la zona ofrece.<br>- Promover el establecimiento de cadenas comerciales que detonen la economía regional generando empleos directos e indirectos y su ubicación estratégica en el contexto metropolitano. | - Promover la instalación de industrias en las zonas destinadas para tales efectos, generando 66,000 nuevos empleos para el año 2030. | Durante su operación, el "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV", se espera que tenga un beneficio en la generación de empleos directos e indirectos en la zona. |

| Industria | | |
|---|---|---|
| - Promover la instalación de industrias no contaminantes en los diversos parques industriales que se mezclan con colonias de Saltillo y Ramos Arizpe. | - | El presente proyecto es relevante ya que el "SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV" promueve el uso de gas natural, el cual es una opción más viable ecológicamente en lugar de combustóleo, Diesel o gasolina, los cuales generan emisiones importantes a la atmósfera. Por su parte el gas natural, tiene una combustión más limpia y no genera partículas sólidas al entrar en combustión por lo que es amigable con el medio ambiente y contribuye a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que coadyuva a mitigar el cambio climático |

El "SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV" coadyuvará con los siguientes, de la siguiente forma:

En conclusión, al realizar la vinculación anterior se observa que la implementación del proyecto, coadyuvará a cumplir con los objetivos y metas del Programa de Desarrollo Urbano de la Zona Metropolitana Saltillo- Ramos Arizpe- Arteaga, en el Estado de Coahuila, por lo que no existe impedimento para su realización.

### 5.1.1 TRANSPORTE POR DUCTOS

El SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACION IV., las instalaciones superficiales, se ubicará en las siguientes coordenadas:

| LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS DEL PROYECTO "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV" Ramos Arizpe, Coahuila. | | | |
|---|---|---|---|
| **Referencia** | **Coordenada** GRADO, MINUTO, SEGUNDO | **Coordenada GRADO DECIMALES** | **DATUM WGS84 UTM, ZONA 14R** |
| Interconexión GASODUCTO Ø24" CENAGAS | | | |
| ERMP con Enlace SCADA | | | |
| Válvula Seccionamiento VS-1 | | | |
| Cruzamiento Direccional CD-1 In | | | |
| Cruzamiento Direccional CD-1 Out | | | |
| Válvula Seccionamiento VS-2 | | | |
| Cruzamiento Direccional CD-2 In | | | |
| Cruzamiento Direccional CD-2 Out | | | |
| Cruzamiento Direccional CD-3 In | | | |
| Cruzamiento Direccional CD-3 Out | | | |
| Válvula Seccionamiento VS-3 | | | |
| Válvula Seccionamiento VS-4 + DISPARO | | | |
| Válvula Seccionamiento VS-5 + DISPARO | | | |
| Válvula Seccionamiento VS-6 DISPARO | | | |
| Válvula Seccionamiento VS-7 DISPARO | | | |

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO
ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

## NORMATIVIDAD.

En resumen, de los tramos relacionados a la instalación, con las diferentes trayectorias se emplearán materiales que cumplen con las Normas vigentes:

**NOM-007-ASEA-2016**
**NORMA Oficial Mexicana,** Transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por medio de ductos.
Se tiene el compromiso de apegarse siempre a las Normas Oficiales Mexicanas vigentes emitidaspor la CRE, aquellas aplicables en materia ambiental, de salud y de seguridad, ya sean nacionales o internacionales que puedan servir como referencia y sean aplicables. Entre las principales normas oficiales mexicanas que tienen relación con las actividades del proyecto, podemos citarlas siguientes:

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 detrabajo. |
| NOM-017-STPS-2008 | Selección y uso del equipo de protecciónpersonal, en los centros de trabajo. |
| NOM-026-STPS-2008 | Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías |
| NOM-100-STPS-1994 | Extintores. |

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

| NORMA OFICIAL MEXICANA | Título |
|---|---|
| NOM-041-SEMARNAT-2015 | Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. |
| NOM-044-SEMARNAT-2006 | Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos noquemados, bióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo provenientes del escapede motores nuevos que usan diésel como combustible y que se utilizan para lapropulsión de vehículos automotores con peso bruto mayor de 3,857 Kg. |
| NOM-045-SEMARNAT-2006 | Vehículos en circulación que usan diéselcomo combustible – límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipode medición. |
| 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-080-SEMARNAT-1994 | Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición |
| NOM-081-SEMARNAT-1994 | Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. |
| NOM-129-SEMARNAT-2006 | Que establece las especificaciones de Protección Ambiental para la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimientoy abandono de redes de distribución de gas natural que se presentan en áreas urbanas,suburbanas e industriales, de equipamiento urbano o de servicios. |

Normas de la Comisión Reguladora de Energía (CRE).

| NORMA OFICIAL MEXICANA | Título |
|---|---|
| NOM-001-SECRE-2010 | Especificaciones del Gas Natural |
| NOM-003-SECRE-2011 | Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ducto |
| NOM-007-SECRE-2010 | Transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por medio de ductos |

Normas del Instituto Americano del Petróleo (API).

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

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

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

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

| NORMA OFICIAL MEXICANA | Título |
|---|---|
| ASTM-A-105 | Forja de acero al carbón, para componentesde 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 yacero al carbón para servicio de altatemperatura. |
| ADS AS, 178 | Especificación de electrodos para soldadurade arco |

Normas de la Secretaría de Energía (SE).

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

Otros Estándares y especificaciones de Referencia.

| NORMA OFICIAL MEXICANA | Título |
|---|---|
| Code of Federal Regulations,Título 49, Parte 192 del U.S. Department of Transportation | "Estándares Federales mínimos de seguridad:Transportación de gas natural y otros gases por gasoducto" (Transportation of Natural andOther Gas by Pipeline: Mínimum Federal Safety Standars). |

Especificaciones Generales de PEMEX.

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

**Otros códigos, normas y reglamentos basados:**

API: American Petroleum Institute.
ANSI: American National Standards Institute.
ASME: American Society of Mechanical Engineers
ASTM: American Society for Testing and Materials.
ACI: American Concrete Institute.
AWS: Asociación Americana de Soldadura.
CFR: Códigos de Reglamentos Federales.
EPA: Environmental Protection Agency.
NEMA: National Electric Manufactures Association.

NEC: National Electric Code.

NTIE: Normas Técnicas para instalaciones eléctricas.
NAPCA: National Association of Pipe Ciating Applicates.
9 AIEE: American Institute Electrical Equipament.
UL: Underwriters Laboratories inc. USA.
ULC: Underwriters Laboratories of Canada.

"Code of Federal Regulations for the Transportation of Natural and other Gas by Pipeline, U.S. Departament of Transportation", octubre 1992.

**Tabla 2. Especificaciones de ducto (SISTEMA)**

| Nombre o segmento del ducto | Origen (km) | Destino (km) | Coordenadas UTM | | | | Espesor (in*) | Diámetro (in) | Presión de Prueba Hidrostática (kg/cm$^2$) | Especificación del ducto | Código de diseño | Presión de diseño y operación (kg/cm$^2$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Inicio | | Fin | | | | | | | Min | Nor | Máx |
| | | | X | Y | X | Y | | | | | | | | |
| HOT TAP-1 | | | | | | | 0.500 in | Ø8" | 75 kg/cm2 | Acero al carbón API 5L-X52 | API 5L | 50 | 50 | 50 |
| ERMP con Enlace SCADA | | | | | | | 0.365 in | Ø10" | 51 kg/cm2 | Acero al carbón ASTM A106 | ASTM A | 34 | 34 | 34 |
| "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV" | | | | | | | 0.365 in | Ø10" | 51 kg/cm2 | Acero al carbón ASTM A106 | ASTM A | 34 | 34 | 34 |
| Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6 | | | | | | | 0.237 in | Ø4" | 51 kg/cm2 | Acero al carbón ASTM A106 | ASTM A | 34 | 34 | 34 |
| Parque Industrial Amistad Chuy María (PIACM) | | | | | | | 0.322 in | Ø8" | 51 kg/cm2 | Acero al carbón ASTM A106 | ASTM A | 34 | 34 | 34 |

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

- Para la determinación de la presión de la prueba hidrostática se debe considerar la presión de operación por 1.5 veces esta presión.

**Determinación de clases de localización**

La determinación de clases de localización se realizó conforme a la las Áreas Unitarias del Sistema de Transporte de gas natural y de conformidad con lo siguiente:

**Clase de localización 1**.- El Área unitaria que cuenta con diez o menos construcciones para ocupación humana.

**Clase de localización 2.-** El Área unitaria con más de diez y hasta cuarenta y cinco construcciones para ocupación humana.

**Clase de Localización 3.**- El Área unitaria que cuenta con cuarenta y seis construcciones o más para ocupación humana.

El tramo de una tubería clase 1 o 2 debe ser reclasificado como clase 3 cuando el eje de dicho tramo se encuentre a una distancia igual o menor a 100 metros de:

a) Una construcción ocupada por veinte o más personas, al menos 5 días en la semana, en 10 semanas en un periodo de 12 meses. Los días y las semanas no tienen que ser consecutivos, por ejemplo: escuelas, hospitales, iglesias, salas de espectáculos, cuarteles y centros de reunión;
b) Un área al aire libre definida que sea ocupada por veinte o más personas, al menos 5 días a la semana, en 10 semanas en un periodo de 12 meses. Los días y las semanas no tienen que ser consecutivos, por ejemplo: campos deportivos, áreas recreativas, teatro al aire libre u otro lugar público de reunión, o
c) Un área destinada a fraccionamiento o conjunto habitacional o comercial que no tenga las características de la clase 4.

**Clase de Localización 4.-** El Área unitaria en la que predominan construcciones de cuatro o más niveles incluyendo la planta baja, donde el tráfico vehicular es intenso o pesado y donde pueden existir numerosas instalaciones subterráneas.

Debido a las características del gasoducto, el ducto es clasificado de acuerdo con la NOM-007-ASEA-2016 como localización clase 3.

En el diseño del sistema de transporte, se realizó un estudio de para la determinación de la clase de localización, encontrándose que el sistema contará con una clase de localización 3, de acuerdo a lo anterior y la normatividad aplicable, se establece la siguiente tabla:

**Tabla 3. Clases de Localización**

| Nombre o segmento del ducto | Tipo de Clase de localización | Inicio (km) | Fin (km) | Coordenadas UTM | | | | Espesor (in) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Inicio | | Fin | | |
| | | | | X | Y | X | Y | |
| HOT TAP-1 | | | | | | | | |
| ERMP con Enlace SCADA | | | | | | | | |
| "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV" | | | | | | | | |
| Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6 | | | | | | | | |
| Parque Industrial Amistad Chuy María (PIACM) | | | | | | | | |

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

## ENCAMISADOS DE PROTECCIÓN.

El encamisado de protección consiste en un segundo tubo, colocado al exterior del conducto, que le rodea y que tiene un escape en forma de pequeña muesca al exterior. Para esto, es necesario enlazar el trazo normal de la línea con la tubería bajo cruzamiento particular mediante curvas verticales. Este enlace estará formado en cada extremo del cruce por un par de curvas tangentes y un tramo recto de enlace.

La construcción de encamisados para la protección de la tubería es en los cruces especiales siempre y cuando haya obstáculos que librar (vías de ferrocarril, canales de riego, río y carreteras) o las condiciones sean muy adversas, es decir que las perforaciones sean difíciles de alcanzar por la topografía del terreno o por su conformación (roca sólida o roca madre).

**Descripción de los Sistemas Informáticos**
**Descripción de los instrumentos de medición**

## MEDICIÓN ELECTRÓNICA

La medición electrónica será por medio de un computador electrónico de flujo marca Eagle Research, modelo XARTU/5 con la base de datos Versión de Carga Instalada 60950 y Versión Firmware V1.02.28 AGA Reporte 11, Modbus CENAGAS el cual hará interface con un transmisor de presión modelo EJX510A YOKOGAWA y transmisor de temperatura modelo YTA710 YOKOGAWA, el tren de medición estará equipado con un Dual Run Medidor de densidad y flujo másico Coriolis ROTAMASS marca YOKOGAWA.

**COMUNICACIÓN SCADA**

El sistema de enlace SCADA será proporcionado e instalado por CENAGAS, este enlace será mediante protocolo de comunicación Modbus CENAGAS se hará por medio de un enlace V-SAT utilizando un modem satelital marca Huges modelo HX-90 a través de una interface convertidora de RS-232 a Ethernet marca Lantronics modelo Xport y un cable Ethernet. Esta se albergará en un gabinete NEMA 4X independiente al resto de los equipos.

El departamento de Telecom al recibir este equipo configurara este modem para asignarle los parámetros de comunicación del canal que tienen destinado para efectuar estos enlaces, así como una dirección IP.

En un cuarto adyacente a la CityGate se instalará el computador electrónico de flujo, el sistema de respaldo ininterrumpible que consta de una fuente de poder marca Eagle Research modelo XA/UPS 016 y un banco de 6 baterías necesarias para garantizar un respaldo mínimo de 48 Horas a falta de energía eléctrica y un gabinete independiente Nema 4X que dará alojamiento al modem satelital HX90.

**ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA**

Tanto el sistema de medición electrónica, como el utilizado para el enlace al SCADA, estarán energizados mediante una fuente de poder Ininterrumpible solar marca Eagle Research Corporation modelo: XA-UPS 016-SOLAR, que recibirá un voltaje de alimentación, por medio de celdas solares. La fuente de poder contará con seis baterías de 12V 100 Ah selladas y libres de mantenimiento, con suficiente capacidad para dar un respaldo de al menos 48 horas, en caso de falta de luz solar. La fuente de poder entregará un voltaje de 12-24 VDC de alimentación hacia los equipos de medición y comunicación al SCADA.

**PROTECCIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS**

La CityGate estará aislada dieléctricamente por medio de dos juntas aislantes, instaladas en la entrada y salida de la estación con el propósito de proteger los equipos e instrumentos electrónicos de la corriente generada por la protección catódica de la tubería externa.

Así mismo, la caseta contará con un sistema de tierras para el computador de flujo y el sistema de comunicaciones. Todos estos sistemas serán interconectados entre sí. Los sistemas de tierras estarán construidos con elementos bimetálicos (Varillas Copperweld), para la CityGate, así como para el computador electrónico de flujo y sistema de comunicación. Así mismo, se instalará una caja y barra de tierras físicas conectada al sistema de tierras físicas para la puesta a tierra del computador electrónico de flujo.

Además de los sistemas de tierras antes descritos, la caseta contará con un sistema de pararrayos conectado a un sistema de tierras independiente.

**SISTEMAS DE PROTECCIÓN CATÓDICA.**

La protección catódica consiste en el conjunto de tecnologías empleadas para controlar la corrosión galvánica en una superficie metálica mediante la conversión de dicha superficie en el cátodo de una celda electroquímica. El metal noble que queremos proteger.

**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.

**Tabla 4. Diseño del sistema de protección catódica: Rectificadores.**

| Nombre del rectificador | Ubicación (km) y/o coordenadas UTM | Inicio de área de influencia km | Fin de área de influencia km | Tipo |
|---|---|---|---|---|
| N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |

**NA: No aplica**

**Tabla 5. Diseño del sistema de protección catódica: Camas anódicas.**

| Nombre del Cama anódica | Ubicación (km) y/o coordenadas UTM | Tipo |
|---|---|---|
| CAMA 1 | [redacted] | ánodo de sacrificio |
| CAMA 2 | [redacted] | ánodo de sacrificio |
| CAMA 3 | [redacted] | ánodo de sacrificio |
| CAMA 4 | [redacted] | ánodo de sacrificio |
| CAMA 5 | [redacted] | ánodo de sacrificio |

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Las tomas de potencial de los ductos se instalarán cada 750 m aproximadamente, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 6. Diseño del sistema de protección catódica: Postes de medición de tubo/suelo.**

| Nombre de Poste de medición tubo/suelo | Ubicación (km) y/o coordenadas UTM ZONA (14 R) |
|---|---|
| Poste de Medición 1 | [redacted] |
| Poste de Medición 2 | |
| Poste de Medición 3 | |
| Poste de Medición 4 | |
| Poste de Medición 5 | |
| Poste de Medición 6 | |

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

| | | | |
|---|---|---|---|
| Poste de Medición 7 | | [redacted] | |
| Poste de Medición 8 | | | |
| Poste de Medición 9 | | | |
| Poste de Medición 10 | | | |
| Poste de Medición 11 | | | |

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

**Cruzamientos.**

Durante el Desarrollo del diseño, se tiene identificados en campo cuatro cruces importantes: un Cruce Ferrocarril, ubicado en Km 0+357 (Antes) y Km 0+379 Cruce Ferrocarril (Después), el segundo cruce es en la Carretera Federal No.40 ubicado en Km 2+900 (Antes) y Km 2+960 Cruce Carretera (Después), el tercer cruzamiento es en la Carretera Federal No. 54D Saltillo-Monterrey con ubicación en Km 4+043 (Antes) y Km 4+090 Cruce Carretera (Después), el cuarto cruce es en el puente San Jose ubicado en Km 6+538 (Antes) y Km 6+577 Cruce puente (Después).

**Tabla 7. Cruzamientos**

| Nombre | Tipo de cruzamiento | Profundidad o Elevación (m) | Sistema de protección | Inicio del cruce km | Fin del cruce Km | Espesor del ducto (in) | Número de plano |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NA | Cruce Ferrocarril | 1.50 m | Encamisado | 0+357 | 0+379 | 0.365 in | STGNGA 21-2 |
| Carretera Federal No.40 | Cruce de Carretera | 1.50 m | Encamisado | 2+900 | 2+960 | 0.365 in | STGNGA 21-2 |
| Carretera Federal No. 54D Saltillo-Monterrey | Cruce de Carretera | 1.50 m | Encamisado | 4+043 | 4+090 | 0.365 in | STGNGA 21-2 |
| Puente San Jose | Cruce Puente | 1.50 m | Encamisado | 6+538 | 6+577 | 0.365 in | STGNGA 21-2 |

**Señalamientos**

Los señalamientos indican el trayecto del Sistema de Transporte y delimitan la franja de seguridad, identifican las Instalaciones superficiales del Sistema de Transporte, así como los tramos de Ductos superficiales. Lo anterior, a efecto de reducir la posibilidad de daño o interferencia.

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

Se cubrieron la distancia mínima entre cada señalamiento de acuerdo lo establece la Normatividad, y conforme a lo indicado en siguiente tabla:

**Tabla 8. Distancia mínima entre cada señalamiento**

| Clase de localización | Distancia en metros |
|---|---|
| 1, 2 y 3 | Cada 1000 |
| 4 | Cada 500 |
| 5 | Cada 100 |

**Letreros**

- Al inicio y termino del ducto
- Cruzamientos y Registros
- En cambios de dirección mayores a 30 grados

**Tachuelas**

- Donde el uso de letreros no sea posible, sobre el eje del ducto cada 50 metros

Sin embargo, para el "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV"., los señalamientos para delimitar la franja de seguridad en derecho de vía, se localizarán conforme la siguiente tabla:

**Tabla 9. Señalamientos.**

| Nombre | Tipo de señalamiento | Ubicación (km) y/o coordenadas UTM |
|---|---|---|
| S-1 | Señalamiento informativo | [redacted] |
| S-2 | Señalamiento informativo | |
| S-3 | Señalamiento informativo | |
| S-4 | Señalamiento informativo | |
| S-5 | Señalamiento informativo | |
| S-6 | Señalamiento informativo | |
| S-7 | Señalamiento informativo | |
| S-8 | Señalamiento informativo | |
| S-9 | Señalamiento informativo | |
| S-10 | Señalamiento informativo | |
| S-11 | Señalamiento informativo | |
| S-12 | Señalamiento informativo | |

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | [redacted] | |
| S-13 | Señalamiento informativo | | | |
| S-14 | Señalamiento informativo | | | |
| S-15 | Señalamiento informativo | | | |
| S-16 | Señalamiento informativo | | | |
| S-17 | Señalamiento informativo | | | |
| S-18 | Señalamiento informativo | | | |
| S-19 | Señalamiento informativo | | | |
| S-20 | Señalamiento informativo | | | |
| S-21 | Señalamiento informativo | | | |
| S-22 | Señalamiento informativo | | | |
| S-23 | Señalamiento informativo | | | |
| S-24 | Señalamiento informativo | | | |
| S-25 | Señalamiento informativo | | | |
| S-26 | Señalamiento informativo | | | |
| S-27 | Señalamiento informativo | | | |
| S-28 | Señalamiento informativo | | | |
| S-29 | Señalamiento informativo | | | |
| S-30 | Señalamiento informativo | | | |
| S-31 | Señalamiento informativo | | | |
| S-32 | Señalamiento informativo | | | |
| S-33 | Señalamiento informativo | | | |
| S-34 | Señalamiento informativo | | | |

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

**Tabla 10. Instalaciones superficiales: Estaciones de compresión.**

| Descripción | Nombre | Ubicación (km) y/o coordenadas UTM | Presión de entrada de diseño y operación (kg/cm2) | | | Presión de salida de diseño y operación (kg/cm2) | | | Flujo de diseño y operación | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Min. | Normal | Máx. | Min | Normal | Máx. | Min. | Normal | Máx. |
| Estaciones de compresión. | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |

**NA: No aplica, el sistema no requiere estaciones de compresión**

**Tabla 11. Instalaciones superficiales: Estaciones de regulación y/o medición.**

| Nombre | Ubicación (km) y/o coordenadas UTM (14 R) | Pasos de regulación | Presión de operación primer paso de regulación (kg/cm2) | | Presión de operación segundo paso de regulación (kg/cm2) | | Flujo de diseño y operación ($Sm^3/hr$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Entrada | Regulada | Entrada | Regulada | Min. | Nor | Máx |
| HOTTAP: Interconexión Gasoducto CENAGAS | [redacted] | 1 | 50 | 50 | NA | NA | Max: 126,00 Nor: 32,586 | | |
| ERMP: Estación de Regulación y Medición Principal | | 1 | 34 | 34 | NA | NA | Max: 97,500 Nor: 32,586 | | |

[redacted]

La ubicación de las válvulas de seccionamiento se puede observar en los planos topográficos y el Google Earth. La ubicación estimada de las válvulas es la siguiente:

**Tabla 12. Instalaciones superficiales: Trampas de envío y/o recibo de diablos y válvulas de seccionamiento**

| Descripción | Nombre | Ubicación (km) y/o coordenadas UTM (14 R) | Diámetro (in) | Presión normal de operación Lb/pulg2 ($kg/cm^2$) | Tipo de especificación | Sistema de control |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Válvulas de seccionamiento | VS-1 | [redacted] | 10" | 34 kg/cm2 | ANSI 600 RF | Automatizadas |
| Válvulas de seccionamiento. | VS-2 | | 10" | 34 kg/cm2 | ANSI 600 RF | Automatizadas |
| Válvulas de seccionamiento. | VS-3 | | 10" | 34 kg/cm2 | ANSI 600 RF | Automatizadas |
| Válvulas de seccionamiento. | VS-4 | | 10" | 34 kg/cm2 | ANSI 600 RF | Automatizadas |

[redacted]

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Válvulas de seccionamiento | VS-5 | | 10" | 34 kg/cm2 | ANSI 600 RF | Automatizadas |
| Válvulas de seccionamiento | VS-6 | | 4" | 34 kg/cm2) | ANSI 600 RF | Automatizadas |
| Válvulas de seccionamiento | VS-7 | | 8" | 34 kg/cm2 | ANSI 600 RF | Automatizadas |

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

El método empleado para unir la tubería será mediante el proceso de soldadura conocido como arco de metal y electrodo revestido (SMAW), bajo API-1104.

**VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO Y DISPARO.**

Los Registros con Válvulas de Seccionamiento serán tipo TRUNNION Tipo Bola Paso Completo y Continuado Clase ANSI 600 RF, también contendrán carrete bridado de 2.5 metros de longitud para envió y recepción de Polypig para mantenimiento y limpieza del gasoducto, el Registro será cemento armado con Cárcamo, Ventilas de Desfogue y Acceso con tapa de concreto con marco metálico habilitados con porta candados para evitar vandalismos, en el Gasoducto "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV" con TUBERÍAS en Acero al Carbón:

- TUBERÍA Acero al Carbón Ø10", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 10.750", WT 0.365", ID 10.020" Sin Costura, longitud 7,800 metros.
- TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 8.625", WT 0.322", ID 7.981" Sin Costura, longitud 580 metros.
- TUBERÍA Acero al Carbón Ø4", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 4.500", WT 0.237", ID 4.026" Sin Costura, longitud 240 metros.

| | | Sección | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Gas Natural / Corriente | | Ø8" D.N. Acero al Carbón | Ø10" D.N. Acero al Carbón | Ø8" D.N. Acero al Carbón | Ø4"D.N. Acero al Carbón |
| Presión de Diseño | $Kg/cm^2$ | 100 | 50 | 50 | 50 |
| | KPa | 9,807 | 4,903 | 4,903 | 4,903 |
| Presión Máxima de Operación Permisible | $Kg/cm^2$ | 56.7 | 38.6 | 38.6 | 38.6 |
| | KPa | 5,560 | 3,785 | 3,785 | 3,785 |
| Presión de Operación | $Kg/cm^2$ | 50 | 34 | 34 | 34 |
| | KPa | 4,903 | 3,334 | 3,334 | 3,334 |
| Flujo Máximo | $Sm^3/hr$ | 126,000 | 97,500 | 56,000 | 12,000 |
| Flujo Operativo | Sm3/hr | 32,586 | 32,586 | 24,322 | 8,264 |

**Descripción del sistema seleccionado**

El Sistema, Instalaciones, Equipos y Materiales para la Operación del Sistema de Trasporte de Acceso Abierto por Ductos para Gas Natural se basan en las disposiciones de las Normas Oficiales Mexicanas y Normas reconocidas internacionalmente, así como en los códigos y especificaciones oficiales.

La Tubería de Interconexión al Gasoducto de CENAGAS de Ø24" hasta el Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) con Enlace SCADA con una longitud de 60 metros es con la siguiente TUBERÍA:

**•TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", API 5L-X52, PSL2 Ced. 80, OD 8.625", WT 0.500", ID 7.625", Sin Costura, longitud 60 metros**.
Cuyos materiales y especificaciones son apropiados para dar servicio seguro y eficiente de Gas Natural Comercial en Alta Presión.
El resto del Gasoducto son con TUBERÍAS en Acero al Carbón:
**•TUBERÍA Acero al Carbón Ø10", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 10.750", WT 0.365", ID 10.020" Sin Costura, longitud 7,800 metros.**
**•TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 8.625", WT 0.322", ID 7.981" Sin Costura, longitud 580 metros.**
**•TUBERÍA Acero al Carbón Ø4", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 4.500", WT 0.237", ID 4.026" Sin Costura, longitud 240 metros.**

Cuyos materiales y especificaciones son apropiados para dar servicio de transporte seguro y eficiente del Gas Natural Comercial.

La Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP), recibirá una presión de entrada de 4,903 kPa (50 kg/cm2), entregando una presión de salida de 3,334 kPa (34 kg/cm2) que será la Presión Normal de Operación.
El tendido de la TUBERÍA Acero al Carbón Ø10", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 10.750", WT 0.365", ID 10.020" Sin Costura con una longitud de 7,800 metros está siguiendo el camino del Derecho de Vía caminos de terracería, asfalto y camellón de la Carretera Federal 57D, "Monterrey – Matehuala" la profundidad de este tramo de Tubería se hará a 1.00 metros a lomo del Ducto en suelo normal, 1.20 metros en cruce carreteros y a 1.50 metros en cruce de Ferrocarriles, la Clase de Localización será la numero 3.

Como medida de seguridad, se colocará una cinta sobre la tubería de polietileno. Dicha cinta tiene la siguiente leyenda "PRECAUCIÓN TUBERÍA DE GAS NATURAL" para advertencia en caso de que personas ajenas pretendan excavar sobre el Ducto.
Los tubos, válvulas, bridas y conexiones soldables cumplen con las especificaciones conocidas, los estándares de composición, fabricación y calidad aplicables. Las válvulas bridadas están fijadas con espárragos ASTM, A-193 GR87 Clase 600, el sello son con empaques Flexitalic Clase ANSI 600.

En la etapa de Operación, el ducto Opera en forma automática por lo que solamente se requiera de un par de supervisores especialistas para recorrer el ducto y verificar la Estación de Regulación y

Medición Principal (ERMP), continuamente registrando las lecturas de los equipos de medición.

**Memoria de cálculo del procedimiento para determinar el diámetro y los espesores de las paredes de las tuberías, troncales y ramales, así como el cálculo del porcentaje de la RMC (Resistencia Mínima de Cedencia) al que operarán las tuberías principales y troncales de acero. Presión Máxima de Operación Permisible (PMOP).**

Cálculo de Espesor de TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", API 5L-X52, PSL2 Ced. 80, OD 8.625", WT 0.500", ID 7.625", Sin Costura.
Presión según Clase ANSI 600 bajo ANSI B 16.5 = 102.1 bar = 104 kg/cm2

a) Presión según Clase ANSI 600 bajo ANSI B 16.5 = 102.1 bar = 104 kg/cm2
b) Presión de Operación = 50 kg/cm2
c) Presión de Diseño, será 2.0 veces la Presión de Operación 50 kg/cm2
Presión de Diseño = (2.0) (50 kg/cm2) = 100 Kg/cm2
d) Presión de Prueba, será 1.7 veces la Presión de Operación 50 kg/cm2
Presión de Prueba = (1.7) (50 kg/cm2) = 85 kg/cm2

La Norma Oficial Mexicana **NOM-007-ASEA-2016**, en su inciso **7.8 Espesores de los Ductos,** se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$t = \frac{PxD}{2xSxFxExT}$$

| TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", API 5L-X52, PSL2 Ced. 80, OD 8.625", WT 0.500", ID 7.625", Sin Costura. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **t** | = | espesor de la tubería en milímetros | | | |
| **P** | = | presión manométrica de diseño enkPa | 1,422 psi | **100 kg/cm2** | **9,807 KPa** |
| **D** | = | diámetro exterior de la tubería enmilímetros | | | **219.1 mm** |
| **S** | = | resistencia mínima de cedencia (RMC)en kPa | **52,000 psi** | 3,656 kg/cm2 | **358,527 KPa** |
| **F** | = | factor de diseño por densidad depoblación | | | **0.67** |
| **E** | = | factor de eficiencia de la juntalongitudinal de la tubería | | | **1** |
| **T** | = | factor de corrección por temperaturadel gas; T = 1 si la temperatura del gas esigual o menor a 393°k | | | **1** |

**t = (9,807 kPa) (219.1 mm)**
**2(358,527 ~~kPa~~) (0.67) (1)(1)**

El espesor mínimo que requiere la tubería para esta condición, t = 4.47 mm
Pared de la TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", API 5L-X52, PSL2 Ced. 80, OD 8.625", WT 0.500", ID 7.625", Sin Costura.

| Diámetro Nominal | Espesor de pared pulgadas | Espesor de pared milímetros | Cedula | Resistencia Mínima a la Cedencia | Presión de diseño |
|---|---|---|---|---|---|
| Ø8" | 0.500" | 12.70 mm | 80 | 52,000 psi | 100 kg/cm$^2$ |

## Factor de diseño por densidad de población (F):

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

## Factor de eficiencia de la junta longitudinal soldada (E)

| Especificación | Clase de tubo | Factor de junta longitudinal (E) |
|---|---|---|
| ASTM A53 | Sin costura<br>Soldado por resistencia eléctrica Soldado a tope en horno. Soldadura continua | 1,00<br>1.00<br>0.60 |
| ASTM A106 | Sin costura | 1.00 |
| ASTM A135 | Soldado por resistencia eléctrica | 1.00 |
| ASTM A139 | Soldado por fusión eléctrica | 0.80 |
| ASTM A211 | Soldadura helicoidal | 0.80 |
| ASTM A333 | Sin costura<br>Soldado por resistencia eléctrica | 1,00<br>1,00 |
| ASTM A381 | Soldado con doble arco sumergido | 1,00 |
| ASTM A671 | Soldadura por fusión eléctricaClases 13, 23, 33, 43 y 53<br>Clases 12, 22, 32, 42 y 52 | 0.80<br>1,00 |
| ASTM A672 | Soldadura por fusión eléctricaClases 13, 23, 33, 43 y 53<br>Clases 12, 22, 32, 42 y 52 | 0.80<br>1,00 |

| | | |
|---|---|---|
| API 5L | Sin costura<br>Soldado por resistencia eléctrica<br>Soldado por destello eléctrico (EFW)<br>Soldado con arco sumergido<br>Soldado a tope en horno | 1.00<br>1,00<br>1,00<br>1,00<br>0.60 |
| Otra especificación o especificación desconocida | Tubería con diámetro nominal igual o mayor de 101.6 mm (4") | 0.80 |
| Otra especificación o especificación desconocida | Tubería con diámetro nominal menor de 101.6 mm (4") | 0.60 |

| TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", API 5L-X52, PSL2 Ced. 80, OD 8.625", WT 0.500",ID 7.625" Sin Costura | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diámetro Nominal | Diámetro exterior (mm) | Resistencia Hidrostática (KPa) | Presiónde Diseño (KPa) | Espesorde pared (mm) | Espesor teórico requerido (mm) | Porcentaje utilizado (%) | Margen de seguridad(%) |
| Ø8" | 219.1 | 358,527 | 9,807 | 12.70 | 4.47 | 35 | 65 |

(el % se toma con relación al espesor teórico)

Se deberá contar con certificados y especificación de fabricación de la tubería a utilizar. Se deberá contar con certificados de los accesorios y Equipos a utilizar
De acuerdo con el cálculo de espesor de tubería se utilizarán ductos de:
TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", API 5L-X52, PSL2 Ced. 80, OD 8.625", WT 0.500", ID 7.625"
Sin Costura

## PRESIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN PERMISIBLE (PMOP)

TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", API 5L-X52, PSL2 Ced. 80, OD 8.625", WT 0.500", ID 7.625"

Sin Costura.

Clase de Localización 3

Confirmación y revisión de la Presión Máxima de Operación Permisible (PMOP)

| Clase de localización | Presión máxima de operaciónpermisible (PMOP) | Esfuerzo tangencialmáximo |
|---|---|---|
| 1 y 2 | 0.800 veces la presión de prueba | 72% de la (RMC) |
| 3 | 0.667 veces la presión de prueba | 60% de la (RMC) |
| 4 y 5 | 0.555 veces la presión de prueba | 50% de la (RMC) |

**Presión de Operación = 34.0 kg/cm2**
**Presión de Diseño = 1.8 veces la Presión de Operación 34 kg/cm2 Presión de Prueba = 1.7 veces la Presión de Operación 34 kg/cm2 Referencia No exceder 80% de la Presión de diseño para PMOP (0.8) (61.2 kg/cm2) = 48.96 kg/cm2**
**PMOP = 0.667 x Presión de Prueba = (0.667) x (1.7) x (34 kg/cm2) = 38.6 kg/cm2**

**b) Presión Máxima de Operación Permisible = 38.6 kg/cm2**

| | kPa | Kg/cm2 | MPa |
|---|---|---|---|
| d) Presión de Diseño | 6,002 | 61.2 | 6.00 |
| e) Presión Máxima de Operación Permisible PMOP | 3,785 | 38.6 | 3.79 |
| f) Presión de Operación | 3,334 | 34 | 3.33 |

Tubos de acero al carbono según ASTM (A53, A106) y API 5L ISO 3183

TUBO DE ACERO SIN SOLDADURA SEGÚN ASTM A53, A106.

| Norma | Grado | Composición química | | | | | | | | | | Propiedades mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C | Mn | P | S | Si | Cr | Cu | Mo | Ni | V | Límite elástico mín. | Resistencia a la tracción mín. | % alargamiento en 50 mm mín. | |
| | | máx. | max. | máx. | máx. | min. % | max. % | max. % | max. % | max. % | max. % | MPa o N/mm2 | MPa o N/mm2 | Long. | Trans. |
| A-53 | A | 0,25 | 0,95 | 0,05 | 0,045 | - | 0,4 | 0,4 | 0,15 | 0,4 | 0,08 | 205 | 330 | | |
| | B | 0,3 | 1,2 | 0,05 | 0,045 | - | 0,4 | 0,4 | 0,15 | 0,4 | 0,08 | 240 | 415 | | |
| | | La suma de (Cr, Cu, Mo, Ni, V) no puede exceder del 1% | | | | | | | | | | | | | |
| A-106 | A | 0,25 | 0,27-0,93 | 0,035 | 0,035 | 0,1 | 0,4 | 0,4 | 0,15 | 0,4 | 0,08 | 205 | 330 | 35 | 25 |
| | B | 0,3 | 0,29-1,06 | 0,035 | 0,035 | 0,1 | 0,4 | 0,4 | 0,15 | 0,4 | 0,08 | 240 | 415 | 30 | 16.5 |
| | C | 0,35 | 0,29-1,06 | 0,035 | 0,035 | 0,1 | 0,4 | 0,4 | 0,15 | 0,4 | 0,08 | 275 | 485 | 30 | 16.5 |
| | | La suma de (Cr, Cu, Mo, Ni, V) no puede exceder del 1% | | | | | | | | | | Alargamiento mínimo básico en | | | |

**La Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016**
Inciso 7.4, b) Que el Esfuerzo tangencial producido por la Presión Máxima de Operación Permisible (PMOP), determinado de acuerdo con el numeral 7.14
Inciso 7.14 Esfuerzo tangencial máximo permitido se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$St = \frac{P \times D}{2 \times t}$$

**Presión de Operación = 34 kg/cm2**
**Presión Máxima de Operación Permisible = 38.6 kg/cm2**

| TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 8.625", WT 0.322", ID 7.981" Sin Costura | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ST | = | Esfuerzo tangencial máximo permisible en MPa (lb/pulg2) | | |
| P | = | Presión máxima de operación (PMO) en MPa (lb/pulg2). | 38.6 kg/cm2 | 3.79 MPa |
| D | = | Diámetro exterior del Ducto en mm (pulg) | 8.625" | 219.1 mm |
| t | = | Espesor de pared en mm (pulg) | 0.322" | 8.18 mm |

**St = (3.79 MPa) (219.1 ~~mm~~) / (2) (8.18~~mm~~) = 35.98 MPa**

**El Esfuerzo tangencial máximo permitido de la tubería para esta condición: St = 50.76 MPa**

La Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016, en su inciso 7.14, Esfuerzo tangencial máximo permitido se establece como un porcentaje de la Resistencia Mínima a la Cedencia (RMC) de acuerdo con lo siguiente:

$$\%RMC = \frac{ST}{RMC} \times 100$$

$$\%RMC = \frac{50.76\ \text{~~MPa~~}}{240\ \text{~~MPa~~}} \times 100 = 21.15\ \%$$

| Esfuerzo tangencial máximo permitido de la tubería para esta condición: | Límite Esfuerzo Tangencial Máximo RMC | Esfuerzo Tangencial, calculado como un porcentaje de la Resistencia Máxima a laCedencia RMC: |
|---|---|---|
| 50.76 MPa | 60 % | 21.19 % |

**Cálculo de Espesor de TUBERÍA Acero al Carbón Ø4", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 4.500", WT 0.237", ID 4.026" Sin Costura.**

i) Presión según Clase ANSI B 16.5 = 102.1 bar = 104 kg/cm2
j) Presión de Operación = 34 kg/cm2
k) Presión de Diseño, será 1.8 veces la Presión de Operación 34 kg/cm2
Presión de Diseño = (1.8) (34 kg/cm2) = 61.2 Kg/cm2
l) Presión de Prueba, será 1.7 veces la Presión de Operación 34 kg/cm2
Presión de Prueba = (1.7) (34 kg/cm2) = 57.8 kg/cm2

La Norma Oficial Mexicana **NOM-007-ASEA-2016**, en su inciso 7.8 Espesores de los Ductos se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$f = \frac{PxD}{2xSxFxExT}$$

| TUBERÍA Acero al Carbón Ø4", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 4.500", WT 0.237", ID 4.026" Sin Costura. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| f | = | espesor de la tubería en milímetros | | | |
| P | = | presión manométrica de diseño en kPa | 870 psi | 61.2 kg/cm2 | 6,002 KPa |
| D | = | diámetro exterior de la tubería enmilímetros | | | 114.3 mm |
| S | = | resistencia mínima de cedencia (RMC)en kPa | 35,000 psi | 240 MPa | 240000 KPa |
| F | = | factor de diseño por densidad depoblación | | | 0.67 |
| E | = | factor de eficiencia de la juntalongitudinal de la tubería | | | 1 |
| T | = | factor de corrección por temperatura delgas; T = 1 si la temperatura del gas es igual omenor a 393°k | | | 1 |

$$f = \frac{(6{,}002\ \text{kPa})(114.3\ \text{mm})}{2(240000\ \text{kPa})(0.67)(1)(1)}$$

El espesor mínimo que requiere la tubería para esta condición, f = 2.13 mm Pared de la TUBERÍA Acero al Carbón Ø4", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 4.500", WT 0.237", ID 4.026" Sin Costura.

| Diámetro Nominal | Espesor de pared pulgadas | Espesor de pared milímetros | Cedula | Resistencia Mínima a la Cedencia | Presión de diseño |
|---|---|---|---|---|---|
| Ø4" | 0.237" | 6.02 mm | 40 | 35,000 psi | 61.2 kg/cm2 |

Factor de diseño por densidad de población (F):

| Factor de diseño por densidad de población | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Clase de Localización | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ruta general | 0.77 | 0.77 | 0.67 | 0.55 | 0.45 |
| Cruces e invasiones paralelas.Caminos secundarios | 0.77 | 0.77 | 0.67 | 0.55 | 0.45 |
| Cruces e invasiones paralelas. Caminos principales, vías de ferrocarril, canales, ríos y lagos | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.55 | 0.45 |
| Trampas de diablos | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.55 | 0.45 |
| Ducto principal en estaciones yterminales | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.55 | 0.45 |
| Construcciones especiales, comoensambles fabricados y Ducto en puentes | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.55 | 0.45 |

Factor de eficiencia de la junta longitudinal soldada (E)

| Especificación | Clase de tubo | Factor de junta longitudinal (E) |
|---|---|---|
| ASTM A53 | Sin costura | 1,00 |
| | Soldado por resistencia eléctrica Soldado a tope en horno. Soldadura continua | 1.00<br>0.60 |
| ASTM A106 | Sin costura | 1.00 |
| ASTM A135 | Soldado por resistencia eléctrica | 1.00 |
| ASTM A139 | Soldado por fusión eléctrica | 0.80 |
| ASTM A211 | Soldadura helicoidal | 0.80 |
| ASTM A333 | Sin costura<br>Soldado por resistencia eléctrica | 1,00<br>1,00 |
| ASTM A381 | Soldado con doble arco sumergido | 1,00 |
| ASTM A671 | Soldadura por fusión eléctricaClases 13, 23, 33, 43 y 53<br>Clases 12, 22, 32, 42 y 52 | 0.80<br>1,00 |
| ASTM A672 | Soldadura por fusión eléctricaClases 13, 23, 33, 43 y 53<br>Clases 12, 22, 32, 42 y 52 | 0.80<br>1,00 |
| | Sin costura | 1.00 |
| API 5L | Soldado por resistencia eléctrica Soldado por destello eléctrico (EFW)Soldado con arco sumergido Soldado a tope en horno | 1,00<br>1,00<br>1,00<br>0.60 |
| Otra especificación o especificación desconocida | Tubería con diámetro nominal igual o mayor de 101.6 mm (4") | 0.80 |
| Otra especificación o especificación desconocida | Tubería con diámetro nominal menor de 101.6 mm (4") | 0.60 |

| TUBERÍA Acero al Carbón Ø4", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 4.500", WT 0.237", ID 4.026" Sin Costura. | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diámetro Nominal | Diámetro exterior (mm) | Resistencia Hidrostática (KPa) | Presiónde Diseño (KPa) | Espesorde pared (mm) | Espesor teórico requerido (mm) | Porcentaje utilizado (%) | Margen de seguridad(%) |
| Ø4" | 114.3 | 240000 | 6,002 | 6.02 | 2.13 | 36 | 64 |

(el % se toma con relación al espesor teórico)

Se deberá contar con certificados y especificación de fabricación de la tubería a utilizar. Se deberá contar con certificados de los accesorios y Equipos a utilizar.

De acuerdo con el cálculo de espesor de tubería se utilizarán ductos de:

TUBERÍA Acero al Carbón Ø4", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 4.500", WT 0.237", ID 4.026" Sin Costura.

**PRESIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN PERMISIBLE (PMOP)**

TUBERÍA Acero al Carbón Ø4", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 4.500", WT 0.237", ID 4.026" Sin Costura. Clase de Localización 3

| Confirmación y revisión de la Presión máxima de operación permisible (PMOP) | | |
|---|---|---|
| **Clase de localización** | **Presión máxima de operación permisible (PMOP)** | **Esfuerzo tangencial máximo** |
| 1 y 2 | 0.800 veces la presión de prueba | 72% de la (RMC) |
| 3 | 0.667 veces la presión de prueba | 60% de la (RMC) |
| 4 y 5 | 0.555 veces la presión de prueba | 50% de la (RMC) |

Presión de Operación = 34.0 kg/cm2
Presión de Diseño = 1.8 veces la Presión de Operación 34 kg/cm2 Presión de Prueba = 1.7 veces la Presión de Operación 34 kg/cm2

Referencia No exceder 80% de la Presión de diseño para PMOP (0.8) (61.2 kg/cm2) = 48.96 kg/cm2
PMOP = 0.667 x Presión de Prueba = (0.667) x (1.7) x (34 kg/cm2) = 38.6 kg/cm2

**c) Presión Máxima de Operación Permisible = 38.6 kg/cm2**

| | kPa | Kg/cm2 | MPa |
|---|---|---|---|
| g) Presión de Diseño | 6,002 | 61.2 | 6.00 |
| h) Presión Máxima de OperaciónPermisible PMOP | 3,785 | 38.6 | 3.79 |
| i) Presión de Operación | 3,334 | 34 | 3.33 |

Tubos de acero al carbono según ASTM (A53, A106) y API 5L ISO 3183

TUBO DE ACERO SIN SOLDADURA SEGÚN ASTM A53, A106.

| Norma | Grado | Composición química | | | | | | | | | | Propiedades mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C | Mn | P | S | Si | Cr | Cu | Mo | Ni | V | Límite elástico mín. | Resistencia a la tracción mín. | % alargamiento en 50 mm mín. | |
| | | máx. | max. | máx. | máx. | min. % | max. % | max. % | max. % | max. % | max. % | MPa o N/mm² | MPa o N/mm² | Long. | Trans. |
| A-53 | A | 0,25 | 0,95 | 0,05 | 0,045 | - | 0,4 | 0,4 | 0,15 | 0,4 | 0,08 | 205 | 330 | | |
| | B | 0,3 | 1,2 | 0,05 | 0,045 | - | 0,4 | 0,4 | 0,15 | 0,4 | 0,08 | 240 | 415 | | |
| | | La suma de (Cr, Cu, Mo, Ni, V) no puede exceder del 1% | | | | | | | | | | | | | |
| A-106 | A | 0,25 | 0,27-0,93 | 0,035 | 0,035 | 0,1 | 0,4 | 0,4 | 0,15 | 0,4 | 0,08 | 205 | 330 | 35 | 25 |
| | B | 0,3 | 0,29-1,06 | 0,035 | 0,035 | 0,1 | 0,4 | 0,4 | 0,15 | 0,4 | 0,08 | 240 | 415 | 30 | 16.5 |
| | C | 0,35 | 0,29-1,06 | 0,035 | 0,035 | 0,1 | 0,4 | 0,4 | 0,15 | 0,4 | 0,08 | 275 | 485 | 30 | 16.5 |
| | | La suma de (Cr, Cu, Mo, Ni, V) no puede exceder del 1% | | | | | | | | | | | | Alargamiento mínimo básico en | |

La Norma Oficial Mexicana **NOM-007-ASEA-2016**
Inciso 7.4, b) Que el Esfuerzo tangencial producido por la Presión Máxima de Operación Permisible (PMOP), determinado de acuerdo con el numeral 7.14
Inciso 7.14 Esfuerzo tangencial máximo permitido se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$St = \frac{P \times D}{2 \times t}$$

**Presión de Operación = 34 kg/cm2**
**Presión Máxima de Operación Permisible = 38.6 kg/cm2**

| TUBERÍA Acero al Carbón Ø4", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 4.500", WT 0.237", ID 4.026" Sin Costura. | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ST | = | Esfuerzo tangencial máximo permisible en MPa (lb/pulg2) | | |
| P | = | Presión máxima de operación (PMO) en MPa (lb/pulg2). | 38.6 kg/cm2 | 3.79 MPa |
| D | = | Diámetro exterior del Ducto en mm (pulg) | 4.500" | 114.3 mm |
| t | = | Espesor de pared en mm (pulg) | 0.237" | 6.02 mm |

$$St = \frac{(3.79\ MPa)\ (114.3\ \cancel{mm})}{(2)\ (6.02\ \cancel{mm})} = 35.98\ MPa$$

**El Esfuerzo tangencial máximo permitido de la tubería para esta condición: St = 35.98 MPa**

La Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016, en su inciso 7.14, Esfuerzo tangencial máximo permitido se establece como un porcentaje de la Resistencia Mínima a la Cedencia (RMC) de acuerdo con lo siguiente:

$$\%RMC = \frac{ST}{RMC} \times 100 \qquad \%RMC = \frac{35.98\ MPa}{240\ MPa} \times 100 = 14.99\ \%$$

| **Esfuerzo tangencial máximo permitido** de la tubería para esta condición: | **Límite Esfuerzo Tangencial Máximo RMC** | **Esfuerzo Tangencial, calculado como un porcentaje de la Resistencia Máxima a laCedencia RMC:** |
|---|---|---|
| **35.98 MPa** | **60 %** | **14.99 %** |

## INSTALACIÓN DE 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:

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 cribada 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.

Con este procedimiento de arena cernida el Ducto tendrá las condiciones para expandirse y contraerse evitando esfuerzos mecánicos por temperatura, disipando estos esfuerzos en la zanja.

## RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL GASODUCTO

Estación de Regulación y Medición Principal con Enlace SCADA del "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV".

El sistema de transporte se realizará al amparo del TÍTULO DE PERMISO DE TRANSPORTE DE ACCESO ABIERTO DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS que se otorga **a RIC PROYECTOS GENERACION IV S.A.P.I DE C.V.** y se hará de acuerdo con las siguientes condiciones y especificaciones.

## CAPACIDAD DEL SISTEMA

Capacidad del "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV", es la siguiente:

| | | Sección | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Gas Natural / Corriente | | Ø8" D.N. Acero al Carbón | Ø10" D.N. Acero al Carbón | Ø8" D.N. Acero al Carbón | Ø4"D.N. Acero al Carbón |
| Presión de Diseño | $Kg/cm^2$ | 100 | 50 | 50 | 50 |
| | KPa | 9,807 | 4,903 | 4,903 | 4,903 |
| Presión Máxima de Operación Permisible | $Kg/cm^2$ | 56.7 | 38.6 | 38.6 | 38.6 |
| | KPa | 5,560 | 3,785 | 3,785 | 3,785 |
| Presión de Operación | $Kg/cm^2$ | 50 | 34 | 34 | 34 |
| | KPa | 4,903 | 3,334 | 3,334 | 3,334 |
| Flujo Máximo Capacidad del Gasoducto | $Sm^3/hr$ | 126,000 | 97,500 | 56,000 | 12,000 |
| Flujo Operativo | Sm3/hr | 32,586 | 32,586 | 24,322 | 8,264 |

**Especificaciones de la Tubería.**

| Alta Presión<br>Especificación de Tubería | Longitud<br>metros | Diámetro Nominal<br>mm (in) | Diámetro Exterior<br>mm (in) | Espesor<br>mm (in) |
|---|---|---|---|---|
| TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", API 5L-X52, PSL2 Ced. 80, OD 8.625", WT 0.500", ID 7.625", Sin Costura. | 60 | 200 mm (8 in) | 219.1 mm (8.625 in) | 12.70 mm (0.500 in) |
| Total | 60 | | | |

| Transporte<br>Especificación de Tubería | Longitud<br>metros | Diámetro Nominal<br>mm (in) | Diámetro Exterior<br>mm (in) | Espesor<br>mm (in) |
|---|---|---|---|---|
| TUBERÍA Acero al Carbón Ø10", ASTMA106, Gr. B Ced. 40, OD 10.750", WT 0.365", ID 10.020" Sin Costura. | 7,800 | 250 mm (10 in) | 273.1 mm (10.750 in) | 9.27 mm (0.365 in) |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", ASTMA106, Gr. B Ced. 40, OD 8.625", WT 0.322", ID 7.981" Sin Costura. | 580 | 200 mm (8 in) | 219.1 mm (8.625 in) | 8.18 mm (0.322 in) |
| TUBERÍA Acero al Carbón Ø4", ASTMA106, Gr. B Ced. 40, OD 4.500", WT 0.237", ID 4.026" Sin Costura. | 240 | 100 mm (4 in) | 114.3 mm (4.500 in) | 6.02 mm (0.237 in) |
| Total | 8,620 | | | |

Lista de materiales "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV":

| | Item | Características | Unidad | Cantidad |
|---|---|---|---|---|
| HOTTAP | 1 | TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", API 5L-X52, PSL2Ced. 80, OD 8.625", WT 0.500", ID 7.625", Sin Costura. | mts | 60 |
| | 2 | Brida Ciega Ø8" AC, ANSI 600 | pza | 4 |
| | 3 | Brida Ø8" AC cuello soldable, ANSI 600 | pza | 9 |
| | 4 | Espárragos ASTM-A193, GR-B7, con dos tuercas Hexagonales GR-2H, cadminizados TII amarillo, Ø1- 1/8"x220 mm de longitud | juego | 120 |
| | 5 | Junta Monoblock Ø8" Clase 600 Acero al Carbón API 5L-X52, PSL2 Ced. 80, OD 8.625", WT 0.500", ID 7.625", Sin Costura | Pza | 3 |
| | 6 | Válvula Troncal Ø8" tipo Compuerta de doble bloqueo de caras paralelas clase ANSI 600 extremos tipo de junta de anillo RTJ | Pza | 2 |
| | 7 | Codo 90° 8" Radio Largo Ced. 80, ASME B16.9 y ASTM A234 WPB | pza | 12 |
| TRANSPORTE | 1 | TUBERÍA Acero al Carbón Ø10", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 10.750", WT 0.365", ID 10.020" Sin Costura. | mts | 7,800 |
| | 2 | Codo 90° 10" Radio Largo Ced. 40, ASME B16.9 y ASTM A234 WPB | pza | 20 |
| | 3 | Codo 45° 10" Radio Largo Ced. 40, ASME B16.9 y ASTM A234 WPB | Pza | 20 |
| | 4 | Válvula Bola TRUNNION Ø10", Cuerpo de AC, Paso Completo, Extremos Bridados, Serie 600 | Pza | 3 |
| | 5 | Brida Ciega Ø10" AC, ANSI 600 | Pza | 4 |
| | 6 | Brida Ø10" AC cuello soldable, ANSI 600 | pza | 28 |
| | 7 | Espárragos ASTM-A193, GR-B7, con dos tuercas Hexagonales GR-2H, cadminizados TII amarillo, Ø1- 1/4"x250 mm de longitud | juego | 504 |
| | 8 | TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 8.625", WT 0.322", ID 7.981" Sin Costura. | Mts | 580 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 9 | Codo 90° Radio Largo 8" Ced. 40, ASME B16.9 y ASTM A234 WPB | pza | 2 |
| | 10 | Codo 45° Radio Largo 8" Ced. 40, ASME B16.9 y ASTM A234 WPB | pza | 22 |
| | 11 | Válvula Bola TRUNNION Ø8", Cuerpo de AC, Paso Completo, Extremos Bridados, Serie 600 | pza | 1 |
| | 12 | Brida Ciega Ø8" AC, ANSI 600 | Pza | 2 |
| | 13 | Brida Ø8" AC cuello soldable, ANSI 600 | pza | 4 |
| | 14 | Espárragos ASTM-A193, GR-B7, con dos tuercas Hexagonales GR-2H, cadminizados TII amarillo, Ø1- 1/8"x220 mm de longitud | juego | 72 |
| | 15 | TUBERÍA Acero al Carbón Ø4", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 4.500", WT 0.237", ID 4.026" Sin Costura. | mts | 240 |
| | 16 | Codo 90° 4" Radio Largo Ced. 40, ASME B16.9 y ASTM A234 WPB | pza | 6 |
| | 17 | Codo 45° 4" Radio Largo Ced. 40, ASME B16.9 y ASTM A234 WPB | pza | 2 |
| | 18 | Válvula Bola TRUNNION Ø4", Cuerpo de AC, Paso Completo, Extremos Bridados, Serie 600 | pza | 4 |
| | 19 | Brida Ciega Ø4" AC, ANSI 600 | pza | 2 |
| | 20 | Brida Ø4" AC cuello soldable, ANSI 600 | Pza | 8 |
| | 21 | Espárragos ASTM-A193, GR-B7, con dos tuercas Hexagonales GR-2H, cadminizados TII amarillo, Ø7/8"x170 mm de longitud | juego | 80 |

A continuación, se encontrará la descripción del proyecto "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV" con los datos y descripción de la Tubería.

•TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", API 5L-X52, PSL2 Ced. 80, OD 8.625", WT 0.500", ID 7.625", Sin Costura, longitud 60 metros.
•TUBERÍA Acero al Carbón Ø10", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 10.750", WT 0.365", ID 10.020" Sin Costura, longitud 7,800 metros.
•TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 8.625", WT 0.322", ID 7.981" Sin Costura, longitud 580 metros.
•TUBERÍA Acero al Carbón Ø4", ASTM A106, Gr. B Ced. 40, OD 4.500", WT 0.237", ID 4.026" Sin Costura, longitud 240 metros.

El Gasoducto "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV" ubicado en el municipio de Ramos Arizpe Estado de Coahuila, en su área de las interconexiones se localizan a una altitud de 1,290 metros sobre el nivel medio del mar y es aquí en donde se realiza la alimentación de Gas Natural de los ductos a cargo del SISTRANGAS de Ø24". Esta interconexión dará suministro de Gas Natural a la Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) con Enlace SCADA, lo cual se hará mediante una TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", API 5L-X52, PSL2 Ced. 80, OD 8.625", WT 0.500", ID 7.625" Sin

Costura para acoplarse al Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) con Enlace SCADA, la profundidad de este tramo se hará a 1.00 metros a lomo de la tubería en suelo normal. la Clase de Localización será la numero 3 acorde con la NOM-007-ASEA-2016.

| Ubicación Interconexión "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV" Municipio RAMOS ARIZPE, Estado de COAHUILA. | | | |
|---|---|---|---|
| **Referencia** | **Coordenada** | **Coordenada** | **DATUM WGS84** |
| **Gasoducto Ø24" "Reynosa – Chihuahua"CENAGAS HOT TAP** | COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP | | |

La Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) con enlace al Sistema SCADA, estará a 60 metros del punto de interconexión.

| Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) con enlace al Sistema SCADA | | | |
|---|---|---|---|
| **Referencia** | **Coordenada** GRADO, MINUTO, SEGUNDO | **Coordenada** GRADO DECIMALES | **DATUM WGS84** UTM, ZONA 14R |
| ERMP **con Enlace SCADA** | COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP | | |

El punto de entrega del SISTEMA DE TRANSPORTE DE ACCESO ABIERTO POR MEDIO DE DUCTOS de Gas Natural estará a 8,620 metros de la Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP), será en dos puntos, el primero al pie de las inmediaciones del Parque Industrial Amistad Chuy María (PIACM) y el segundo en el interior del mismo Parque Industrial.

| Ubicación Puntos de Entrega DISPARO | | | |
|---|---|---|---|
| **Referencia** | **Coordenada** GRADO, MINUTO, SEGUNDO | **Coordenada** GRADO DECIMALES | **DATUM WGS84** UTM, ZONA 14R |
| **Válvula SeccionamientoVS-6 DISPARO** | COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP | | |
| **Válvula SeccionamientoVS-7 DISPARO** | | | |

**CONDICIONES DE OPERACIÓN:**

La etapa de operación del ramal consiste en la conducción del Gas Natural desde los sistemas troncales de Ø16" y Ø24" de Centro Nacional de Gasoductos hacia las instalaciones de la empresa receptora del servicio, siendo la Comisión Reguladora de Energía la responsable de supervisar y autorizar las actividades de transporte, Operación y Mantenimiento del ducto, regulado a través de la NOM-007-ASEA-2016.

El "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV" Operará con una Flujo Proyectado de 32,586 Sm3/hr en el Municipio de Ramos Arizpe, Estado de Coahuila, el cual tiene una Capacidad Máxima de 97,500 Sm3/hr, la interconexión fue realizada con el ducto de CENAGAS de Ø24" con TUBERÍA Acero al Carbón Ø8", API 5L-X52, PSL2 Ced. 80, OD 8.625", WT 0.500", ID 7.625", Sin Costura. con una Presión de 50 kg/cm2.

## 5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El riesgo asociado al manejo del Gas Natural se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 13. Resumen de Sustancias Peligrosas.**

| Nombre químico de la sustancia (IUPAC) | No. CAS | Riesgo químico | | | | | Flujo en m³/h o millones de pies cúbicos estándar por día (MPCSD) | Concentración | Capacidad total | | | Tipo de Almacenamiento | Cantidad de reporte en el Listado de Actividades Altamente Riesgosas. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C | R | E | T | I | | | Máxima de proceso (Ton/Dia) | Máxima de transporte (Ton/Dia) | Máxima de almacenamiento (Ton) | | |
| Gas Natural | 8006-14-2 | | | X | | X | 32,586 sm³/hr | 100,0% | 97,500 sm³/hr | 97,500 sm³/hr | No aplica | No aplica | A partir de 500 kg |

En el **Anexo III** se encuentra la Hoja de seguridad del gas natural

## 5.3 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

El objetivo principal del Proyecto es atender la demanda de gas natural para las empresas residentes del Parque Industrial Amistad Chuy María (PIACM) instalado en las inmediaciones del municipio de Ramos Arizpe, Estado de Coahuila; con el propósito de suministrar y atender la demanda requerida de Gas Natural por ducto, se requiere construir una Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) y a partir de ahí, habilitar un ducto de acero al carbón en diámetro de 10"Ø, denominado "**Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV**", ubicado en el municipio de Ramos Arizpe, en el estado de Coahuila, dicha ERMP y gasoducto tendrá la capacidad de suministrar el consumo pico requerido de Gas Natural para el PIACM en un tiempo de 24 hrs de consumo diario.
El punto de interconexión de la ERMP se realizará en el gasoducto de 24" Ø en su tramo carretero 57 Ojo Caliente- Saltillo SCT, propiedad de PEMEX, (Administrado por el Centro Nacional de Control de Gas Natural CENAGAS); de esta manera se pretende evitar al mínimo emisiones contaminantes, al utilizar este energético que resulta más eficiente y con menores daños al medio ambiente.

La zona de estudio en general comprende el municipio de Ramos Arizpe, (Interconexión, trayectoria del gasoducto y ubicación Parque Industrial Amistad Chuy María), en el estado de Coahuila.

| "SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV" | | |
|---|---|---|
| Item | Municipios | Estado |
| 1 | Ramos Arizpe | Coahuila |

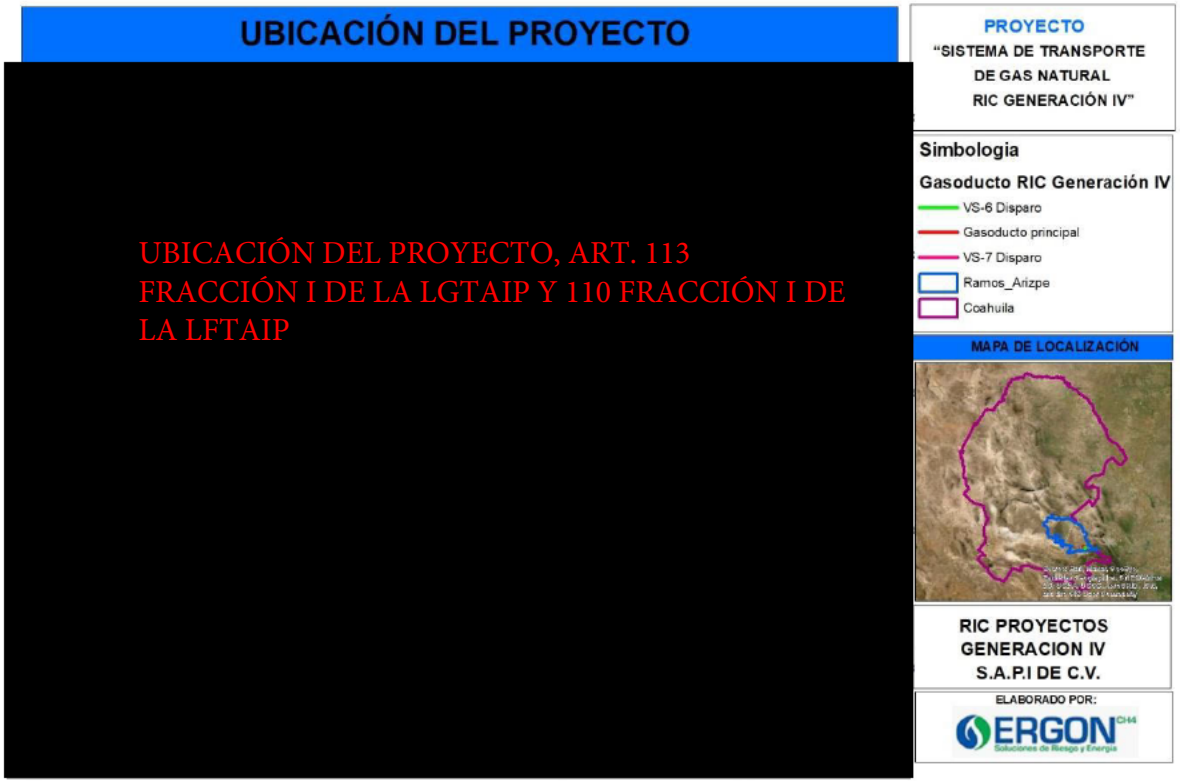



**Figura 5. Ubicación del "Sistema de Transporte de Gas natural RIC Generación IV**
**Fuente: Elaboración propia**

### Accesos del proyecto

El acceso principal al "**Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV**" será mediante la carretera Federal 57 tramo Saltillo – Castaños. Así mismo existen diversas carreteras y calles para acceder al Sistema.

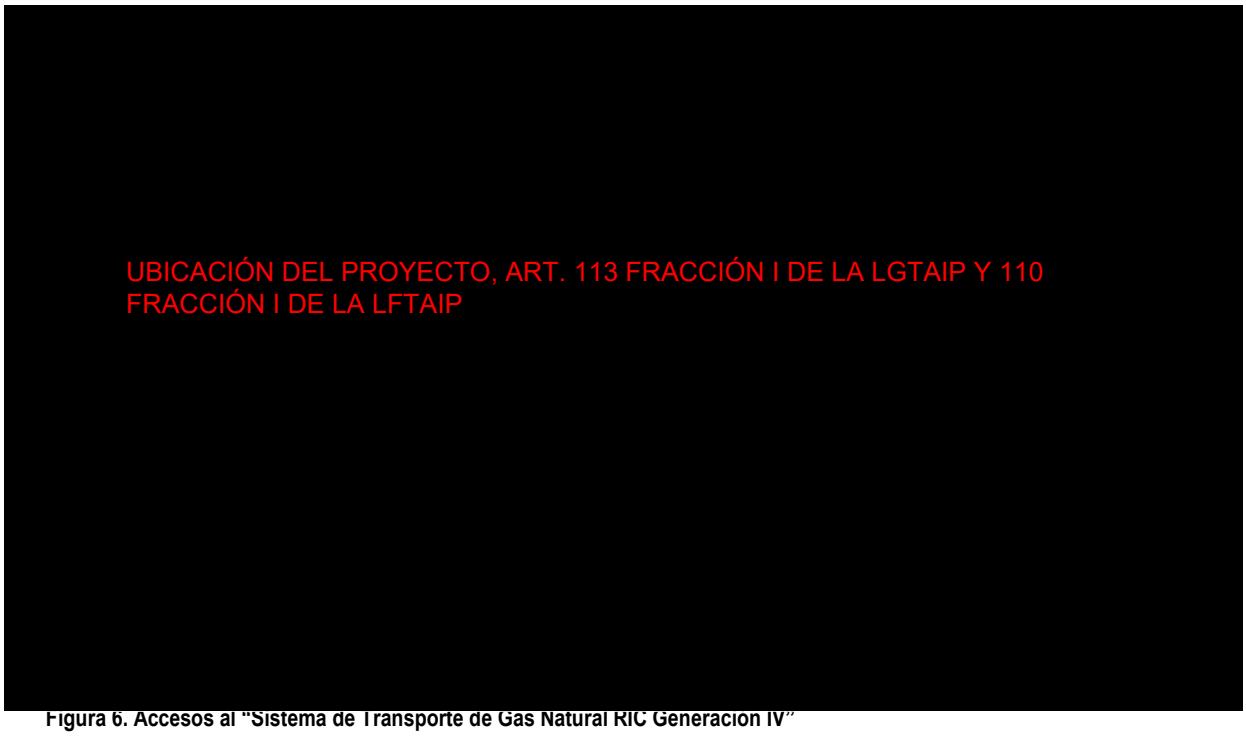



**Figura 6. Accesos al "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV"**

## Datos climatológicos

Las estadísticas de las variables meteorológicas se basan en observaciones reales. Ahora bien, de acuerdo con el Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, la altura del Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila donde se ubica el proyecto, es de 1,380 msnm y los vientos predominantes soplan en dirección Norte con velocidad de 22.5 km/h. En base a las Normales Climatológicas comprendidas en el periodo 1981-2010 de datos recabados por la Estación Climatológica 5140 Ramos Arizpe (DGE) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), localizada a una distancia de 8.32 km aproximadamente del sitio donde se pretende instalar el Gasoducto, se tiene una temperatura media normal de 18.5 °C. Por otro lado, la humedad relativa anual es de promedio 50 %.

## Aspectos abióticos

### Clima

El clima se refiere a los patrones de variación en temperatura, humedad, presión atmosférica, viento, precipitación y otras condiciones meteorológicas de interés en una región geográfica determinada; es decir, la sucesión periódica de los distintos tipos de tiempo que se repiten en una región de forma característica durante un periodo amplio de tiempo. Mientras el tiempo atmosférico es variable, el clima es estable y permanente.

En el entorno de la franja de 800 metros a ambos lados del DDV del Gasoducto, según la clasificación de Köppen modificada por García, el tipo de clima que se presenta es BS0hx' Seco semicálido.

- **BS0hx´:** Seco Semicálido con invierno fresco temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor a 18°C, con un régimen de lluvias escasas todo el año y un porcentaje de lluvias invernal respecto al total anual mayor de 18.

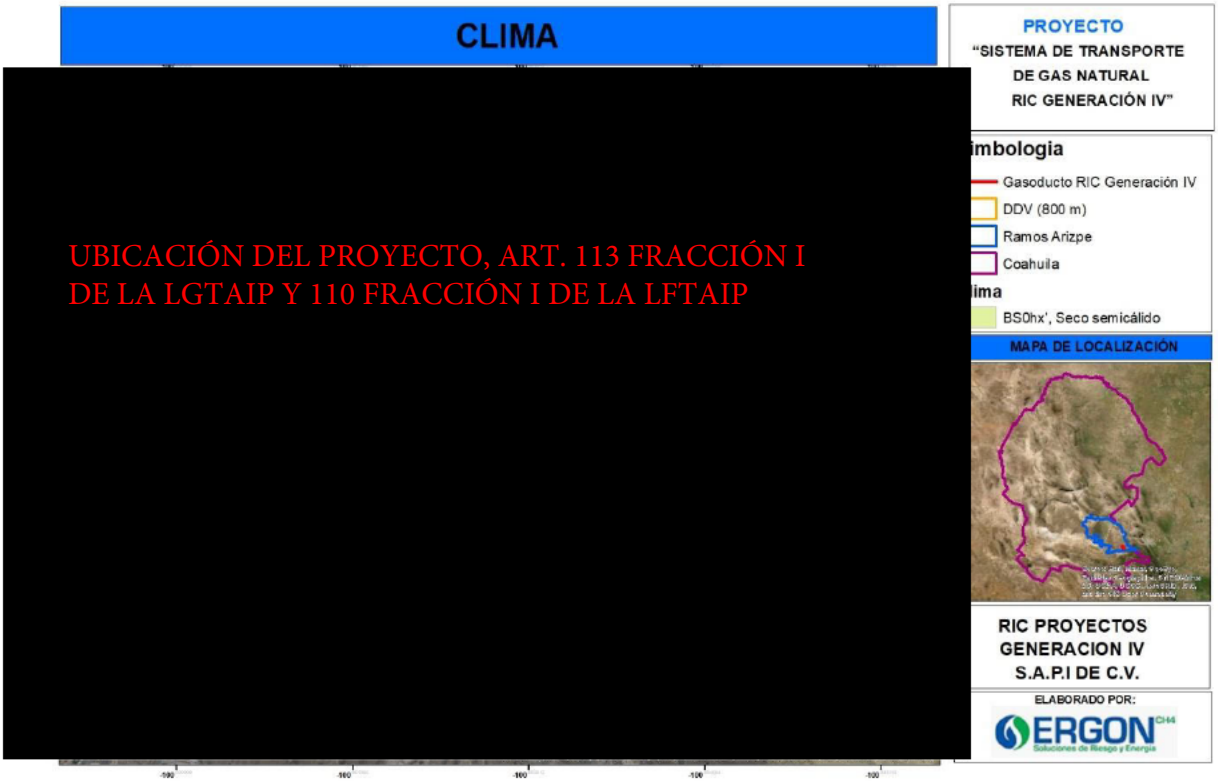



**Figura 7. Clima en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y el entorno de la franja de 800 metros a ambos lados del DDV**
**Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2008).**

### Temperatura

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) la estación climatológica más cercana al sitio del proyecto es la Estación 5140 de nombre Ramos Arizpe (DGE), que se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas Latitud: 25.5392 y Longitud: -100.9508 en el municipio de Ramos Arizpe, Coahuila a una altitud de 1400 msnm, a una distancia de 8.32 km aproximadamente del sitio donde se pretende instalar el Gasoducto. Tomando en cuenta las Normales Climatológicas comprendidas en el periodo 1981-2010 se obtiene que la temperatura mínima normal es de 9.9 °C, temperatura máxima normal es de 27.1 °C y temperatura media normal es de 18.5 °C.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

NORMALES CLIMATOLÓGICAS

ESTADO DE: COAHUILA DE ZARAGOZA — PERIODO: 1981-2010

ESTACION: 00005140 RAMOS ARIZPE (DGE) — LATITUD: 25°32'21" N. — LONGITUD: 100°57'03" W. — ALTURA: 1,400.0 MSNM.

| ELEMENTOS | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TEMPERATURA MAXIMA | | | | | | | | | | | | | |
| NORMAL | 20.8 | 22.3 | 26.6 | 28.7 | 31.3 | 32.2 | 31.6 | 31.0 | 28.8 | 27.1 | 23.2 | 21.0 | 27.1 |
| MAXIMA MENSUAL | 26.8 | 29.9 | 30.1 | 35.1 | 37.4 | 38.8 | 39.6 | 40.0 | 38.3 | 33.2 | 28.2 | 27.4 | |
| AÑO DE MAXIMA | 2009 | 2008 | 1986 | 2004 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 2004 | 2007 | 2007 | |
| MAXIMA DIARIA | 39.0 | 38.0 | 38.0 | 43.0 | 42.0 | 42.0 | 44.0 | 49.0 | 42.0 | 41.0 | 35.0 | 36.0 | |
| FECHA MAXIMA DIARIA | 23/2008 | 26/2009 | 23/2009 | 29/2004 | 01/2002 | 07/2007 | 04/1986 | 13/1986 | 24/1986 | 01/1986 | 29/2004 | 28/2010 | |
| AÑOS CON DATOS | 25 | 27 | 27 | 26 | 25 | 25 | 24 | 26 | 24 | 24 | 23 | 22 | |
| TEMPERATURA MEDIA | | | | | | | | | | | | | |
| NORMAL | 12.0 | 13.3 | 16.8 | 19.5 | 22.7 | 23.9 | 23.7 | 23.2 | 20.9 | 18.6 | 14.7 | 12.4 | 18.5 |
| AÑOS CON DATOS | 25 | 27 | 27 | 26 | 25 | 25 | 24 | 26 | 24 | 24 | 23 | 22 | |
| TEMPERATURA MINIMA | | | | | | | | | | | | | |
| NORMAL | 3.2 | 4.4 | 6.9 | 10.2 | 14.0 | 15.7 | 15.7 | 15.4 | 13.1 | 9.7 | 6.2 | 3.8 | 9.9 |
| MINIMA MENSUAL | 0.9 | 1.9 | 2.7 | 7.4 | 10.1 | 12.9 | 11.7 | 12.9 | 5.9 | 1.1 | 4.1 | 1.3 | |
| AÑO DE MINIMA | 1999 | 1985 | 1996 | 1988 | 2004 | 1985 | 1985 | 1984 | 1990 | 2003 | 1999 | 1997 | |
| MINIMA DIARIA | -7.0 | -7.0 | -8.0 | 0.0 | 2.0 | 2.0 | 0.0 | 10.0 | 0.0 | -1.0 | -5.0 | -10.0 | |
| FECHA MINIMA DIARIA | 03/2008 | 11/2010 | 07/1986 | 01/1985 | 13/2004 | 24/2004 | 25/2009 | 26/1983 | 10/1990 | 31/1993 | 28/1992 | 19/1996 | |
| AÑ0S CON DATOS | 25 | 27 | 27 | 26 | 25 | 25 | 24 | 26 | 24 | 25 | 23 | 22 | |

## Precipitación media anual

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Ramos Arizpe varía durante el año. La temporada más mojada dura 4.6 meses, de 19 de mayo a 5 de octubre, con una probabilidad de más del 19 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 34 % el 9 de septiembre. La temporada más seca dura 7.4 meses, del 5 de octubre al 19 de mayo. La probabilidad mínima de un día mojado es del 4 % el 19 de febrero. Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 34 % el 9 de septiembre.

Ahora bien, de acuerdo con Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED), la precipitación media anual en la parte sur es del rango de los 300 a 400 milímetros, y en la parte norte, este y oeste de 400 a 500 milímetros, con régimen de lluvias en los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y escasas en noviembre y diciembre

Según los datos de la Estación climatológica 5140 de nombre Ramos Arizpe (DGE), la precipitación pluvial mensual normal y máxima registrada son las siguientes:

| PRECIPITACION | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NORMAL | 14.3 | 11.8 | 5.5 | 17.0 | 41.0 | 30.1 | 63.5 | 29.1 | 58.3 | 21.6 | 9.9 | 15.6 | 317.7 |
| MAXIMA MENSUAL | 111.5 | 42.5 | 35.5 | 46.0 | 256.5 | 91.7 | 213.5 | 114.7 | 195.0 | 100.0 | 38.6 | 103.0 | |
| AÑO DE MAXIMA | 1992 | 1995 | 1993 | 1985 | 1995 | 1993 | 2007 | 2008 | 1988 | 1987 | 1997 | 1995 | |
| MAXIMA DIARIA | 25.5 | 30.5 | 20.0 | 23.5 | 71.5 | 35.0 | 115.0 | 40.1 | 87.0 | 75.0 | 24.0 | 33.0 | |
| FECHA MAXIMA DIARIA | 08/1992 | 25/1987 | 21/1993 | 21/1994 | 04/1995 | 04/1998 | 26/2007 | 17/1981 | 16/1988 | 20/1987 | 12/1997 | 02/1989 | |
| AÑOS CON DATOS | 25 | 26 | 27 | 26 | 25 | 25 | 24 | 26 | 24 | 25 | 23 | 23 | |

| NUMERO DE DIAS CON LLUVIA | 3.5 | 2.8 | 1.6 | 2.8 | 5.5 | 4.9 | 6.1 | 4.9 | 6.0 | 4.0 | 2.2 | 2.7 | 47.0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AÑOS CON DATOS | 25 | 26 | 27 | 26 | 25 | 25 | 24 | 26 | 24 | 25 | 23 | 23 | |

En base a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, valor que se obtiene a partir del promedio de las lluvias registradas en los doce meses del año; a lo largo del sitio donde se

pretende instalar el gasoducto y en el entorno de la franja de 800 metros a ambos lados del DDV se tiene con un rango de 125 a 400 mm.




**Figura 8. Precipitación media anual en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y el entorno de la franja de 800 metros a ambos lados del DDV**
**Fuente: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2008).**

## Evaporación

Según los datos de la Estación climatológica 5140 de nombre Ramos Arizpe (DGE), para el municipio de Ramos Arizpe, se tienen los siguientes registros:

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EVAPORACION TOTAL | | | | | | | | | | | | |
| NORMAL | 64.3 | 92.5 | 125.4 | 167.5 | 195.2 | 201.7 | 203.4 | 193.5 | 142.5 | 115.9 | 77.8 | 63.7 | 1,643.4 |
| AÑOS CON DATOS | 13 | 16 | 17 | 17 | 13 | 13 | 12 | 13 | 10 | 12 | 14 | 10 | |

## Hidrografía

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) la hidrografía contiene la información estructurada como un sistema lineal que modela el drenaje a través de arroyos y ríos en cada cuenca hidrográfica. Útil para el análisis de cuerpos y corrientes de agua.
El sitio donde se ubicará el gasoducto y el entorno de la franja de 800 metros a ambos lados del DDV se encuentran dentro de la Cuenca Hidrográfica Río Bravo – Río San Juan y Subcuenca Hidrográfica Río Pesquería, y de igual forma se aprecian algunas corrientes de agua que cruzan por el trayecto

como son el Arroyo Grande y el Arroyo Seco.

La Cuenca Río Bravo – Río San Juan se localiza en forma parcial en el sureste del estado y en el oeste de la RH-24, colinda al sur con la RH-37 y en el oeste con la RH-36. La porción del estado de Coahuila que comprende la cuenca es el área más alta de ésta, y en su desarrollo hacia el golfo de México comprende los estados de Nuevo León y Tamaulipas, con pendientes menores. Es importante señalar que en la cuenca se ubica la ciudad de Saltillo, capital del estado. En esta parte de la cuenca la topografía más característica es de sierra y lamería, que delimitan a las regiones hidrológicas 25 y 36, Y algunos valles en el noroeste y norte de Saltillo. El área total de la cuenca es de 32 972 Km 2, de los cuales 12 200 Km 2 corresponden a Coahuila; esta superficie es de 37% del área total. La cuenca tiene una precipitación media anual de 300 mm. El río San Juan es un escurrimiento perenne21 muy importante en el noreste del país, por las zonas urbanas localizadas en su cuenca; desemboca el río Bravo, a 58 Km agua abajo de la presa Falcón, dada su ubicación la cuenca del río San Juan está expuesta a frecuentes perturbaciones ciclónicas del golfo de México. El régimen del río es irregular y está formado por los siguientes afluentes: Salinas, Pesquería, Santa Catarina, Ramos, Pilón y Mohino, de éstos los dos primeros nacen en el estado de Coahuila.

La Subcuenca Río Pesquería se debe al Rio Pesquería que nace muy cerca de la frontera del Estado de Coahuila y Nuevo Leon, ingresando por el municipio de Garcia (anteriormente llamado Pesquería Grande), las aguas superficiales de río y sus linderos han servido de corredor biológico comunicando a cuatro áreas naturales protegidas estatales: El Cerro del Moro, la Sierra del Fraile, la Sierra de las Mitras y El Cerro de Topo.

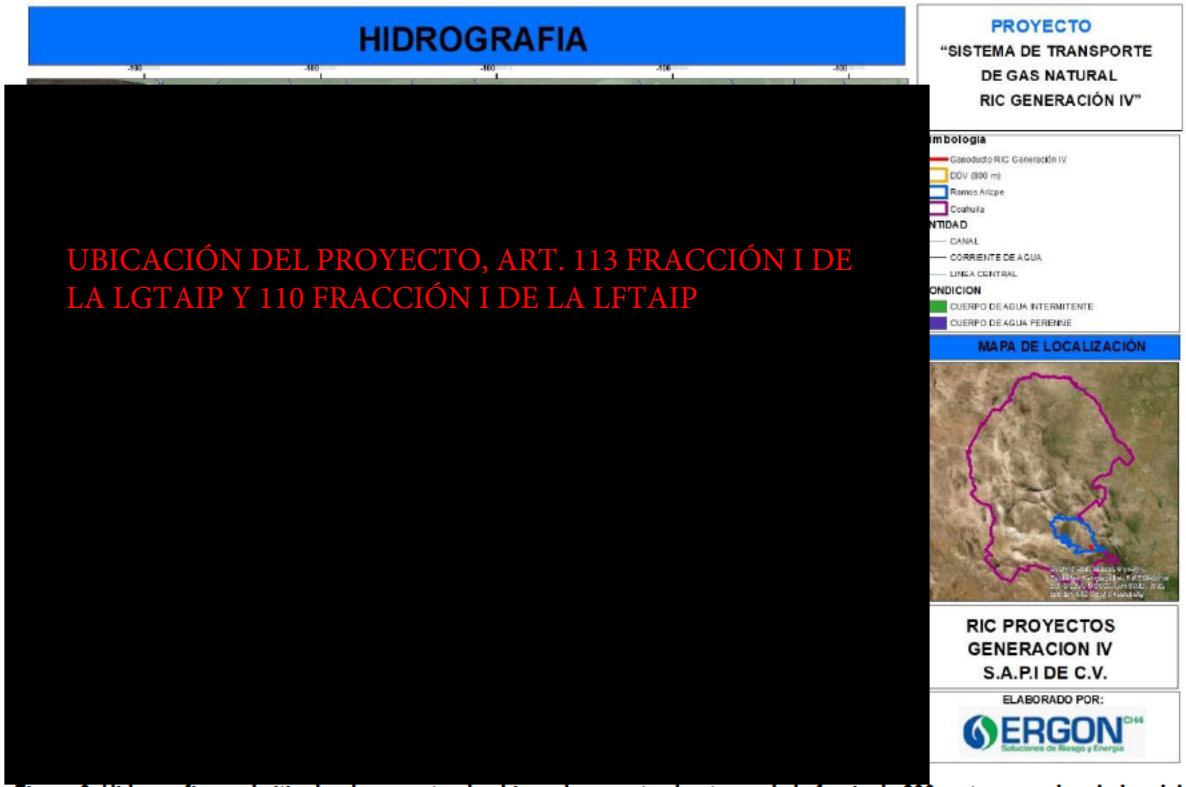



**Figura 9. Hidrografía en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto el entorno de la franja de 800 metros a ambos lados del DDV**

**Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010).**

## Suelos

La edafología es la disciplina que se aboca al estudio del suelo, con la finalidad de señalar su vocación y con ello estar en la capacidad de manejarlo y explotarlo de manera óptima. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2014) el tipo de suelo en el sitio donde se ubicará el proyecto y el entorno de la franja de 800 metros a ambos lados del DDV es:

**Tabla 14. Edafología presente en el sitio del proyecto y el entorno de la franja de 800 m a ambos lados del DDV del Gasoducto**

| Edafología | Área (800 m) (Ha) | Porcentaje % |
|---|---|---|
| Regosol Calcárico | 295.282485 | 20.8303 |
| Xerosol Háplico | 507.750908 | 35.8186 |
| Feozem Calcárico | 90.523854 | 6.3858 |
| Litosol | 524.003886 | 36.9651 |

A continuación, se describen los tipos de suelos identificados de acuerdo con la Clasificación de FAO-UNESCO:

## Regosol Calcárico

Regosol: Del griego rhegos, manta. Suelos con propiedades físicas o químicas insuficientes para colocarlos en otro grupo de suelos. Son pedregosos, de color claro en general y se parecen bastante a la roca que les ha dado origen cuando no son profundos. Son comunes en las regiones montañosas o áridas de México, asociados frecuentemente con Leptosoles. Son someros con fertilidad variable y su productividad se relaciona a su profundidad y pedregosidad. El cultivo de granos tiene resultados moderados a bajos y para uso forestal y pecuario tienen rendimientos variables.

Calcárico: Del latín *calcarius,* con cal. Suelo con más de 2% de carbonato de calcio. No tiene las propiedades específicas del horizonte cálcico.

## Xerosol Háplico

Xerosol: Del griego xeros: seco. Literalmente, suelo seco. Se localizan en las zonas áridas y semiáridas del centro y norte de México. Su vegetación natural es de matorral y pastizal y son el tercer tipo de suelo más importante por su extensión en el país (9.5%). Tienen por lo general una capa superficial de color claro por el bajo contenido de materia orgánica. Debajo de esta capa puede haber un subsuelo rico en arcillas, o bien, muy semejante a la capa superficial. Muchas veces presentan a cierta profundidad manchas, aglomeraciones de cal, cristales de yeso o caliche con algún grado de dureza. Su rendimiento agrícola está en función a la disponibilidad de agua para riego. El uso pecuario es frecuente sobre todo en los estados de Coahuila, Chihuahua y Nuevo León. Son de baja susceptibilidad a la erosión, salvo en laderas o si están directamente sobre caliche o tepetate a escasa profundidad.

Háplico: Suelos sin desarrollo que no presentan rasgos de evolución o calificador de suelo notable.

**Feozem Calcárico**

Feozem: También llamado phaeozem, son suelos de clima semiseco y subhúmedo, de color superficial pardo a negro, fértiles en magnesio, potasio y sin carbonatos en el subsuelo. El relieve donde se desarrollan estos suelos es generalmente plano o ligeramente ondulado. En México constituyen los suelos más importantes para la agricultura, por ejemplo, en los Altos de Jalisco, las llanuras de Querétaro, Hidalgo y norte de Guanajuato, en la Gran Meseta Chihuahuense, al pie de la Sierra Madre Occidental y en numerosos valles del sur y sureste de México.

Calcárico: Del latín *calcarius,* con cal. Suelo con más de 2% de carbonato de calcio. No tiene las propiedades específicas del horizonte cálcico.

**Litosol**

Tambien llamados leptosoles, actualmente representan suelos con menos de 25 cm de espesor o con más de 80% de su volumen ocupado por piedras o gravas. Son muy susceptibles a la erosión. Se localizan generalmente en las zonas montañosas con más de 40% de pendiente como la sierra La Giganta, Del Burro, La Paila, San Carlos, del Pinacate y la Sierra Lacandona. También son abundantes en la Mixteca Alta Oaxaqueña, el Carso Huasteco, al pie de la Sierra Madre Occidental y en todos los sistemas de cañones. Un caso particular son los extensos afloramientos calizos encontrados en la Península de Yucatán. Los tipos de vegetación más relacionados con los afloramientos rocosos son el matorral desértico rosetófilo, la selva baja caducifolia y el bosque de encino. El uso principal de este suelo es para agostadero.

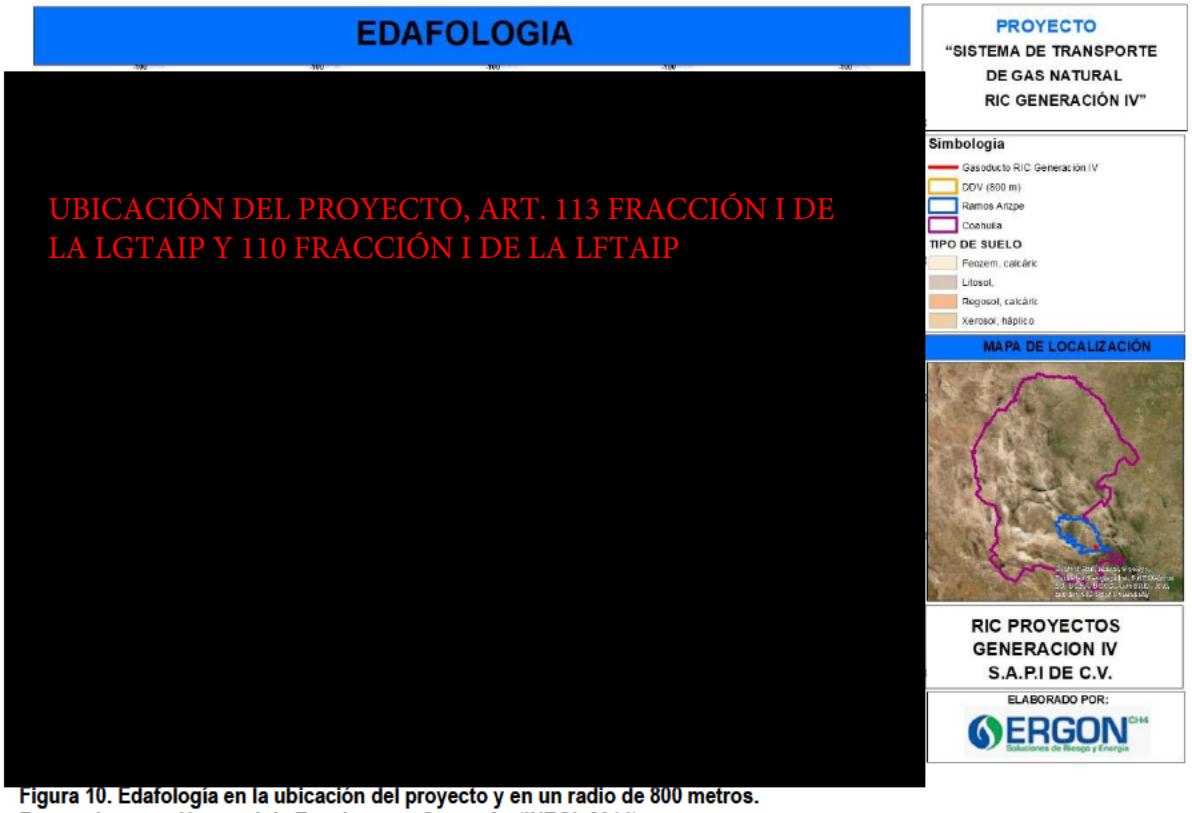



**Figura 10. Edafología en la ubicación del proyecto y en un radio de 800 metros.**
**Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2014).**

## Geología

La Geología determina la composición física y la historia geológica del suelo, al igual que los materiales que componen la estructura terrestre, como lo son las rocas y los minerales, y los procesos relacionados con ellos.

De acuerdo con la cartografía del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el sitio donde se ubicará el proyecto y el entorno de la franja de 800 metros a ambos lados del DDV se encuentra geológicamente conformado por lo siguiente:

| Agrupación Leyenda | Entidades | Era geológica | Clase | Serie | Tipo de roca | Sistema | Clave geológica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No aplica | Suelo | Cenozoico | N/A | N/A | N/A | Cuaternario | Q(s) |
| No aplica | Unidad cronoestratigráfica | Mesozoico | Sedimentaria | Cretácico superior | Lutita-Arenisca | Cretácico | Ks(lu-ar) |
| No aplica | Unidad cronoestratigráfica | Cenozoico | Sedimentaria | N/A | Conglomerado | Cuaternario | Q(cg) |
| No aplica | Unidad cronoestratigráfica | Mesozoico | Sedimentaria | Cretácico superior | Lutita | Cretácico | Ks(lu) |

**Tabla 15. Geología presente en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV**

| Clave geológica | Área (800 m) (Ha) | Porcentaje % |
|---|---|---|
| Q(s) | 304.441721 | 21.4764 |
| Ks(lu-ar) | 9.152913 | 0.6456 |
| Q(cg) | 1081.168088 | 76.2695 |
| Ks(lu) | 22.798411 | 1.6082 |




**Fuente: Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos (INEGI).**

### Regiones Hidrológicas Prioritarias

En México, existen 110 Regiones Hidrológicas Prioritarias por su diversidad identificadas por el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias. Las problemáticas identificadas en cada una de estas áreas varías desde: sobreexplotación de los acuíferos y subterráneos, contaminación de los acuíferos superficiales y subterráneos, cambio de uso de suelo para agricultura, ganadería, silvicultura y crecimiento urbano e industrial y la introducción de especies exóticas a los cuerpos de agua. De acuerdo con Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) el trazo del gasoducto y un radio de 800 metros a ambos lados del DDV, no se ubicará dentro de ninguna Región Hidrológica Prioritaria.

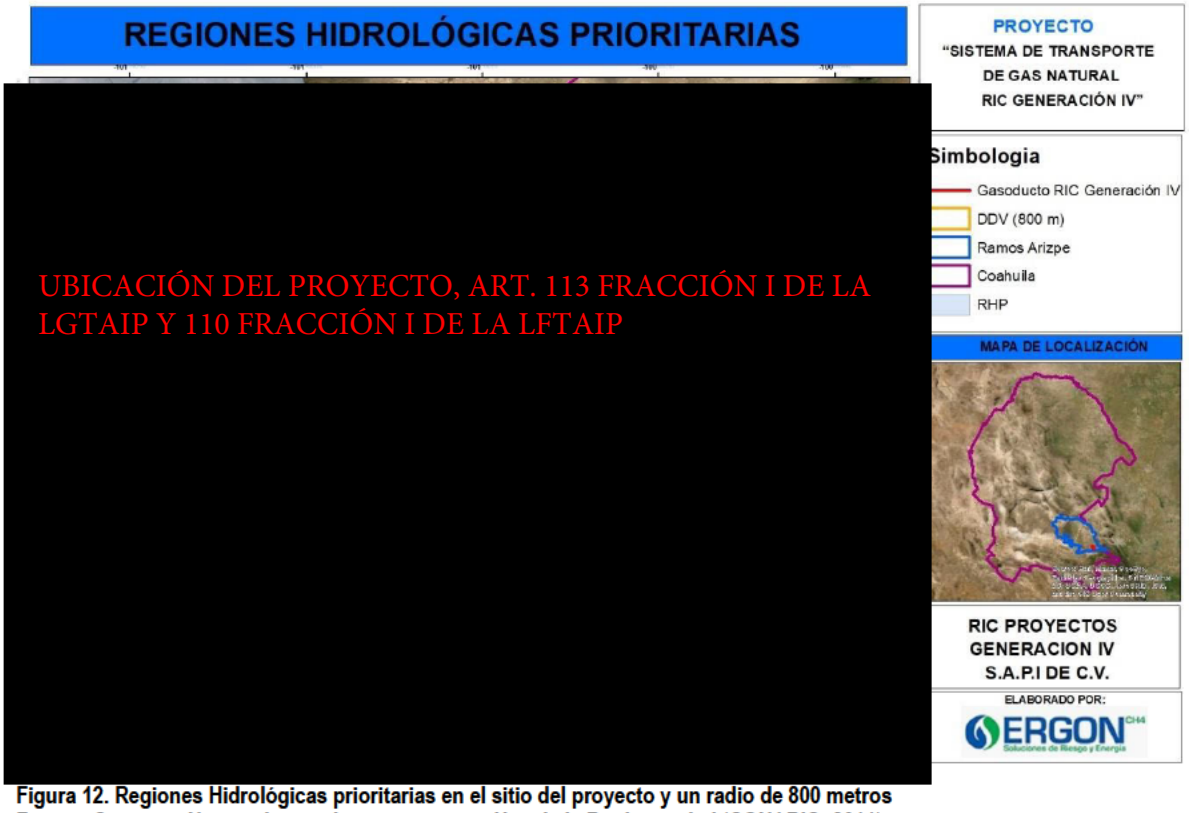



**Figura 12. Regiones Hidrológicas prioritarias en el sitio del proyecto y un radio de 800 metros Fuente: Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2011).**

### Regiones Marinas Prioritarias

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad junto a un grupo de expertos identificaron, delimitaron y caracterizaron 70 áreas costeras y oceánicas consideradas prioritarias por su alta diversidad biológica, por el uso de sus recursos y por su falta de conocimiento sobre biodiversidad. De la misma forma, se identificaron las amenazas al medio marino de mayor incidencia o con impactos significativos en nuestras costas y mares, de acuerdo con las cuales se hicieron recomendaciones para su prevención, mitigación, control o cancelación. Ahora bien, la ubicación del gasoducto No se encuentra dentro de alguna Región Marina Prioritaria.




**Figura 13. Regiones marinas prior tarias del territorio mexicano.**
**Fuente: Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2008).**

### Regiones Terrestres Prioritarias

Las Regiones Terrestres Prioritarias corresponden a unidades físico-temporales estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destacan por la presencia de una riqueza ecosistémica y específica y una presencia de especies endémicas comparativamente mayor que en el resto del país, así como por una integridad biológica significativa y una oportunidad real de conservación. Esto último implicó necesariamente considerar las tendencias de apropiación del espacio por parte de las actividades productivas de la sociedad a través del análisis del uso del suelo. A la fecha, se consideraron 152 Regiones Terrestres Prioritarias con una superficie identificada como prioritaria para la biodiversidad de 515, 558 km$^2$. El trazo del gasoducto no cruzará por alguna de las Regiones terrestres Prioritarias, sin embargo, dentro del radio de 800 metros a ambos lados del DDV se encontrará la Región Terrestre Prioritaria El Potosí-Cumbres de Monterrey.

**Tabla 16. Regiones Terrestres Prioritarias en un radio de 800 metros**

| Región Terrestres Prioritaria | Área (800 m) (Ha) | Porcentaje % |
|---|---|---|
| El Potosí-Cumbres de Monterrey | 0.3885 | 0.026 |




**Figura 14. Regiones terrestres prioritarias en el sitio del proyecto y en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV. Fuente: Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2008).**

## Aspectos bióticos

A continuación, se describen los aspectos bióticos que se identifican en el "Sistema de Transporte de Gas Natural RIC Generación IV" y en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV.

### Flora y Fauna

La información de uso de suelo y vegetación es útil para conocer el estado actual en que se encuentran los diferentes tipos vegetación, además de que proporciona información básica para la enseñanza e investigación sobre los recursos naturales.
De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) Serie VI, Edición:2017, los tipos de Vegetación identificados en el sitio del proyecto, así como en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV son los siguientes:

**Tabla 17. Tipo de Vegetación en un radio de 800 metros**

| Tipo de Vegetación | Área (800 m) (Ha) | Porcentaje % |
|---|---|---|
| No Aplicable | 559.514091 | 39.4702% |
| Matorral Desértico Micrófilo | 426.271015 | 30.0707% |
| Matorral Desértico Rosetófilo | 431.776027 | 30.4591% |




**Figura 15. Vegetación en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y un radio de 800 metros. Fuente: Instituto Nacional de Estadistica y Geografia Serie VI (2017)**

De acuerdo con el Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED) en el municipio de Ramos Arizpe, Coahuila la vegetación está formada por lechuguilla, coyonostle, candelilla y diversas especies de palmas; pinos y nogales. Respecto a animales silvestres, éstos se componen de mamíferos pequeños, aves de rapiña y canarios, serpientes como cascabel y coralillo; águila, cuervo y halcón.

## Uso de suelo

En base al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) Serie VI, Edición:2017, los usos de suelo identificados son los siguientes:

**Tabla 18. Tipos de uso de suelo de acuerdo con INEGI.**

| Uso de Suelo | Área (800 m) (Ha) | Porcentaje |
|---|---|---|
| Asentamientos Humanos | 214.043592 | 15.0994258230696 |
| Matorral Desértico Micrófilo | 217.577226 | 15.3487014355803 |
| Matorral Desértico Rosetófilo | 431.7760 | 30.4590 |
| Agricultura de Riego Anual | 345.4704 | 24.3707 |
| Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo | 208.6936 | 14.7219 |




**Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía Serie VI (2017)**

### Sitios Ramsar

En México hay 142 Humedales de Importancia Internacional, ocupando el segundo lugar a nivel mundial. Estos humedales son conocidos como Sitios Ramsar, y son áreas que han sido reconocidas internacionalmente al asignarles una designación de acuerdo con los criterios establecidos por la "Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas" (Convención Ramsar), tratado internacional del que México es parte. Esta Convención fue celebrada en la ciudad de Ramsar, Irán el 2 de febrero de 1971. El Artículo 133 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos indica que "todos los tratados que estén de acuerdo con la misma [Constitución], celebrados y que se celebren por el presidente de la República, con aprobación del Senado, serán la ley suprema de toda la Unión".

Por eso, la Convención Ramsar debe de considerarse como una ley suprema y su cumplimiento es responsabilidad de todos los mexicanos, en función de sus atribuciones. El sitio donde se pretende ubicar el gasoducto, así como un radio de 800 metros a ambos lados del DDV no se ubicarán en un sitio Ramsar.




**Figura 17. Sitios Ramsar con respecto al proyecto y un radio de 800 metros a ambos lados del DDV.**
**Fuente: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2015).**

### Área de importancia para la conservación de las aves (AICA´S)

El programa de las AICAS surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y BirdLife International. Inició con apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves. Cada área o AICA contiene una descripción técnica que incluye descripción biótica y abiótica, un listado avifaunístico que incluye las especies registradas en la zona, su abundancia (en forma de categorías) y su estacionalidad en el área.

De acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad el sitio en el que se ubicará el sitio donde se pretende ubicar el gasoducto y un radio de 800 metros a ambos lados del DDV, no estarán dentro de alguna Área de importancia para la conservación de las aves (AICAS).




**Figura 18. Áreas de conservación para las aves (AICA´s) con respecto al sitio del proyecto y un radio de 800 metros a ambos lados del DDV.**
**Fuente: Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2015).**

## Riesgos Hidrometeorológicos

La Ley General de Protección Civil, en su artículo 2, inciso XXIII define a un Fenómeno Hidrometeorológico como un agente perturbador que se genera por la acción de los agentes atmosféricos, tales como: ciclones tropicales, lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres; tormentas de nieve, granizo, polvo y electricidad; heladas; sequías; ondas cálidas y gélidas; y tornados. Si bien los fenómenos hidrometeorológicos juegan un papel importante en la distribución de la lluvia en México, también son muchos los riesgos y sus consecuencias, ya que son responsables de algunos de los mayores desastres que ha enfrentado el país.

### Sequías

Una sequía se caracteriza por un prolongado período de tiempo anormalmente seco. Se presume que en la actualidad hay mayores sequías que antaño, muestra de los efectos del cambio climático.

El riesgo de sequía para un municipio se determina mediante la vulnerabilidad ante la sequía y la probabilidad de presencia de ésta para el municipio. De acuerdo con el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENAPRED), el grado de riesgo por sequía en el sitio donde se pretende ubicar el gasoducto y un radio de 800 metros a ambos lados del DDV es Muy Bajo.

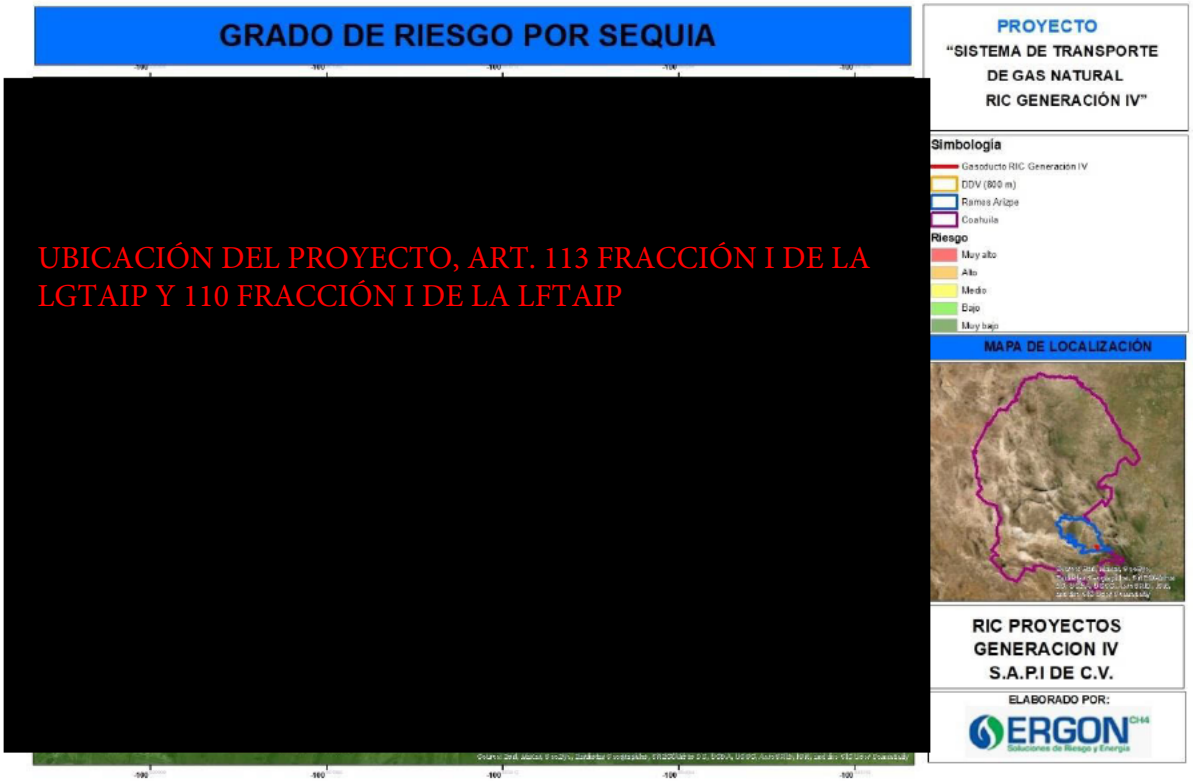



**Figura 19. Grado de riesgo por sequías en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y un radio de 800 metros. Fuente: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENAPRED).**

## Heladas

Las heladas son un fenómeno meteorológico característico de las regiones donde las oscilaciones de temperatura son grandes, especialmente en las zonas áridas y semiáridas o en lugares de gran altitud. Se define una helada como la disminución de la temperatura ambiente, al grado de igualar los ceros grados centígrados o incluso registrar temperaturas inferiores.

De acuerdo con el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENAPRED), el sitio donde se pretende ubicar el gasoducto y un radio de 800 metros a ambos lados del DDV contarán con un índice de riesgo por heladas Bajo.

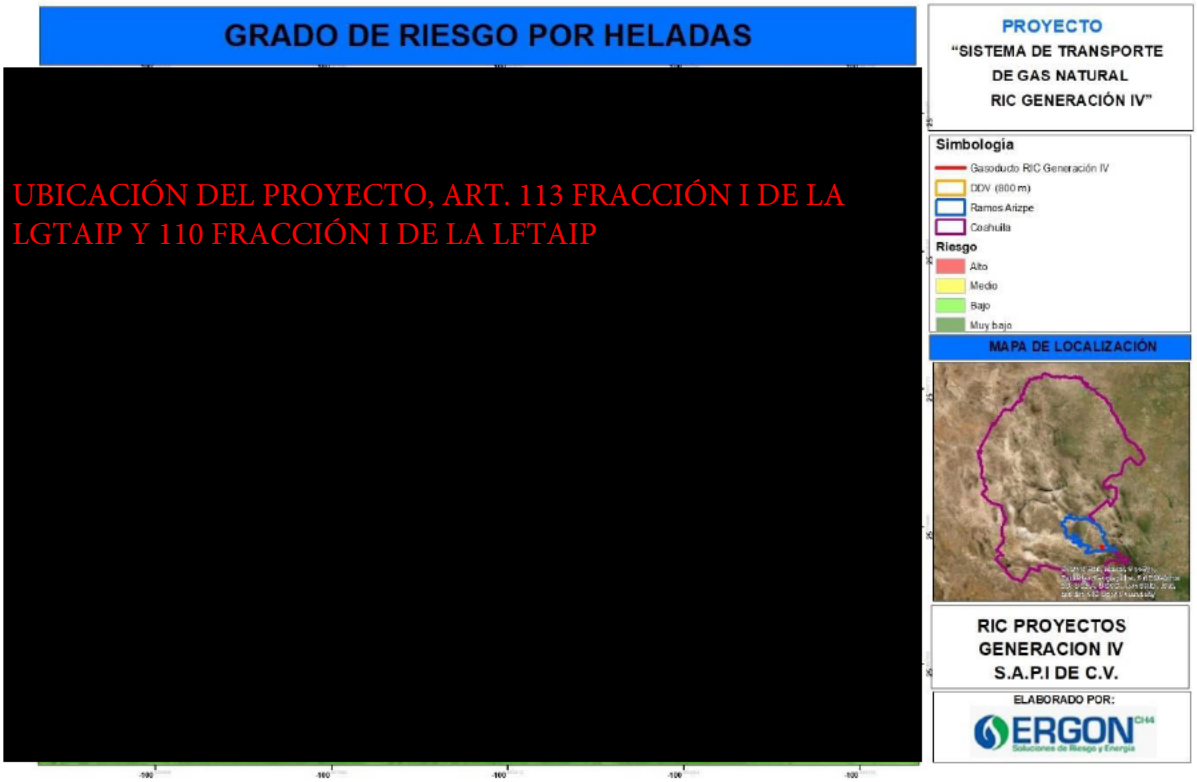



**Figura 20. Grado de riesgo por heladas en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y un radio de 800 metros. Fuente: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENAPRED).**

### Tormentas eléctricas

Una tormenta eléctrica es un tipo de tormenta que produce rayos y truenos las cuales pueden estar o no, acompañadas a menudo de fuertes lluvias. Es un fenómeno meteorológico interesante y a menudo temido, debido a su peligrosidad y el ruido que provoca. Estas se traducen en lluvias intensas y abundantes que traen consigo truenos fuertes, pero de corta duración, después de los cuales se vislumbran los rayos o relámpagos.

De acuerdo con el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENAPRED), el sitio donde se pretende instalar el gasoducto y un radio de 800 metros a ambos lados del DDV, tendrán un riesgo por tormentas eléctricas Muy Bajo.




**Figura 21. Grado de riesgo por tormentas eléctricas en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y un radio de 800 metros. Fuente: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENAPRED).**

## Inundaciones

Las inundaciones se presentan como consecuencia de lluvias intensas en diferentes regiones del territorio nacional. Algunas se desarrollan durante varios días, pero otras pueden ser violentas e incontenibles en pocos minutos. Las fuertes lluvias generan tres peligros: las inundaciones, los torrentes y los deslaves. En base al Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENAPRED), el sitio donde se pretende instalar el gasoducto y un radio de 800 metros a ambos lados del DDV, presentan un riesgo por inundación Muy Bajo.

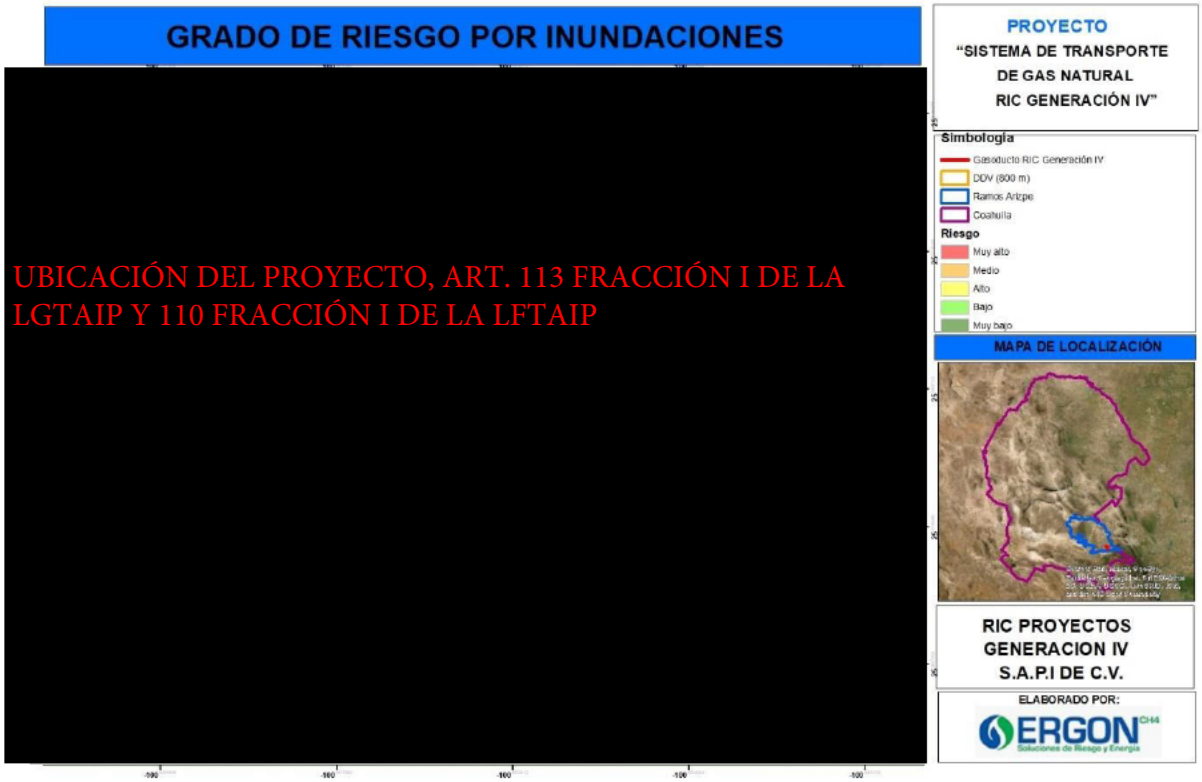



**Figura 22. Riesgo por inundaciones en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y un radio de 800 metros. Fuente: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENAPRED).**

## Ciclones Tropicales

Un ciclón tropical es un sistema giratorio, organizado por nubes y tormentas que se origina sobre aguas tropicales o subtropicales y tiene un centro de circulación cerrado en los niveles bajos de la atmósfera.

En base al Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENAPRED), el sitio donde se pretende instalar el gasoducto y un radio de 800 metros a ambos lados del DDV, presentan un riesgo por ciclones tropicales es Muy Bajo.

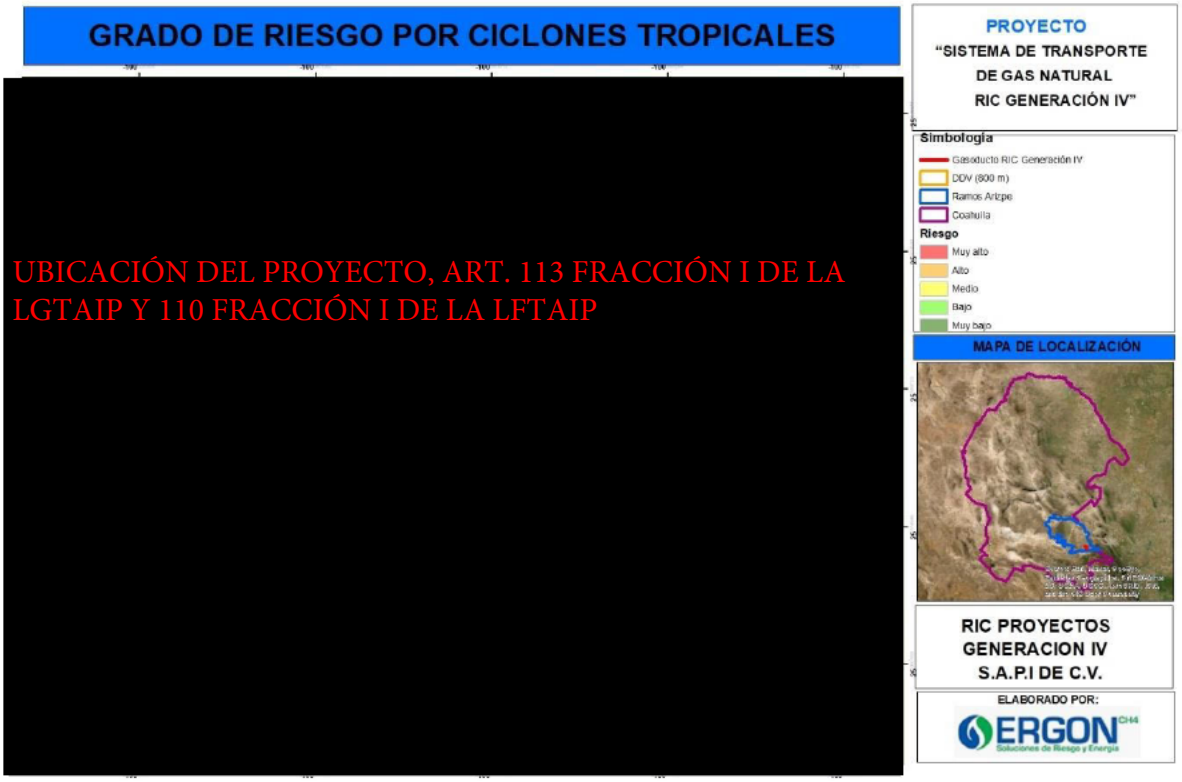



**Figura 23. Grado de riesgo por sequías en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y un radio de 800 metros. Fuente: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENAPRED).**

En los últimos años, el Estado de Coahuila ha sido afectado por fenómenos perturbadores como incendios forestales, heladas, lluvias extremas, sequía e inundaciones entre otros. Esta complejidad ha llevado a la declaratoria de emergencia y de desastre en prácticamente todos los municipios que conforman al estado, han cobrado la vida de muchos coahuilenses y han destruido mucha infraestructura. Los fenómenos de origen hidrometeorológico son los que más frecuentemente azotan el territorio estatal.

A continuación, se presenta una reseña histórica de estos fenómenos naturales:

| Fenómenos naturales más destacados en Coahuila | |
|---|---|
| **Año** | **Narrativa de principales acontecimientos** |
| 2004 | Una crecida repentina del Río Escondido causó la muerte de más de treinta personas en el municipio de Piedras Negras, así como incalculables pérdidas en bienes e infraestructura. |
| 2006 | Parras de la Fuente se vio inundada por las aguas del Arroyo Guadalupe. |
| 2007 | Ramos Arizpe se inundó por lluvias atípicas que superaron la capacidad hidráulica de sus arroyos |
| 2007 | La población de Saltillo, Arteaga, Ramos Arizpe y Parras de la Fuente, resintieron los efectos de las heladas que en 2007 causaron la imperativa apertura de refugios temporales. |
| 2008 | La región Carbonífera fue víctima de las lluvias que dejó a su paso el Huracán Dolly y la Laguna resintió los efectos del granizo severo. |
| 2008 | Un tornado destruyó parte de Piedras Negras, el fenómeno estaba considerado por el Sistema Nacional de Protección Civil, como no factible de desarrollarse y afectar el territorio mexicano. Fue la primera vez que un tornado causaba daño en una zona habitada del territorio nacional. |
| 2009 | Monclova se vio afectada por fuertes vientos y precipitaciones muy abundantes. |

| Fenómenos naturales más destacados en Coahuila | |
|---|---|
| **Año** | **Narrativa de principales acontecimientos** |
| 2010 | Acuña, Torreón y Saltillo sufrieron daños por lluvias atípicas. |
| 2011 | los incendios forestales alcanzaron proporciones nunca antes vistas a nivel nacional y Coahuila fue declarado zona de desastre, por primera vez en la historia del FONDEN. |
| 2012 | El municipio de Múzquiz en 2012, fue el escenario de una nueva tormenta de granizo que afectó a gran parte de la población. |
| 2012 | Por causa de las lluvias que dejó el paso del huracán Alex, 32 de los 38 municipios del estado de Coahuila fueron declarados zona de desastre por el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN). |
| **Fuente: Programa Especial Protección Civil 2011-2017, Gobierno de Coahuila** | |

## Riesgos Geológicos

La Ley de Protección Civil, en su artículo 2 fracción XXIII, define a los Fenómenos Geológicos como un Agente perturbador que tiene como causa directa las acciones y movimientos de la corteza terrestre. A esta categoría pertenecen los sismos, las erupciones volcánicas, los tsunamis, la inestabilidad de laderas, los flujos, los caídos o derrumbes, los hundimientos, la subsidencia y los agrietamientos. Los riesgos geológicos son los que causan mayores catástrofes naturales y con el fin de poder actuar de forma preventiva y minimizar el impacto de estos peligros tanto de las personas como de bienes, es necesario conocer su comportamiento y su distribución en el territorio.

Los riesgos geológicos se clasifican en tres grupos:

1. Los originados directamente por la dinámica de los procesos geológicos internos (volcanes, terremotos y tsunamis).
2. Los derivados directamente de la dinámica de los procesos geológicos externos (inundaciones y movimientos gravitacionales).
3. Los riesgos geológicos inducidos provocados por la intervención y modificación directa del ser humano sobre el medio geológico o la dinámica de diversos procesos geológicos naturales

## Volcanes

Entre los grandes peligros naturales se encuentran diversas clases de fenómenos geológicos, entre ellos se incluyen erupciones volcánicas. A todo lo largo de la historia escrita las erupciones volcánicas han sido causa de números desastres, en los que el número de víctimas humanas ha sido grande y los daños a los bienes elevados. Por ello, los volcanes que hacen erupción cerca de ciudades representan una amenaza particularmente grave.

De acuerdo con el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENAPRED), el sitio donde se pretende ubicar el Gasoducto y así como en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV, no se encuentra en zonas con volcanes activos.

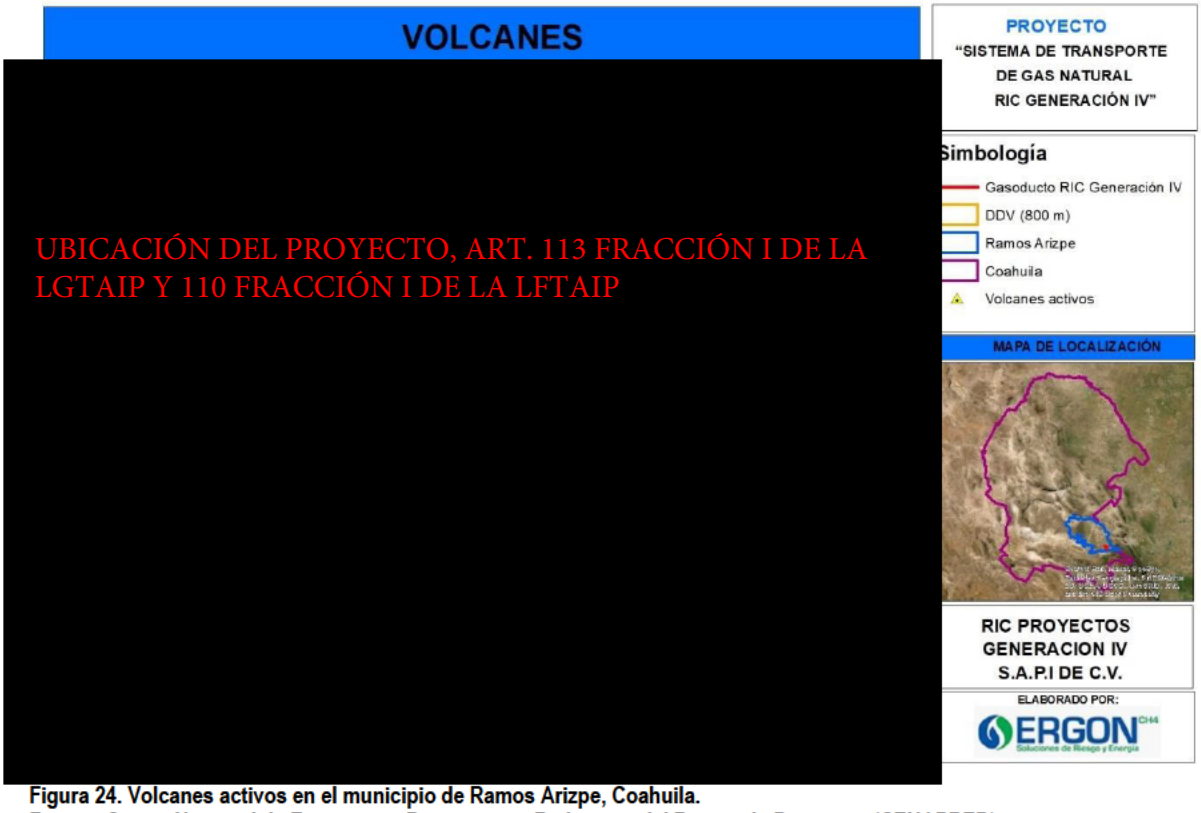



**Figura 24. Volcanes activos en el municipio de Ramos Arizpe, Coahuila.**
**Fuente: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENAPRED).**

### Zonas Susceptibles a Hundimientos y Deslizamientos de Laderas

Un hundimiento se presenta cuando al interior de la corteza se ha producido la acción erosiva de las aguas subterráneas, y se va creando vacío, el cual termina por ceder ante el peso de la parte superior generando vibraciones conocidas como sismos. Su ocurrencia es poco frecuente y de poca extensión.

De acuerdo con el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENAPRED), el sitio donde se pretende ubicar el gasoducto, así como en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV, no se encuentra en zona susceptible de hundimientos y desplazamientos.




**Figura 25. Zonas susceptibles a hundimientos y desplazamientos en el sitio donde se pretende ubicar el proyecto y un radio de 800 metros.**
**Fuente: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENAPRED).**

### Tsunamis

También conocido como maremoto, el tsunami es una secuencia de las olas que se generan cuando cerca o en el fondo del océano ocurre un terremoto. La gran mayoría de los tsunamis se origina por sismos que ocurren en el contorno costero del océano pacifico, en la zona de hundimientos de los bordes de las placas tectónicas que constituyen las cortezas del fondo del mar.

De acuerdo con el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENAPRED), el sitio donde se pretende ubicar el gasoducto, así como en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV no se encuentra dentro de la zonificación de tsunamis.

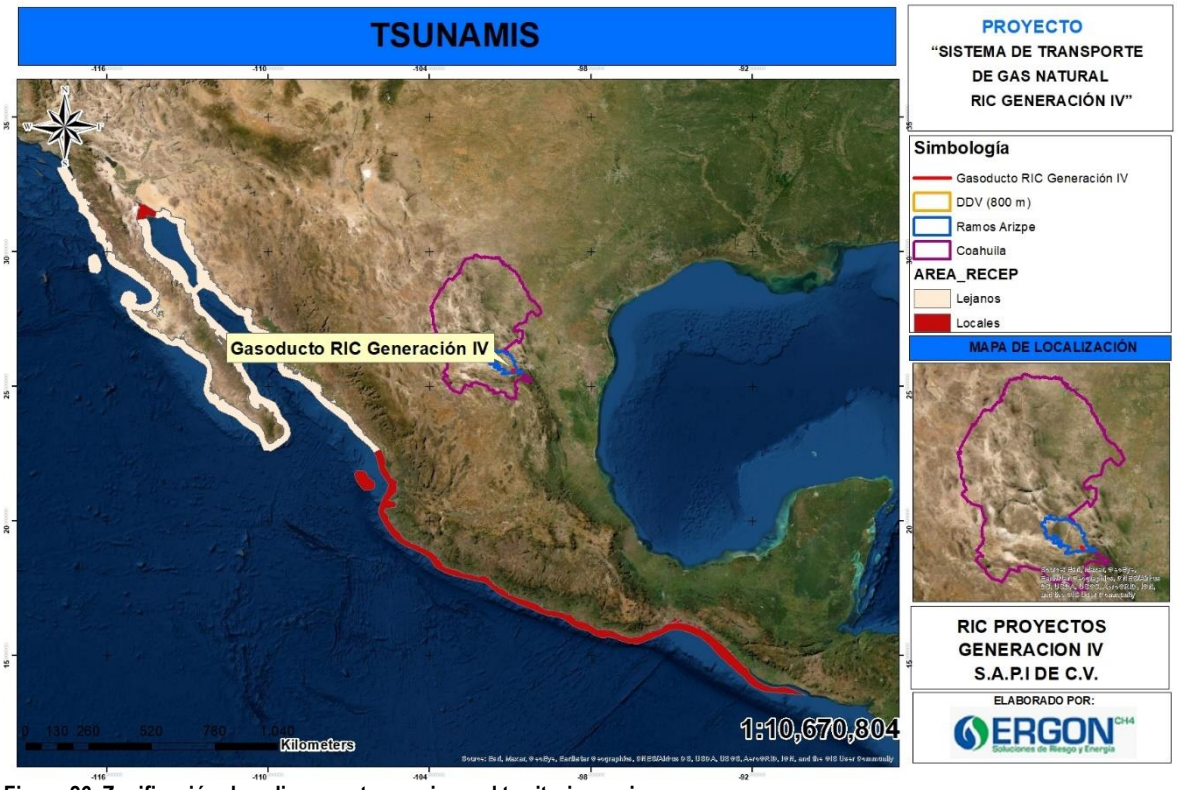



**Figura 26. Zonificación de peligro por tsunamis en el territorio mexicano.**
**Fuente: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENAPRED).**

## Sismicidad

La República Mexicana se encuentra divida en 4 zonas sísmicas (A; B; C; D). El sitio donde se pretende instalar el gasoducto pertenece a 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.

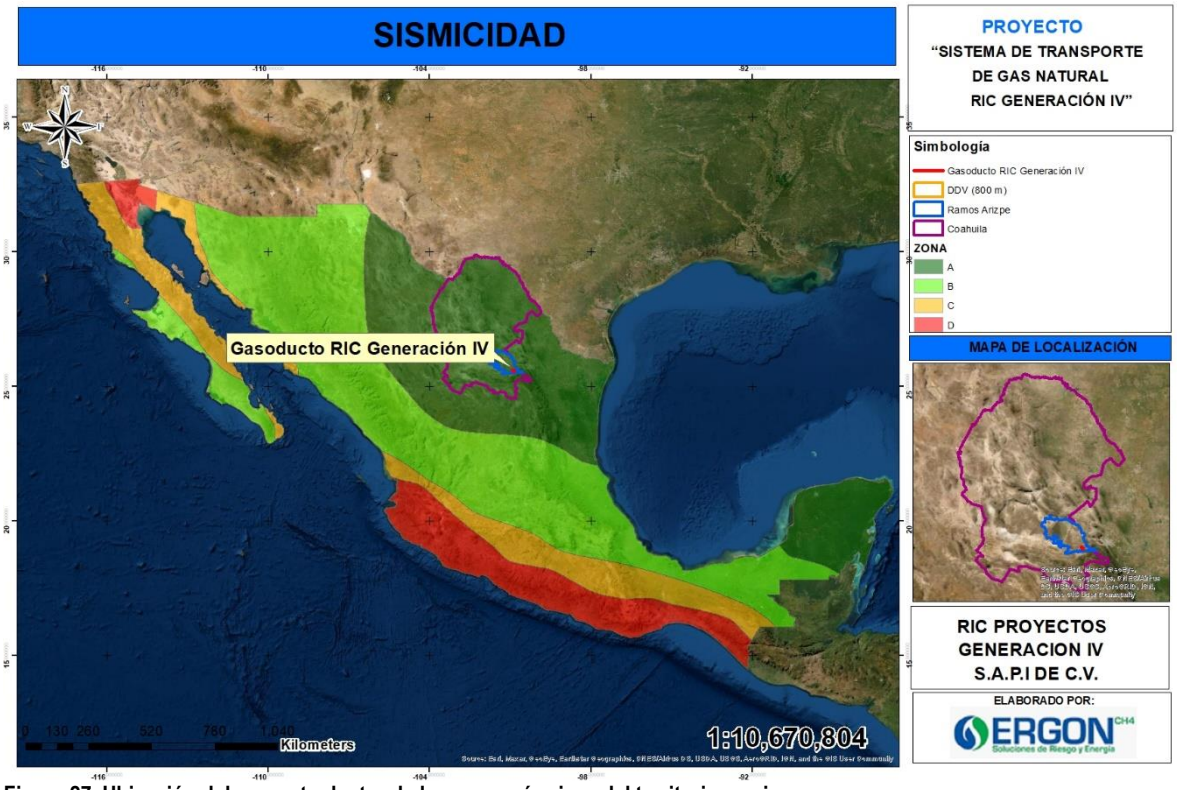



**Figura 27. Ubicación del proyecto dentro de las zonas sísmicas del territorio mexicano.**
**Fuente: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENAPRED).**

## Fallas

Una falla es una fractura o zona de fracturas a lo largo de la cual ha ocurrido un desplazamiento relativo de los bloques paralelos a la fractura.
Esencialmente, una falla es una discontinuidad que se forma debido a la fractura de grandes bloques de rocas en la Tierra cuando las fuerzas tectónicas superan la resistencia de las rocas. De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, el sitio donde se pretende instalar el gasoducto, así como en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV, no existen fallas o fracturas que presenten problemas para la trayectoria de este.

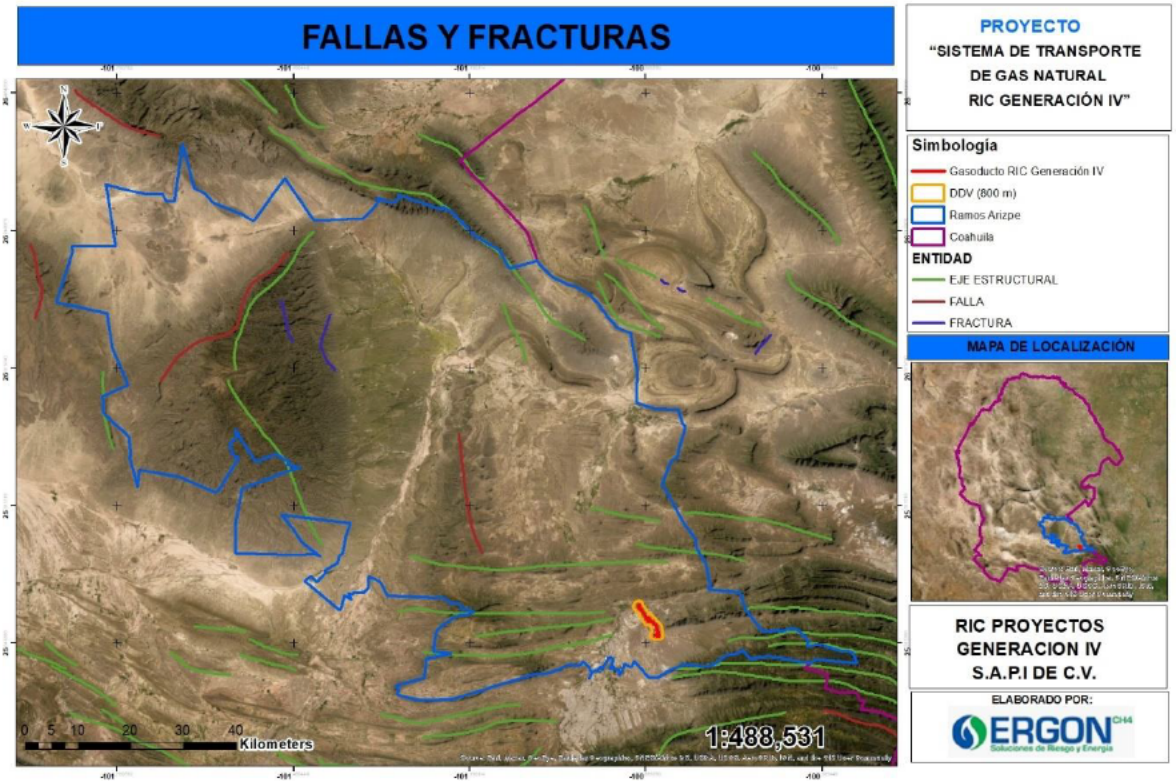



**Figura 28. Fallas y fracturas en el municipio de Ramos Arizpe, Coahuila.**
**Fuente: Atlas Nacional de Riesgos**

## Historial epidémico y endémico de enfermedades cíclicas

De acuerdo con la Secretaría de Salud del Estado de Coahuila y considerando la información de los últimos 10 años, se presenta una reseña histórica epidémica y endémica de enfermedades cíclicas:

| Historial epidémico y endémico en Estado de Coahuila | |
|---|---|
| **Enfermedades endémicas** | |
| **Enfermedad** | **Narrativa de principales causas** |
| **Enfermedades de transmisión sexual** | |
| VIH-SIDA | VIH significa virus de la inmunodeficiencia humana. Éste daña el sistema inmunitario mediante la destrucción de los glóbulos blancos que combaten las infecciones. Esto lo pone en riesgo de contraer infecciones graves y ciertos tipos de cáncer. En el primer semestre del año 2021, se han detectado en Coahuila 31 nuevos casos del Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH) en cuatro estadíos clínicos que se relacionan con la supervivencia, el pronóstico y la progresión sin tratamiento antirretroviral. |
| Sífilis | Enfermedad infecciosa producida por una bacteria que se transmite por vía sexual o de la madre gestante al feto y produce lesiones cutáneas ulcerosas en los órganos sexuales. En el Estado de Coahuila, la ETS que más incrementó fue la sífilis adquirida, al contabilizar 66 pacientes hasta el 15 de mayo de 2021, mientras que el año pasado la cifra llegó a 35 casos, lo que significó un alza de 88.57 por ciento. |
| Gonorrea | Enfermedad infecciosa de transmisión sexual que se caracteriza por la inflamación de las vías urinarias y los genitales y que produce un flujo excesivo de moco genital. La cantidad de personas contagiadas de gonorrea se vieron potenciados en el primer semestre del 2021, habiéndose detectado hasta el mes de Julio un total de 69 casos, de los cuales 48 son mujeres y 21 hombres. |
| Hérpes | Enfermedad inflamatoria de la piel, causada por un virus, que se caracteriza por la formación de pequeñas vesículas o ampollas transparentes que al secarse forman una costra. Los datos del primer semestre de 2021 indicaron que el herpes genital se incrementó entre los varones, pues mientras 49 se enfermaron de esto en todo |

| Historial epidémico y endémico en Estado de Coahuila | |
|---|---|
| **Enfermedades endémicas** | |
| **Enfermedad** | **Narrativa de principales causas** |
| | el Estado de Coahuila, 29 mujeres dieron positivo a este padecimiento, dando un total de 65 registros hasta el mes de Julio del 2021. |
| **Infecciones intestinales** | |
| Tifoidea | Enfermedad bacteriana intestinal que se transmite por la comida y el agua contaminadas, o el contacto cercano. |
| Salmonelosis | La infección por salmonela (salmonelosis) es una enfermedad bacteriana frecuente que afecta el aparato intestinal. La bacteria de la salmonela generalmente vive en los intestinos de animales y humanos y se libera mediante las heces. Los humanos se infectan con mayor frecuencia mediante el agua o alimentos contaminados. |
| Brucelosis | Infección que se trasmite de los animales a las personas, en su mayoría por los lácteos no pasteurizados. En Coahuila cada día enferman 437 personas por infecciones intestinales, en las cuales se encuentran la tifoidea, salmonelosis y Brucelosis. |
| **Enfermedades de vías respiratorias** | |
| Influenza | Enfermedad respiratoria contagiosa provocada por los virus de la influenza que infectan la nariz, la garganta y en algunos casos los pulmones. En 2020, Coahuila se ubicó como la tercera entidad del país con más casos confirmados de influenza estacional en sus diferentes tipos con 376 positivos, sólo por debajo de la Ciudad de México y San Luis Potosí, pero en incidencia baja respecto al número de muertes por este padecimiento al haber reportado 12 defunciones. |
| Neumonía | La neumonía es una infección que inflama los sacos aéreos de uno o ambos pulmones. Los sacos aéreos se pueden llenar de líquido o pus (material purulento), lo que provoca tos con flema o pus, fiebre, escalofríos y dificultad para respirar. Coahuila acumuló 3,892 casos de neumonía y bronconeumonías al 19 de diciembre de 2021, enfermedades que tienen síntomas y algunas similitudes con el virus SARS-CoV-2 que el año pasado se extendió rápidamente en nuestro país y a nivel internacional. |
| Tuberculosis respiratoria | Es una enfermedad infecciosa causada por una bacteria llamada "*Mycobacterium Tuberculosis*". Se puede prevenir y curar, si se trata de manera oportuna. Se contagia por tener contacto con las gotitas de saliva de una persona con tuberculosis. En los primeros 4 meses de 2021 se reportaron 123 casos de tuberculosis en el Estado de Coahuila |
| Meningitis tuberculosa | La meningitis tuberculosa es causada por el *Mycobacterium tuberculosis*. Esta es la bacteria que causa la tuberculosis (TB). La bacteria se disemina al cerebro y la columna desde otro lugar en el cuerpo, generalmente los pulmones. La meningitis tuberculosa es muy poco común en los Estados Unidos. Tras un año de permanecer sin casos, siete personas enfermaron de meningitis tuberculosa durante la actual pandemia por COVID-19. La Meningitis tuberculosa es menos común que la tuberculosis pulmonar, y es considerada como una emergencia médica que requiere tratamiento urgente. |
| Covid-19 | Denominado inicialmente "nuevo coronavirus", 2019-nCoV. Posteriormente como *SARS-CoV-2*. La enfermedad se denomina COVID-19. El coronavirus SARS-Cov-2 es un virus que apareció en China. Después se extendió a todos los continentes del mundo provocando una pandemia. En el estado de Coahuila se han acumulado ya en lo que va de la pandemia un total de 72 mil 24 casos de personas infectadas por el virus, y de ellos 6 mil 426 han perdido la vida a causa de la enfermedad. Actualmente, ya está en México la variante delta de COVID-19 que se observó por primera vez en India, y que es mucho más transmisible que el virus original. A la fecha no se han reportado casos de Covid por la variante Delta en el Estado de Coahuila. Según los principales avances del Plan Estatal de Prevención y Control Covid-19, se han recuperado a la fecha 65 mil 316 personas, entre los que se pueden mencionar 15 mil 981 en Torreón; 13 mil 838 en Saltillo; 6 mil 756 en Monclova; 6 mil 231 en Piedras Negras; 3 mil 119 en Acuña; 2 mil 339 en San Pedro y 2 mil 18 en Sabinas. |
| **Fuente:** Elaborado con datos de la Secretaría de Salud del Estado de Coahuila<br>Instituto Nacional de Geografía (INEGI)<br>Boletín epidemiológico 2020, Sistema Nacional de Vigilancia, Sistema único de información<br>https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/12844/sem38.pdf<br>https://noticiasnrt.com/<br>https://vanguardia.com.mx/articulo/se-disparan-contagios-de-sifilis-herpes-y-gonorrea-en-coahuila<br>https://www.milenio.com/salud/coahuila-tercer-lugar-nacional-con-mas-casos-de-influenza | |

### 5.3.1 TRANSPORTE POR DUCTOS

En base al Inventario Nacional de viviendas 2016 a continuación se enlistan las zonas vulnerables de población en el sitio donde se pretende instalar el gasoducto, así como en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV:

**Tabla 19. Proximidades y cruzamientos con zonas vulnerables de población en el entorno de la franja de 800 m a ambos lados del DDV.**

| Tipo de zona vulnerable de población | Nombre de la zona vulnerable de población | Ubicación (N/S/E/O/NE/SE/NO/SO) | Distancia al ducto (m) | Tipo (proximidad o cruzamiento) | Km inicial de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento) | Km final de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Escuela | Prescolar comunitario y Primaria Ignacio Allende | O | 730 | Proximidad | 0+010 | 0+010 |
| Capilla | Capilla Santa Maria Del Rosario Ramos Arizpe | O | 750 | Proximidad | 0+010 | 0+010 |
| Localidad | Santa Maria del Rosario | O | 720 | Proximidad | 0+010 | 0+010 |
| Localidad | El Retorno | N | 221 | Proximidad | 3+400 | 3+400 |
| Localidad | Guadalupes | SE | 760 | Proximidad | 4+657 | 4+657 |
| Localidad | Pozos de Kimberly | E | 560 | Proximidad | 0+240 | 6+600 |

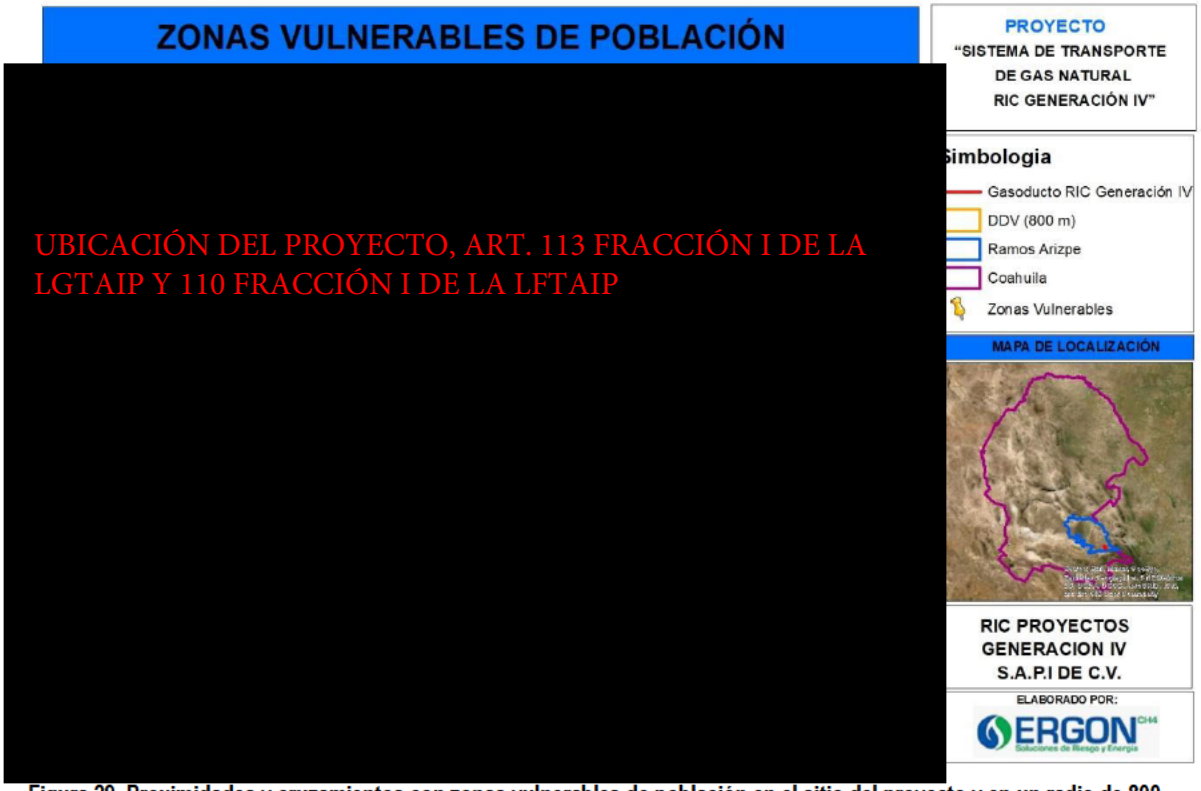



**Figura 29. Proximidades y cruzamientos con zonas vulnerables de población en el sitio del proyecto y en un radio de 800**

**metros a ambos lados del DDV.**
**Fuente: Elaboración propia.**

En la figura 9, se puede observar la Hidrografía en el sitio donde se pretende instalar el gasoducto, así como en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV. Por su parte en la figura 14, se aprecia la Región Terrestre Prioritaria próxima.

**Tabla 20. Proximidades y cruzamientos con componentes ambientales franja de 800 m a ambos lados del DDV.**

| Tipo de componente ambiental | Nombre | Descripción breve | Ubicación (N/S/E/O/NE /SE/NO/SO) | Tipo (Proximidad/ Cruzamiento) | Para proximidades, distancia promedio al ducto (m) | Km inicial de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento) | Km final de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cuenca Hidrográfica | Río Bravo – Río San Juan, | Se localiza en forma parcial en el sureste del estado y en el oeste de la RH-24, colinda al sur con la RH-37 y en el oeste con la RH-36 | Dentro de la Cuenca | Cruzamiento | N/A | 0+00 | 0+580 |
| Subcuenca Hidrográfica | Río Pesquería | Río Pesquería que nace muy cerca de la frontera del Estado de Coahuila y Nuevo Leon | Dentro de la Subcuenca | Cruzamiento | N/A | 0+00 | 0+580 |
| Región Terrestre Prioritaria | El Potosí-Cumbres de Monterrey | Es una geoforma que se integra a la Sierra Madre Oriental y comprende en la parte norte dos ANP: "Cerro de la Silla" y "Cumbres de Monterrey" | E | Proximidad | 73 | 5+400 | 6+600 |
| Corriente de agua | Arroyo Seco | Río pequeño de escaso caudal y profundidad, que puede secarse. | Cruzamiento | Cruzamiento | 0 | 2+523 | 2+523 |
| Corriente de agua | Arroyo Grande | Río pequeño de escaso caudal y profundidad, que puede secarse. | Cruzamiento | Cruzamiento | 0 | 7+254 | 7+254 |

En base al Inventario Nacional de Viviendas 2016 y al Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) a continuación, se enlista la infraestructura próxima al sitio donde se pretende instalar el gasoducto, así como en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV:

**Tabla 21. Proximidades con infraestructura franja de 800 m a ambos lados del DDV.**

| Tipo de infraestructura | Nombre/ Descripción | Ubicación (N/S/E/O/NE/ SE/NO/SO) | Distancia al ducto (m) | Km inicial de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento) | Km final de la proximidad o cruzamiento (cadenamiento) |
|---|---|---|---|---|---|
| Carretera | Carretera Federal 40 Monterrey Cuota Saltillo | N | 746 | 0+010 | 0+010 |
| Carretera | Carretera Federal No. 40 | Cruzamiento | 0 | 2+523 | 4+657 |
| Oficinas | MKDC | O | 35 | 1+700 | 1+700 |
| Fábrica | Magneti Marelli | O | 32 | 1+700 | 1+700 |
| Fábrica | Adient Metales Santa | O | 546 | 1+700 | 1+700 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Maria | | | | |
| Almacén | Magna Logistic Center (MLC) | SO | 735 | 1+700 | 1+700 |
| Fábrica | KSR Internacional S de RL de CV | NO | 729 | 2+523 | 2+523 |
| Oficinas | Rasuradores Bic | O | 539 | 2+523 | 2+523 |
| Fábrica | Magna Powertrain | O | 695 | 2+523 | 2+523 |
| Fábrica | Iberdrola Cogeneración Ramos Arizpe | E | 510 | 2+523 | 2+523 |
| Almacén | Kimberly Clark Ramos Arizpe | E | 324 | 2+523 | 2+523 |
| Gasolinera | Servicio 12 De diciembre | E | 794 | 3+400 | 3+400 |
| Fábrica | Bachoco Saltillo | O | 464 | 3+400 | 3+400 |
| Almacén | "CQ / 3PL Services" Cargoquin Ramos Arizpe | O | 698 | 4+657 | 4+657 |
| Parque industrial | Parque Industrial 360 | O | 759 | 4+657 | 4+657 |
| Oficinas | Global Flock Ramos Arizpe | SO | 653 | 4+657 | 4+657 |
| Almacén | UNITRADE RAMOS ARIZPE | O | 633 | 5+400 | 5+400 |
| Fábrica | Foseco - Vesuvius Ramos Arizpe | N | 382 | 0+240 | 0+240 |
| Fábrica | Ikano Industry | O | 75 | 7+254 | 7+254 |
| Parque industrial | Parque Industrial Amistad Chuy Maria Coahuila | N | 10 | 0+580 | 0+580 |
| Carretera | Carretera Federal 57 tramo Saltillo – Castaños | Paralelo al gasoducto | Paralelo al gasoducto | 0+010 | 0+580 |




**en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV.**
**Fuente: Elaboración propia.**

En base al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) Serie VI, Edición:2017, los usos de suelo identificados en el sitio del proyecto y en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV se observan en la figura 16 y se describen a continuación:

**Tabla 22. Uso de suelo en el sitio del proyecto y en un radio de 800 metros a ambos lados del DDV**

| Km de inicio (cadenamiento) | Km de fin (cadenamiento) | Tipo de uso de suelo | Descripción |
|---|---|---|---|
| 1+700 | 3+400 | Asentamientos Humanos | Es el establecimiento de un conglomerado demográfico, con el conjunto de sus sistemas de convivencia, en un área físicamente localizada, considerando dentro de la misma los elementos naturales y las obras materiales que lo integran. |
| 6+987 | 0+580 | Matorral Desértico Micrófilo | La distribución de este matorral se extiende a las zonas más secas de México, y en áreas en que la precipitación es inferior a 100mm anuales, la vegetación llega a cubrir solo el 3% de la superficie, mientras que en sitios con climas menos desfavorables la cobertura puede alcanzar 20%; la altura varía de 0.5 a 1.5m. |
| 4+657 | 6+987 | Matorral Desértico Rosetófilo | Matorral dominado por especies con hojas en roseta, con o sin espinas, sin tallo aparente o bien desarrollado. Se le encuentra generalmente sobre suelos tipo xerosoles de laderas de cerros |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | de origen sedimentario, en las partes altas de los abanicos aluviales o sobre conglomerados en casi todas las zonas áridas y semiáridas del centro, norte y noroeste del país |
| 0+000 | 1+700 | Agricultura de Riego Anual | Estos agrosistemas utilizan agua suplementaria para el desarrollo de los cultivos durante el ciclo agrícola, por lo que su definición se basa principalmente en la manera de cómo se realiza la aplicación del agua que en este caso es anual. |
| 3+400 | 4+657 | Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo | Comunidad vegetal significativamente diferente a la original con estructura y composición florística heterogénea de Matorral Desértico Micrófilo. |

## 5.4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

### 5.4.1. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO

#### 5.4.1.1 ANALISIS PRELIMINAR DE PELIGROS

Identificación de Peligros
Implica la revisión sistemática del sistema bajo estudio con el objetivo de identificar los peligros que se encuentran presentes, así como las formas en las que esos peligros pueden salirse de control, dando lugar a posibles escenarios de riesgo.

Algunos ejemplos de metodologías se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 23. Metodologías de Análisis Preliminar de Peligros**

| Tipo | Nombre |
|---|---|
| Metodologías de Análisis Preliminar de Peligros | Identificación de Peligros (Hazod) |
| | Lista de verificación |
| | Revisión de seguridad |

Se consideró la metodología "**Lista de Verificación**", para la identificación exhaustiva de Peligros, que servirá de retroalimentación para la fase posterior del Análisis de Riesgos.

**Lista de verificación**

Un Análisis Lista de verificación usa una lista de puntos de un procedimiento para verificar el estado de un sistema. Las listas de verificación varían ampliamente su nivel de detalle y son frecuentemente usadas para indicar el cumplimiento con estándares y políticas. El Análisis Lista de verificación es fácil de usar y puede ser aplicado a cualquier etapa del tiempo de vida de un proceso.
Una lista de verificación detallada provee las bases para una evaluación estándar de los peligros de un proceso. Puede ser tan extenso como necesario para satisfacer una situación específica, pero debe ser aplicada rigurosamente para identificar problemas que requieren mayor atención. Las listas de verificación de peligros genéricas son frecuentemente combinadas con otras metodologías de evaluación de riesgos para evaluar situaciones peligrosas. Frecuentemente, las listas de verificación son creadas por simple organización de la información a partir de códigos, estándares y regulaciones.

Utiliza una relación de temas o puntos específicos para verificar el estado de un sistema con una referencia externa, identifica tipos de riesgos conocidos, deficiencias de diseño y situaciones potenciales de accidentes asociados con el proceso y su operación común. Esta técnica también puede utilizarse para evaluar materiales, equipos o procedimientos.

Las listas de verificación tradicionales son usadas primeramente para asegurar que las organizaciones están cumpliendo con prácticas estándares. En algunos casos, los análisis usan más de una lista de verificación general en combinación con otros métodos de evaluación de riesgos para descubrir peligros comunes que las listas de verificación podrían omitir.

Para crear una lista de verificación tradicional; el analista define el estándar de diseño o las prácticas de operación, y las utiliza para generar una lista de preguntas basadas en deficiencias o diferencias. Una lista de verificación completa contiene “si”, “no”, “no aplica” o “necesita más información” como respuestas a las preguntas. Los resultados cualitativos varían con la situación específica, pero generalmente pueden llevar a una decisión de “si” o “no” acerca del cumplimiento con los procedimientos estándares. Además, el conocimiento de estas deficiencias generalmente lleva a desarrollar fácilmente una lista de alternativas de posibles mejoras de seguridad a considerar por los directivos.

Aplicación de la Técnica

La metodología Análisis Lista de verificación comúnmente se utiliza en las siguientes etapas de la vida de un proyecto: diseño conceptual, operación de la planta piloto, ingeniería de detalle, construcción y arranque, operación de rutina, expansión o modificación y desmantelamiento.

En el Análisis Lista de verificación el analista utiliza una lista de puntos específicos para identificar los peligros, designar deficiencias y accidentes potenciales asociados con equipo de proceso y operaciones. La metodología de Análisis Lista de verificación puede ser usada para evaluar materiales, equipo o procedimientos. Las listas de verificación son mayormente utilizadas para evaluar diseños específicos con los cuales una compañía o industria tiene una experiencia significativa, pero también pueden ser usadas en las etapas tempranas de desarrollo de un proceso nuevo para la identificación y eliminación de peligros que hayan sido reconocidos a través de los años en sistemas similares.
El uso apropiado de una lista de verificación podría generalmente asegurar que una pieza de equipo cumple con estándares aceptados y puede también identificar áreas que requieren mayor evaluación.

**Resultados de la metodología:**

En el Anexo I se adjuntan los resultados obtenidos de la Lista de Verificación.

## GRUPO MULTIDISCIPLINARIO QUE ELABORA

En el Anexo II se encuentra el acta constitutiva del grupo multidisciplinario de análisis y evaluación de riesgos y minuta de reunión.

### 5.4.1.2. ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES EN PROYECTOS SIMILARES

El gas natural tiene una temperatura de ignición alta, alrededor de 650 grados Celsius, comparado con alrededor de 350 grados Celsius de la gasolina. También tiene un rango estrecho de inflamabilidad; eso es, en concentraciones en el aire inferiores a alrededor de 5 % y superiores a alrededor de 15 %, el gas natural no se inflama. La temperatura alta de ignición y el rango limitados de inflamabilidad del gas natural hacen que sea poco probable una ignición o combustión accidental. El gas natural no es tóxico o corrosivo y no contaminará el agua subterránea. La combustión del gas natural no produce cantidades significativas de aldehídos u otras toxinas aéreas, las que son motivo de preocupación con la gasolina y algunos otros combustibles alternativos

En México el suministro de gas natural es por medio de ductos, es un sistema que ha demostrado ser seguro, sin embargo, ningún ducto está exento de defectos, ya sea de diseño, fabricación, acción de terceros, por el envejecimiento natural o como resultado de su interacción con productos corrosivos en un entorno o que son transportados. Cabe mencionar que todo ducto posee defectos, imperfecciones que necesariamente deben ser evaluadas y controladas durante su periodo de vida. No existe ducto sin riesgo porque los defectos están presentes y, por lo tanto, sujetos a alguna falla o incidente anormal (Richard, 2004). A razón de lo anterior, las principales causas de ocurrencias de fallas en ductos:

- Error de proyecto
- Falla de material
- Defecto de construcción
- Corrosión interna/externa
- Fallas operativas
- Defectos provenientes de la acción de terceros
- Movimiento de suelo

Las causas de fallas en ductos señaladas anteriormente, pueden ser clasificadas de acuerdo a su origen, su evolución, su geometría y su comportamiento mecánico. Dicha clasificación es determinada con base en las estadísticas desarrolladas por el gobierno de los Estados Unidos, a través del departamento de transportación (Department of Transportation DOT, U. S. A), entidad encargada de reportar los incidentes en ductos de gas natural y generar los informes que proporcionan una base estadística para evaluar las causas de fallas en tuberías. El DOT reporta los incidentes en ductos para un periodo de diez años y de 1985 a 1994 han sido revisados bajo auspicios del Comité para la Investigación de la Tubería de la Asociación Americana de Gas (Pipeline Research Committee of the American Gas Association). A continuación, se presenta la clasificación de las causas de falla reportadas por el DOT.

Datos obtenidos de la Office of Pipeline Safety para incidentes ocurridos desde 1994 a 2000 señalan que las causas más comunes fueron las externas debido a invasiones, la cual incluye el daño causado por terceros, los operadores residentes y sus contratistas y el vandalismo. Asimismo, la forma más común de este tipo de daño es la combinación de abolladura con una protuberancia. La segunda causa común de las fallas en tuberías que transportan hidrocarburos es la corrosión, que incluye la corrosión

interna y externa. La causa externa del clima, incluye el movimiento de la tierra (deslaves), de las lluvias fuertes y de las inundaciones, rayos y clima frío, es la tercera causa más común. Las causas externas y la corrosión externa contribuyen con más de 66% de todas las fallas de tubería de gas. Las otras causas son: error del operador, malfuncionamiento del equipo, soldaduras defectuosas, tubería defectuosa y otras.

En México, en los últimos años se han presentado las siguientes estadísticas sobre accidentes o eventos de riesgos en Sistemas de Transporte de hidrocarburos similares al proyecto en cuestión.

**Estadísticas de accidentes en México**

El Instituto Nacional de Ecología (I.N.E.) a través del Centro de Orientación para la Atención de Emergencias Ambientales (COATEA) supervisado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), clasificó las sustancias involucradas con mayor número de accidentes en distintos procesos que se realizan en México, las cuales se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 24. Sustancias de mayor índice de accidentes**

| Nombre de la sustancia | % de Accidentes |
|---|---|
| Petróleo crudo | 42.08 |
| Gasolina | 7.83 |
| Diesel | 6.80 |
| Combustóleo | 5.39 |
| Amoniaco | 4.05 |
| Gas L.P. | 3.19 |
| Gas natural | 2.30 |
| Aceites | 2.27 |
| Ácido sulfúrico | 2.26 |
| Solventes orgánicos | 1.09 |
| Otras sustancias | 27.21 |

En la siguiente figura se muestra un árbol de fallas derivado del análisis histórico descrito en apartados anteriores en donde se ha señalado que las causas de fallas más comunes son las causas externas y la corrosión.

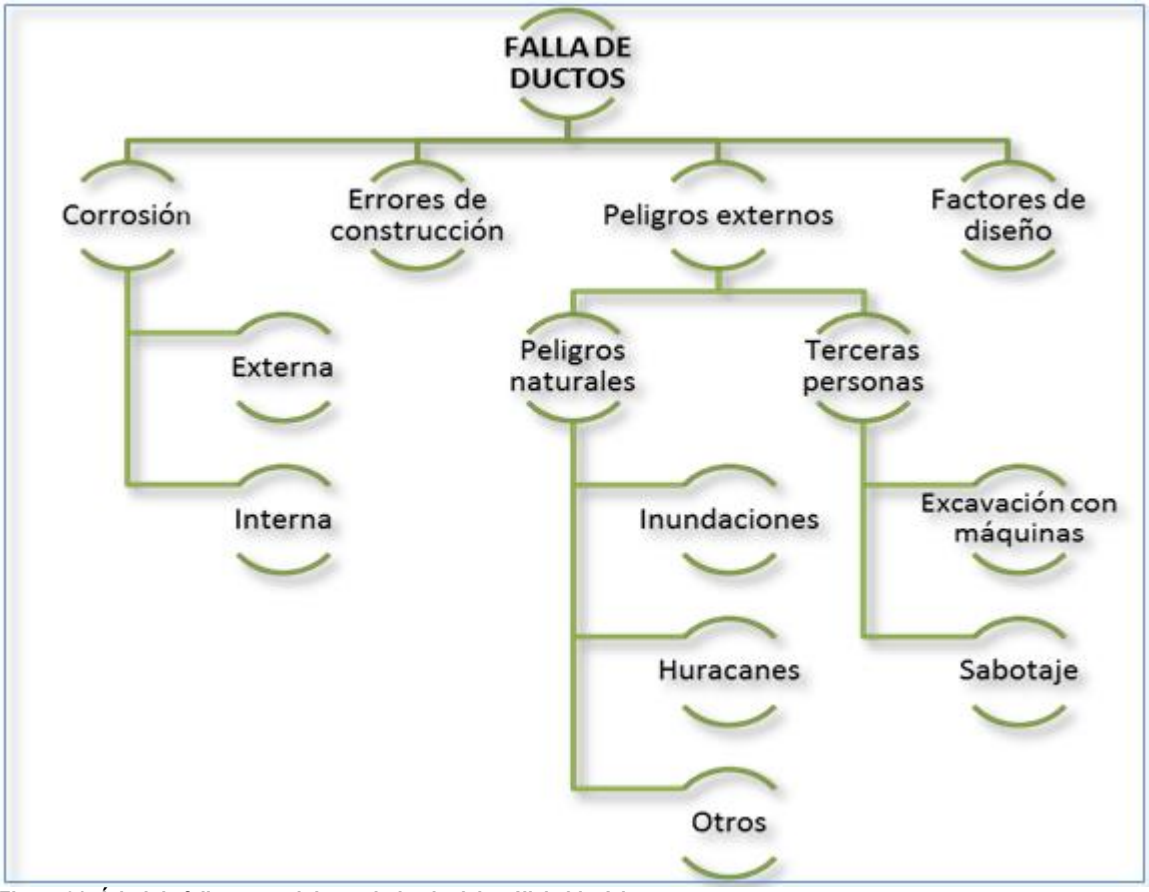



**Figura 31. Árbol de fallas para el ducto derivado del análisis histórico.**

**Tabla 25. Antecedentes de Accidentes e Incidentes**

| No. | Año | Ciudad y/o País | Instalación | Sustancia (s) Involucrada (s) | Evento | Causa (s) del Accidente o Incidente | Nivel de afectación (personal, población, medio ambiente, entre otros) | Acciones realizadas para su atención | Fuente consultada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2020 | Chihuahua | Gasoducto | Gas Natural | Explosión e incendio | Se presume que personas que se dedican a la ordeña de combustible trataron de perforar el ducto | No hubo heridos | Movilización de la policía, el departamento de Bomberos de Juárez y Villa Ahumada, de Protección Civil, Guardia Nacional, Policía Federal y elementos de la Sedena. | https://www.jornada.com.mx/ultimas/estados/2020/09/15/reportan-explosion-en-ducto-de-pemex-en-chihuahua-no-hay-heridos-5825.html |
| 2 | 2019 | Coahuila | Gasoducto | Gas Natural | Fuga | Un grupo de trabajadores perforó por accidente una tubería que lleva gas natural, ya que no existía señalética en el área. | Problema vial. Movilización de personal de Bomberos y Protección Civil. | El lugar tuvo que ser acordonando pues la fuga era muy intensa y los encargados debían perforar el pavimento para buscar las válvulas del gas y cerrarlas. Protección Civil se mantuvo en el lugar, pues a 100 metros se encuentra el Hospital del Magisterio, aunque afortunadamente no fue necesario evacuar las instalaciones. | https://www.milenio.com/policia/torreon-trabajadores-perforan-tuberia-gas-accidente |
| 3 | 2019 | Ciudad de México | Gasoducto | Gas Natural | Explosión e incendio | Se presume que fue por una toma clandestina | Dos empleados de la empresa petrolera mexicana resultaron heridos y fueron hospitalizados tras estallar un gasoducto en el centro del país | Acudió Protección Civil | https://apnews.com/article/592fbd1682fb4039a755011fdc525a06 |
| 4 | 2019 | Guanajuato | Gasoducto | Gas Natural | Explosión | Un grupo de personas golpearon uno de los ductos | Al menos 150 personas fueron desalojadas de sus hogares, empleos y escuelas. Se reportaron dos personas lesionadas con quemaduras de segundo grado. | A la zona llegaron elementos del cuerpo de emergencia, así como del Ejército mexicano, quienes laboran para sofocar las llamas, además de ser los encargados de trasladar a los lesionados al hospital más cercano para ser atendidos. | https://www.elsoldemexico.com.mx/republica/sociedad/reporta-explosion-de-ducto-de-pemex-en-celaya-gas-natural-3837841.html |
| 5 | 2015 | Nuevo León | Gasoducto | Gas Natural | Explosión | Toma clandestina en tubería de 24 pulgadas | Cinco pérdidas humanas y una intensa movilización en el área. | A través del sistema SCADA detectó una súbita caída de presión en la mencionada línea, por lo que de inmediato se activó el plan de respuesta a Emergencia y se procedió al cierre de válvulas | https://www.animalpolitico.com/2015/08/explosion-de- |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | de seccionamiento para cortar el flujo de gas. Petróleos Mexicanos estableció que personal de contra incendio del sector Ductos de Pemex Gas y Petroquímica Básica apoyado por cuerpos de Bomberos de Nuevo León mantenían bajo control el siniestro. | gasoducto-de-pemex-deja-al-menos-cinco-personas-muertas/ |
| 6 | 2008 | México/Querétaro | Gasoducto | Gas Natural | Explosión | Dos trabajadores de la empresa española OHL realizaban obras del proyecto Circuito Exterior Mexiquense y golpean ducto. | Dos personas resultaron con quemaduras de tercer grado, al menos 5 mil fueron desalojadas como medida preventiva y la autopista estuvo cerrada casi cuatro horas. | Arribaron bomberos al área. | https://www.jornada.com.mx/2010/12/20/politica/007n2pol |
| 7 | 2007 | Guanajuato | Gasoducto | Gas Natural | Explosión | Se ignoran las causas de estos hechos | No hubo lesionados ni se reportaron pérdidas humanas por las contingencias. Cinco mil personas fueron desalojadas de las zonas de riesgo. | Se activaron los esquemas de seguridad para bloquear el paso del combustible y fue conveniente la quema de carburantes, gas natural y gas licuado, que permanecían en la red, por lo que, no se recurrió a sofocar el fuego. | https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/284828.html |
| 8 | 2007 | Veracruz | Gasoducto | Gas Natural | Explosión | Sabotaje en el gasoducto por el ejército popular revolucionario. | No hubo lesionados ni se reportaron pérdidas humanas por las contingencias. | Más de 24 mil personas fueron evacuadas por brigadistas y elementos de la Secretaría de la Defensa Nacional en todos los puntos afectados. Se desalojaron localidades enteras. La Policía Federal Preventiva dispuso de un operativo para desviar el tráfico hacia la carretera federal Veracruz-Tamarindo-Jalapa. Petróleos Mexicanos y el gobierno del estado informaron que los incendios se encuentran controlados y que se extinguirán en la medida en que se consuma el combustible liberado y los remanentes que quedaron tras interrumpir el flujo en los ductos averiados. | https://www.jornada.com.mx/2007/09/11/index.php?section=politica&article=003n1pol |

### 5.4.1.3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y DE ESCENARIOS DE RIESGO

**Metodologías de identificación y jerarquización**

Básicamente, existen dos tipos de métodos para la realización de análisis de riesgos: los métodos semicualitativos y los métodos cualitativos (Molina, 2011). Los métodos semicualitativos introducen una valoración cuantitativa respecto a las frecuencias de ocurrencia de un determinado suceso y se denominan métodos para la determinación de frecuencias, o bien se caracterizan por recurrir a una clasificación de las áreas de una instalación con base en una serie de índices que cuantifican daños (índices de riesgo). Los métodos cualitativos se caracterizan por no recurrir a cálculos numéricos y pueden ser métodos comparativos y métodos generalizados.
Por otra parte, Gould (2000) manifiesta que dentro de las técnicas de identificación de riesgo se encuentran los métodos comparativos y los generalizados cuyas particularidades se describen a continuación.

**Métodos comparativos.**
Se basan en la utilización de técnicas obtenidas de la experiencia adquirida en equipos e instalaciones similares existentes, así como en el análisis de sucesos que hayan ocurrido en establecimientos parecidos al que se analiza. Principalmente son cuatro métodos los existentes: manuales técnicos o códigos y normas de diseño, listas de comprobación o "Safety check lists", análisis histórico de accidentes, análisis preliminar de riesgos o PHA.

**Métodos generalizados.**
Los métodos generalizados de análisis de riesgos, se basan en estudios de las instalaciones y procesos mucho más estructurados desde el punto de vista lógico deductivo que los métodos comparativos. Normalmente siguen un procedimiento lógico de deducción de fallos, errores, desviaciones en equipos, instalaciones, procesos, operaciones, etc. que trae como consecuencia la obtención de determinadas soluciones para este tipo de eventos.
Existen varios métodos generalizados. Los más importantes son: ¿análisis “What if…?, análisis funcional de operabilidad, HazOp (Hazard and Operability Analisys), análisis de árbol de fallos FTA (Fault Tree Analisys), análisis de árbol de sucesos ETA (Event Tree Analisys), análisis modo y efecto de los fallos FMEA (Failure Mode Efects Analisys).
Los puntos de riesgo de una instalación se enfocan a todas aquellas áreas de operación que en un momento dado pueden causar daño al personal, a las instalaciones o al ambiente, ya sea por explosión, incendio o toxicidad, los pasos más comunes para llevar a cabo una identificación y jerarquización de riesgos son:

**a)** Selección de la técnica de identificación de riesgos.
**b)** Análisis y evaluación de riesgos.
**c)** Jerarquización de riesgos.
**d)** Análisis de consecuencias.

**Selección de técnica de identificación de riesgos.**

La selección de la metodología para la identificación de riesgos se basó en la guía sugerida por el Centro de Seguridad en Procesos Químicos (CCPs) del Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE) publicada bajo el título de Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, segunda edición con ejemplos desarrollados, 1995.

Asimismo se consideraron criterios para la identificación de riesgos como: tipo de resultado requerido (lista de problemas / accidentes y lista de acciones); información con que se cuenta del proceso (experiencia similar, diagramas de la instalación, historial operativo "en instalaciones similares") características del problema (operación simple, proceso mecánico, operación continua, peligro de inflamabilidad, explosividad y toxicidad, situación falla aislada, accidentes proceso fuera de control); riesgo percibido e historia (amplia experiencia, historial de accidentes actualizado, riesgo percibido medio).

El procedimiento DG-SASIPA-SI-02741 Rev. 3 "Guía para Realizar Análisis De Riesgos" señala que la identificación de riesgos se puede llevar a cabo mediante las siguientes metodologías de acuerdo con criterios que se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 26. Tipo de las metodologías de acuerdo a la etapa del proyecto.**

| | MÉTODO DE ANÁLISIS DE RIESGOS | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Etapa de desarrollo del proyecto | Lista de verificación | ¿Qué pasa si? | ¿Qué pasa si? /Lista de verificación | FMEA | HAZOP | AAE | AAF | AC |
| Investigación y desarrollo | | √ | √ | | | | | |
| Diseño conceptual | √ | √ | √ | | | | | |
| Operación de planta piloto | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| Ingeniería de detalle | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| Construcción y arranque | √ | √ | √ | | √ | | | |
| Operación rutinaria | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| Expansión o modificación | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| Desmantelamiento | √ | √ | √ | | | | | |
| Investigación de accidentes | √ | | | √ | √ | √ | √ | √ |

**Análisis del método.**

Con base a los criterios antes mencionados, se determinó que la metodología HazOp (Hazard and Operability Analisys) seria adecuada para la identificación, evaluación y jerarquización de Riesgos Potenciales que podría presentar el Gasoducto de Gas Natural en las operaciones que se realizaran en él, los principios y bases técnicas de dicha metodología se describe a continuación:

## HAZOP

Para la identificación de riesgos, se empleó la técnica conocida como Hazop (Hazard and Operability Study). El HAZOP es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los riesgos, los accidentes o los problemas de operabilidad, se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada. Por tanto, ya se aplique en la etapa de diseño, como en la etapa de operación, la sistemática consiste en evaluar, en todas las líneas y en todos los sistemas las consecuencias de posibles desviaciones en todas las unidades de proceso, tanto si es continuo como discontinuo. La técnica consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas "palabras guía".

El método surgió en el año de 1963 en la compañía Imperial Chemical Industries, ICI, que utilizaba técnicas de análisis crítico en otras áreas. Posteriormente, se generalizó y formalizó, y actualmente es una de las herramientas más utilizadas internacionalmente en la identificación de riesgos en una instalación industrial.

El HAZOP, permite un análisis sistemático de las desviaciones (por lo general involuntarias), que pueden producirse en el desarrollo de un proyecto, así como en la operación de un proceso ya establecido. La metodología de un estudio HAZOP, se puede resumir de la siguiente manera:

El análisis HazOp requiere que el diseño sea definido, para que se pueda disponer de la información necesaria. En particular, la sistemática del método requiere que los diagramas de tubería e instrumentación (DTI's) estén completos y actualizados, el análisis se lleva a cabo mediante un equipo en el que intervienen personal técnico con distintas funciones dentro del proceso a analizar (el número de ellas depende de la complejidad del proceso o de la instalación) como ingeniero de proceso, ingeniero de instrumentación/control, ingeniero de operaciones e ingeniero de seguridad industrial.

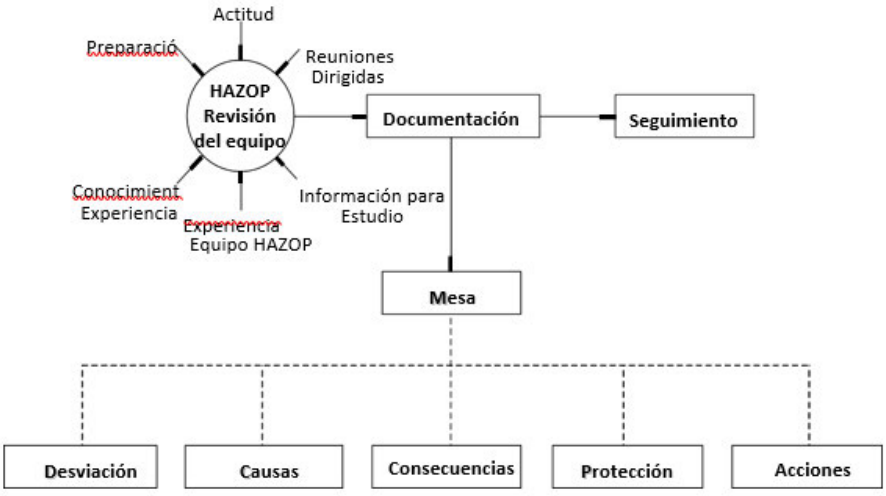



**Figura 32 Diagrama de la Técnica del Análisis HAZOP**

**Descripción del proceso**

Para desarrollar un estudio HAZOP, se requiere de una descripción completa del proceso, lo que permitirá conocer las condiciones críticas de operación consistente en flujos, así como las medidas de seguridad y condicionante aplicadas en cada etapa.

**División en áreas o secciones a analizar**

Es conveniente dividir en secciones el proceso a evaluar, esto permitirá en primera instancia hacer más simple el trabajo, evaluar de forma puntual y más a detalle cada una de las partes del proyecto.

**Aplicar palabras guías en cada sección**

Durante el proceso de planeación para la aplicación de la técnica HAZOP, es necesario analizar todas las posibles palabras guía o clave existentes, factibles de aplicar a la instalación a analizar, dependiendo del giro, proceso y variables operativas principales del proceso, por lo que a continuación se muestran algunas de las palabras guía que son viables de aplicar a cualquier tipo de instalación.

**Tabla 27. Palabras guía para realizar el Hazop**

| Palabras clave | Significado | Comentarios | Desviación |
|---|---|---|---|
| NO, NADA | Total, negación de la intención | Ninguna parte de la intención ocurre | No existe flujo donde debería. No existe energía |
| MÁS, MAYOR | Aumenta el grado de la intención | Se refiere a las cantidades y propiedades | Mayor flujo, más carga, tiempo de reacción, alta temperatura, presión viscosidad. |
| MENOS, MENOR | Disminuye el grado de intención. | Se refiere a las cantidades y propiedades | Menor flujo, menos carga, tiempo de reacción, baja temperatura, presión, viscosidad. |
| A PARTE DE, TAMBIÉN | Un aumento cualitativo | La intención ocurre junto con otra actividad. | Otras fases, impurezas, otros flujos, a parte existen corrosión |
| PARTE DE, SOLO PARTE DE | Una disminución cualitativa | Algunas intenciones ocurren, otras no | Composición diferente, alguna omisión en adiciones |
| CONTRARIO A | Ocurre lo opuesto a la lógica. | Ocurre lo contrario a lo que se esperaba | El flujo se regresa el producto envenena "D" vs, "L" |
| EN VEZ DE, ANTES DE, DESPUÉS DE, ADONDE MÁS | Sustitución completa | Ocurre algo totalmente distinto a lo esperado | En vez de cargar "B", en vez de enfriar calentar. |

Por lo anterior, se determinó el uso de palabras guía. Las palabras guías aplicadas básicamente son:

NO, MAS, MENOS, adicionalmente se pueden considerar palabras específicas al tipo de proceso, o variable de operación como; NO FLUJO, FUGA, RUPTURA, ALTO O BAJO NIVEL, etc., estas palabras deben de definirse antes de iniciar la evaluación.

**Determinar las desviaciones significativas**
Una vez que se tiene conocimiento del diseño y se han aplicado las palabras clave, se pueden evaluar los puntos donde se pudiera presentar alguna anormalidad, tanto en el diseño como en la operación. Las desviaciones o consecuencias significativas son aquellas fallas que pudieran representar un riesgo tanto al proceso, como al personal que lo opera.

**Proponer las medidas preventivas o correctivas según sea el caso**
Una vez que se han determinado los puntos críticos, así como las consecuencias, se pueden proponer las medidas correctivas en el diseño o las modificaciones en el proceso, para evitar o disminuir las desviaciones detectadas.

**Aplicar estas medidas y evaluar**
Todos los estudios HAZOP, tienen que ser evaluados en repetidas ocasiones, o hasta que se determine un punto de operación aceptable. Este tipo de estudios se puede aplicar considerando varios criterios, ya sean Seguridad, Diseño o Producción. A continuación, se presentan ciertos parámetros y características para la realización del análisis HAZOP, al SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL.

**DEFINICIONES:**

***NODO*:** Es un punto, sección o área de estudio del sistema, proceso o instalación, al cual se analizarán e identificarán todos los riesgos inherentes de un evento indeseable y en los cuales se pueden presentar las siguientes condiciones:

Una transferencia de materia o energía (Operaciones unitarias tales como: destilación, absorción, etc.), un incremento de energía potencial debido a medios mecánicos, tales como bombas o compresores, una separación de fases, etc.

Por lo anterior un nodo es una parte, sección, o área de estudio de un sistema integral. Cada línea, pieza, equipo puede ser seleccionado o examinado como un nodo, esto dependerá de que tan a detalle se requiera el estudio, sin embargo, en la práctica común se toma o establece un nodo como una sección del proceso, operación unitaria, etc.

Los Nodos han sido seleccionados para representar puntos críticos en el proceso e instalaciones donde pueden ocurrir cambios.
Los Nodos seleccionados no incluyen equipo idéntico o redundante (relevo), a menos que las funciones de apoyo sean secundarias para una de las partes.

***Propósito o intención de diseño:***

Describe la forma en que se espera funcione el elemento analizado, pudiendo tomar varias formas tales como líneas, equipos (recipientes, bombas, compresores, etc.), sistemas u operaciones unitarias.

***Desviaciones****:* Son los cambios o variaciones que se pueden presentar durante la operación del sistema, lográndose mediante la combinación de la palabra clave seleccionada, más la variable de operación del sistema analizado, como no-flujo, alta o baja presión, etc.

***Causas****:* Son las razones, por las que se pueden presentar las desviaciones. Cuando se demuestra que una desviación tiene una causa real, se considera como una desviación significativa.

***Consecuencias:*** Son los resultados o evento de riesgo, que se obtendrán en caso de que se presentaran algunas desviaciones.

***Salvaguardas****:* Son las medidas de seguridad, dispositivos, instrumentación, programas, planes, etc., con que cuenta el sistema, para cada causa, con el propósito de prevenir o mitigar las consecuencias asociadas.

***Recomendaciones:*** Para todas las causas identificadas y tomando como base las consecuencias de ocurrencia y salvaguardias existentes en el lugar, se proponen adicionalmente las recomendaciones necesarias, dirigidas a lograr una disminución o control del riesgo identificado.

Para la aplicación de la técnica HazOp se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Estudio de planos y diagramas de las instalaciones.
- Estudio de las bases de diseño y características del SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL.
- Lluvia de ideas de personal experto en el proceso.

**Selección de Nodos**

Para la selección de los Nodos en que se dividiría el SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV se consideraron la Interconexión, así como la Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) debido a los procesos que se realizan en ellas, de igual forma se tomaron en cuenta el diámetro, longitud, así como el tipo de tubería utilizada.

De esta forma, el SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV se dividió en los siguientes nodos:

- **NODO 1.** Gasoducto de 8” Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP)

- **NODO 2.** Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP).

- **NODO 3**. Gasoducto transporte de 10” Ø para la entrega de gas natural

- **NODO 4**. Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6.
- **NODO 5.** Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7.

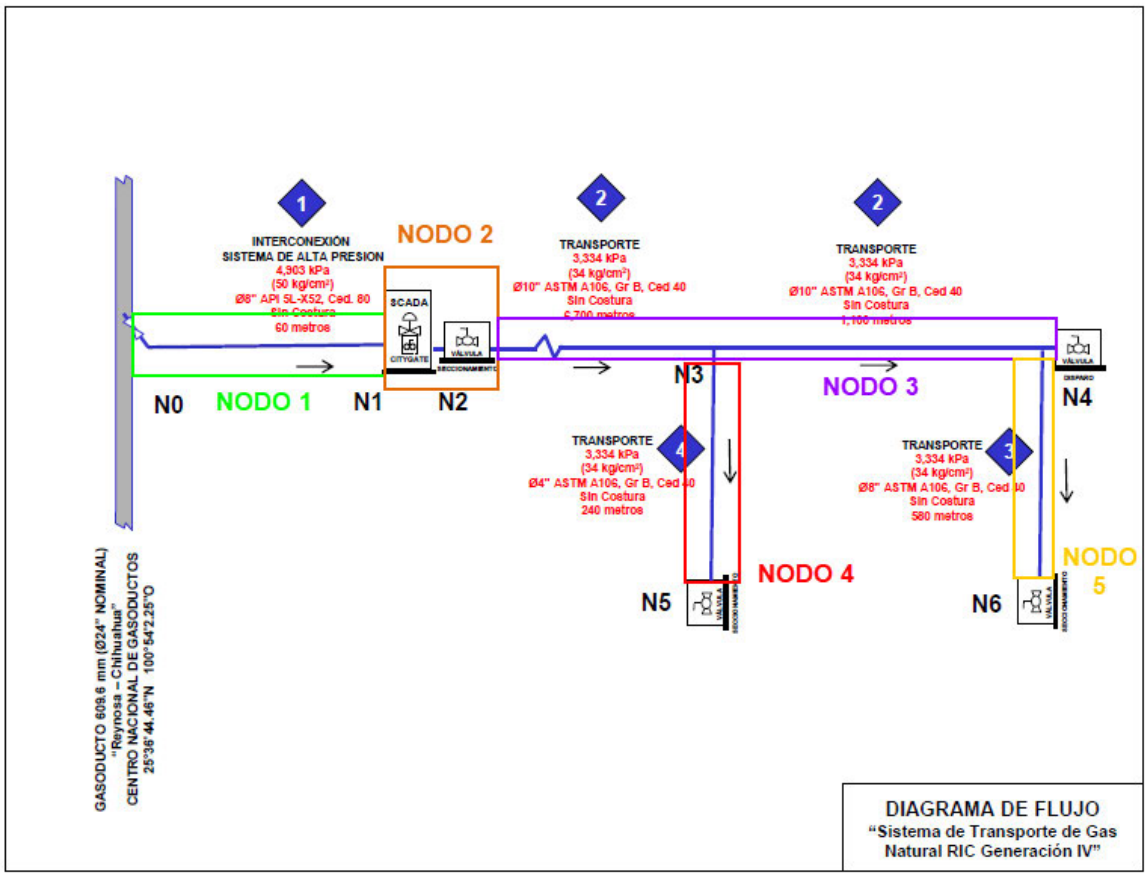



**Figura 33. Definición de nodos de la "SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV"**

En el Anexo V se encuentra el Diagrama de flujo del sistema

**Resultados del HAZOP**

Se presentan las Hojas de trabajo HAZOP en Anexo II.

### 5.4.1.4 JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO

La Matriz de Jerarquización de Riesgo relaciona la severidad de los escenarios mediante el uso de índices ponderados de la severidad de las consecuencias (o afectación) y de la probabilidad de ocurrencia del incidente. El índice de evaluación de la consecuencia permite identificar la magnitud de las consecuencias en relación con los daños probables tanto a la salud como a la economía de la instalación. Por otro lado, la probabilidad de ocurrencia de un incidente depende directamente del nivel de protección del equipo, así como del historial de la frecuencia de fallas que funjan como eventos

iniciantes en el desarrollo de los escenarios evaluados.

Los diferentes grados y criterios aplicados en la jerarquización de riesgos conforme a los Índices de Severidad de Consecuencias y Frecuencia de Ocurrencia se describen a continuación:

**Tabla 28. Tabla de clasificación de frecuencias para Escenarios de Riesgo**

| Categoría de frecuencia | Tipo | Descripción de la frecuencia de ocurrencia |
|---|---|---|
| 6 | Muy frecuente | Ocurre una o más veces al año |
| 5 | Frecuente | Ocurre una vez en un periodo entre 1 y 3 años |
| 4 | Poco frecuente | Ocurre una vez en un periodo entre 3 y 5 años |
| 3 | Raro | Ocurre una vez en un periodo entre 5 y 10 años |
| 2 | Muy raro | Ocurre una vez en la vida útil de la planta |
| 1 | Extremadamente raro | Evento que es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro |

**Fuente: Guía PEMEX Clave: 800-16400-DCO-GT-75 2012.**

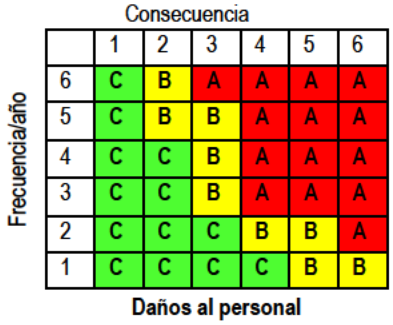
**Tabla 29. Tabla de clasificación de consecuencias para Escenarios de Riesgo**

| Categoría de frecuencia | Daños al personal | Efecto en la población | Impacto ambiental | Perdida de producción (Millones de USD) | Daños a la instalación (Millones de USD) | Daños a bienes de terceros o de la nación (Millones de USD) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 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 | Mayor de 50 | Mayor de 50 |
| 5 | 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 | De 15 a 50 | De 15 a 50 |
| 4 | 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 | De 5 a 15 | De 5 a 15 |
| 3 | Heridas o daños físicos que generan incapacidad médica | Heridas o daños físicos que pueden resultar 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 | De 0.500 a 5 | De 0.500 a 5 |
| 2 | 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 pueden detectar | Fuga o derrame externo que se pueda controlar en menos de una hora (incluyendo el tiempo para detectar) | De 0.250 a 0.500 | De 0.250 a 0.500 | De 0.250 a 0.500 |
| 1 | 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 | Hasta 0.250 | Hasta 0.250 |

**Fuente: Guía PEMEX Clave: 800-16400-DCO-GT-75 2012.**

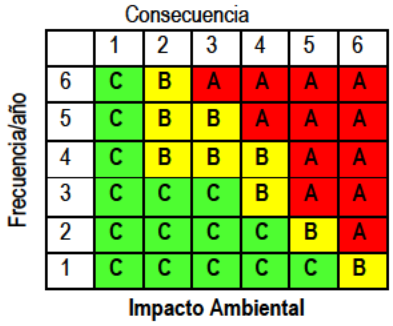
La matriz de riesgo representa en forma gráfica la ponderación de riesgo que pueden tomar cada uno de los escenarios, para lo cual, se definen tres regiones que indican el tipo de riesgo que tiene el escenario y las acciones que deben ser tomadas.

## Matrices de Riesgo









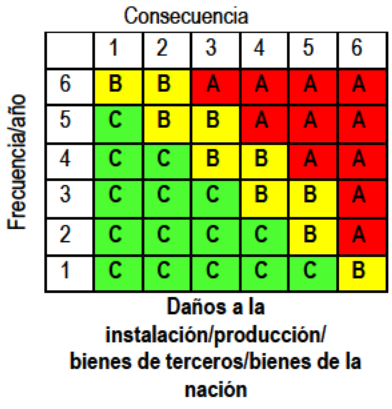




**Tabla 30. Definiciones de las diferentes regiones de Riesgo**

| Región de Riesgo | Descripción |
|---|---|
| No tolerable "A" | Los riesgos de este tipo deben provocar acciones inmediatas para implantar las recomendaciones generadas en el análisis de riesgos. El costo no debe ser una limitación y el hacer nada no es una opción aceptable. Estos riesgos representan situaciones de emergencia y deben establecerse Controles Temporales Inmediatos. Las acciones deben reducirlos a una región de Riesgo ALARP y en el mejor de los casos, hasta riesgo tolerable |
| ALARP "B" (As Low As Reasonably Practicable - Tan bajo como sea razonablemente práctico) | Los riesgos que se ubiquen en esta región deben estudiarse a detalle mediante análisis de tipo costo-beneficio para que pueda tomarse una decisión en cuanto a que se tolere el riesgo o se implanten recomendaciones que permitan reducirlos a la región de riesgo tolerable. |
| Tolerable "C" | El riesgo es de bajo impacto y es tolerable, aunque pudieran tomarse acciones para reducirlo. Se debe |

| Región de Riesgo | Descripción |
|---|---|
| | continuar con las medidas preventivas que permiten mantener estos niveles de riesgo en valores tolerables. |

Nota 1. La clasificación del riesgo analizado, corresponderá al que resulte de la evaluación de su frecuencia – consecuencia, en cualquiera de las cuatro matrices, en primer lugar, como Riesgo No Tolerable "A", en segundo lugar, como Riesgo ALARP "B" y finalmente, en tercer lugar, como Riesgo Tolerable "C".

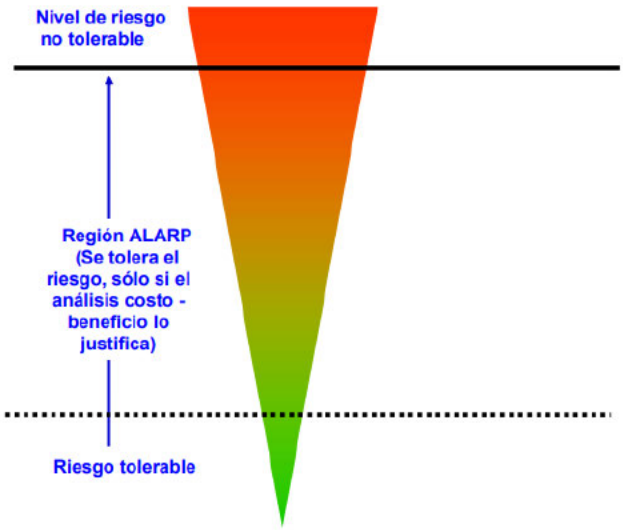



**Figura 34. Principio ALARP**

Durante la aplicación de las metodologías de identificación de riesgos se elaboró de forma simultánea el proceso de jerarquización de los eventos identificados, con objeto de seleccionar los postulados finales sobre los que se proseguirá el Análisis de Consecuencias.

La Matriz de Jerarquización de Riesgo relaciona la severidad de los escenarios mediante el uso de índices ponderados de la severidad de las consecuencias (o afectación) y de la probabilidad de ocurrencia del incidente. El índice de evaluación de la consecuencia permite identificar la magnitud de las consecuencias en relación con los daños probables tanto a la salud como a la economía de la instalación. Por otro lado, la probabilidad de ocurrencia de un incidente depende directamente del nivel de protección del equipo, así como del historial de la frecuencia de fallas que funjan como eventos iniciantes en el desarrollo de los escenarios evaluados.

El índice ponderado de riesgo se utiliza para jerarquizar y determinar los escenarios que se consideren importantes para la simulación de consecuencias. Los análisis mencionados en los puntos anteriores determinan la siguiente jerarquización de riesgos, en función de la probabilidad de ocurrencia:

La matriz de riesgo representa en forma gráfica la ponderación de riesgo que pueden tomar cada uno de los escenarios, para lo cual, se definen tres regiones que indican el tipo de riesgo que tiene el escenario y las acciones que deben ser tomadas.

### Resultados de la Jerarquización

Se presentan los resultados de la Jerarquización de riesgos en el Anexo II.

Una vez realizada la jerarquización de Riesgos, en la siguiente tabla se enlistarán todos los Escenarios de Riesgo identificados, ordenados de mayor a menor nivel de Riesgo.

**Tabla 31. Escenarios de riesgo identificados**

| No. | Clave del escenario identificado | Descripción del escenario identificado | Nivel de Riesgo (frecuencia por consecuencia) | Región de Riesgo | Frecuencia | Consecuencia | | | | Identificación del nodo o sistema | Nombre de la instalación o ducto | Km o Instalación superficial | Sustancia involucrada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Dpe | Dpo | IA | DIB | | | | |
| 1 | 1.2.1 | Más presión debido a Mayor aportación de gas natural en gasoducto de CENAGAS | B | ALARP | **3** | **3** | **1** | **2** | **2** | 1 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) | Gas Natural |
| 2 | 2.8.1 | Rotura de la tubería y/o accesorios debido error humano de personal o por contratistas al realizar labores de mantenimiento en la ERMP | B | ALARP | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP). | Gas Natural |
| 3 | 3.8.1 | Rotura de la tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros, en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento y/o excavación. | B | ALARP | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural | Gas Natural |
| 4 | 3.11.1 | Mas Esfuerzo efectivo de la tubería en cruzamientos con carreteras, arroyos y/o vías de ferrocarril debido a Mal cálculo de análisis de esfuerzos en cruzamientos. | B | ALARP | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural | Gas Natural |

| No. | Clave del escenario identificado | Descripción del escenario identificado | Nivel de Riesgo (frecuencia por consecuencia) | Región de Riesgo | Frecuencia | Consecuencia | | | | Identificación del nodo o sistema | Nombre de la instalación o ducto | Km o Instalación superficial | Sustancia involucrada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Dpe | Dpo | IA | DIB | | | | |
| 5 | 4.6.1 | Más corrosión externa debido a daño en la pintura epóxica de la tubería | B | ALARP | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6. | Gas Natural |
| 6 | 4.8.1 | Rotura de la tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros, en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento y/o excavación. | B | ALARP | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6. | Gas Natural |
| 7 | 5.6.1 | Más corrosión externa debido a daño en la pintura epóxica de la tubería | B | ALARP | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7. | Gas Natural |
| 8 | 5.8.1 | Rotura de la tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros, en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento y/o excavación. | B | ALARP | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 5 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7. | Gas Natural |

| No. | Clave del escenario identificado | Descripción del escenario identificado | Nivel de Riesgo (frecuencia por consecuencia) | Región de Riesgo | Frecuencia | Consecuencia | | | | Identificación del nodo o sistema | Nombre de la instalación o ducto | Km o Instalación superficial | Sustancia involucrada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Dpe | Dpo | IA | DIB | | | | |
| 9 | 1.1.3 | Menos Presión debido a Ruptura en ducto de 24" Ø de CENAGAS aguas arriba de la interconexión | C | Tolerable | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) | Gas Natural |
| 10 | 1.3.1 | Menos Flujo debido a Ruptura en ducto de 24" Ø de CENAGAS aguas arriba de la interconexión | C | Tolerable | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) | Gas Natural |
| 11 | 1.4.1 | Más Flujo debido a Mayor aportación de gas natural por parte de CENAGAS | C | Tolerable | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) | Gas Natural |
| 12 | 1.5.1 | No Flujo debido a Cierre de válvula de compuerta de interconexión (CENAGAS) | C | Tolerable | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) | Gas Natural |
| 13 | 1.6.1 | Más corrosión externa debido a daño en la pintura epóxica de la tubería | C | Tolerable | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) | Gas Natural |

| No. | Clave del escenario identificado | Descripción del escenario identificado | Nivel de Riesgo (frecuencia por consecuencia) | Región de Riesgo | Frecuencia | Consecuencia | | | | Identificación del nodo o sistema | Nombre de la instalación o ducto | Km o Instalación superficial | Sustancia involucrada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Dpe | Dpo | IA | DIB | | | | |
| 14 | 1.7.1 | Más corrosión interna debido a Variación en la composición del gas enviado por proveedor | C | Tolerable | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) | Gas Natural |
| 15 | 1.8.1 | Menos Espesores de pared debido a Fricción del mismo gas en tubería y accesorios | C | Tolerable | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) | Gas Natural |
| 16 | 1.9.1 | Rotura de la tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros, en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento y/o excavación. | C | Tolerable | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) | Gas Natural |
| 17 | 1.10.1 | Fenómenos hidrometeorológicos causa inundaciones | C | Tolerable | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) | Gas Natural |
| 18 | 1.11.1 | Fabricación del ducto errónea debido a mala calidad de los materiales de fabricación (Defectos | C | Tolerable | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y | Gas Natural |

| No. | Clave del escenario identificado | Descripción del escenario identificado | Nivel de Riesgo (frecuencia por consecuencia) | Región de Riesgo | Frecuencia | Consecuencia | | | | Identificación del nodo o sistema | Nombre de la instalación o ducto | Km o Instalación superficial | Sustancia involucrada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Dpe | Dpo | IA | DIB | | | | |
| | | de tubería/componente | | | | | | | | | | Medición Principal (ERMP) | |
| 19 | 2..1.3 | Menos Presión debido a Ruptura en ducto de 8" Ø aguas arriba de la ERMP | C | Tolerable | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP). | Gas Natural |
| 20 | 2.2.1 | Más Presión debido a Mayor aportación de gas por parte de CENAGAS | C | Tolerable | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP). | Gas Natural |
| 21 | 2.3.1 | Fuga en ducto de 8" Ø aguas arriba de la ERMP. | C | Tolerable | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP). | Gas Natural |
| 22 | 2.4.1 | Más Flujo debido a Mayor aportación por parte de CENAGAS. | C | Tolerable | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP). | Gas Natural |
| 21 | 2.5.1 | Más corrosión externa debido a daño en la pintura epóxica de la tubería | C | Tolerable | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP). | Gas Natural |
| 22 | 2.6.1 | Más corrosión interna debido a d Variación en la composición del gas enviado por proveedor | C | Tolerable | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP). | Gas Natural |
| 23 | 2.7.1 | Menos Espesores de pared debido a Fricción del mismo gas en tubería y accesorios | C | Tolerable | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP). | Gas Natural |
| 24 | 2.9.1 | Fenómenos hidrometeorológicos causa inundaciones | C | Tolerable | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP). | Gas Natural |

| No. | Clave del escenario identificado | Descripción del escenario identificado | Nivel de Riesgo (frecuencia por consecuencia) | Región de Riesgo | Frecuencia | Consecuencia | | | | Identificación del nodo o sistema | Nombre de la instalación o ducto | Km o Instalación superficial | Sustancia involucrada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Dpe | Dpo | IA | DIB | | | | |
| 25 | 2.10.1 | Instalación de la ERMP es errónea debido a mala calidad de los materiales (Defectos de tubería/componente/ accesorios) | C | Tolerable | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP). | Gas Natural |
| 26 | 3.1.2 | Menos Presión debido a Fuga en accesorios, bridas y empaques | C | Tolerable | 2 | 1. | 1 | 2 | 1 | 3 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural | Gas Natural |
| 27 | 3.2.2 | Más Presión debido a Sobrepresión en línea de suministro de gas (CENAGAS). | C | Tolerable | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural | Gas Natural |
| 28 | 3.3.1 | Menos Flujo debido a Fuga en ducto del suministrador de gas (CENAGAS). | C | Tolerable | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural | Gas Natural |
| 29 | 3.4.1 | Más Flujo debido a Mayor aportación de gas natural por parte de CENAGAS | C | Tolerable | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural | Gas Natural |
| 30 | 3.5.1 | No Flujo debido a Cierre de válvula de compuerta de la interconexión | C | Tolerable | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural | Gas Natural |
| 31 | 3.6.1 | Más corrosión externa debido a daño en la pintura epóxica de la tubería | C | Tolerable | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural. | Gas Natural |
| 32 | 3.7.1 | Más corrosión interna debido a d Variación en la composición del gas enviado por | C | Tolerable | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural | Gas Natural |

| No. | Clave del escenario identificado | Descripción del escenario identificado | Nivel de Riesgo (frecuencia por consecuencia) | Región de Riesgo | Frecuencia | Consecuencia | | | | Identificación del nodo o sistema | Nombre de la instalación o ducto | Km o Instalación superficial | Sustancia involucrada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Dpe | Dpo | IA | DIB | | | | |
| | | proveedor | | | | | | | | | | | |
| 33 | 3.9.1 | Menos Espesores de pared debido a Fricción del mismo gas en tubería y accesorios | C | Tolerable | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural | |
| 34 | 3.10.1 | Fenómenos hidrometeorológicos causa inundaciones | C | Tolerable | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural | |
| 35 | 3.12.1 | Fabricación del ducto errónea debido a mala calidad de los materiales de fabricación (Defectos de tubería/componente) | C | Tolerable | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural | Gas Natural |
| 36 | 4.1.3 | Menos presión debido a Ruptura en ducto 10" Ø | C | Tolerable | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6. | Gas Natural |
| 37 | 4.2.2 | Más Presión debido a Sobrepresión en línea de suministro de gas (CENAGAS). | C | Tolerable | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6. | Gas Natural |
| 38 | 4.3.1 | Menos flujo debido a Fuga en ducto del suministrador de gas (CENAGAS). | C | Tolerable | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 4 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6. | Gas Natural |
| 39 | 4.4.1 | Más flujo debido a Mayor aportación de | C | Tolerable | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 4 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE | Gasoducto de 4" Ø de Válvula de | Gas Natural |

| No. | Clave del escenario identificado | Descripción del escenario identificado | Nivel de Riesgo (frecuencia por consecuencia) | Región de Riesgo | Frecuencia | Consecuencia | | | | Identificación del nodo o sistema | Nombre de la instalación o ducto | Km o Instalación superficial | Sustancia involucrada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Dpe | Dpo | IA | DIB | | | | |
| | | gas natural por parte de CENAGAS | | | | | | | | | GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6. | |
| 40 | 4.5.1 | No Flujo debido a Cierre de válvula de compuerta de la interconexión | C | Tolerable | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6. | Gas Natural |
| 41 | 4.7.1 | Más corrosión interna debido a d Variación en la composición del gas enviado por proveedor | C | Tolerable | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6. | Gas Natural |
| 42 | 4.9.1 | Menos espesores de pared debido a Fricción del mismo gas en tubería y accesorios | C | Tolerable | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6. | Gas Natural |
| 43 | 4.10.1 | Fenómeno hidrometereológicos causa inundaciones | C | Tolerable | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6. | Gas Natural |
| 44 | 4.11.1 | Fabricación del ducto errónea debido a mala calidad de los materiales de fabricación (Defectos de tubería/componente) | C | Tolerable | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6. | Gas Natural |
| 45 | 5.1.3 | Menos presión debido a Ruptura en ducto 10" Ø | C | Tolerable | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE | Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a | Gas Natural |

| No. | Clave del escenario identificado | Descripción del escenario identificado | Nivel de Riesgo (frecuencia por consecuencia) | Región de Riesgo | Frecuencia | Consecuencia | | | | Identificación del nodo o sistema | Nombre de la instalación o ducto | Km o Instalación superficial | Sustancia involucrada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Dpe | Dpo | IA | DIB | | | | |
| | | | | | | | | | | | GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV. | Válvula de seccionamiento 7 | |
| 46 | 5.2.2 | Más Presión debido a Sobrepresión en línea de suministro de gas (CENAGAS | C | Tolerable | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 5 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7 | Gas Natural |
| 47 | 5.3.1 | Menos flujo debido a Fuga en ducto del suministrador de gas (CENAGAS). | C | Tolerable | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7 | Gas Natural |
| 48 | 5.4.1 | Más flujo debido a Mayor aportación de gas natural por parte de CENAGAS | C | Tolerable | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7 | Gas Natural |
| 49 | 5.5.1 | No Flujo debido a Cierre de válvula de compuerta de la interconexión | C | Tolerable | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7 | Gas Natural |
| 50 | 5.7.1 | Más corrosión interna debido a d Variación en la composición del gas enviado por proveedor | C | Tolerable | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7 | Gas Natural |
| 51 | 5.9.1 | Menos espesores de pared debido a Fricción del mismo gas en tubería y accesorios | C | Tolerable | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 5 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7 | Gas Natural |
| 52 | 5.10.1 | Fenómeno hidrometereológicos causa inundaciones | C | Tolerable | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 5 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de | Gas Natural |

| No. | Clave del escenario identificado | Descripción del escenario identificado | Nivel de Riesgo (frecuencia por consecuencia) | Región de Riesgo | Frecuencia | Consecuencia | | | | Identificación del nodo o sistema | Nombre de la instalación o ducto | Km o Instalación superficial | Sustancia involucrada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Dpe | Dpo | IA | DIB | | | | |
| | | | | | | | | | | | | seccionamiento 7 | |
| 53 | 5.11.1 | Fabricación del ducto errónea debido a mala calidad de los materiales de fabricación (Defectos de tubería/componente) | C | Tolerable | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 5 | SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV | Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7 | Gas Natural |

Tomando en cuenta el catálogo de riesgos generado de la identificación riesgos; la evaluación cualitativa con las categorías y matrices de riesgos; y la jerarquización de los mismos, se seleccionaron los escenarios ubicados en Región de **Riesgo ALARP "B" (As Low As Reasonably Practicable - Tan bajo como sea razonablemente práctico), (región "amarilla**, con la finalidad de evaluar el alcance de los efectos de dichos eventos (análisis de consecuencias).

En la siguiente tabla se muestra la relación de escenarios seleccionados para el análisis cuantitativo agrupados por evento:

**Tabla 32. Escenarios evaluados cuantitativamente**

| No. | Clave del escenario identificado | Descripción del escenario identificado | Tipo de Riesgo |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.2.1 | Fuga de gas natural en Gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) por mayor presión debido a mayor aportación de gas natural en gasoducto de CENAGAS. | B |
| 2 | 2.8.1 | Fuga de gas natural en Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) por rotura en la tubería y/o accesorios debido a error humano de personal propio o por contratistas al realizar labores de mantenimiento. | B |
| 3 | 3.8.1, 3.11.1 | Fuga de gas natural en Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. Y/o sobre esfuerzo efectivo de la tubería en cruzamientos con carreteras, arroyos y/o vías de ferrocarril debido a mal cálculo de análisis de esfuerzos en cruzamientos. | B |
| 4 | 4.6.1, 4.8.1 | Fuga de gas natural en Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6 por corrosión externa debido a daño en pintura epóxica de la tubería y/o por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. | B |
| 5 | 5.6.1, 5.8.1 | Fuga de gas natural en Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7 por corrosión externa debido a daño en pintura epóxica de la tubería y/o por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. | B |

Se identificaron 5 escenarios de riesgo ALARP "B" (As Low As Reasonably Practicable - Tan bajo como sea razonablemente práctico), los cuales serán evaluados cuantitativamente y el alcance de los

efectos de dichos eventos.

Así mismo, de acuerdo con el listado de escenarios anterior, se establecen los casos más probables y los peores casos, como se muestra a continuación:

**CASOS PROBABLES:**

| Clave del escenario identificado | Descripción del escenario identificado |
|---|---|
| 1.2.1 | Fuga de gas natural en Gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) por mayor presión debido a mayor aportación de gas natural en gasoducto de CENAGAS. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición |
| 2.8.1 | Fuga de gas natural en Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) por rotura en la tubería y/o accesorios debido a error humano de personal propio o por contratistas al realizar labores de mantenimiento. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición. |
| 4.6.1, 4.8.1 | Fuga de gas natural en Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6 por corrosión externa debido a daño en pintura epóxica de la tubería y/o por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición. |
| 5.6.1, 5.8.1 | Fuga de gas natural en Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7 por corrosión externa debido a daño en pintura epóxica de la tubería y/o por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición. |

**PEOR CASO:**

| Clave del escenario identificado | Descripción del escenario identificado |
|---|---|
| 3.8.1, 3.11.1 | Fuga de gas natural en Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. Y/o sobre esfuerzo efectivo de la tubería en cruzamientos con carreteras, arroyos y/o vías de ferrocarril debido a mal cálculo de análisis de esfuerzos en cruzamientos. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición. |

## 5.4.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGO

### 5.4.2.1 ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

La evaluación de consecuencias es una técnica de análisis cuantitativo de riesgos, que permite observar el alcance de un accidente potencial, y sus efectos sobre las personas, el ambiente, población, producción e instalación, así también permite generar medidas y/o recomendaciones adicionales con respecto a la ubicación de equipos de operación y seguridad, y a definir los planes de respuesta a emergencias.
Los accidentes que involucran sustancias químicas peligrosas pueden producir diferentes tipos de fenómenos, entre los cuales se encuentran los de tipo mecánico (explosiones), térmico (radiación térmica-incendio) y de tipo químico (fugas, derrames de sustancias tóxicas).

El Análisis de Consecuencias (AC) de incendios, explosiones y nubes tóxicas es una metodología de Análisis de Riesgos que permite estimar la medida de los efectos esperados de la ocurrencia de un evento potencialmente peligroso.
Los diversos tipos de accidentes graves a considerar en las instalaciones en las que haya sustancias peligrosas, pueden producir determinados fenómenos peligrosos para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales.

Se realizó el Análisis detallado de Consecuencias para aquellos Escenarios de Riesgo que fueron identificados y ubicados en la región de riesgo ALARP “B” (As Low As Reasonably Practicable - Tan bajo como sea razonablemente práctico), dichos escenarios fueron derivados de la Jerarquización de Riesgos (análisis cualitativo de riesgo).

La determinación de los radios potenciales de afectación se realizó mediante la aplicación de modelos matemáticos especializados, reconocidos y validados para Simulación de consecuencias, considerando los casos más probables, los Peores Casos, y posibles casos alternos, identificados previamente.

Metodología

- Como primer paso del análisis de riesgos es determinar el fluido (mezcla, sustancia) que se estará liberando en cada evento analizado, así como sus propiedades fisicoquímicas.
- Posteriormente se determina la fuente de liberación, incluyendo la selección del modelo de descarga (ruptura de línea, fuga en línea, ruptura catastrófica, etc.), derivado de esto el flujo de descarga, la fase de descarga (vapor, líquido, etc.), cantidad de material liberado, etc.
- En el tercer paso se define el modelo de dispersión de acuerdo con las variables atmosféricas correspondientes, como son estabilidad atmosférica, velocidad del viento, humedad, etc. Los resultados se emplean para determinar ciertos niveles de concentración de material, con lo cual se determinan los posibles efectos por toxicidad, inflamabilidad (radiación) y explosión (sobrepresión).
- Finalmente se representan gráficamente los radios de afectación, y se realiza un análisis de vulnerabilidad, es decir, se describen los posibles daños a la población, medio ambiente, personal del promovente, así como instalaciones/producción.

Para poder evaluar la magnitud de las consecuencias o posibles daños que se pudieran ocasionar o los eventos relacionados con los procesos de liberación o fuga de gas natural, se utilizó el programa de simulación conocido como ALOHA (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres)*, Localización de Áreas de Atmósferas Peligrosas fue desarrollado por la EPA (*Environmental Protection Agency*) y la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

**Descripción del software de simulación utilizado.**

El programa ALOHA (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres)*, Localización de Áreas de Atmósferas Peligrosas fue desarrollado por la EPA (*Environmental Protection Agency*) y la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). ALOHA utiliza el modelo gaussiano para predecir la dispersión de gases neutros considerando una distribución de la concentración.

El Software ALOHA es un programa informático diseñado especialmente para el uso de personas que responden a situaciones de emergencia tales como emisiones de sustancias químicas, explosiones e incendio, así como para la planificación de atención de emergencias y la formación del personal antes mencionado.

El programa ALOHA cuenta con modelos para simular los principales peligros como toxicidad, inflamabilidad, radiación térmica (calor) y sobrepresión (explosión) relacionados con emisiones de sustancias químicas que resultan en la liberación de gases tóxicos, incendios y / o explosiones.

Los modelos implementados en ALOHA permiten considerar dispersiones originadas en fuentes continuas o instantáneas.

**Tasa de liberación.**
ALOHA puede predecir las tasas a las cuales los vapores químicos pueden escapar a la atmosfera desde tuberías de gas rotas, fugas de tanques y charcos en evaporación. Entonces puede predecir cómo una nube de gas peligrosa podría dispersarse en la atmosfera después de una descarga química accidental.

Como resultado de la resolución de los modelos implementados se obtiene la distancia máxima a la cual se alcanza la concentración de interés determinada. A partir de esta información el programa establece el contorno de la nube formada para la concentración elegida (valor umbral) y predice, en forma gráfica, el perfil de concentración y la dosis para cualquier punto de coordenadas (*x, y*) a cierta distancia de la fuente.

**Consideraciones para el modelo**

La información necesaria para la evaluación del modelo de simulación es:

- Características físicas y químicas del fluido.
- Condiciones meteorológicas para el escenario del sitio y clase de la estabilidad atmosférica.
- Tiempo de fuga.

- Diámetro equivalente del orificio de la fuga.
- Condiciones de operación.

**Características físicas y químicas del fluido**

Los datos de las características físicas y químicas del Gas Natural fueron obtenidos de la hoja de seguridad (Anexo III).

**Condiciones meteorológicas.**

Las estadísticas de las variables meteorológicas se basan en observaciones reales. Ahora bien, de acuerdo con el Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, la altura del Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila donde se ubica el proyecto, es de 1,380 msnm y los vientos predominantes soplan en dirección Norte con velocidad de 22.5 km/h. En base a las Normales Climatológicas comprendidas en el periodo 1981-2010 de datos recabados por la Estación Climatológica 5140 Ramos Arizpe (DGE) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), localizada a una distancia de 8.32 km aproximadamente del sitio donde se pretende instalar el Gasoducto, se tiene una temperatura media normal de 18.5 °C. Por otro lado, la humedad relativa anual es de promedio 50 %.

**Las clases atmosféricas de la estabilidad de Pasquill**

El método para categorizar la cantidad de la turbulencia presente en la atmósfera es el método desarrollado por Pasquill en 1961, el categorizó la turbulencia atmosférica en seis clases de la estabilidad denominadas A, B, C, D, E y F. La clase A que es la más inestable o la más turbulenta, y la clase F es la más estable o menos turbulenta. La tabla siguiente enumera las seis clases y la tabla subsecuente proporciona las condiciones meteorológicas que definen cada clase.

**Tabla 33. Tipos de estabilidad**

| Tipo de estabilidad | Definición |
|---|---|
| A | Muy inestable |
| B | Inestable |
| C | Levemente inestable |
| D | Neutral |
| E | Levemente estable |
| F | Estable |

Una condición estable se caracteriza por un flujo laminar de las capas del aire y se presenta ausencia de turbulencia, un gradiente vertical de temperatura, fluctuaciones mínimas de la dirección del viento y un bajo nivel de insolación (condiciones más adversas para la dispersión de contaminantes).

La relación entre las clases de estabilidad y las condiciones meteorológicas (radiación solar y cobertura del cielo) se muestra en la siguiente Tabla:

**Tabla 34. Estabilidad atmosférica de Pasquill**

| Velocidad del viento U10 (m/s) | Radiación solar | | | Horas de noche | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Fuerte | Moderado | Débil | Fracción cubierta de nubes | |
| | | | | ≥1/2 | ≥1/2 ≤1/2 |
| <2 | A | A-B | B | E | F |
| 2 – 3 | A-B | B | C | E | F |
| 3 – 5 | B | B-C | C | D | E |
| 5 – 6 | C | C-D | D | D | D |
| >6 | C | D | D | D | D |

De acuerdo con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en la presentación de Estudios de Riesgos para modelaciones, deben considerarse las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, se deberá utilizarse Estabilidad Clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s.

**Diámetro de orificio de fuga**

El área y forma del orificio es uno de los parámetros que tienen gran incertidumbre. Por lo general se supone un orificio circular y lo simuladores cuentan con modelos de fuga para orificios circulares. En ocasiones se simulan eventos ya ocurridos con orificios de geometría distintas a la circular. Para el caso de orificios con geometrías distintas a la circular se debe considerar un área equivalente a un círculo a partir del área del orificio de fuga.

A manera de referencia, se presentan los diámetros equivalentes de fuga, para así determinar las posibles afectaciones a la población, medio ambiente, personal e instalación, con la finalidad de implementar las medidas necesarias.

**Tabla 35. Diámetros de fuga en base al tipo de evento**

| Tipo de evento | Descripción |
|---|---|
| **Para el Peor Caso** | Para cada Sustancia Peligrosa manejada (para recipientes, considerar el que involucre a la mayor cantidad de sustancia en un solo recipiente, por ejemplo, el tanque de almacenamiento con mayor cantidad almacenada, y para tuberías considerar el que involucre a la mayor cantidad de sustancia en una tubería, por ejemplo, la tubería con mayor diámetro y mayor longitud entre válvulas de seccionamiento), independientemente de la región de Riesgo donde se ubiquen. |
| **Para el Caso más Probable** | Para cada Sustancia Peligrosa manejada, independientemente de la región de Riesgo donde se ubiquen, considerando una fuga del 20% del diámetro equivalente de la tubería. |
| **Para el Caso Alterno** | Escenarios que se ubiquen dentro de la región de Riesgo No tolerable y además aquellos ubicados en la región ALARP que sean de interés particular para la evaluación de consecuencias identificados en el desarrollo del apartado 5.4.1.4. de la "Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos" (ASEA, 2020). En caso de que se haya demostrado metodológica y sistemáticamente en dicho apartado, que todos los Escenarios de Riesgo se localizan únicamente dentro de los niveles de tolerabilidad o aceptabilidad, se simularán aquellos Escenarios de Riesgo que sean de interés particular. Los Regulados realizarán las simulaciones para un orificio de fuga del 20% y del 100% del diámetro equivalente de la tubería, y ruptura total en caso de recipientes. |

Fuente: Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos (ASEA, 2020)

Para las simulaciones de los Casos más Probables se calculó el 20% del diámetro de las tuberías y posteriormente, de acuerdo con lo solicitado por el Software Aloha, se calculó el área del orificio: dividiendo el diámetro entre 2 para obtener el radio, después se elevó al cuadrado y se multiplicó por el valor de Pi, 3.1416.

**Simulación de los eventos y diagramas de pétalos (planos de radios de afectación).**

Este apartado tiene por objeto principal determinar las zonas vulnerables que están asociadas a los accidentes identificados, mediante la simulación del comportamiento real de una sustancia química, en la cual intervienen una multitud de factores tales como:

- Condiciones en que se produce la liberación de la sustancia
- Características físico-químicas de la misma
- Características del medio ambiente en el cual se produce la dispersión
- Interrelación entre la sustancia y el medio ambiente.

**Criterios de zonas de alto riesgo y seguridad**

Tomando como base estos parámetros, así como las consideraciones indicadas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para la presentación de Estudios de Riesgos, indican que los radios potenciales de afectación para definir y justificar las zonas de seguridad deberán utilizar los siguientes valores:

**Tabla 36. Criterios de zonas de seguridad y riesgo.**

| | INFLAMABILIDAD (Radiación térmica) | EXPLOSIVIDAD (Sobrepresión) |
|---|---|---|
| Zona de Riesgo | 5 KW/m² | 1.0 psig |
| Zona de Seguridad | 1.4 KW/m² | 0.5 psig |

Como resultado de la aplicación de las técnicas de identificación de riesgos, los eventos identificados y ubicados en la región de riesgo ALARP “B” (As Low As Reasonably Practicable - Tan bajo como sea razonablemente práctico) son aquellos casos a simular, para así determinar las posibles afectaciones a la población, medio ambiente, personal, instalaciones/producción con la finalidad de implementar las medidas necesarias.

**Escenarios**

Los eventos extraordinarios que pueden ocurrir en una tubería de gas están relacionados con descargas o pérdida de contención de gas no deseado, estas fugas suelen ser ocasionadas por las siguientes causas:

Corrosión externa: Es ocasionada por la exposición de la superficie externa y desgaste de pintura epóxica, los cuales ocasionan pérdida de espesor y debilitamiento, pudiendo generar orificios.

Daños por agentes externos: Generalmente son ocasionados por factores ajenos a la operación anormal y ocasionados por factores humanos como golpes o ruptura ocasionada por maquinaria

pesada, o algún otro tipo de incidente.

Los escenarios derivados de las metodologías de identificación y jerarquización de riesgos se presentan a continuación:

CASO PROBABLE

**NODO 1. Gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP)**

- **Escenario 1.2.1** Fuga de gas natural en Gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) por mayor presión debido a mayor aportación de gas natural en gasoducto de CENAGAS. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición

  **1.a.** Jet Fire en gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP)
  **1.b.** Explosión en gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP)

CASO PROBABLE

**NODO 2. Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP).**

- **Escenario 2.8.1** Fuga de gas natural en Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) por rotura en la tubería y/o accesorios debido a error humano de personal propio o por contratistas al realizar labores de mantenimiento. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición.

  **2.a.** Jet Fire en Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP).
  **2.b.** Explosión en Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP).

PEOR CASO

**NODO 3. Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural**

- **Escenario 3.8.1, 3.11.1** Fuga de gas natural en Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. Y/o sobre esfuerzo efectivo de la tubería en cruzamientos con carreteras, arroyos y/o vías de ferrocarril debido a mal cálculo de análisis de esfuerzos en cruzamientos. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición.

  **3.a.** Jet Fire en gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural
  **3.b.** Explosión en Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural

CASO PROBABLE

**NODO 4. Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6.**

- **Escenario 4.6.1, 4.8.1** Fuga de gas natural en Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6 por corrosión externa debido a daño en pintura epóxica de la tubería y/o por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición.

  **4.a.** Jet Fire en Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6.
  **4.b.** Explosión en Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6.

CASO PROBABLE

**NODO 5. Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7.**

- **Escenario 5.6.1, 5.8.1** Fuga de gas natural en Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7 por corrosión externa debido a daño en pintura epóxica de la tubería y/o por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición.

  **5.a.** Jet Fire en Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7.
  **5.b.** Explosión en Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7.

A continuación, se presentan los criterios de simulación considerados para cada caso:

**Tabla 37. Criterios de simulación**

| Tipo de caso | Identificación de escenarios | | Diámetro (pulgadas) | | Presión | Velocidad del viento |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Clave | Descripción | Línea/Equipo | Fuga | psi | m/s |
| CP | 1.2.1 | Fuga de gas natural en Gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) por mayor presión debido a mayor aportación de gas natural en gasoducto de CENAGAS. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición | 8 | 1.6 | 711.167 | 6.25 |
| | 2.8.1 | Fuga de gas natural en Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) por rotura en la tubería y/o accesorios debido a error humano de personal propio o por contratistas al realizar labores de mantenimiento. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición. | 10 | 2 | 483.594 | 6.25 |

| Tipo de caso | Identificación de escenarios | | Diámetro (pulgadas) | | Presión | Velocidad del viento |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Clave | Descripción | Línea/Equipo | Fuga | psi | m/s |
| | 4.6.1, 4.8.1 | Fuga de gas natural en Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6 por corrosión externa debido a daño en pintura epóxica de la tubería y/o por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición. | 4 | 0.8 | 483.594 | 6.25 |
| | 5.6.1, 5.8.1 | Fuga de gas natural en Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7 por corrosión externa debido a daño en pintura epóxica de la tubería y/o por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición. | 8 | 1.6 | 483.594 | 6.25 |
| PC | 3.8.1, 3.11.1 | Fuga de gas natural en Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. Y/o sobre esfuerzo efectivo de la tubería en cruzamientos con carreteras, arroyos y/o vías de ferrocarril debido a mal cálculo de análisis de esfuerzos en cruzamientos. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición. | 10 | Ruptura total | 483.594 | 6.25 |

CP: Caso Probable considerando una fuga del 20% del diámetro equivalente de la tubería; PC: Peor caso, considerando Ruptura total de tubería.

Para las simulaciones de los Casos más Probables se calculó el 20% del diámetro de las tuberías y posteriormente, de acuerdo con lo solicitado por el Software Aloha, se calculó el área del orificio: dividiendo el diámetro entre 2 para obtener el radio, después elevarlo al cuadrado y multiplicar por el valor de Pi, 3.1416.

## 5.5 REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

A continuación, se presentan los resultados de las simulaciones en caso de un incendio (Kw/m²) y, en caso de explosión (psi):

| NODO 1. Gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) | | |
|---|---|---|
| CASO PROBABLE | | |
| Eventos | Criterios | Radio de afectación (m) |
| | Zona de alto riesgo 5 kW/m² | 16 |

| NODO 1. Gasoducto de 8" Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) | | |
|---|---|---|
| CASO PROBABLE | | |
| Eventos | Criterios | Radio de afectación (m) |
| Escenario 1.2.1 | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m² | 29 |
| | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC |
| | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | 15 |

| NODO 2. Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP). | | |
|---|---|---|
| CASO PROBABLE | | |
| Eventos | Criterios | Radio de afectación (m) |
| Escenario 2.8.1 | Zona de alto riesgo 5 kW/m² | 15 |
| | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m² | 28 |
| | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC |
| | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | 14 |

| NODO 3. Gasoducto transporte de 10" Ø para la entrega de gas natural | | |
|---|---|---|
| PEOR CASO | | |
| Eventos | Criterios | Radio de afectación (m) |
| Escenario 3.8.1, 3.11.1 | Zona de alto riesgo 5 kW/m² | 63 |
| | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m² | 115 |
| | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC |
| | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | 75 |

| NODO 4. Gasoducto de 4" Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6. | | |
|---|---|---|
| CASO PROBABLE | | |
| Eventos | Criterios | Radio de afectación (m) |
| Escenario 4.6.1, 4.8.1 | Zona de alto riesgo 5 kW/m² | 10 |
| | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m² | 19 |
| | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC |
| | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | 11 |

| NODO 5. Gasoducto de 8" Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7. | | |
|---|---|---|
| CASO PROBABLE | | |
| Eventos | Criterios | Radio de afectación (m) |
| Escenario 5.6.1, 5.8.1 | Zona de alto riesgo 5 kW/m² | 22 |
| | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m² | 41 |
| | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC |
| | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | 30 |

Ver en Anexo IV Radios de Afectación; las hojas de resultados del modelo software ALOHA 5.4.7, los planos con los radios

de afectación y el formato de datos de especificación de escenarios de riesgo.

## 5.6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO

### 5.6.1. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

En la siguiente tabla se describen a detalle, para las zonas de Alto Riesgo y de Amortiguamiento por Sobrepresión y Radiación Térmica, las posibles afectaciones a los receptores de riesgo como son: Población, Medio Ambiente, Personal e Instalaciones/producción.

**Tabla 38. Descripción de los posibles receptores de Riesgo**

| Clave del Escenario | Receptor de Riego | Tipo de Evento | Tipo de Zona | Descripción de la afectación | Descripción de salvaguardas existentes | Recomendaciones para implementar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.2.1 | Población | Radiación térmica | Zona de alto riesgo 5 kW/m² | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de alto riesgo por radiación térmica dentro del radio estimado de 16 metros | • Sistema SCADA (CENAGAS) | • Comunicación constante con el proveedor de gas natural<br>• Cumplimiento al Protocolo de respuesta a emergencias<br>• Dar cumplimiento al Programa de mantenimiento |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m² | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento dentro del radio estimado de 29 metros | | |
| | | Sobrepresión | Zona de alto riesgo 1 psi | La zona de alto riesgo por sobrepresión no afectará a zonas vulnerables de población, ya que No se excedió el LOC. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento por | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | sobrepresión dentro del radio estimado de 15 metros | | |
| | **Medio Ambiente** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | En la zona de alto riesgo por radiación térmica en un radio de 16 metros afectaría a arbustos que se encuentren dentro de este. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | En la zona de amortiguamiento por radiación térmica en un radio de 29 metros afectaría a arbustos que se encuentren dentro de este. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se verán afectados factores ambientales, ya que no se excedió el LOC. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | En la zona de amortiguamiento por sobrepresión en un radio de 15 metros afectaría a arbustos que se encuentren dentro de este. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | **Personal** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | La zona de alto riesgo es de 16 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 | La zona de amortiguamiento | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | kW/m$^2$ | es de 29 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | La zona de amortiguamiento en un radio de 15 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | **Instalaciones/ producción** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | En la zona de alto riesgo dentro del radio de 16 metros se afectaría camino de terracería aledaño. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | La zona de amortiguamiento riesgo dentro del radio de 29 metros y podría afectar los accesorios de la interconexión y equipos o accesorios de la ERMP. Así mismo, podría afectar parte de las instalaciones de la Estación Regulación De Gas Comego CSO y camino de terracería aledaños. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | En la zona de amortiguamiento dentro del radio de 15 metros se afectaría camino de terracería aledaño. | | |
| **2.8.1** | **Población** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren | • Válvula shut-off<br>• Válvula check<br>• Válvula Relevo-alivio | • Contar con un plan de contingencias, formación de |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | eventualmente en la zona de alto riesgo por radiación térmica dentro del radio estimado de 15 metros | • Medidor masico Coriolis<br>• Sistema SCADA | brigadas para casos de emergencia.<br>• Contar con un plan de entrenamiento del personal del establecimiento en técnicas de respuesta a emergencias.<br>• Capacitación constante al personal de Operación del gasoducto<br>• Colocar señalización restrictiva.<br>• Cumplir con Programa de vigilancia del Derecho de Vía<br>• |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento dentro del radio estimado de 28 metros | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | La zona de alto riesgo por sobrepresión no afectará a zonas vulnerables de población, ya que No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento por sobrepresión dentro del radio estimado de 14 metros | | |
| | **Medio Ambiente** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | En la zona de alto riesgo por radiación térmica en un radio de 15 metros afectaría a arbustos que se encuentren dentro de este. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | En la zona de amortiguamiento por radiación térmica en un radio de 28 metros afectaría a arbustos que se encuentren dentro de este. Se | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se verán afectados factores ambientales, ya que no se excedió el LOC. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | En la zona de amortiguamiento por sobrepresión en un radio de 14 metros afectaría a arbustos que se encuentren dentro de este. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | **Personal** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | La zona de alto riesgo es de 15 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | La zona de amortiguamiento es de 28 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | La zona de amortiguamiento en un radio de 14 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | **Instalaciones/ producción** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | En la zona de alto riesgo dentro del radio de 15 metros | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | podría afectar equipos y/o accesorios de la ERMP y válvula de seccionamiento 1. Así mismo, podría afectar camino de terracería aledaño. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m² | La zona de amortiguamiento riesgo dentro del radio de 28 metros y podría afectar equipos y/o accesorios de la ERMP y válvula de seccionamiento 1. Así mismo, podría afectar parte de las instalaciones de la Estación Regulación De Gas Comego CSO y camino de terracería aledaños. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | En la zona de amortiguamiento dentro del radio de 15 metros podría afectar a equipos y/o accesorios de la ERMP y válvula de seccionamiento 1. | | |
| **3.8.1, 3.11.1** | **Sitio de interés 1** | | | | • Válvulas de seccionamiento<br>• Sistema SCADA<br>• Encamisado acero encofrado en concreto | • Contar con un plan de contingencias, formación de brigadas para casos de emergencia.<br>• Contar con un plan de entrenamiento del personal del establecimiento en técnicas de respuesta a emergencias. |
| | **Población** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m² | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de alto riesgo por radiación térmica dentro del radio estimado de 63 metros | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m² | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | eventualmente en la zona de amortiguamiento dentro del radio estimado de 115 metros | | • Procedimiento de seguridad de trabajos de mantenimiento en sistema de tubería.<br>• Colocar señalización restrictiva.<br>• Seguimiento a planes de simulacros para mejorar la capacidad de respuesta ante algún escenario de riesgo.<br>• Elaborar procedimiento e Implementar Programa de vigilancia del Derecho de Vía<br>• Verificar el análisis de esfuerzos en cruzamientos.<br>• Plan de entrenamiento del personal del establecimiento en técnicas de respuesta a emergencias.<br>• Realizar una supervisión de manera estricta durante los trabajos de construcción de |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento por sobrepresión dentro del radio estimado de 75 metros | | |
| | **Medio Ambiente** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | En la zona de alto riesgo por radiación térmica en un radio de 63 metros afectaría a vegetación de matorral que se encuentre dentro de este. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | En la zona de amortiguamiento por radiación térmica en un radio de 115 metros afectaría a vegetación de matorral que se encuentre dentro de este. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se verán afectados factores ambientales, ya que no se excedió el LOC. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | En la zona de amortiguamiento por sobrepresión en un radio de 75 metros afectaría a vegetación de matorral que se encuentre dentro de este. | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | los cruces direccionales |
| | **Personal** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | La zona de alto riesgo es de 63 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | La zona de amortiguamiento es de 115 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | La zona de amortiguamiento en un radio de 75 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | **Instalaciones/ producción** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | En la zona de alto riesgo dentro del radio de 63 metros podría afectar a carretera federal Castaño-Saltillo y vías de ferrocarril. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | La zona de amortiguamiento riesgo dentro del radio de 115 metros y podría afectar a carretera federal Castaño-Saltillo, vías de ferrocarril y torres de alta tensión. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | En la zona de amortiguamiento dentro del | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | radio de 75 metros podría afectar a carretera federal Castaño-Saltillo. | | |
| | **Sitio de interés 2** | | | | | |
| | **Población** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m² | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de alto riesgo dentro del radio estimado de 63 metros | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m² | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento dentro del radio estimado de 115 metros | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento por sobrepresión dentro del radio estimado de 75 metros | | |
| | **Medio Ambiente** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m² | En la zona de alto riesgo por radiación térmica en un radio de 63 metros se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m² | En la zona de amortiguamiento por radiación térmica en un radio de 115 metros afectaría a | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | arbustos que se encuentren dentro de este. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | En la zona de amortiguamiento por sobrepresión en un radio de 75 metros afectaría a arbustos que se encuentren dentro de este. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | **Personal** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | La zona de alto riesgo es de 63 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | La zona de amortiguamiento es de 115 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | La zona de amortiguamiento en un radio de 75 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Instalaciones/ producción** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m² | En la zona de alto riesgo dentro del radio de 63 metros podría afectar a carretera federal Castaño-Saltillo e infraestructura de empresa MKDC aledaña. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m² | La zona de amortiguamiento riesgo dentro del radio de 115 metros y podría afectar a carretera federal Castaño-Saltillo, infraestructura de empresa MKDC aledaña y válvula de seccionamiento 2. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | En la zona de amortiguamiento dentro del radio de 75 metros podría afectar a infraestructura de empresa MKDC aledaña. | | |
| | **Sitio de interés 3** | | | | | |
| | **Población** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m² | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de alto riesgo dentro del radio estimado de 63 metros | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m² | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento dentro del radio estimado de 115 metros | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento por sobrepresión dentro del radio estimado de 75 metros | | |
| | **Medio Ambiente** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | En la zona de alto riesgo por radiación térmica en un radio de 63 metros afectaría a vegetación de matorral que se encuentre dentro de este y parte del arroyo seco. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | En la zona de amortiguamiento por radiación térmica en un radio de 115 metros afectaría a vegetación de matorral que se encuentre dentro de este y parte del arroyo seco. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | En la zona de amortiguamiento por sobrepresión en un radio de 75 metros afectaría a vegetación de matorral que se encuentre dentro de este y parte del arroyo seco. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | gas natural. | | |
| | **Personal** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | La zona de alto riesgo es de 63 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | La zona de amortiguamiento es de 115 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | La zona de amortiguamiento en un radio de 75 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | **Instalaciones/ producción** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | En la zona de alto riesgo dentro del radio de 63 metros podría afectar a carretera federal Castaño-Saltillo. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | La zona de amortiguamiento riesgo dentro del radio de 115 metros y podría afectar a carretera federal Castaño-Saltillo y parte de campo deportivo aledaño. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | En la zona de amortiguamiento dentro del radio de 75 metros no se | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | identifican instalaciones que se pudieran ver afectadas. | | |
| | **Sitio de interés 4** | | | | | |
| | **Población** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m² | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de alto riesgo dentro del radio estimado de 63 metros | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m² | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento dentro del radio estimado de 115 metros | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento por sobrepresión dentro del radio estimado de 75 metros | | |
| | **Medio Ambiente** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m² | En la zona de alto riesgo por radiación térmica en un radio de 63 metros afectaría a arbustos que se encuentren dentro de este. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m² | En la zona de amortiguamiento por | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | radiación térmica en un radio de 115 metros afectaría a arbustos que se encuentren dentro de este. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | En la zona de alto riesgo por sobrepresión en un radio de 75 metros se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | **Personal** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | La zona de alto riesgo es de 63 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento y/o personal de la empresa BACHOCO aledaña. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | La zona de amortiguamiento es de 115 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | La zona de amortiguamiento en un radio de 75 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Instalaciones/ producción** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m² | En la zona de alto riesgo dentro del radio de 63 metros podría afectar a carretera federal Castaño-Saltillo y parte de las instalaciones de la empresa BACHOCO aledaña. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m² | La zona de amortiguamiento riesgo dentro del radio de 115 metros y podría afectar a carretera federal Castaño-Saltillo y parte de las instalaciones de la empresa BACHOCO aledaña. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | En la zona de amortiguamiento dentro del radio de 75 metros podría afectar a carretera federal Castaño-Saltillo y parte de las instalaciones de la empresa BACHOCO aledaña. | | |
| | **Sitio de interés 5** | | | | | |
| | **Población** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m² | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de alto riesgo dentro del radio estimado de 63 metros | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m² | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento dentro del | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | radio estimado de 115 metros | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento por sobrepresión dentro del radio estimado de 75 metros | | |
| | **Medio Ambiente** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | En la zona de alto riesgo por radiación térmica en un radio de 63 metros afectaría a vegetación de matorral que se encuentre dentro de este. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | En la zona de amortiguamiento por radiación térmica en un radio de 115 metros afectaría a vegetación de matorral que se encuentre dentro de este. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | En la zona de amortiguamiento por sobrepresión en un radio de 75 metros afectaría a arbustos que se encuentren dentro de este. Se presentarían emisiones a la | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | **Personal** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | La zona de alto riesgo es de 63 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | La zona de amortiguamiento es de 115 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | La zona de amortiguamiento en un radio de 75 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | **Instalaciones/ producción** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | En la zona de alto riesgo dentro del radio de 63 metros podría afectar a carretera federal 57D y Libramiento Oriente de Saltillo. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | La zona de amortiguamiento riesgo dentro del radio de 115 metros y podría afectar a carretera 57D, Libramiento Oriente de Saltillo y parte de naves industriales aledañas. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | En la zona de amortiguamiento dentro del | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | radio de 75 metros podría afectar a carretera Libramiento Oriente de Saltillo. | | |
| | **Sitio de interés 6** | | | | | |
| | **Población** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m² | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de alto riesgo dentro del radio estimado de 63 metros | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m² | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento dentro del radio estimado de 115 metros | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento por sobrepresión dentro del radio estimado de 75 metros | | |
| | **Medio Ambiente** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m² | En la zona de alto riesgo por radiación térmica en un radio de 63 metros afectaría a vegetación de matorral que se encuentre dentro de este y parte del arroyo grande. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | gas natural. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | En la zona de amortiguamiento por radiación térmica en un radio de 115 metros afectaría a vegetación de matorral que se encuentre dentro de este y parte del arroyo grande. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | En la zona de amortiguamiento por sobrepresión en un radio de 75 metros afectaría a vegetación de matorral que se encuentre dentro de este y parte del arroyo grande. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | **Personal** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | La zona de alto riesgo es de 63 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | La zona de amortiguamiento es de 115 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | La zona de amortiguamiento en un radio de 75 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | **Instalaciones/ producción** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | En la zona de alto riesgo dentro del radio de 63 metros podría afectar a carretera federal 57D y parte de las instalaciones de Parque Industrial Amistad Chuy María Coahuila. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | La zona de amortiguamiento riesgo dentro del radio de 115 metros y podría afectar a carretera 57 y parte de las instalaciones de Parque Industrial Amistad Chuy María Coahuila. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | En la zona de amortiguamiento dentro del radio de 75 metros podría afectar a carretera 57 y parte de las instalaciones de Parque Industrial Amistad Chuy María Coahuila. | | |
| **4.6.1, 4.8.1** | **Población** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de alto riesgo dentro del radio estimado de 10 metros | • Protección mecánica.<br>• Protección catódica.<br>• Válvulas de seccionamiento<br>• Sistema SCADA | • Revisión periódica del sistema de control de la corrosión.<br>• Inspección regular de verificación de |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento dentro del radio estimado de 19 metros | | fugas con un equipo detector de gases<br>• Programa de mantenimiento del gasoducto.<br>• Protocolo de respuesta a emergencias<br>• Contar con un plan de contingencias, formación de brigadas para casos de emergencia.<br>• Contar con un plan de entrenamiento del personal del establecimiento en técnicas de respuesta a emergencias.<br>• Procedimiento de seguridad de trabajos de mantenimiento en sistema de tubería.<br>• Colocar señalización restrictiva.<br>• Seguimiento a planes de simulacros para mejorar la capacidad de respuesta ante |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento por sobrepresión dentro del radio estimado de 11 metros | | |
| | **Medio Ambiente** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | En la zona de alto riesgo por radiación térmica en un radio de 10 metros se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | La zona de amortiguamiento por radiación térmica en un radio de 19 metros se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | La zona de amortiguamiento por sobrepresión en un radio de 11 metros se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | **Personal** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | La zona de alto riesgo es de 10 metros, podría afectar a personal que se encontrara | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | algún escenario de riesgo.<br>• Elaborar procedimiento e Implementar Programa de vigilancia del Derecho de Vía |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | La zona de amortiguamiento es de 19 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | La zona de amortiguamiento es de 11 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | **Instalaciones/ producción** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | En la zona de alto riesgo dentro del radio de 10 metros podría afectar instalaciones de Parque Industrial Amistad Chuy María Coahuila. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | La zona de amortiguamiento riesgo dentro del radio de 19 metros y podría afectar a instalaciones de Parque Industrial Amistad Chuy María Coahuila. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | En la zona de amortiguamiento dentro del radio de 11 metros podría afectar a instalaciones de Parque Industrial Amistad Chuy María Coahuila. | | |
| **5.6.1, 5.81** | **Población** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de alto riesgo dentro del radio estimado de 22 metros | • Protección mecánica.<br>• Protección catódica.<br>• Válvulas de seccionamiento<br>• Sistema SCADA | • Revisión periódica del sistema de control de la corrosión.<br>• Inspección regular de verificación de fugas con un equipo detector de gases<br>• Programa de mantenimiento del gasoducto.<br>• Protocolo de respuesta a emergencias<br>• Contar con un plan de contingencias, formación de brigadas para casos de emergencia.<br>• Contar con un plan de entrenamiento del personal del establecimiento en técnicas de respuesta a emergencias.<br>• Procedimiento de seguridad de trabajos de mantenimiento en sistema de tubería.<br>• Colocar señalización restrictiva. |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento dentro del radio estimado de 41 metros | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de amortiguamiento por sobrepresión dentro del radio estimado de 30 metros | | |
| | **Medio Ambiente** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | En la zona de alto riesgo por radiación térmica en un radio de 22 metros se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | La zona de amortiguamiento por radiación térmica en un radio de 41 metros se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | La zona de amortiguamiento por sobrepresión en un radio de 30 metros se presentarían | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural. | | • Seguimiento a planes de simulacros para mejorar la capacidad de respuesta ante algún escenario de riesgo.<br>• Elaborar procedimiento e Implementar Programa de vigilancia del Derecho de Vía |
| | **Personal** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | La zona de alto riesgo es de 22 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento. | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | La zona de amortiguamiento es de 41 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | La zona de amortiguamiento es de 30 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento | | |
| | **Instalaciones/ producción** | **Radiación térmica** | Zona de alto riesgo 5 kW/m$^2$ | En la zona de alto riesgo dentro del radio de 22 metros podría afectar instalaciones de Parque Industrial Amistad Chuy María Coahuila | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m$^2$ | La zona de amortiguamiento riesgo dentro del radio de 41 metros y podría afectar a instalaciones de Parque Industrial Amistad Chuy María Coahuila. | | |
| | | **Sobrepresión** | Zona de alto riesgo 1 psi | No se excedió el LOC | | |
| | | | Zona de amortiguamiento 0.5 psi | En la zona de amortiguamiento dentro del radio de 30 metros podría afectar a instalaciones de | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Parque Industrial Amistad Chuy María Coahuila. | | |

### 5.6.2. INTERACCIONES DE RIESGO

Analizando los resultados de la determinación de los riesgos inherentes de explosión e incendio debido a la operación que pretende realizar el SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV, arrojados por el análisis de riesgos y las simulaciones, se determinó que es necesario que para que estos eventos tengan lugar además de la fuga de gas natural, debe existir una fuente de calor o fuego cercana que produzca ignición del gas fugado y con ello se desencadenen los eventos mencionados. Ahora bien, tomando en cuenta los sistemas de seguridad con los que cuenta el gasoducto, así como las características y giro de las instalaciones aledañas a las cuales pudieran alcanzar los radios de afectación (zonas de Alto Riesgo por radiación térmica y sobrepresión) en caso de suscitarse el Peor Caso Escenario 3.8.1 y 3.11.1, se concluye que no se identifican sitios de interés que pudieran potencializar el Riesgo a través de un Efecto Dominó.

## 5.7 SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO

### 5.7.1. SISTEMAS DE SEGURIDAD

El gasoducto contará con los equipos, dispositivos y sistemas de seguridad siguientes:

- Válvulas de cierre automático

Como medida de seguridad en caso de una caída o subida de presión anormal en el sistema, se instalará una válvula de cierre automático, que es un dispositivo que cuenta con un sensor de presión que dispara automáticamente el cierre de la válvula en el caso de una brusca caída o subida de presión, condición que puede indicar una fuga o ruptura en el gasoducto o en el caso contrario, una sobre presión.

- Válvulas de seguridad

La válvula de seguridad garantiza un control automático de la presión interna del gas, su objetivo es evitar una explosión, el fallo de un equipo o tubería por un exceso de presión. Cuando la presión del fluido alcanza un valor prefijado, se produce la apertura del obturador, que no cierra mientras la presión no descienda una cierta cantidad bajo dicho valor.

- Válvulas de Seccionamiento

Son dispositivos que se utilizan para seccionar tramos de tubería para reparación, mantenimiento o emergencias del ducto. Las válvulas de seccionamiento del gasoducto del presente proyecto estarán diseñadas para operación enterrada libre de mantenimiento, además de que contarán con un recubrimiento para instalación enterrada y por lo tanto no requieren de un registro.

- Sistemas de Control y Adquisición de Datos a Distancia (SCADA)

El sistema de enlace SCADA será proporcionado e instalado por CENAGAS, este enlace será mediante protocolo de comunicación Modbus CENAGAS se hará por medio de un enlace V-SAT utilizando un modem satelital marca Huges modelo HX-90 a través de una interface convertidora de RS-232 a Ethernet marca Lantronics modelo Xport y un cable Ethernet. Esta se albergará en un

gabinete NEMA 4X independiente al resto de los equipos.

El departamento de Telecom al recibir este equipo configurara este modem para asignarle los parámetros de comunicación del canal que tienen destinado para efectuar estos enlaces, así como una dirección IP.

En un cuarto adyacente a la CityGate se instalará el computador electrónico de flujo, el sistema de respaldo ininterrumpible que consta de una fuente de poder marca Eagle Research modelo XA/UPS 016 y un banco de 6 baterías necesarias para garantizar un respaldo mínimo de 48 Horas a falta de energía eléctrica y un gabinete independiente Nema 4X que dará alojamiento al modem satelital HX90.

- Protección mecánica

La protección se aplica con el fin de proteger contra los riesgos que no se pueden evitar o que no se pueden reducir mediante las técnicas de prevención intrínseca, es decir, prevención en la fase de diseño de la máquina o tubería. La tubería de línea regular de acero (en proceso) del gasoducto del presente proyecto será recubierta utilizando la especificación Fusión Bond Epoxic (FBE) de la Asociación Nacional de Aplicadores de Recubrimientos de Tubería (National Associated of Pipe Coating Applicators) y dicho recubrimiento será realizado en la planta del fabricante.

- Protección catódica.

La protección catódica es una técnica para controlar la corrosión galvánica de una superficie de metal convirtiéndola en el cátodo de una celda electroquímica. El Gasoducto será protegido por medio de ánodos de magnesio de acuerdo con los resultados del estudio de protección catódica.

- Cromatógrafo de gases.

La cromatografía de gases es una técnica en la que la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de un mechero de una columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte.

- Regulador de presión

Un regulador de gas es un instrumento conectado a la tubería de conducción, que sirve para controlar el flujo de gas y mantenerlo a una presión adecuada y uniforme. Son de una sola pieza, la cual tiene una entrada de gas y una salida, las cuales deben ser conectadas y selladas para que no existan fugas.

- Manómetro

El manómetro es un instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Estos instrumentos emplean conexiones mecánicas. Por lo tanto, son principalmente útiles para medir presiones estáticas o presiones que cambian lentamente. Esto hace que su aplicación sea diferente a la de un transmisor de presión, que se utilizan en los casos en los que las presiones cambian rápidamente.

- Medidor de flujo

Los medidores de gas natural de flujo volumétrico son los más usados, por su combinación única de especificaciones técnicas, precio y duración. Su error de medición es menor al 0.5% durante

operación normal.

- Filtro coalescente

Los filtros coalescentes están diseñados para separar especialmente partículas y líquidos que arrastre el flujo de gas, aunque también retiene los sólidos. Este tipo de filtros se aplica especialmente para la protección de estaciones de regulación y medida, estaciones de válvulas, de transferencia de gas, etc. Delante de procesos en que el líquido o humedad arrastrados por el gas pueda dañar los equipos de la instalación. Los cartuchos coalescentes son recambiables.

- Protección de equipos e instrumentos

La CityGate estará aislada dieléctricamente por medio de dos juntas aislantes, instaladas en la entrada y salida de la estación con el propósito de proteger los equipos e instrumentos electrónicos de la corriente generada por la protección catódica de la tubería externa.

Así mismo, la caseta contará con un sistema de tierras para el computador de flujo y el sistema de comunicaciones. Todos estos sistemas serán interconectados entre sí. Los sistemas de tierras estarán construidos con elementos bimetálicos (Varillas Copperweld), para la CityGate, así como para el computador electrónico de flujo y sistema de comunicación. Así mismo, se instalará una caja y barra de tierras físicas conectada al sistema de tierras físicas para la puesta a tierra del computador electrónico de flujo.

Además de los sistemas de tierras antes descritos, la caseta contará con un sistema de pararrayos conectado a un sistema de tierras independiente.

### 5.7.2. MEDIDAS PREVENTIVAS

Las medidas preventivas para reducir las situaciones de riesgo es la aplicación de Programas de Mantenimiento, Medidas de Seguridad, Procedimientos operativos, Control de Riesgos y la implementación de Planes para Emergencia que son necesarios para:

- Reducir al mínimo y limitar los peligros y consecuencias resultantes de una emergencia en instalaciones de Transporte de Gas Natural;
- Establecer los pasos a seguir en caso de que ocurra un accidente/incidente;
- Estar preparado en cualquier momento para actuar rápida y adecuadamente ante cualquier accidente/incidente que se presente;
- Responder con acciones predeterminadas y coordinadas en vista de mantener el control del sistema;
- Minimizar el impacto del accidente/incidente a todos los interesados en el normal desenvolvimiento de la compañía;
- Asegurar que toda persona lesionada reciba la adecuada atención médica; y
- Determinar las causas del accidente/incidente y aprender de las mismas como reducir al mínimo la posibilidad de una repetición.

- Se preparará un plan de respuesta para emergencias en el cual se establecerá la organización y procedimientos para responder efectivamente a un incidente relacionado al gasoducto.

**a) Manuales de Operación y Mantenimiento**

Los Manuales de Operación y Mantenimiento se prepararán de acuerdo con todos los Códigos aplicables, las Normas tales como la API, la ASME B31.8, la Ley Mexicana y toda su Reglamentación, y con base en la amplia experiencia derivada de las actividades de operación y mantenimiento de gasoductos. Estos manuales estarán disponibles antes de la puesta en marcha del gasoducto y de las estaciones de medición, se revisarán y actualizarán periódicamente de allí en adelante, 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 gasoducto en su operación del día a día, las consideraciones aplicables en materia de flujo de gas y las condiciones operativas del sistema.

En estos manuales se incluirán todos los planes de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, y los procedimientos de operación del gasoducto y sus instalaciones, los sistemas de comunicaciones y las instalaciones de medición. Cada componente del sistema se manejará individualmente, incluyendo la siguiente información para cada caso: antecedentes, requisitos reglamentarios y de las normas técnicas, aspectos ambientales, instrucciones y procedimientos técnicos detallados, programas de control y aseguramiento de la calidad, auditorías, aspectos administrativos, etc.

**b) Operación y Mantenimiento del Gasoducto**

Los Manuales incluirán instrucciones y procedimientos detallados con el fin de garantizar que el gasoducto se opere en forma segura y eficiente, y también con el fin de suministrar instrucciones claras para el mantenimiento y las reparaciones que requieran tanto el gasoducto como las instalaciones conexas.

**c) Presiones de Operación del Gasoducto**

Se suministrará una lista exacta de las Presiones Máximas de Operación Permitidas (PMOP) para el gasoducto.

**d) Máxima Presión de Operación para Reparaciones**

La reparación de ductos en condiciones de plena presión no siempre resulta segura y depende de la situación. Se darán procedimientos e instrucciones que induzcan al personal a realizar una evaluación crítica de ingeniería, considerando todos los factores necesarios, antes de tomar una decisión.

**e) Operación y Mantenimiento de las Válvulas**

Se darán instrucciones donde se describan los procedimientos y la frecuencia con que se le debe hacer mantenimiento a los diferentes tipos de válvulas que utiliza el Sistema de Transporte.

**f) Mantenimiento de la ERMP y Gasoducto**

Los manuales de operación y mantenimiento contarán con procedimientos que cumplirán con las Leyes y los Reglamentos vigentes aplicables. Los temas a tratar en este Manual incluirán procedimientos de Operación y Mantenimiento para:

- Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP)
- Reguladores de presión y válvulas
- Dispositivos de calibración
- Regulación de presión
- Instrumentos de medición de temperatura y presión
- Señalización

**g) Detección de Fugas**

En el Manual se establecerán procedimientos para detectar fugas regulares recorriendo el trayecto del gasoducto a pie y utilizando equipo con lo último en tecnología para estos casos.

**h) Inspecciones internas**

Los cruces, así como sitios donde se instalaran las válvulas de seccionamiento, se inspeccionarán frecuentemente.

**i) Registros de las Actividades de Control de la Corrosión**

De las actividades de protección catódica y control de la corrosión se llevarán registros bien documentados durante la vida entera del gasoducto, con el fin de poder utilizarlos para futura referencia y para evaluaciones que se realicen desde el punto de vista de la ingeniería del proyecto. Se utilizará un sistema computarizado a través del cual se podrán obtener datos de referencia rápida y análisis detallados de ingeniería.

## 5.7.3. RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

**Tabla 39. Recomendaciones de la Identificación de peligros y Evaluación de riesgos**

| No. | Recomendación | Identificación del nodo, sistema, o km | Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación | Escenario de riesgo | | Responsable | Nivel de riesgo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | No. | Descripción | | |
| 1 | • Comunicación constante con el proveedor de gas natural<br>• Cumplimiento al Protocolo de respuesta a emergencias<br>• Dar cumplimiento al Programa de mantenimiento | 1 | Elemento 7, 8, 9, 12 y 13 | **1.2.1** | Fuga de gas natural en Gasoducto de 8"Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) por mayor presión debido a mayor aportación de gas natural en gasoducto de CENAGAS. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición. | Representante Técnico y jefe de operación | **B** |
| 2 | • Contar con un plan de contingencias, formación de brigadas para casos de emergencia.<br>• Contar con un plan de entrenamiento del personal del establecimiento en técnicas de respuesta a emergencias.<br>• Capacitación constante al personal de Operación del gasoducto<br>• Colocar señalización restrictiva.<br>• Cumplir con Programa de vigilancia del Derecho de Vía | 2 | Elemento 7,8, 9, 10, 12 y13 | **2.8.1** | Fuga de gas natural en Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) por rotura en la tubería y/o accesorios debido a error humano de personal propio o por contratistas al realizar labores de mantenimiento. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición. | Representante Técnico y jefe de operación | **B** |

| No. | Recomendación | Identificación del nodo, sistema, o km | Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación | Escenario de riesgo | | Responsable | Nivel de riesgo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | No. | Descripción | | |
| 3 | • Contar con un plan de contingencias, formación de brigadas para casos de emergencia.<br>• Contar con un plan de entrenamiento del personal del establecimiento en técnicas de respuesta a emergencias.<br>• Procedimiento de seguridad de trabajos de mantenimiento en sistema de tubería.<br>• Colocar señalización restrictiva.<br>• Seguimiento a planes de simulacros para mejorar la capacidad de respuesta ante algún escenario de riesgo.<br>• Elaborar procedimiento e Implementar Programa de vigilancia del Derecho de Vía<br>• Verificar el análisis de esfuerzos en cruzamientos.<br>• Plan de entrenamiento del personal del establecimiento en técnicas de respuesta a emergencias. | 3 | Elemento 7,8, 9, 10, 12 y13 | **3.8.1, 3.11.1** | Fuga de gas natural en Gasoducto transporte de 10"Ø para la entrega de gas natural por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. Y/o sobre esfuerzo efectivo de la tubería en cruzamientos con carreteras, arroyos y/o vías de ferrocarril debido a mal cálculo de análisis de esfuerzos en cruzamientos. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición. | Representante Técnico y jefe de operación | **B** |

| No. | Recomendación | Identificación del nodo, sistema, o km | Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación | Escenario de riesgo | | Responsable | Nivel de riesgo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | No. | Descripción | | |
| | • Realizar una supervisión de manera estricta durante los trabajos de construcción de los cruces direccionales | | | | | | |
| 4 | • Revisión periódica del sistema de control de la corrosión.<br>• Inspección regular de verificación de fugas con un equipo detector de gases<br>• Programa de mantenimiento del gasoducto.<br>• Protocolo de respuesta a emergencias<br>• Contar con un plan de contingencias, formación de brigadas para casos de emergencia.<br>• Contar con un plan de entrenamiento del personal del establecimiento en técnicas de respuesta a emergencias. | 4 | Elemento 7,8, 9, 10, 12 y13 | **4.6.1, 4.8.1** | Fuga de gas natural en Gasoducto de 4"Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6 por corrosión externa debido a daño en pintura epóxica de la tubería y/o por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición. | Representante Técnico y jefe de operación | **B** |

| No. | Recomendación | Identificación del nodo, sistema, o km | Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación | Escenario de riesgo | | Responsable | Nivel de riesgo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | No. | Descripción | | |
| | • Procedimiento de seguridad de trabajos de mantenimiento en sistema de tubería.<br>• Colocar señalización restrictiva.<br>• Seguimiento a planes de simulacros para mejorar la capacidad de respuesta ante algún escenario de riesgo.<br>• Elaborar procedimiento e Implementar Programa de vigilancia del Derecho de Vía | | | | | | |
| 5 | • Revisión periódica del sistema de control de la corrosión.<br>• Inspección regular de verificación de fugas con un equipo detector de gases<br>• Programa de mantenimiento del gasoducto.<br>• Protocolo de respuesta a emergencias<br>• Contar con un plan de contingencias, formación de brigadas para casos de emergencia.<br>• Contar con un plan de entrenamiento del personal del | 5 | Elemento 7,8, 9, 10, 12 y13 | **5.6.1, 5.8.1** | Fuga de gas natural en Gasoducto de 8"Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7 por corrosión externa debido a daño en pintura epóxica de la tubería y/o por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición. | Representante Técnico y jefe de operación | **B** |

| No. | Recomendación | Identificación del nodo, sistema, o km | Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación | Escenario de riesgo | | Responsable | Nivel de riesgo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | No. | Descripción | | |
| | establecimiento en técnicas de respuesta a emergencias.<br>• Procedimiento de seguridad de trabajos de mantenimiento en sistema de tubería.<br>• Colocar señalización restrictiva.<br>• Seguimiento a planes de simulacros para mejorar la capacidad de respuesta ante algún escenario de riesgo.<br>• Elaborar procedimiento e Implementar Programa de vigilancia del Derecho de Vía | | | | | | |

**Tabla 40. Programa para la implementación de las recomendaciones**

| Escenario de Riesgo | Recomendación por implementar | | | | Fecha o periodo para su implementación |
|---|---|---|---|---|---|
| | No. | Nivel de Riesgo | Recomendación | Responsable | |
| Fuga de gas natural en Gasoducto de 8"Ø a la salida del punto de Interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) por mayor presión debido a mayor aportación de gas natural en gasoducto de CENAGAS. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición. | **1.2.1** | **B** | • Comunicación constante con el proveedor de gas natural<br>• Cumplimiento al Protocolo de respuesta a emergencias<br>• Dar cumplimiento al Programa de mantenimiento | Representante Técnico y jefe de operación | Por toda la vida útil del Gasoducto. |
| Fuga de gas natural en Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) por rotura en la tubería y/o accesorios debido a error humano de personal propio o por contratistas al realizar labores de mantenimiento. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición. | **2.8.1** | **B** | • Contar con un plan de contingencias, formación de brigadas para casos de emergencia.<br>• Contar con un plan de entrenamiento del personal del establecimiento en técnicas de respuesta a emergencias.<br>• Capacitación constante al personal de Operación del gasoducto<br>• Colocar señalización restrictiva.<br>• Cumplir con Programa de vigilancia del Derecho de Vía | Representante Técnico y jefe de operación | Desde la etapa de construcción y toda la vida útil del Gasoducto. |
| Fuga de gas natural en Gasoducto transporte de 10"Ø para la entrega de gas natural por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. Y/o sobre esfuerzo efectivo de la tubería en cruzamientos con carreteras, arroyos y/o vías de ferrocarril | **3.8.1, 3.11.1** | **B** | • Contar con un plan de contingencias, formación de brigadas para casos de emergencia.<br>• Contar con un plan de entrenamiento del personal del establecimiento en técnicas de respuesta a emergencias.<br>• Procedimiento de seguridad de trabajos de mantenimiento en sistema de tubería.<br>• Colocar señalización restrictiva.<br>• Seguimiento a planes de simulacros para mejorar la capacidad de respuesta ante algún escenario de riesgo. | Representante Técnico y jefe de operación | Desde la etapa de construcción y toda la vida útil del Gasoducto |

| Escenario de Riesgo | Recomendación por implementar | | | | Fecha o periodo para su implementación |
|---|---|---|---|---|---|
| | No. | Nivel de Riesgo | Recomendación | Responsable | |
| debido a mal cálculo de análisis de esfuerzos en cruzamientos. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición. | | | • Elaborar procedimiento e Implementar Programa de vigilancia del Derecho de Vía<br>• Verificar el análisis de esfuerzos en cruzamientos.<br>• Plan de entrenamiento del personal del establecimiento en técnicas de respuesta a emergencias.<br>• Realizar una supervisión de manera estricta durante los trabajos de construcción de los cruces direccionales | | |
| Fuga de gas natural en Gasoducto de 4"Ø de Válvula de seccionamiento 4 a Válvula de seccionamiento 6 por corrosión externa debido a daño en pintura epóxica de la tubería y/o por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición. | **4.6.1, 4.8.1** | **B** | • Revisión periódica del sistema de control de la corrosión.<br>• Inspección regular de verificación de fugas con un equipo detector de gases<br>• Programa de mantenimiento del gasoducto.<br>• Protocolo de respuesta a emergencias<br>• Contar con un plan de contingencias, formación de brigadas para casos de emergencia.<br>• Contar con un plan de entrenamiento del personal del establecimiento en técnicas de respuesta a emergencias.<br>• Procedimiento de seguridad de trabajos de mantenimiento en sistema de tubería.<br>• Colocar señalización restrictiva.<br>• Seguimiento a planes de simulacros para mejorar la capacidad de respuesta ante algún escenario de riesgo.<br>• Elaborar procedimiento e Implementar Programa de vigilancia del Derecho de Vía | Representante Técnico y jefe de operación | Por toda la vida útil del Gasoducto |
| Fuga de gas natural en Gasoducto de 8"Ø de Válvula de seccionamiento 5 a Válvula de seccionamiento 7 por corrosión | **5.6.1, 5.8.1** | **B** | • Revisión periódica del sistema de control de la corrosión.<br>• Inspección regular de verificación de fugas con un equipo detector de gases | Representante Técnico y jefe de operación | Por toda la vida útil del Gasoducto |

| Escenario de Riesgo | Recomendación por implementar | | | | Fecha o periodo para su implementación |
|---|---|---|---|---|---|
| | No. | Nivel de Riesgo | Recomendación | Responsable | |
| externa debido a daño en pintura epóxica de la tubería y/o por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición. | | | • Programa de mantenimiento del gasoducto.<br>• Protocolo de respuesta a emergencias<br>• Contar con un plan de contingencias, formación de brigadas para casos de emergencia.<br>• Contar con un plan de entrenamiento del personal del establecimiento en técnicas de respuesta a emergencias.<br>• Procedimiento de seguridad de trabajos de mantenimiento en sistema de tubería.<br>• Colocar señalización restrictiva.<br>• Seguimiento a planes de simulacros para mejorar la capacidad de respuesta ante algún escenario de riesgo.<br>• Elaborar procedimiento e Implementar Programa de vigilancia del Derecho de Vía | | |

## 5.8. CONCLUSIONES

Se desarrolló el Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos del SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV generándose las siguientes conclusiones:

RIC PROYECTOS GENERACION IV S.A.P.I DE C.V. se ha propuesto elaborar el Análisis de Riesgo para la identificación de peligros, evaluación y análisis de riesgo, del SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV, el cual se encuentra en la etapa de DISEÑO que comprende el transporte de acceso abierto de gas natural 10" D.N. por medio de ductos. De tal forma que se establecerán las medidas necesarias para administrar la seguridad de la instalación en niveles tolerables.

La metodología usada en la identificación de riesgo del Análisis de Riesgo es el Haz-Op (Hazard and Operability) por sus siglas en inglés, el cual utiliza ciertos parámetros con el fin de examinar la operación de una instalación y determinar tanto la probabilidad como la consecuencia de fallas. El nivel de riesgo se determina con base en la combinación de las probabilidades y consecuencias detectadas. Cualquier riesgo inaceptable requiere una acción correctiva de alta prioridad.

En la metodología de HazOp el objetivo, es identificar salvaguardas existentes y emitir recomendaciones que permitan la disminución en la ocurrencia y consecuencia de los escenarios potenciales de riesgo identificados.

El análisis de riesgos al Gasoducto permitió identificar los posibles escenarios de riesgo del sistema (HazOp) y finalmente cuantificar el impacto de los eventos si llegasen a ocurrir.

Para llevar a cabo la jerarquización de los riesgos identificados, se utilizó una Matriz de Frecuencia contra Consecuencia, y así se obtuvo un índice de riesgo para cada escenario planteado en la metodología Hazop.

Después de cuantificar el impacto asociado a los escenarios potenciales de riesgo considerando las salvaguardas existentes, fue posible determinar zonas de riesgo y amortiguamiento para la operación del gasoducto.

La determinación de los radios potenciales de afectación se realizó con la siguiente secuencia:

- Selección de escenarios de mayor probabilidad de ocurrencia.
- Selección de escenarios de mayores consecuencias.
- Simulación de eventos con el simulador ALOHA 5.4.7, de los escenarios identificados en el Hazop.

El escenario del Peor Caso es el siguiente:

**Escenario 3.8.1, 3.11.1** Fuga de gas natural en Gasoducto transporte de 10"Ø para la entrega de gas natural por rotura de tubería debido a golpe externo por error humano de personal propio o por Terceros en el manejo de equipo y herramienta en actividades de mantenimiento o excavación. Y/o

sobre esfuerzo efectivo de la tubería en cruzamientos con carreteras, arroyos y/o vías de ferrocarril debido a mal cálculo de análisis de esfuerzos en cruzamientos. La fuga puede encenderse formando un jet fire, o formar una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición.

De acuerdo con el trazo del gasoducto se han determinado puntos de interés, conforme a los puntos críticos que pueda presentar el sistema. La selección de estos puntos se realizó en función de la presencia de cruces con ductos, vías férreas, ríos y carreteras, así mismo tomando en cuenta la infraestructura urbana. Las posibles afectaciones de la zona de alto riesgo por radiación térmica y sobrepresión hacia la población, medio ambiente, personal, instalaciones/producción serían las siguientes:

**Sitio de interés 1**

**Población:**

Radiación térmica: No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de alto riesgo por radiación térmica dentro del radio estimado de 63 metros.
Sobrepresión: No se excedió el LOC

**Medio Ambiente:**

Radiación térmica: En la zona de alto riesgo por radiación térmica en un radio de 63 metros afectaría a vegetación de matorral que se encuentre dentro de este. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural.
Sobrepresión: No se verán afectados factores ambientales, ya que no se excedió el LOC.

**Personal:**

Radiación térmica: La zona de alto riesgo es de 63 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento.
Sobrepresión: No se excedió el LOC

**Instalaciones/producción:**

Radiación térmica: En la zona de alto riesgo dentro del radio de 63 metros podría afectar a carretera federal Castaño-Saltillo y vías de ferrocarril.
Sobrepresión: No se excedió el LOC

**Sitio de interés 2**

**Población:**

Radiación térmica: No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de alto riesgo dentro del radio estimado de 63

metros.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Medio Ambiente:**

Radiación térmica: En la zona de alto riesgo por radiación térmica en un radio de 63 metros se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Personal:**

Radiación térmica: La zona de alto riesgo es de 63 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Instalaciones/producción:**

Radiación térmica: En la zona de alto riesgo dentro del radio de 63 metros podría afectar a carretera federal Castaño-Saltillo e infraestructura de empresa MKDC aledaña.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Sitio de interés 3**

**Población:**

Radiación térmica: No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de alto riesgo dentro del radio estimado de 63 metros.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Medio Ambiente:**

Radiación térmica: En la zona de alto riesgo por radiación térmica en un radio de 63 metros afectaría a vegetación de matorral que se encuentre dentro de este y parte del arroyo seco. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Personal:**

Radiación térmica: La zona de alto riesgo es de 63 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Instalaciones/producción:**

Radiación térmica: En la zona de alto riesgo dentro del radio de 63 metros podría afectar a carretera federal Castaño-Saltillo.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Sitio de interés 4**

**Población:**

Radiación térmica: No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de alto riesgo dentro del radio estimado de 63 metros.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Medio ambiente:**

Radiación térmica: En la zona de alto riesgo por radiación térmica en un radio de 63 metros afectaría a arbustos que se encuentren dentro de este. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Personal:**

Radiación térmica: La zona de alto riesgo es de 63 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento y/o personal de la empresa BACHOCO aledaña.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Instalaciones/producción:**

Radiación térmica: En la zona de alto riesgo dentro del radio de 63 metros podría afectar a carretera federal Castaño-Saltillo y parte de las instalaciones de la empresa BACHOCO aledaña.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Sitio de interés 5**

**Población:**

Radiación térmica: No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de alto riesgo dentro del radio estimado de 63 metros.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Medio ambiente:**

Radiación térmica: En la zona de alto riesgo por radiación térmica en un radio de 63 metros afectaría a vegetación de matorral que se encuentre dentro de este. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Personal:**

Radiación térmica: La zona de alto riesgo es de 63 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Instalaciones/producción:**

Radiación térmica: En la zona de alto riesgo dentro del radio de 63 metros podría afectar a carretera federal 57D y Libramiento Oriente de Saltillo.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Sitio de interés 6**

**Población:**

Radiación térmica: No se identifica población aledaña, sin embargo, podría provocar lesiones a las personas que se encuentren eventualmente en la zona de alto riesgo dentro del radio estimado de 63 metros
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Medio ambiente:**

Radiación térmica: En la zona de alto riesgo por radiación térmica en un radio de 63 metros afectaría a vegetación de matorral que se encuentre dentro de este y parte del arroyo grande. Se presentarían emisiones a la atmosfera por combustión de gas natural.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Personal:**

Radiación térmica: La zona de alto riesgo es de 63 metros, podría afectar a personal que se encontrara realizando alguna actividad al gasoducto, en el momento del evento.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

**Instalaciones/producción:**

Radiación térmica: En la zona de alto riesgo dentro del radio de 63 metros podría afectar a carretera federal 57D y parte de las instalaciones de Parque Industrial Amistad Chuy María Coahuila.
Sobrepresión: No se excedió el LOC.

Por lo anterior se puede observar que la probabilidad de ocurrencia de alguna contingencia es mitigable debido a las medidas de seguridad aplicables. Así mismo, al incorporar las especificaciones y criterios técnicos de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y protección al medio ambiente, conforme a la NOM-007-ASEA-2016 podemos concluir que la probabilidad de contingencia es relativamente menor.

Los anteriores escenarios de riesgo deben ser considerados para su inclusión en el Protocolo de Respuesta a Emergencias, el cual debe ser difundido a todo el personal.

Así mismo, es recomendable dar cumplimiento, por parte de todos los niveles jerárquicos de la estructura organizacional del SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV, a los Procedimientos, Instrucciones Operativas, Programas de Capacitación, Mantenimiento, Planes de Respuesta a Emergencias, Programas de Simulacros y todas aquellas protecciones administrativas que en gran medida complementan a los Sistemas de Control y Sistemas de Seguridad del proceso.

El gasoducto contará con medidas de control muy estrictas, para minimizar la probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado, entre las que destacan los procedimientos de seguridad, así como programas de mantenimiento preventivo y correctivo.

Finalmente se puede concluir que el desarrollo del proyecto SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL RIC GENERACIÓN IV. es una actividad altamente riesgosa dado el riesgo intrínseco elevado que conlleva el manejo de material combustible (gas natural), sin embargo, con la aplicación de las medidas de prevención y de seguridad mencionadas y revisadas en el diseño del Proyecto, las recomendaciones derivadas del presente estudio, así como la correcta y adecuada aplicación de los planes de Seguridad y de Atención a Emergencias, disminuyen las probabilidades de ocurrencia de los eventos de riesgo identificados.

**Recomendaciones**

Las recomendaciones técnico-operativas resultantes de la metodología empleada se presentan a continuación:

1. Contar con manual de operación del ducto, que incluya la Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP).
2. Revisión e inspección constante en el Gasoducto, especialmente en las zonas vulnerables (tramos cercanos a localidades y escuela).
3. Realizar una supervisión de manera estricta durante los trabajos de construcción de los cruces direccionales.
4. Contar con Programas anuales de mantenimiento preventivo a todo el Sistema de Transporte de Gas Natural.
5. Contar con Programas de capacitación y/o actualización al personal de operación y mantenimiento del sistema.
6. Implementación del Comité de Protección Civil de la región

7. Mantener comunicación con el suministrador de gas natural.
8. Revisión e inspección periódica de la protección catódica y mecánica del sistema.
9. Contar con un plan de contingencias, formación de brigadas para casos de emergencia.
10. Mantener los programas de inspección en los encamisados del gasoducto en cruces
11. Programa de calibración de válvulas.
12. Capacitación a los empleados en cuanto a los procedimientos para el desarrollo de sus actividades
13. Revisión periódica del sistema de control de la corrosión.
14. Programa de mantenimiento a la Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP)
15. Programa de mantenimiento de equipos del sistema.
16. Inspección regular de accesorios, bridas empaques.
17. Dentro de los programas de entrenamiento en seguridad, se deberá incluir a administrativos, proveedores y contratistas.
18. Mantener actualizados los Diagramas de Tuberías e Instrumentación (DTIs), la Memoria Técnica Descriptiva del sistema, y demás documentos que contengan la información técnica del gasoducto.
19. Establecer un plan de acción en caso de fugas en gasoducto
20. Todo el personal operativo y de supervisión deberá contar con su equipo de protección personal adecuado, y de igual forma los contratistas que trabajen en el sistema.
21. Contar con un plan de entrenamiento del personal de operación en técnicas de respuesta a emergencias.
22. Elaborar simulacros en zonas con altas consecuencias.
23. Mantener los siguientes Señalamientos:
    Sobre la franja de desarrollo y en las instalaciones del ducto se instalarán las señales necesarias para localizar e identificar la tubería, así como para delimitar la franja de terreno donde se alojan, con el fin de reducir daños a las mismas. Los señalamientos se clasifican en tres tipos: informativo, restrictivo y preventivo y se apegaran a los lineamientos marcados por NOM-026-STPS-1998.
    - Señalamiento Tipo Informativo
      Las señales de tipo informativo tienen por objeto informar la localización de los ductos y caminos de acceso e instalaciones para fines de identificación y de inspección.
    - Señalamiento Tipo Restrictivo
      Los señalamientos de tipo restrictivo indican la restricción de actividades que pongan en riesgo la seguridad de las personas y las instalaciones, así como de las instalaciones y poblaciones aledañas a las mismas.
    - Señalamiento Tipo Preventivo
      Los señalamientos de tipo preventivo tienen la función de prevenir al público acerca de las condiciones de riesgo en la ejecución de trabajos de construcción y de mantenimiento, advirtiendo los daños que éstos pueden ocasionar.

## 5.9. RESUMEN EJECUTIVO

Se encuentra en el Anexo VI