

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

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	1 -
1.1.2. TRANSPORTE POR DUCTOS.....	9 -
1.2. Descripción del proceso.....	18 -
1.3 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.....	28 -
1.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	35 -
1.4.1. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO.....	35 -
1.4.1.3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y DE ESCENARIOS DE RIESGO.....	49 -
1.4.1.4 JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO.....	52 -
1.4.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGO.....	76 -
1.4.2.1 ANÁLISIS DE FRECUENCIAS.....	76 -
1.4.2.2 ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS.....	81 -
1.5. Representación en planos de los radios potenciales de afectación.....	94 -
1.7. REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGO.....	121 -
1.8. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO.....	122 -
1.8.1. SISTEMAS DE SEGURIDAD.....	122 -
1.8.2. MEDIDAS PREVENTIVAS.....	136 -
1.8.3. RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS.....	137 -
1.9. CONCLUSIONES.....	141 -
1.10. RESUMEN EJECUTIVO.....	143 -
2. ANÁLISIS DE CAPAS DE PROTECCIÓN (LOPA).....	148 -
Bibliografía de ARSH.....	148 -
Anexos.....	148 -

## CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 1. Coordenadas del punto de interconexión del ducto de distribución del proyecto con el ducto de transporte propiedad de ENGIE de 16" DN.....	2 -
Cuadro 2 Descripción de la figura 1.2. ....	3 -
Cuadro 3 Descripción de la figura 1.3.....	4 -
Cuadro 4 Descripción de la Figura 4.....	6 -
Cuadro 5. Especificaciones técnicas para diseño.....	6 -
Cuadro 6. Especificaciones técnicas para la selección de materiales.....	7 -

Cuadro 7	Especificaciones técnicas para la construcción-----	8 -
Cuadro 8	Descripción detallada del ducto o sistema de transporte por ductos. -----	9 -
Cuadro 9	Especificaciones de ducto. -----	11 -
Cuadro 10	Condiciones de diseño y Operación -----	12 -
Cuadro 11	Condiciones Base-----	12 -
Cuadro 12	Diseño del sistema de protección catódica-----	13 -
Cuadro 13	Cruzamientos-----	14 -
Cuadro 14	Componentes principales: -----	14 -
Cuadro 15	Descripción de equipo de la EMR de interconexión. -----	16 -
Cuadro 16	Equipamiento de la Estación de Medición y Regulación de usuario. -----	17 -
Cuadro 17	Criterios Los criterios utilizados para el diseño del sistema son los siguientes: -----	19 -
Cuadro 18	Puntos de entrega-----	20 -
Cuadro 19	Consumo esperado-----	20 -
Cuadro 20	Material del ducto, especificación-----	20 -
Cuadro 21	Tubería. Especificaciones de la tubería a utilizar para llevar a cabo el desarrollo del sistema -----	21 -
Cuadro 22	Ubicación de las válvulas. -----	21 -
Cuadro 23	Sistema de protección anticorrosión. -----	22 -
Cuadro 24	Protección catódica-----	23 -
Cuadro 25	Resumen de sustancias involucradas en la actividad del proyecto. -----	27 -
Cuadro 26	Temperaturas/Datos históricos. -----	29 -
Cuadro 27	Metodologías de análisis de riesgo. -----	35 -
Cuadro 28	Palabras Guía Más Utilizadas en la Metodología HazOp-----	36 -
Cuadro 29	Identificación preventiva de peligros hoja de trabajo Hazid. -----	41 -
Cuadro 30	Antecedentes de Accidentes e Incidentes-----	44 -
Cuadro 31	Emergencias ambientales ocurridas en México por estado. -----	48 -
Cuadro 32	Metodologías de análisis de riesgo. -----	49 -
Cuadro 33	Palabras Guía Más Utilizadas en la Metodología HazOp-----	50 -
Cuadro 34	Clasificación de Consecuencias para escenarios de Riesgo. -----	53 -
Cuadro 35	Clasificación de frecuencias para Escenarios de Riesgo. -----	53 -
Cuadro 36	Jerarquización de índices de riesgo o Magnitud de riesgo-----	54 -
Cuadro 37	Nodos del sistema.-----	57 -
Cuadro 38	Resumen del análisis HAZOP-----	70 -
Cuadro 39	Clasificación de Probabilidad/Frecuencia y su valor específico.-----	71 -
Cuadro 40	Parametros para calculo de consecuencias.-----	71 -
Cuadro 41	Valoración gravedad de las consecuencias-----	72 -
Cuadro 42	Escenarios de Riesgo identificados -----	73 -
Cuadro 43	Análisis What if? ó ¿Que pasa sí..? -----	74 -
Cuadro 44	Porcentaje de incidentes, rupturas y fugas según la causa-----	77 -
Cuadro 45	Reporte de Eventos clasificados por medio de transporte -----	77 -
Cuadro 46	Clasificación de incidentes en ductos por componentes del sistema-----	78 -
Cuadro 47	Clasificación de Región de Riesgo con base en Hazop y estimación de probabilidad. Para los eventos analizados del proyecto "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA". -----	79 -
Cuadro 48	Datos para inventario y tasa de descarga -----	83 -
Cuadro 49	Descripción de los posibles receptores de Riesgo. -----	106 -
Cuadro 50	Resumen de análisis de vulnerabilidad. -----	117 -

Cuadro 51. Interacciones de riesgo y descripción de los posibles receptores de Riesgo -----	118 -
Cuadro 52. Lista de escenarios-Accidentes -----	121 -
Cuadro 53. Rangos válidos para los comandos del sistema.-----	125 -
Cuadro 54. Registros usados para la carga/descarga son 2 de 8 bytes, en este sistema.-----	126 -
Cuadro 55 Válvulas, ubicación en la línea del ducto.-----	133 -
Cuadro 56. Recomendaciones de la identificación de Peligros y Escenarios de Riesgos-----	139 -
Cuadro 57. Calendario de implementación -----	140 -

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del proyecto.-----	2 -
Figura 2 Interconexión y caseta de interconexión-----	3 -
Figura 3 Tramo regular del ducto de 4 y 6" con cruzamientos. -----	4 -
Figura 4 Último tramo de la línea regular gasoducto de 4", cruzamiento y EMR de HIDRO TECNOLOGIA. -----	5 -
Figura 5 Relleno de zanja.-----	25 -
Figura 6 Climograma de Salamanca -----	28 -
Figura 7. Grafica de mes vs temperatura.-----	29 -
Figura 8. Gráfico y diagrama de velocidad de viento. -----	30 -
Figura 9. Zonas vulnerables a inundaciones. -----	32 -
Figura 10. Zonas de riesgo a Hundimiento y subsidencias, Manifestaciones geotérmica, actividad sísmica y fallas geológicas. -----	33 -
Figura 11. Explora tubería de gas natural en San Pedro Nuevo León-----	45 -
Figura 12 Esquema de identificación de Nodos. -----	56 -

## 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto **DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGÍA**, consiste en la Construcción y operación de un ducto de distribución de gas natural ubicado en el municipio de Salamanca Guanajuato, el cual se interconectará a un ducto de transporte propiedad de ENGIE de 16" DN. Se trata de un Proyecto Nuevo que tiene programado su inicio de operaciones en el año 2025.

El gasoducto tendrá una longitud aproximada de 5,765 de ducto de 6" y 4" de acero, este sistema de distribución consistirá en:

Interconexión.

- 5,765 metros de ducto de 6" de acero
- 1 estación de Regulación y Medición de Interconexión.
- 2 estaciones de Regulación y Medición de usuario.

### 1.1.1 Proyecto

#### Ubicación del Proyecto.

El Gasoducto se interconectará con el ducto de GdB de 406.4 mm (16") de diámetro nominal, aproximadamente en las coordenadas [REDACTED] 2" O, por lo cual será necesario realizar trabajos de perforación en línea viva (Hot Tap). A partir de este punto correrá una línea de 6" DN en acero al carbón especificación API 5L X42 por 6.9 metros aproximadamente en dirección Noreste, para salir del derecho de vía del transportista, en este punto se tendrá el recinto donde se ubicará la válvula de corte subterránea y la válvula de control (FCV-01); en las coordenadas [REDACTED] " O. Posterior a este punto, el ducto de interconexión se reduce a 4" DN AC API 5L X42 y continua por 8 metros en dirección Norte para empatar con la EMR de interconexión que se encontrará en las coordenadas [REDACTED] "O aproximadamente.

COORDEN  
ADAS DEL  
PROYECTO  
(INFORMA  
CIÓN  
RESERVAD  
A) ART. 113  
FRACCIÓN  
I DE LA  
LGTAIP Y  
110  
FRACCIÓN  
I DE LA  
LFTAIP.

COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



Figura 1 Ubicación del proyecto.

Cuadro 1. Coordenadas del punto de interconexión del ducto de distribución del proyecto con el ducto de transporte propiedad de ENGIE de 16” DN.

PUNTO DE INYECCIÓN	TRANSPORTISTA	COORDENADAS INTERCONEXIÓN	COORDENADAS CASETA EMR HIDRO TECNOLOGIA
HIDRO TECNOLOGÍA, SALAMANCA	Gasoductos del Bajío (ENGIE)	<p>COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.</p>	

A continuación, se detalla la trayectoria del sistema de distribución, se presentan imágenes con la ubicación de cada elemento e inmediatamente después una tabla con su descripción y coordenadas.



Figura 2 Interconexión y caseta de interconexión

Cuadro 2 Descripción de la figura 1.2.

Origen	Destino	Especificación de Tubería	Diámetro nominal mm (in)	Dirección	Distancia (m)	Comentario	Coordenadas
0						Punto de interconexión	<p style="color: red; text-align: center;">COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.</p>
0	1	API 5L X42 Ced. 40	152.4 (6)	Noreste	6.9	Línea interconexión	
1						Válvula de control	
1	2	API 5L X42 Ced. 40	152.4 (4)	Norte	8	Línea interconexión	

2	3	API 5L X42 Ced. 40	152.4 (4)	Este		Línea interconexión	---
3						EMR interconexión	<p style="color: red; font-size: small;">COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.</p>
3	4	API 5L X42	152.4 (6)	Este	12.18	Línea Regular	
4	5	API 5L X42	152.4 (6)	Sureste	15.82	Línea Regular	



Figura 3 Tramo regular del ducto de 4 y 6” con cruzamientos.

Cuadro 3 Descripción de la figura 1.3

Origen	Destino	Especificación de Tubería	Diámetro nominal mm (in)	Dirección	Distancia (m)	Comentario	Coordenadas
5	6	API 5L X42	152.4 (6)	Noreste	2,092	Línea Regular	---
6						Cruce SCT	

COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

6	7	API 5L X42	152.4(6)	Noreste	145.75	Línea Regular
7	8	API 5L X42	101.6 (4)	Noreste	215.42	Línea Regular
8						Cruce Canal
8	9	API 5L X42	101.6 (4)	Sur	55.49	Línea regular
9						EMR Hidro Tecnología I

COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



Figura 4 Último tramo de la línea regular gasoducto de 4", cruzamiento y EMR de HIDRO TECNOLOGIA.

**Cuadro 4 Descripción de la Figura 4**

Origen	Destino	Especificación de Tubería	Diámetro nominal mm (in)	Dirección	Distancia (m)	Comentario	Coordenadas
7	10	API 5L X42	101.6 (4)	Noroeste	60	Línea Regular	COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.
10	11	API 5L X42	101.6 (4)	Noreste	186.74	Línea Regular	
11						Cruce SCT	
11	12	API 5L X42	101.6 (4)	Noroeste	27.26	Línea Regular	
14	15	API 5L X42	101.6 (4)	Noreste	955.7	Línea Regular	
15	16	API 5L X42	101.6 (4)	Oeste	255.3	Línea Regular	
16	17	API 5L X42	101.6 (4)	Norte	78.14	Línea Regular	
17	18	API 5L X42	101.6 (4)	Oeste	16.52	Línea Regular	
19						EMR Hidro Tecnología	

Los criterios, normas, códigos, estándares, buenas prácticas, entre otras consideradas para la elaboración de las bases de Diseño del Proyecto, son los siguientes:

**Cuadro 5. Especificaciones técnicas para diseño**

Referencia y Título	Descripción de la especificación	Justificación de la elección
Norma Oficial Mexicana NOM-003-ASEA-2016, Distribución de gas natural y gas natural licuado de petróleo por ductos (la "NOM-003-ASEA-2016")	Esta norma establece las especificaciones técnicas y los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir los sistemas de - distribución de gas natural por medio de ductos.	Norma Oficial de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional.
Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016, Transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por medio de ductos (la "NOM-007-ASEA-2016")	Esta norma establece las especificaciones técnicas y los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir los sistemas de transporte de gas natural por medio de ductos.	Norma Oficial de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional
Norma Oficial Mexicana NOM008-SCFI-1993	Sistema general de unidades de medida	Para la aplicación de unidades en sistema métrico.
Código ASME B 31.8 "Sistemas de Tuberías de Distribución y Transporte de Gas"	Código que establece los requisitos mínimos de seguridad para el diseño y construcción de tuberías conductoras de gas natural.	Este código ha sido empleado en Norteamérica desde antes de su aceptación en 1951 por el Instituto Nacional

		Americano de Estándares, (ANSI). Se usará para lo no definido en la NOM-003-ASEA-2016.
Standard API 1104 "soldadura en ductos e instalaciones relacionadas"	Standard que establece los requisitos mínimos para ejecutar uniones soldadas en las tuberías conductoras de gas natural.	Standard aceptado en la industria de las tuberías en los Estados Unidos.
Código ASME Sección VIII, Div.1 Reglas para la construcción de Recipientes a presión".	Establece bases de diseño para la fabricación e inspección de recipientes a presión tales como filtros y odorizadores.	Este código es aceptado para el diseño y la fabricación de recipientes a presión
ANSI B109.3 Medidores rotatorios	Establece los criterios de diseño, construcción, instalación y pruebas de medidores rotatorios	Es el código de diseño para medidores rotatorios
Reporte No. AGA 7 Medición de gas natural por medidor tipo turbina	Establece los criterios de diseño, construcción, instalación y pruebas de medidores tipo turbina	Es el código usado internacionalmente para medidores tipo turbina y establecido en la DAG de medición

### Cuadro 6. Especificaciones técnicas para la selección de materiales

Referencia y Título	Descripción de la especificación	Justificación de la elección
API 5L: Especificación para tubería usada en gasoductos.	Especificación para tubos con y sin costura para uso en la industria del gas y el petróleo	Estándar reconocido en la industria norteamericana de tuberías.
ASTM A 53 Tubos de Acero, negros y galvanizados en caliente.	Materiales y especificaciones de la fabricación de tubos de acero, con y sin costura.	Define las especificaciones del material, el peso del tubo y el espesor de pared mínimos.
ASTM A 105 Especificación de acero, contenido de carbono y materiales aleantes.	Especificaciones del material a utilizarse en conexiones forjadas, bridas, válvulas y componentes	Estándar reconocido en la industria norteamericana de tuberías.
ASTM A 193 Materiales para espárragos y tornillería para servicio en alta temperatura.	Especificación de materiales para fabricación de tornillería que se instala en tuberías a presión.	Estándar reconocido en la industria norteamericana de tuberías.
ASTM A 194 Materiales para espárragos y tuercas para servicio en media y alta temperatura.	Especificación de materiales para fabricación de tuercas y espárragos o tornillos que se instalan en tuberías a presión.	Estándar reconocido en la industria norteamericana de tuberías.
ASTM A 234 Especificación de materiales para aceros en servicio en temperaturas media y alta.	Especificación de materiales para conexiones de tubería de acero al carbono para servicio a mediana y alta temperatura.	Estándar reconocido en la industria norteamericana de tuberías.
ASME B 16.5 Especificaciones y dimensiones de bridas y conexiones.	Define los rangos de operación en presión y temperatura de bridas y accesorios bridados.	Estándar reconocido en la industria norteamericana de tuberías.
ASME B 16.9 Fabricación de conexiones en acero, soldables y de embutir	Define las dimensiones de conexiones soldables para tuberías.	Estándar reconocido en la industria norteamericana de tuberías.

## Cuadro 7 Especificaciones técnicas para la construcción

Referencia y título	Descripción de la especificación	Justificación de la elección
Norma Oficial Mexicana NOM-003-ASEA-2016, Distribución de gas natural y gas natural licuado de petróleo por ductos	Esta norma establece las especificaciones técnicas y los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir los sistemas de distribución de gas natural por medio de ductos.	Norma Oficial de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional.
NOM-027-STPS-2008 Actividades de soldadura y corte. Condiciones de seguridad e higiene.	Esta norma establece condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para prevenir riesgos de trabajo durante las actividades de soldadura y corte.	Esta Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo donde se realicen actividades de soldadura y corte
NOM-031-STPS-2011 Construcción- Condiciones de seguridad y salud en el trabajo.	Esta norma establece las condiciones de seguridad y salud en el trabajo en las obras de construcción, a efecto de prevenir los riesgos laborales a que están expuestos los trabajadores que se desempeñan en ellas.	La presente Norma Oficial Mexicana aplica en todas las obras de construcción que se desarrollen en el territorio nacional, en cualquiera de sus diferentes actividades o fases. Quedan exceptuadas de la presente Norma Oficial Mexicana las actividades de mantenimiento a las edificaciones o instalaciones que no requieran licencia de construcción ni notificación ante la autoridad correspondiente.
Código ASME B 31.8 "Sistemas de Tuberías de Distribución y Transporte de Gas"	Código que establece los requisitos mínimos de seguridad para el diseño y construcción de tuberías conductoras de gas natural.	Este código ha sido empleado en Norteamérica desde antes de su aceptación en 1951 por el Instituto Nacional Americano de Estándares, (ANSI). Se usará para lo no definido en la NOM-003-ASEA-2016
Standard API 1104 "soldadura en ductos e instalaciones relacionadas"	Standard que establece los requisitos mínimos para ejecutar uniones soldadas en las tuberías para gas natural.	Standard aceptado en la industria de las tuberías en los Estados Unidos.
Standard API 5L1 "Práctica recomendada para el transporte y manejo de materiales de tuberías".	Procedimiento que indica las prácticas para el transporte, carga y manejo de tuberías.	Procedimiento aceptado en la industria del transporte y de construcción de tuberías para gasoductos
Código ASME Sección VIII, Div.1 Reglas para la construcción de Recipientes a presión".	Establece bases de diseño para la fabricación e inspección de recipientes a presión tales como filtros y odorizadores.	Este código es aceptado para el diseño y la fabricación de recipientes a presión instalados en sistema de tuberías.

### 1.1.2. TRANSPORTE POR DUCTOS

El proyecto nuevo DIS- 001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA, se ubica en el municipio de Salamanca en el Estado de Guanajuato y tendrá una longitud aproximada de 5,765 de ducto de 6" y 4" de acero y las instalaciones que lo integran son además del ducto un Registro de Interconexión, una Estación de Regulación y Medición de Interconexión y dos Estaciones de Regulación y Medición de usuario. A continuación, se describe el trazo del proyecto.

**Cuadro 8. Descripción detallada del ducto o sistema de transporte por ductos.**

Sustancia que transporta	Estado físico	Origen	Destino	Nombre del segmento	Diámetro	Longitud	Cruza por	Derivaciones e interconexiones Kilómetro y coordenadas
Gas natural	Gas	Ducto de 16" del transportista ENGIEN	Válvula de control	Línea interconexión	6"	6.9	Zona de cultivo	<p>COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.</p>
Gas natural	Gas	Válvula de control	EMR de interconexión	Línea de interconexión	4"	8	Zona de cultivo	
Gas natural	Gas	EMR de interconexión	Bifurcación en dos líneas de 4"	Línea Regular	6"	2,265.75	Cultivos Zona poblada (600 m aproximadamente) Cruce SCT	
Gas natural	Gas	Bifurcación en dos líneas de 4"	EMR de usuario Hidro Tecnología I	Línea Regular 1	4"	270.91	Zona de cultivos  Canal	
Gas natural	Gas	Bifurcación en dos líneas de 4"	EMR de usuario Hidro Tecnología	Línea Regular 2	4"	1579.66	Zona de Cultivos	

							Zona de Invernaderos	
							Cruce SCT	

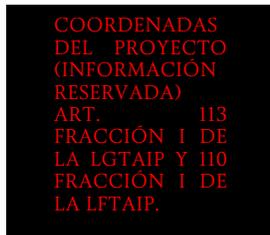
**Registro de interconexión**

El ducto de interconexión será de acero que interconecta el ducto del trasportista ENGIE con la caseta de interconexión, es necesario especificar que la extensión que va desde la interconexión hasta la salida del ensamble de la válvula de control será parte del sistema de transporte.

El gasoducto se interconectará a un ducto de transporte propiedad de ENGIE de 406.4 mm (16”) de diámetro nominal mediante perforación en línea viva (Hot Tap).

Transportista  
Gasoductos del Bajío (ENGIE)

Coordenadas Interconexión



Componentes principales:

- Válvula de corte automático OSE BM 3” ANSI 600<sup>4</sup>
- Válvula de bola de puerto completo soldable
- Válvula de bloqueo subterránea
- Junta monoblock

**Ducto operativo de la interconexión a la EMR de interconexión.**

A partir de este punto correrá una línea de 6” DN en acero al carbón especificación API 5L X42 por 6.9 metros aproximadamente en dirección Noreste, para salir del derecho de vía del trasportista, en este punto se tendrá el recinto donde se ubicará la válvula de corte subterránea y la válvula de control (FCV-01); en las coordenadas [REDACTED] " N y [REDACTED] " O. Posterior a este punto, el ducto de interconexión se reduce a 4” DN AC API 5L X42 y continua por 8 metros en dirección Norte para empatar con la EMR de interconexión.

En la siguiente tabla se presenta el equipamiento considerado para la Línea de interconexión o ducto operativo de interconexión.

COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Cuadro 9.Especificaciones de ducto.

Nombre o segmento del ducto	Origen (km)	Destino (km)	Coordenadas UTM				Espesor (in <sup>*</sup> )	Diámetro (in)	Presión de Prueba Hidrostática (psig)		Especificación del ducto	Código de diseño	Presión de diseño y operación (psig)		
			Inicio		Fin				Alta presión	Sección de distribución			Min	Normal	Máx
			X	Y	X	Y									
Línea interconexión	Ducto de 16" del transportista ENGIEN	Válvula de control	<b>COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.</b>				0.280	6"	1,800	1,110	Acero al carbón API 5L X 42	ASME B31.8	298	298	740
Línea de interconexión	Válvula de control	EMR de interconexión					0.237	4"	1,800	1,110	Acero al carbón API 5L X 42	ASME B31.8	298	298	740
Línea Regular	EMR de interconexión	Bifurcación en dos líneas de 4"					0.188	6"	1,800	1,110	Acero al carbón API 5L X 42	ASME B31.8	298	298	740
Línea Regular 1	Bifurcación en dos líneas de 4"	EMR de usuario Hidro Tecnología					0.188	4"	1,800	1,110	Acero al carbón API 5L X 42	ASME B31.8	298	298	740
Línea Regular 2	Bifurcación en dos líneas de 4"	EMR de usuario Hidro Tecnología					0.188	4"	1,800	1,110	Acero al carbón API 5L X 42	ASME B31.8	298	298	740

## Clase de Localización

Es el área unitaria clasificada de acuerdo con la densidad de población para el diseño y la presión de prueba de los ductos localizados en un tramo continuo de longitud de 5,765 metros, que se extiende 200 metros a ambos lados de la tubería. Para el caso del proyecto, se ha definido una Clase 3.

Con base en el criterio de la NOM-003-ASEA-2016 en la Tabla 1 del punto 5, se ha definido para diseño una Localización Clase 3 para el Proyecto nuevo "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA", previendo condiciones futuras.

De acuerdo a dicho documento se considera Localización Clase 3 a aquella área unitaria en la que exista alguna de las características siguientes:

- Más de cuarenta y seis construcciones destinadas a actividad humana o uso habitacional;
- Una o más construcciones ocupadas normalmente por veinte o más personas a una distancia menor de cien metros del eje del ducto;
- Un área al aire libre bien definida que se encuentra a una distancia menor de cien metros del eje de la tubería y que dicha área sea ocupada por veinte o más personas durante su uso para la cual fue destinada, por ejemplo, un campo deportivo, un parque de juegos, un teatro al aire libre u otro lugar público de reunión;
- Áreas destinadas a fraccionamientos residenciales, conjuntos, unidades y condominios habitacionales o comerciales que se encuentran a una distancia menor de cien metros del eje longitudinal del ducto, aun cuando al momento de construirse únicamente existan edificaciones en la décima parte de los lotes adyacentes al trazo del ducto,
- Un área que registre tránsito intenso o donde se encuentren instalaciones subterráneas como ductos de agua, líneas telefónicas, líneas de comunicación como fibra óptica u otras, líneas eléctricas, líneas de distribución, etc., a una distancia menor de 100 (cien) metros del eje longitudinal donde se pretenda instalar el ducto. Se considera tránsito intenso un camino o carretera pavimentada con un flujo de 200 (doscientos) o más vehículos en una hora pico de aforo.

En la actualidad, el área donde se construirá el proyecto es clase 1. Sin embargo, el diseño y pruebas cumplirán con los requerimientos de clase 3.

Localización Clase 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 será reclasificado como clase 3 cuando el eje de dicho tramo se encuentre a una distancia igual o menor a 100 metros de:

- I. Una construcción ocupada por veinte o más personas, por ejemplo: escuelas, hospitales, iglesias, salas de espectáculos, cuarteles y centros de reunión;
- II. Un área al aire libre definida que sea ocupada por veinte o más personas, por ejemplo: campos deportivos, áreas recreativas, teatro al aire libre u otro lugar público de reunión, o
- III. Un área destinada a fraccionamiento o conjunto habitacional o comercial que no tenga las características de la clase 4.

## Cuadro 10. Condiciones de diseño y Operación

Variable		
Clase de localización de Diseño	3	3
Clase de localización de operación	3	3
Presión mínima de la interconexión	3157.91 kPa	458 psig
MAOP de la interconexión	8274 KPa	1200 psig
<b>Red de Acero</b>		
Presión de diseño de ducto	5,102.07 kPa	740 psig
Presión de operación máxima	2,055 kPa	298 psig
Capacidad de diseño del sistema	5,773.51 MCFD	6,812.1 m <sup>3</sup> /h
Capacidad máxima de operación	5,773.51 MCFD	6,812.1 m <sup>3</sup> /h

## Cuadro 11. Condiciones Base

Condición	Sistema Internacional	Unidades Inglesas
Factor de eficiencia del flujo	0.92	0.92
Temperatura Base	288.5 K	60 °F
Presión base	1.0 atm	14.7 psig

## Protección catódica

Con base en el cálculo teórico del SPC (Sistema de Protección Catódica), se estima que el gasoducto sea protegido por medio de ánodos de magnesio de 32 lb, distribuidos conforme a los cálculos de protección catódica correspondiente. Se instalan las estaciones de prueba para lecturas periódicas de voltaje en cumpliendo en con lo establecido en la NOM003-ASEA-2016.

**Cuadro 12. Diseño del sistema de protección catódica**

Sección	Ánodo de 32 lb	Ubicación en Ramal (km)	Toma de potencial	Ubicación en Ramal (km)	Estatus
Línea de interconexión	1	<p style="text-align: center; color: red;">COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.</p>			Proyecto
Línea regular	1				Proyecto
Línea regular	1				Proyecto
Línea regular	1				Proyecto
Línea regular	1				Proyecto
Línea regular	1				Proyecto
Línea regular	1				Proyecto
Línea regular Hidro tecnología I	1				Proyecto
Línea regular Hidro tecnología	1				Proyecto
Línea regular Hidro tecnología	1				Proyecto

		<b>COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.</b>	
Línea regular Hidro tecnología	1		Proyecto

### Cuadro 13. **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
Carretera 43	Carretero	1.80	Cruce direccional	2+436	2+458	6	
Carretera Salamanca-La ordeña	Carretero	1.80	Cruce direccional	2+743	2+752	4	
	Cuerpo de agua (canal)	0.60	Recubrimiento anticorrosivo	2+480	2+500	4	Doc_ME_ANALIS_CRUCE

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

EMR de interconexión. Caseta de Medición y Regulación de transferencia de custodia (City gate)

### Cuadro 14. Componentes principales:

Equipo	Descripción
Válvula de corte automático	OSE BM 3" ANSI 600 <sup>4</sup>
Filtro coalescente	3" 600# 77V-2-336-12-1480
Medidor de flujo	3" medidor rotatorio Dresser 7M1480
Medidor de flujo	3" Turbina G250
Manómetros	0-1000 psig y 0-600 psig
Reguladores y válvulas de corte asociadas	2" Flowgrid Mooney Trim 50% CL 600
Válvula de seguridad	Mercer 3" 3000# x 4" 150# (Orificio I)
Odorizador	NJEX-7300GM 500 Gal capacidad
Diámetro de tubería previo a la regularización	3"
Diámetro de tubería después de la regulación	4"

<sup>4</sup> La válvula de corte opera en forma automática por una señal de baja presión que se interpreta como una fuga en el ducto y un corte por alta presión que operaría en el evento de que no funcionaran los otros dos sistemas de protección por sobrepresión reguladores en working monitor (protección primaria) y válvula de seguridad.

Sistemas informáticos que permitan el monitoreo de las condiciones de operación **La caseta de interconexión cuenta con un sistema SCADA de acuerdo con los requerimientos del transportista.** Dicho sistema transmite las condiciones de la estación en tiempo real.

Cuadro 15. Descripción de equipo de la EMR de interconexión.

Descripción	TAG	Año Fab.	Prueba de Presión kg/cm <sup>2</sup>	Código	Presión kg/cm <sup>2</sup>			Temperatura °C			Ubicación
					Min	Normal	Máx.	Min	Normal	Máx.	
<b>EMR Interconexión (DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGÍA)</b>											
Válvula de corte automático	SHV-01	2020	126.6	ISO-9001-2008 CE-0062-PED-D-FCL-001-17-FRA	32.21	45.64	84.388	11	23	40	ERM Interconexión DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGÍA
Computador de flujo	FQI-01	2020	N/A	N/A	32.21	45.64	84.388				ERM Interconexión DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGÍA
Filtro coalescedor	FC-01	2020	126.6	ASME SEC VII DIV I	32.21	45.64	84.388				ERM Interconexión DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGÍA
Filtro de Gas seco	FS 01 /02	2020	126.6	B 16.5/B16.43	32.21	45.64	84.388				ERM Interconexión DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGÍA
Medidor de flujo	FE-01	2020	208.1	ANSI B109.3	32.21	45.64	84.388	11	23	40	ERM Interconexión DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGÍA
Medidor de flujo	FE-02	2020	126.6	Reporte No. AGA 7	32.21	45.64	84.388	11	23	40	ERM Interconexión DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGÍA
Regulador de presión	PCV 01/02	2020	156.5	ISO-9001-2008 CE-0062-PED-D-FCL-001-17-FRA	32.21	45.64	84.388	11	23	40	ERM Interconexión DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGÍA
Regulador de presión	PCV 03/04	2020	126.6	ISO-9001-2008 CE-0062-PED-D-FCL-001-17-FRA	32.21	45.64	84.388	11	23	40	ERM Interconexión DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGÍA
Válvula de seguridad	PSV-01	2020	P. Ajuste: 24.61 kg/cm <sup>2</sup>	ASME SEC VIII DIV. 1	24.6			11	23	40	ERM Interconexión DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGÍA

## EMR de usuario Hidro Tecnología

Cuadro 16. Equipamiento de la Estación de Medición y Regulación de usuario.

Descripción	TAG	Año Fab.	Prueba de Presión kg/cm <sup>2</sup>	Código	Presión kg/cm <sup>2</sup>			Temperatura °C			Ubicación
					Min	Normal	Máx.	Min	Normal	Máx.	
<b>EMR Usuario Hidro Tecnología</b>											
Medidor de turbina	FE-01	2020	78.1	EN 12261	17.58	17.58	20.956	11	23	40	ERM Usuario Hidro Tecnología DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGÍA
Filtro de Gas seco	FS 01/02	2020	1,110.0	B 16.5/B16.43	17.58	17.58	20.956	11	23	40	ERM Usuario Hidro Tecnología DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGÍA
Regulador de presión	PCV 01/02	2020	78.1	EN ISO 9001-2008 <sup>334</sup>	17.58	17.58	20.956	11	23	40	ERM Usuario Hidro Tecnología DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGÍA
Regulador en monitor/Slam Shut	PSV-01	2020	P. Ajuste Monitor 2.32 kg/cm <sup>2</sup> Slam shut 2.53 kg/cm <sup>2</sup>	ASME SEC VIII DIV. 1	17.58	17.58	20.956	11	23	40	ERM Usuario Hidro Tecnología DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGÍA
<b>EMR Usuario Hidro Tecnología I</b>											
Medidor de turbina	FE-01	2020	78.1	EN 12261	17.58	17.58	20.956	11	23	40	ERM Usuario Hidro Tecnología DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGÍA I
Filtro de Gas seco	FS 01/02	2020	1,110.0	B 16.5/B16.43	0	17.58	20.956	11	23	40	ERM Usuario Hidro Tecnología DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGÍA I
Regulador de presión	PCV 01/02	2020	78.1	EN ISO 9001-2008 <sup>334</sup>	17.58	17.58	20.956	11	23	40	ERM Usuario Hidro Tecnología DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGÍA I
Regulador en monitor/Slam Shut	PSV-01	2020	P. Ajuste Monitor 2.32 kg/cm <sup>2</sup> Slam shut 2.53 kg/cm <sup>2</sup>	EN ISO 9001-2009 <sup>334</sup>	0	17.58	20.956	11	23	40	ERM Usuario Hidro Tecnología DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGÍA I

Como soporte a la información anterior se incluye en los anexos:

- Planta del sistema de Suministro de Gas natural Hidro Tecnología (perfil topográfico general)
- Plano de ubicación del Nuevo Proyecto “DIS-001-GNP-BAJIO-HIROTECNOLOGIA”
- La Carpeta de Anexos Diseño, que incluye las memorias técnicas de protección catódica, Análisis de esfuerzos Tubería 4” para Cruce de canal de agua y memoria de cálculo para diseño de tuberías.
- La Carpeta de Anexos de DTI’s, se incluyen todos los diagramas de instalaciones del proyecto.

## 1.2. Descripción del proceso

No se realiza ningún proceso industrial en este proyecto, el objetivo es distribuir gas natural desde el ducto de transporte de 16” de ENGIEN a las instalaciones de HIDROTECNOLOGIA I e HIDROTECNOLOGIA, a continuación, se describe como se realizarán las obras para la instalación.

### Interconexión

En la interconexión se instalará una **válvula de corte** mediante un Hot Tap dentro de un registro de concreto con muros de celosía de aproximadamente 30 m<sup>2</sup>, sin embargo, dicho registro puede ser también subterráneo con una losa de concreto dependiendo de los requisitos que marque el transportista, para protección de la válvula de bola de puerto completo soldable y para evitar que la válvula se opere indebidamente. Para ello se procederá a excavar hasta dejar totalmente al descubierto el **Gasoducto de ENGIEN** de 16” que se encuentra en operación. Se realizará a la profundidad en que se encuentre el ducto dejando un área de trabajo mínima para permitir maniobrar al personal encargado de realizar los trabajos de soldadura e interconexión. Bajo el nivel del piso, se soldará una silleta y se procederá a llevar a cabo el “*hot tap*” al gasoducto de 16”, colocando una válvula de bloqueo subterránea y una Junta monoblock 4” DN para aislar la protección catódica de corriente inducida que proporciona protección al ducto.

### Tubería

El gasoducto tendrá una longitud aproximada de 5,765 de ducto y contará con un derecho de vía temporal de 12 m y un derecho de vía permanente de 1m.

Diseño hidráulico de la red.

Usando el software Gasworks con la ecuación de Weymouth se modela la red y se determina, presión de operación, material, diámetro(s) de la tubería y la presión mínima en los nodos. Para el diseño inicial de la red se utiliza la capacidad instalada de todos los usuarios, una vez operando el sistema se caracteriza y define la demanda máxima instantánea real y permite definir la capacidad disponible para otros usuarios y la fórmula que mejor simula la operación real del sistema. La selección de la fórmula para el modelado se basa en la recomendación del Pipeline Rules of Thumb Handbook recomienda el uso del modelo de Weymouth en aplicaciones para sistemas de transmisión; sin embargo, menciona que también es utilizada en sistemas de distribución y recolección. Por su parte, El “PDHENGINEER.COM Course No. 0-5001, Gas Pipeline Hydraulics, E. Shashi Menon, P.E.”, establece que la ecuación de Weymouth se utiliza para calcular caudales y presiones en los sistemas de distribución y recolección de gas de alta presión.

$$Q = 1312.5 \frac{T_b}{P_b} \left( \frac{\Delta P}{SGT LZ} \right)^{0.5} D^{2.667} E$$

Where,

$$\Delta P = P_1^2 - P_2^2$$

Diseño mecánico El espesor está basado en las fórmulas incluidas en la NOM-003-ASEA-2016, y el espesor mínimo que puede ser manipulado durante la construcción sin que el tubo deforme durante su manejo normal.

Tubería de Acero al Carbón

$$t = PD/2SFET$$

Adicional al espesor requerido por la presión de operación se consideran las cargas externas.

- e. Se diseña la caseta de interconexión
- f. Se diseñan las casetas de los usuarios

**Cuadro 17 Criterios Los criterios utilizados para el diseño del sistema son los siguientes:**

Elemento	Criterios
Interconexión con transportista	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión mínima en el ducto transporte</li> <li>• Máxima Presión Permisible de operación del ducto de transporte</li> <li>• Velocidad máxima de 20 m/s o lo que el transportista solicite</li> </ul>
Ducto de interconexión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión mínima en el ducto de transporte</li> <li>• Máxima Presión Permisible de operación</li> <li>• Velocidad máxima de 20 m/s o lo que el transportista solicite</li> </ul>
EMR de interconexión	<p>Para el diseño inicial: Capacidad instalada de todos los usuarios potenciales identificados</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión mínima en el ducto de transporte</li> <li>• Máxima Presión Permisible de operación del ducto de transporte</li> <li>• Presión de operación de la red de distribución</li> <li>• Velocidad máxima de 20 m/s o lo que el transportista solicite</li> </ul>
EMR de Usuario	<p>Presión mínima de llegada a la EMR</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de 100 ft/s</li> <li>• Presión de entrega de la EMR</li> </ul>

**Cuadro 18. Puntos de entrega**

Proyecto	Estatus	Etapa de ingeniería
Hidro Tecnología	En desarrollo	Básica
Hidro Tecnología I	En desarrollo	Básica

**Cuadro 19. Consumo esperado**

Usuarios	Pico diseño m <sup>3</sup> /h	Pico diseño MCFD	Consumo m <sup>3</sup> /h	Consumo MCFD	Presión (psig)	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )
Hidro Tecnología	2,465.59	2,089.68	273.7	232	30	2.11
Hidro Tecnología I	4,346.51	3,683.83	482.6	409	30	2.11
Total	6,812.1	5,773.51	756.3	641		

c) Ducto de Distribución.

Ducto de Acero, el cual conecta la estación de medición y regulación de interconexión, con las estaciones de medición y regulación de los usuarios.

**Cuadro 20. Material del ducto, especificación**

Diámetro	Material
6 in	API 5L X42
4 in	API 5L X42

**Cuadro 21. Tubería. Especificaciones de la tubería a utilizar para llevar a cabo el desarrollo del sistema**

Especificación de Tubería	Longitud	Diámetro Nominal		Diámetro Exterior		Espesor	
	m	mm	in	mm	in	mm	in
API 5L X42 (Interconexión)	6.9	152.4	6	168.275	6.625	7.11	0.280
API 5L X42 (Interconexión)	8	101.6	4	114.3	4.5	6.02	0.237
API 5L X 42	2,265.75	152.4	6	168.275	6.625	4.775	0.188
API 5L X 42	1,850.57	101.6	4	114.3	4.5	4.775	0.188

**Válvulas de seccionamiento**

En forma general se instalan válvulas:

- Antes y después de cruzamientos de canales, ríos, carreteras y vías de ferrocarril
- Disparo para crecimiento
- En la acometida de servicio de cada usuario

**Cuadro 22. Ubicación de las válvulas.**

Sección	Numero de Válvula	Ubicación Geográfica (km)	Estado
Línea regular Válvula 6"	1	COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.	En proyecto
Línea regular Válvula 4"	2		En proyecto
Línea regular Válvula 4"	3		En proyecto

Línea regular Válvula 4"	4	COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.	En proyecto
Línea regular Válvula 4"	5		En proyecto
Línea regular Válvula 4"	6		En proyecto
Línea regular Válvula 4"	7		En proyecto
Línea regular Válvula 4"	8		En proyecto

Cuadro 23. Sistema de protección anticorrosión.

	Especificación
<b>Tubería aérea</b>	Sand blast a metal blanco SSPC-SP 10 Primario Acabado
<b>Transición tubería aérea-enterrada</b>	RAM-100 Recubrimiento epóxico de altos sólidos
<b>Tubería enterrada</b>	Fusión Bond Epoxic (FBE) de la Asociación Nacional de Aplicadores de Recubrimientos de Tubería (National Associated of Pipe Coating Applicators) recubierto en fábrica. Para la tubería sin recubrimiento se hará por medio de cinta mecánica y anticorrosiva POLIKEN.
<b>Uniones soldadas enterradas y reparaciones</b>	Sistema de cintas mecánica y anticorrosiva POLIKEN

**Protección catódica**

Con base en el cálculo teórico del SPC (Sistema de Protección Catódica), se estima que el gasoducto sea protegido por medio de ánodos de magnesio de 32 lb, distribuidos conforme a los cálculos de protección catódica correspondiente. Se instalan las estaciones de prueba para lecturas periódicas de voltaje en cumplimiento en con lo establecido en la NOM003-ASEA-2016.

**Cuadro 24. Protección catódica**

Sección	Ánodo de 32 lb	Ubicación en Ramal (km)	Toma de potencial	Ubicación en Ramal (km)	Estatus
Línea de Interconexión	1	COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.			
Línea regular	1				
Línea regular	1				
Línea regular	1				
Línea regular	1				
Línea regular	1				
Línea regular Hidro tecnología I	1				
Línea regular Hidro tecnología	1				
Línea regular Hidro tecnología	1				
Línea regular Hidro tecnología	1				

La sección desde la interconexión hasta la válvula de control será protegida por el sistema de protección catódica del transportista.

**Odorización**

- Tipo de Odorización: Inyección
- Capacidad: 500 galones
- El punto de monitoreo del odorante será el punto más alejado de la inyección, el cual corresponderá al usuario Hidro Tecnología.

Latitud:

Longitud:

COORDENADAS DEL  
PROYECTO  
(INFORMACIÓN  
RESERVADA) ART. 113  
FRACCIÓN I DE LA  
LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I  
DE LA LFTAIP.

**Sistemas informáticos que permitan el monitoreo de las condiciones de operación.**

La caseta de interconexión cuenta con un sistema SCADA de acuerdo con los requerimientos del transportista. Dicho sistema transmite las condiciones de la estación en tiempo real.

**Los componentes del sistema de tuberías cumplirán con:**

- Estar libres de defectos que puedan afectar o dañar la resistencia, hermeticidad o propiedades del componente
- Deben tener un certificado de calidad.
- Sean compatibles químicamente con el Gas que conduzcan y con cualquier otro material del Sistema de distribución con que tengan contacto.

**Criterios de diseño durante la construcción**

El gasoducto se construye bajo los procedimientos de construcción conforme a los resultados del diseño, con el fin de evitar esfuerzos indeseables en la tubería. Así mismo, toda la obra se lleva a cabo bajo los parámetros indicados en los procedimientos de construcción.

**Instalación de la tubería.**

Profundidad mínima. Durante todo el trayecto, el gasoducto tendrá un espesor de cubierta mínimo de 0.60 m

Separación. En su trayectoria, el ducto tendrá las siguientes separaciones.

- Separación mínima entre la tubería de Distribución y cualquier estructura subterránea como por ejemplo tuberías de drenaje, agua potable, vapor o combustible debe ser de 30 (treinta) centímetros.
- Separación mínima entre un ducto de Distribución con instalaciones eléctricas y de comunicación, debe ser de 1 metro.

Cinta de advertencia. Se instalará cinta plástica de PRECAUCION 40 cm. arriba del lomo de la tubería de AC.

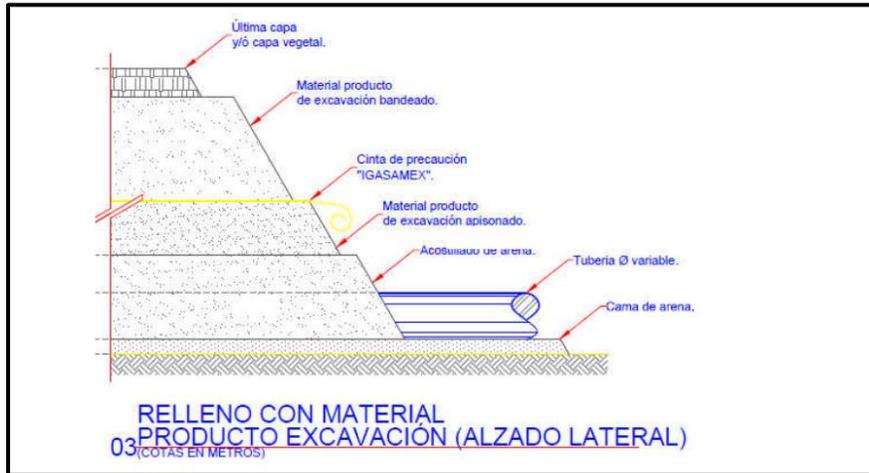


Figura 5 Relleno de zanja.

**Posición y Tipo de Señalamientos**

**Letreros**

- A ambos lados del cruce de una carretera, camino público y ferrocarril; ambos lados del cruce aéreo, fluvial y otros cuerpos de agua.
- Como mínimo a cada 1000 m para Clases de localización 1 y 2, 500 m para Clases de localización 3 y 100 m para Clases de localización 4.
- En cambios de dirección mayores a 30 grados.
- En las instalaciones superficiales tales como Estaciones de regulación, Estaciones de regulación y medición, rectificadores de corriente, estaciones de odorización.

**Tachuelas**

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

**Pruebas No Destructivas**

- La tubería de acero será radiografiada al 100%

**Pruebas de Hermeticidad**

- Sección de Alta Presión:

Tubería	Prueba	Presión	Duración
Acero al Carbón	Neumática	1,800 psi	24 hrs
Acero al Carbón	Hidrostática	1,800 psi	8 hrs

Sección de Distribución de Gas Natural:

Tubería	Prueba	Presión	Duración
Acero al Carbón	Neumática	1,110 psi	24 hrs
Acero al Carbón	Hidrostática	1,110 psi	8 hrs

### Descripción de proceso en las casetas EMR

#### Caseta de interconexión.

El gas entra a la caseta y el primer elemento por el que pasará será la Válvula de corte automática la cual cortará automáticamente el suministro de gas en caso de una fuga, protegiendo en todo momento el sistema. El propósito de la válvula OSE es cortar en forma total y rápida el flujo de gas, en caso de presentarse una presión igual o menor o mayor a la ajustada respectivamente (set point) en el mecanismo de cierre; los puntos de ajuste (Set Point) de dicha válvula serán de 255 psig (baja) y 402 psig (alta). Tiene dos sensores (por alta y baja presión), ambos censarán la presión a la salida de los reguladores, en caso de que los reguladores fallen abiertos, la presión que dejarán pasar será mayor a la normal y, en este caso, se activará primero la válvula de seguridad y a falla de esta se producirá un corte por alta presión. En caso de que haya una fuga en el ducto se registrará una caída de presión y, en este caso, se activará el corte por baja presión. Después de la válvula OSE el gas pasará por el filtro coalescente. El filtro contará con un by-pass que permitirá darle mantenimiento. Posterior a la etapa de filtración, el gas entrará a la medición. La medición contará con dos tipos de medidor. Para la etapa inicial para cubrir el volumen mínimo esperado se consideró medidor rotatorio su principio de operación es de desplazamiento positivo, el equipo tiene internamente dos lóbulos encerrados dentro de una cámara de medición rígido que cada vez que dan una vuelta desplazan una cantidad definida de gas, cada vez que se completa una vuelta se registra tanto en el contador mecánico como en el corrector; el volumen que pasa por el medidor depende de la presión y la temperatura; la corrección a condiciones estándar se hace por medio del computador de flujo que corrige por P, T y Z . La sección de medición cuenta con una línea de arranque para la adecuada operación del medidor. Cuando el sistema aumente el volumen de consumo se consideró un medidor tipo turbina. Cuando el volumen este en el rango operativo de la turbina, el medidor rotatorio será sustituido por una Turbina. Enseguida, el gas pasará por el equipo de regulación, donde se regulará la presión en dos etapas. Los reguladores estarán configurados para operar en working monitor. En condiciones normales de operación con una presión mínima de entrada de 458 psig, el gas entrará al primer regulador y este entregará una presión intermedia de 385 psig , esta será la presión de entrada del segundo regulador y este entregará una presión final de 298 psig . Los cortes consecutivos de presión funcionan en forma interdependiente, si alguno de ellos dejará de funcionar el otro tomará el mando completo. La estación cuenta con dos trenes de regulación, uno en operación normal y uno de respaldo. La presión a la entrada de la regulación puede variar, sin embargo, la presión intermedia y a la salida se conservará en 385 psi y 298 psi respectivamente. Finalmente, se instalará una válvula de seguridad la cual relevará el gas a la atmósfera en caso de que llegara a existir alguna falla en los equipos de regulación. Siendo el set point de está a 350 psig. Los elementos principales de la estación de medición y regulación son los siguientes:

### Estación de medición y regulación de Usuario

Estaciones de Usuarios El primer elemento por el que pasará el gas al entrar a la estación de regulación y medición, en su línea principal, será el filtro tipo "Y" (Y-Strainer) que protegerá los equipos posteriores al retener suciedad, escorias u otras partículas acumulando estos en su rejilla de filtrado, permitiendo una limpieza periódica; posteriormente el gas entrará al sistema de medición y en seguida a la sección de regulación que regulará la presión a las condiciones requeridas por los usuarios. La línea secundaria (by-pass) cuenta con un sistema de regulación, y sólo operará en caso de falla de algún elemento de la línea principal o por mantenimiento de éstos. De acuerdo con el requerimiento de la NOM-003-ASEA-2016, en el caso de las casetas que operará a más de 100 psig cuenta con un segundo elemento de protección de presión. El diseño consiste en dos reguladores instalados en open monitor. Adicionalmente, el primer regulador contará con una válvula de corte automático, como segundo elemento de protección por sobre presión. La presión a la entrada de la regulación puede variar, sin embargo, la presión a la salida se conservará la presión requerida por el usuario.

### Sustancias químicas.

La única sustancia que se maneja en la actividad desarrollada por el proyecto es el Gas natural y el etil mercaptano que se emplea para proporcionarle olor al gas, esto como medida de seguridad para que sea posible detectarlo si existe alguna fuga.

**Cuadro 25. Resumen de sustancias involucradas en la actividad del proyecto.**

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 Riesgosa
		C	R	E	T	I			Máx. de proceso (ton/día)	Máx. de transporte (ton/día)	Máx. de almacenamiento (ton/día)		
Gas natural	8006-14-2			X		X	5,773.51	Metano (83-99%) Etano ( 1-13%) Propano (0.1- 3%) Butano (0.2-1%)	No aplica, porque no hay proceso	1.0435*	No hay almacenamiento	NA	500 kg

\*Es la cantidad de gas que estará empacada en el ducto del proyecto.

\* Se anexa la Hoja de Seguridad del Gas natural, en la carpeta de Anexo Documentos.

### 1.3 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

Aspectos abiótico.

Clima,

Rango de temperatura 14-23°C

Rango de precipitación 600-900 mm

Clima: Semicálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (92.1%) y templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (7.9%)

La información del clima de Salamanca se obtuvo de la página: <https://es.climate-data.org/americas-del-norte/mexico/guanajuato/salamanca-3369/#climate-table>

Salamanca se encuentra a 1715 metros sobre el nivel del mar. El clima en Salamanca es cálido y templado. En comparación con el invierno, los veranos tienen mucha más lluvia. Esta ubicación está clasificada como Cwa por Köppen y Geiger. La temperatura aquí es en promedio 19.9 °C. La precipitación es de 699 mm al año.

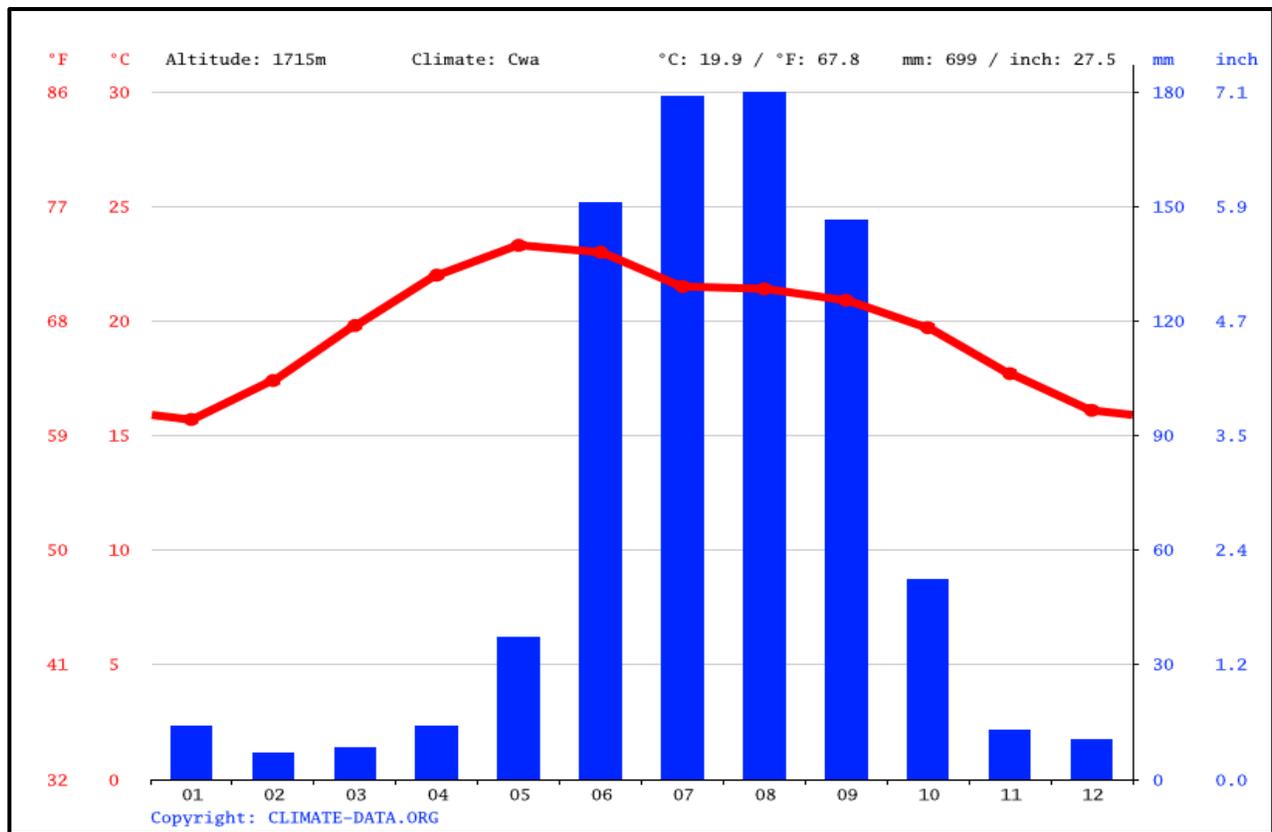


Figura 6 Climograma de Salamanca

El mes más seco es febrero, con 6 mm de lluvia. En agosto, la precipitación alcanza su pico, con un promedio de 155 mm.

Mayo es el mes más cálido del año. La temperatura en mayo promedios 23.3 °C. A 15.7 °C en promedio, enero es el mes más frío del año.

**Temperatura.**

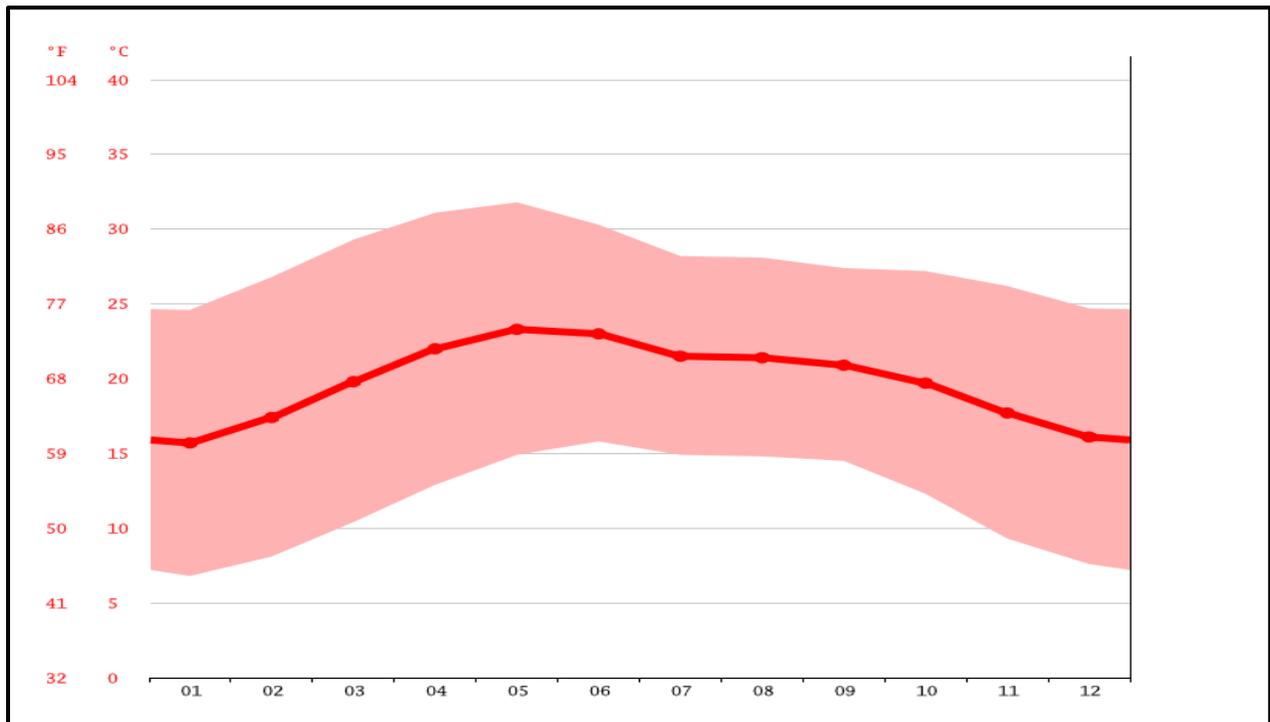


Figura 7. Grafica de mes vs temperatura.

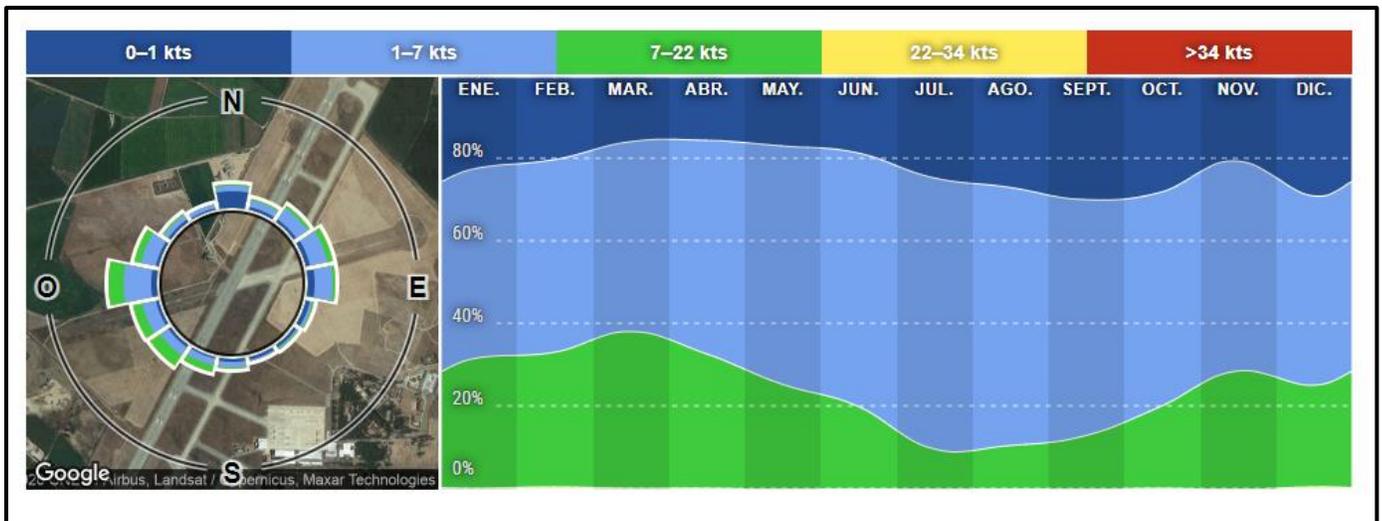
**Cuadro 26. Temperaturas/Datos históricos.**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	15.7	17.4	19.8	22	23.3	23	21.5	21.4	20.9	19.7	17.7	16.1
Temperatura min. (°C)	6.8	8.1	10.4	12.9	14.9	15.8	14.9	14.8	14.5	12.3	9.3	7.6
Temperatura máx. (°C)	24.6	26.8	29.3	31.1	31.8	30.3	28.2	28.1	27.4	27.2	26.2	24.7

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°F)	60.3	63.3	67.6	71.6	73.9	73.4	70.7	70.5	69.6	67.5	63.9	61.0
Temperatura min. (°F)	44.2	46.6	50.7	55.2	58.8	60.4	58.8	58.6	58.1	54.1	48.7	45.7
Temperatura máx. (°F)	76.3	80.2	84.7	88.0	89.2	86.5	82.8	82.6	81.3	81.0	79.2	76.5
Precipitación (mm)	12	6	7	12	32	130	154	155	126	45	11	9

Hay una diferencia de 149 mm de precipitación entre los meses más secos y los más húmedos. La variación en la en la temperatura anual está alrededor de 7.6 °C.

**Velocidad y dirección de viento.**



**Figura 8. Gráfico y diagrama de velocidad de viento.**

Fuente: <https://es.windfinder.com/windstatistics/salamanca-matacan>

**Geología de Salamanca.**

El área se ubica entre las provincias fisiográficas Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) y Mesa Central (MC). Se lograron distinguir dieciséis unidades cartografiadas, la unidad más antigua a nivel regional está formada de rocas sedimentarias marinas correspondientes al complejo volcano-sedimentario de la Sierra de Guanajuato, de edad Jurásico Tardío-Cretácico Temprano (Titoniano-Hauteriviano), dicha unidad no aflora dentro del área cartografiada. La unidad más antigua aflorante es un conglomerado continental, polimíctico, que correlacionamos con el conglomerado Rojo de Guanajuato. Sobre esa unidad aparece una andesita y encima de ella, hay domos y lavas riolíticos que correlacionamos con las “riolitas topacíferas” del volcanismo oligocénico de la Mesa Central, aunque no se ha detectado la presencia de topacios en estas rocas dentro del área cartografiada. Se identificaron también tres unidades ignimbríticas de edad Oligoceno tardío-Mioceno temprano, las cuales

consideramos que son parte de la cubierta ignimbrítica de la Mesa Central y contienen intercalada una unidad de andesita. Cubriendo a las ignimbritas logramos identificar dos unidades de andesita-basalto, una constituye los depósitos asociados a la caldera La Ordeña, y la otra forma mesetas de lava distribuidas en buena parte del área de estudio. Adicionalmente se identificaron aparatos volcánicos monogenéticos y derrames de lava que fueron agrupados como volcanismo perteneciente a la Faja Volcánica Transmexicana. Las fallas más antiguas que se cartografiaron tienen dirección NO-SE y se localizan en la parte noreste del área de estudio, esas fallas solo cortan a los derrames y domos riolíticos de edad oligocénica. Otro conjunto de fallas tiene direcciones que van de NE a ENE y corta a las unidades ignimbríticas. La estructura más importante del área es la falla El Bajío, tiene un rumbo preferencial NO-SE, presenta un desplazamiento de 500 m, se documenta que los últimos movimientos afectaron a rocas del Mioceno tardío, y formó la fosa tectónica denominada El Bajío. Dicha fosa es el límite entre la Faja Volcánica Transmexicana y la Mesa Central. En la parte sur del área de estudio se observaron algunas fallas normales de rumbo N-S que cortan a las rocas de la Faja Volcánica Transmexicana, de edad Plioceno-Cuaternario. (Nieto-Samaniego, Ojeda-García y Alaniz-Álvarez, 2012).

#### **Tipo de suelo.**

Tipo de suelos. El municipio de Salamanca tiene suelos predominantes clasificados edafológicamente como: vertisol pélico, feozem háplico y Cambisol eutricto. Vertisol pélico: Son suelos cuyo contenido en arcilla es superior al 30 %, al menos en los primeros 50 centímetros, se trata de arcillas expandibles, que sufren grandes cambios de volumen con las variaciones de humedad, lo que propicia que aparezcan en el suelo grietas verticales durante la estación seca, que pueden llegar hasta 50 centímetros de profundidad y tener al menos un centímetro de espesor.

Feozem háplico: Presenta una superficie de color oscuro, debido al alto contenido de materia orgánica.

Cambisoles: combinan suelos con formación de por lo menos un horizonte subsuperficial.

La transformación parental es evidente por la formación de estructura y decoloración principalmente parduzca. La permeabilidad de este tipo de suelo es baja, es decir, permiten la recarga del acuífero, sin embargo, este flujo es lento por las arcillas, el acuífero Irapuato-Valle se encuentra abarcando los municipios de Abasolo, Irapuato, Salamanca, Pueblo Nuevo, Huanímaro, Valle de Santiago, Juventino Rosas, Villagrán y Jaral del Progreso su profundidad con respecto del nivel de suelo al espejo de agua va de los 50 a 100 metros, es tipo de acuífero cumple con la característica de ser semiconfinado y se encuentra actualmente sobre explotado. (fuente: [https://servicios-ssp.quanajuato.gob.mx/atlas/se/se\\_salamanca.pdf](https://servicios-ssp.quanajuato.gob.mx/atlas/se/se_salamanca.pdf))

#### **Flora y fauna que se encuentran en la región donde se ubicarán las Instalaciones.**

Predominan los pastizales que se distribuyen en todo el estado; al norte destacan los bosques de coníferas y encinos; al noroeste hay matorrales. La agricultura se desarrolla en 48% de la superficie estatal y constituye la región de El Bajío, de gran importancia económica para México por los niveles de producción que se alcanzan. CONABIO

En los bosques de coníferas y encinos: tlacuache, zorra, zorrillo, tejón, venado cola blanca, armadillo y gato montés; en las laderas: zorra gris, conejo y coyote; en los valles: gavián, halcón, búho, pájaro carpintero, pato, paloma y mapache. En los matorrales: víbora de cascabel, coralillo, víbora chirrionera y tuza. En los pastizales: ardilla, mapache, zorrillo, tlacuache y gato montés. En ambientes acuáticos: mojarra, carpa y bagre. Animales en peligro de extinción: lubina, lisa y charal. CONABIO

Durante el recorrido en campo fue posible observar que la zona donde se ubicará el ducto y que predominan los cultivos de sorgo, col, maíz, té de eneldo; así como organismos aislados de jacaranda, ficus, mezquite y robles.

#### **Susceptibilidad de la zona del proyecto a los fenómenos naturales.**

La susceptibilidad de la zona del proyecto a los fenómenos naturales es muy baja. El proyecto está ubicado en una zona de terreno llano y con pocos accidentes topográficos, es decir no existen montañas, laderas o elevaciones cercas del proyecto.

Por otra parte, de acuerdo a **datos de la CONAGUA en la zona el promedio anual de precipitaciones es de 669 mm** que se puede considerar baja e históricamente existen datos de cuatro inundaciones en el Municipio de Salamanca en los años de 1912, 1926, 1958 y la más reciente en 2003, es decir en 100 años solo hay registrados cuatro eventos de inundación cercanos a la zona del proyecto.

La inundación más reciente ocurrida en septiembre de 2003, al desbordarse el rio Lerma y afectar la ciudad de Salamanca y algunas comunidades alrededor de la ciudad, es importante mencionar que esta inundación no afecto la zona donde se desarrollará el proyecto.

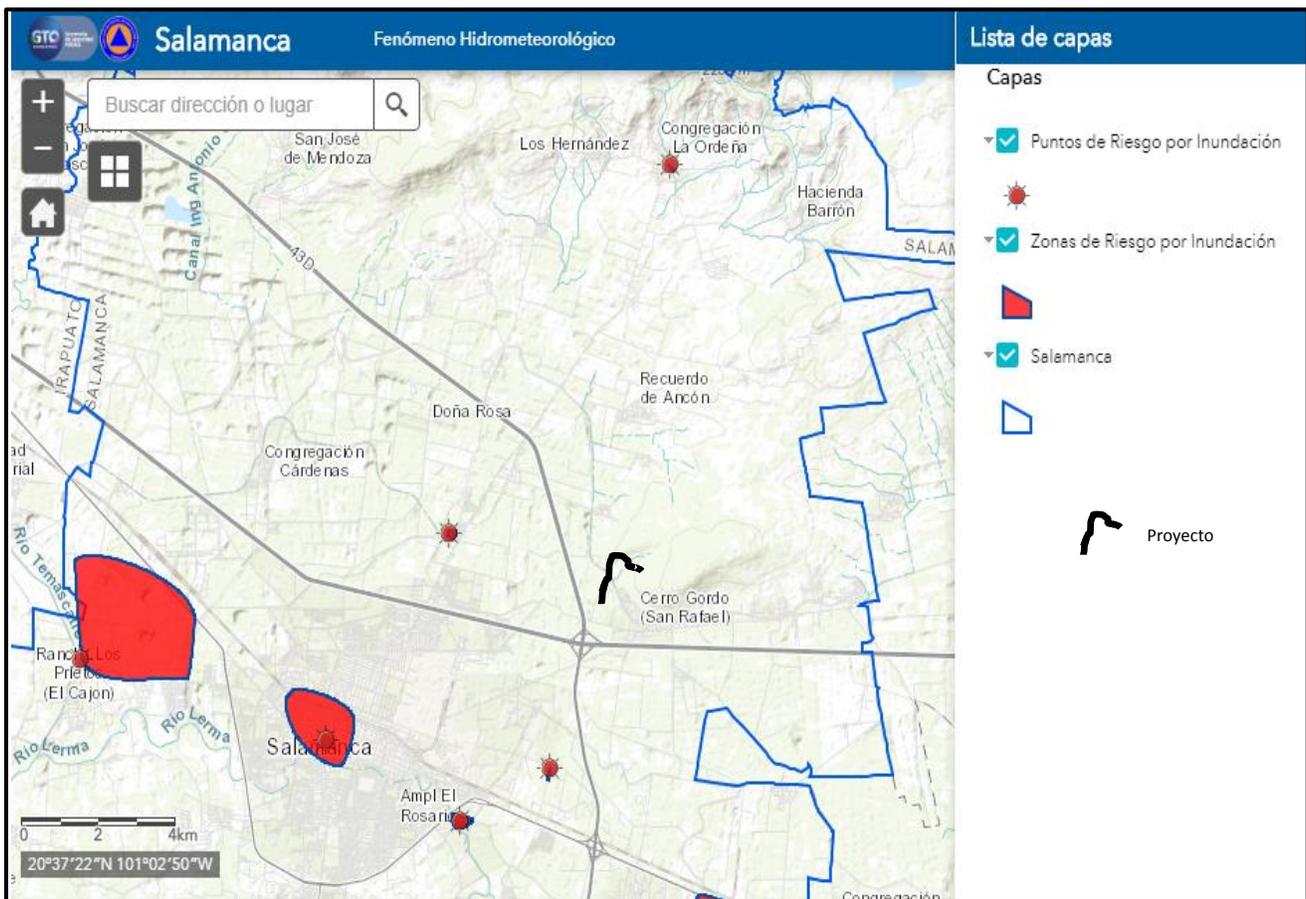
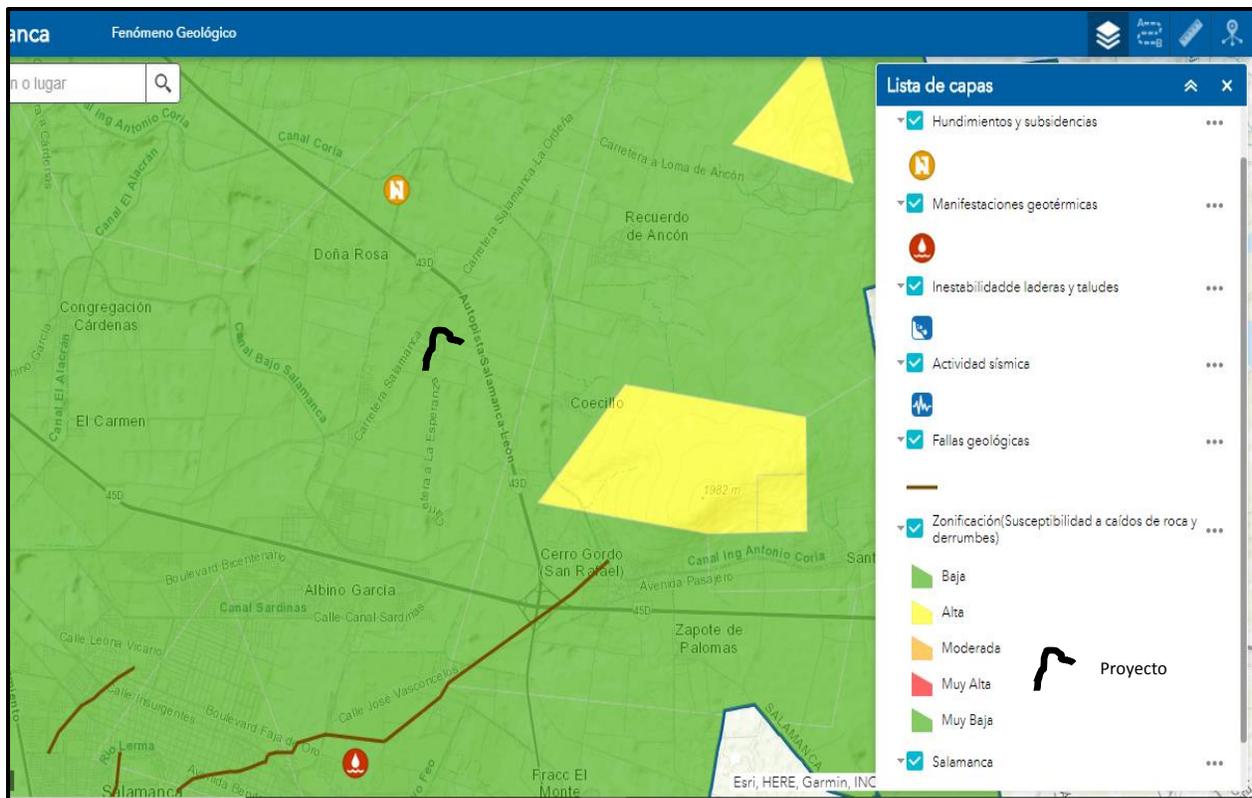


Figura 9. Zonas vulnerables a inundaciones.

En el mapa elaborado en 2019 por Seguridad Publica de Salamanca donde se muestra las zonas vulnerables a inundaciones y puntos de riesgo de hundimientos.

En cuanto a los vientos predominantes, se encontro que, con base en la información de la red de monitoreo atmosférico, históricamente se ha observado que **la región de Salamanca presenta vientos predominantes del Noreste con una mayor frecuencia de vientos de 2 a 4 m/s, seguido de vientos de 4 a 7 m/s** (SEMARNAT y Gobierno del Estado de Guanajuato). Y no hay registro historio de tornados o algún fenómeno atmosférico de este tipo que haya causado daños.

El siguiente mapa (elaborado por Seguridad Publica de Salamanca) se muestran las zonas de riesgo a Hundimiento y subsidencias, Manifestaciones geotérmica, actividad sísmica y fallas geológicas en la zona del proyecto. Asimismo, históricamente en el estado de Guanajuato se tienen registros sismos de intensidades que van desde 1 hasta los 4 grados Richter y específicamente en Salamanca únicamente se tiene registro de un sismo ocurrido en Julio de 2016 de intensidad de 3.7 grados Richter, sin afectaciones a la ciudad.



**Figura 10. Zonas de riesgo a Hundimiento y subsidencias, Manifestaciones geotérmica, actividad sísmica y fallas geológicas.**

Por todo lo anterior, se determinó que es baja la susceptibilidad que en la zona del proyecto se presenten daños por fenómenos naturales.

**Susceptibilidad de la zona a las actividades antropogénicas.**

La zona del proyecto es una zona rural dedica a la agricultura y el proyecto ayudará al procesamiento de los cultivos obtenidos por tanto el proyecto y esta actividad están relacionadas y se considera que habrá un beneficio y no afectación para que se desarrollen las dos actividades al mismo tiempo.

Sin embargo, el estado de Guanajuato se ha visto azotado por una ola de delincuencia desde el llamado “cobro de piso”, que podría retardar el proyecto, hasta la ordeña de ductos principalmente de hidrocarburos líquidos, aunque existen reportes de ordeña de gasoductos, por lo que habría que tomar en cuenta este riesgo y tomar e implementar las medidas necesarias para minimizarlo.

## 1.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

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

Premisas y consideraciones para seleccionar la(s) metodologías aplicadas

Los criterios bajo los cuales se desarrolló el Análisis HazOp, para el Proyecto nuevo “DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA”, se desglosan a continuación: Los diagramas de tubería e instrumentación (DTI's) empleados para el desarrollo de la metodología HazOp, fueron los proporcionados por Gas Natural Potosino. Para la estimación de valores de frecuencia y consecuencia se utilizó las tablas establecidas las Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgo de Proceso, Clave 800-16400-DCO-GT-75, Rev. 2, con fecha del 18/08/2015.

#### Metodología

Dependiendo de las etapas en la que se encuentre el proyecto, se emplean diferentes metodologías y de acuerdo a las necesidades del proyecto se seleccionan las más adecuadas, las cuales están mencionadas en la Cuadro 5.1 la cual fue tomada de las Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgo de Proceso, Clave 800-16400-DCO-GT-75, Rev. 2, con fecha del 18/08/2015.

**Cuadro 27. Metodologías de análisis de riesgo.**

ETAPA	LISTA DE VERIFICACIÓN	¿QUÉ PASA SI?	¿QUÉ PASA SI?/ LISTA DE VERIFICACIÓN	FMEA	HAZOP	AAE-ETA	AAF-FTA	AC
Investigación y Desarrollo		X	X					
Diseño Conceptual	X	X	X					
Operación de Planta Piloto	X	X	X	X	X	X	X	X
Ingeniería de Detalle	X	X	X	X	X	X	X	X
Construcción y Arranque	X	X	X					
Operación Rutinaria	X	X	X	X	X	X	X	X
Expansión o Modificación	X	X	X	X	X	X	X	X
Desmantelamiento	X	X	X					

#### ANÁLISIS DE RIESGO Y OPERABILIDAD HAZOP (HAZARDOUS OPERABILITY ANALYSIS)

La técnica de análisis de peligros y operabilidad “HazOp” se basa en el principio de que varios expertos con diferentes especialidades, pueden interactuar de una manera creativa y sistemática para identificar la mayor cantidad de fallos posibles. La técnica de análisis “HazOp” fue originalmente desarrollada por el Dr. Trevor Kletz en la década de 1970 en la compañía Imperial Chemical Industries, para evaluar la operación de sus instalaciones industriales, posteriormente esta técnica fue adaptada de manera colegiada por el American Institute of Chemical Engineers y difundida a partir de 1992 a través de las Guías editadas por el Center for Chemical Process Safety, y es recomendada para identificar los problemas de seguridad y de operabilidad que se pudiesen presentar en una instalación durante su operación normal, arranque y paro, Aiche 1999.

Para desarrollar un estudio de HazOp, se integra un grupo multidisciplinario de especialistas con experiencia y conocimiento en diseño, operación, mantenimiento y seguridad de instalaciones similares a la que se va a estudiar, encabezado por un líder con conocimiento profundo de la técnica. Se requiere que comprendan completamente el proceso y sus interrelaciones, a fin de poder cuestionar correctamente cada una de las secciones del proceso y sus componentes, identificando las desviaciones al propósito original que puedan ocurrir y así, determinar cuáles de esas desviaciones pudiesen dar lugar a riesgos para el personal y las instalaciones durante la operación de las mismas. El HazOp (Hazard Operability Study) es una técnica cualitativa que permite identificar postulados de accidentes que pudieran ocurrir en la instalación. Se requiere que el grupo de trabajo comprenda completamente el proceso y sus interrelaciones, a fin de poder cuestionar correctamente cada una de las secciones del proceso y sus componentes, identificando las desviaciones al propósito original que puedan ocurrir y así, determinar cuáles de esas desviaciones pudiesen dar lugar a riesgos para el personal y las instalaciones durante la operación de las mismas. La metodología consiste en dividir la instalación en subsistemas que tengan una identidad funcional propia y en seleccionar una serie de nodos en cada subsistema donde se analizan las posibles desviaciones de las principales variables que caracterizan el proceso (presión, temperatura, caudal, etc.). Las desviaciones son establecidas de forma sistemática recurriendo a una lista de palabras guía que califican el tipo de desviación.

**Cuadro 28. Palabras Guía Más Utilizadas en la Metodología HazOp**

Palabras Guía	
No/ninguna	Negación del intento de diseño
Más	Incremento cuantitativo
Menos	Decremento cuantitativo
Además de	Incremento cualitativo
Parte de	Decremento cualitativo
Inversa	Opuesto lógico del intento
Otro que	Sustitución completa

Como se mencionó anteriormente, cuando la palabra guía se combina con las variables de proceso, sugieren desviaciones o problemas potenciales.

Para cada desviación identificada se debe incluir la siguiente información:

- La lista de las posibles causas.
- La lista de las consecuencias
- La respuesta del sistema ante la desviación.
- La existencia de señalización (acústica/visual) que puede permitir la detección de la anomalía.
- Recomendaciones para evitar las causas o limitar las consecuencias.

Terminología utilizada en el estudio HazOp:

**Nodo:** Son puntos o secciones donde el proceso cumple con una función específica de diseño. Los nodos normalmente son secciones de tubería, recipientes u otro equipo (la amplitud del nodo depende de la experiencia del equipo de trabajo y de la experticia que se tenga del proceso). La selección de nodos usualmente los define el líder del estudio antes de las reuniones de trabajo.

**Parámetro:** Es un aspecto del proceso que lo describe físicamente, químicamente o en términos que digan qué está sucediendo.

**Intención:** La intención define cómo se espera que el sistema opere en el nodo. La intención provee un punto de referencia para desarrollar desviaciones.

**Palabra Clave:** Esta es una palabra o frase utilizada para calificar o cuantificar la intención y asociada a parámetros para descubrir desviaciones.

**Desviación:** Es la pérdida de la intención de diseño y es descubierta aplicando sistemáticamente las palabras guía a cada parámetro en cada nodo.

Ejemplos:

No + Flujo = No flujo

Mas + Temperatura = Mayor Temperatura

**Causas:** Son las razones o situaciones por las cuales las desviaciones pueden ocurrir. Dado que no todas las desviaciones posibles son relevantes, el equipo de trabajo debe identificar aquellas desviaciones que sean significativas. Ejemplos de causas son falla de equipos, error humano, causas externas. Usualmente hay más de una causa por desviación.

**Consecuencias:** Son los resultados que pueden presentarse en caso de que ocurran las desviaciones (por ejemplo: una liberación de material tóxico). Note que las consecuencias de una desviación frecuentemente difieren para cada causa de la desviación.

**Salvaguardas:** Son los mecanismos y controles con los que cuenta la instalación para evitar o minimizar las consecuencias de cada desviación.

**Recomendaciones:** Son las acciones sugeridas por el equipo de trabajo HazOp para prevenir o aminorar las consecuencias establecidas. Nótese que habrá recomendaciones siempre que las salvaguardas sean insuficientes o poco confiables, así como también cuando se requiera mayor información o ejecución de estudios.

Los objetivos básicos del HazOp son:

a) Identificación de Peligros, donde se identifica las características de los materiales de la planta, proceso, equipo, procedimiento, etc., que puedan representar accidentes potenciales.

b) Identificación de Problemas de Operabilidad, donde se identifica los problemas potenciales operativos, los cuales podrían ocasionar que se falle en alcanzar la productividad y metas de diseño.

#### 1.4.1.1. ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS

En los últimos 20 años se ha realizado un gran esfuerzo para mejorar la seguridad en las industrias de procesos a través de esfuerzos de las empresas, proyectos de investigación y legislación. Esto ha resultado en métodos enormemente mejorados para la evaluación de las consecuencias de incidentes, de los riesgos involucrados y para la selección de los sistemas más apropiados de prevención y protección.

Básico para el uso de estas técnicas es la necesidad de una exhaustiva y sistemática identificación de peligros. Sin un robusto sistema de identificación de peligros es posible que un peligro sea pasado por alto, de esta manera la evaluación de riesgos y la selección de sistemas preventivos y de protección puede ser incompleta o fallida. La identificación de peligros debe ser vista como un conjunto de herramientas que se usan en el momento apropiado durante el desarrollo particular de un proyecto.

El momento de uso no siempre es crítico y puede haber varios puntos en un proyecto donde se puede usar ventajosamente un método. También debe ser reconocido que un "proyecto" puede ser una tarea de mantenimiento, una modificación o un gran proyecto de construcción. Los métodos de identificación pueden ser considerados para cualquiera de ellos, con la única diferencia de la profundidad, el esfuerzo invertido y los registros. El método siempre debe ser seleccionado con adecuada consideración a la necesidad y el resultado final del estudio.

A partir del estudio y análisis de numerosa bibliografía (guías, libros y revistas especializadas) relacionada con las técnicas y estudios PHA (Process Hazard Analysis o análisis de los peligros de los procesos) y que ha permitido conocer el estado del arte de las mismas, se ha extraído y sintetizado la suficiente información para obtener los siguientes resultados:

- a) Un resumen, destinado a aquellas personas que están familiarizadas con la temática del proyecto y tienen conocimientos de ingeniería, en la que se desarrollan las bases teóricas de un método para seleccionar técnicas PHA y un sistema de gestión que permite describir la metodología a seguir para poder realizar estudios PHA con cada una de las técnicas PHA sobre las que versa el proyecto.
- b) Una guía gráfica y visual, que puede ser utilizada por usuarios con niveles de conocimiento muy dispares, en la que se desarrolla un sistema para gestionar, de manera sencilla, la realización de estudios PHA.
- c) Por último, se ha podido constatar la importancia de realizar estudios PHA a lo largo de todo el ciclo de vida de una instalación industrial y la creciente utilización de programas informáticos que facilitan la realización de los mismos.

### **Estudio HAZID**

Los estudios HAZID son una herramienta para identificar riesgos y peligros, que se aplica al inicio de los proyectos en cuanto están listos los diagramas del flujo de procesos, los borradores de los balances de masa y temperatura y los gráficos de disposición óptima de componentes. También es necesario conocer las infraestructuras existentes, el clima y datos geotécnicos, puesto que pueden ser el origen de peligros externos.

El método es una herramienta que facilita el diseño, que ayuda a organizar los entregables sobre Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de un determinado proyecto. En la técnica de “lluvia de ideas” normalmente participa personal del diseñador y del cliente de los ámbitos de ingeniería, gestión de proyectos, operaciones y mantenimiento.

Los hallazgos más destacables y los peligros que se hayan identificado permitirán poder cumplir con los requisitos en materia de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente, formando parte del Registro de Riesgos del proyecto que exigen las leyes de numerosos países. ¿Cuáles son sus ventajas principales? La correcta realización de un estudio HAZID permitirá identificar en las primeras fases del diseño de las instalaciones los peligros existentes y las precauciones a tomar. El trabajo del equipo garantizará:

- Que se conozcan cuanto antes los peligros en materia de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente, antes de incurrir en gastos importantes.
- Que se registren los peligros identificados y se tomen las medidas para evitarlos, reducirlos o señalarlos durante la fase de diseño.
- Que las medidas tomadas puedan ser auditadas por la dirección de la empresa y las Inspecciones de la Administración.
- Que se eviten retrasos en el diseño o la construcción, así como desvíos Presupuestarios.

- Que se desconozcan menos peligros en el momento de entregar la planta y del inicio de su actividad

Derivado de lo anterior, a continuación, se muestra la Hoja de Trabajo del HAZID realizado en la etapa de diseño del Proyecto nuevo "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA".

Cuadro 29 Identificación preventiva de peligros hoja de trabajo Hazid.

Equipo de Trabajo: Dr. Alberto Médez Médez Biól. Maricela Arteaga Mejía y Biól. Irene Castillo Chaires.	Fecha: Septiembre 2020	Plano o dibujo: Ver anexo de DTI's.
Proyecto: "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA"	Ubicación: Municipio de Salamanca, Edo. Guanajuato.	Equipo/Instalación: Conexión de un ducto de 6" para abastecimiento de gas natural a la empresa HidroTecnología con el gasoducto de transporte de 16" de ENGIE.

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	PELIGROS IDENTIFICADOS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE CONTROL/SALVAGUARDAS	RECOMEDACIONES
1	Interconexión	Falla en soldadura del arreglo de interconexión	Probabilidad de Fuga Incendio, Explosión	Personal calificado de acuerdo a código	Contar con Procedimientos de Soldadura y Calificación de Soldadores
		Operación inadecuada durante la perforación en línea viva (hot tap)		Personal calificado y con experiencia para realizar estos trabajos	Contar con Procedimientos de Hot Tap y Calificación de Personal Técnico
		Afectación por Terceras Partes (vandalismo, sabotaje y toma clandestina)		Vigilancia sobre la Franja de Afectación	Implementación de los siguientes procedimientos del sistema de Gestión de Calidad: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ IG-PIRE-001 PLAN INTEGRAL DE RESPUESTA A EMERGENCIAS</li> <li>✓ PSI-IGA-07 EN CASO DE INCENDIO O EXPLOSIÓN</li> <li>✓ PSI-IGA-09 PLAN DE COMUNICACIÓN SOCIAL</li> </ul> Comunicación permanente entre los supervisores. Comunicación con autoridades y servicios de emergencia.
		Mala selección de los materiales del arreglo de interconexión	Selección de materiales de acuerdo a diseño	Elaborar e implementar procedimiento de calidad para la adquisición de materiales y equipo	
		Afectación por clima y causas externas (deslaves, sismos, huracanes, vientos, inundaciones)	Probabilidad de Fuga Incendio, Explosión Probable desabasto de gas hacia el usuario	Diseño apegado a códigos, normas y Practicas Recomendadas	Revisar que el diseño se haya realizado a través de firmas certificadas y que se consideraron los aspectos de clima y fuerzas externas
2	Filtrado	Taponamiento de filtros	Sobrepresión en el sistema	Instalación de By Pass	Elaborar procedimiento e Implementar Programa de mantenimiento a instalaciones
			Mala calidad del gas		Cumplir con la NOM-003-ASEA-2016. y

		Afectación por clima y causas externas (deslaves, sismos, huracanes, vientos, inundaciones)	Probabilidad de Fuga Incendio, Explosión Probable desabasto de gas hacia el usuario	Diseño apegado a códigos, normas y Practicas Recomendadas	NOM-001-SECRE-2010 Revisar que el diseño se haya realizado a través de firmas certificadas y que se consideraron los aspectos de clima y fuerzas externas Implementación de los siguientes procedimientos del sistema de Gestión de Calidad: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ IG-PIRE-001 PLAN INTEGRAL DE RESPUESTA A EMERGENCIAS</li> <li>➤ PSI-IGA-07 EN CASO DE INCENDIO O EXPLOSIÓN</li> <li>➤ PSI-IGA-09 PLAN DE COMUNICACIÓN SOCIAL</li> </ul> Comunicación permanente entre los supervisores. Comunicación con autoridades y servicios de emergencia.
3	Medición	Selección errónea de equipo de medición	Falla en la medición	Selección de materiales de acuerdo a diseño	Elaborar e implementar procedimiento de calidad para la adquisición de materiales y equipo
		Afectación por clima y causas externas (deslaves, sismos, huracanes, vientos, inundaciones)	Probabilidad de Fuga Incendio, Explosión Probable desabasto de gas hacia el usuario	Diseño apegado a códigos, normas y Practicas Recomendadas	Revisar que el diseño se haya realizado a través de firmas certificadas y que se consideraron los aspectos de clima y fuerzas externas
4	Regulación EMR interconexión	Selección errónea de equipo	Falla en la regulación/Mal funcionamiento del equipo	Selección de materiales de acuerdo a diseño	Elaborar procedimiento de calidad para la adquisición de materiales y equipo
		Afectación por clima y causas externas (deslaves, sismos, huracanes, vientos, inundaciones)	Probabilidad de Fuga Incendio, Explosión Probable desabasto de gas hacia el usuario	Diseño apegado a códigos, normas y Practicas Recomendadas	Revisar que el diseño se haya realizado a través de firmas certificadas y que se consideraron los aspectos de clima y fuerzas externas
5	Transporte	Afectación por Terceras personas	Fuga Incendio, Explosión	Vigilancia extrema de la Franja de Afectación	Elaborar procedimiento e Implementar Programa de vigilancia de la Franja de Afectación
		Afectación por clima y causas externas (deslaves, sismos, huracanes, vientos, inundaciones)	Probabilidad de Fuga Incendio, Explosión Probable desabasto de gas firmas certificadas y que se hacia el usuario	Diseño apegado a códigos, normas y Practicas Recomendadas	Revisar que el diseño se haya realizado a través de firmas certificadas y que se consideraron los aspectos de clima y fuerzas externas

6	EMR de Usuario Hidro Tecnología I	Selección errónea de equipo	Falla en la soldadura	Diseño apegado a códigos, normas y Practicas Recomendadas	Elaborar e implementar procedimiento de calidad para la adquisición de materiales y equipo
		Afectación por clima y causas externas (deslaves, sismos, huracanes, vientos, inundaciones)	Probable Fuga, incendio y explosión.	Diseño apegado a códigos, normas y Practicas Recomendadas	Revisar que el diseño se haya realizado a través de firmas certificadas y que se consideraron los aspectos de clima y fuerzas externas
7	EMR de Usuario Hidro Tecnología	Selección errónea de equipo	Falla en la soldadura	Diseño apegado a códigos, normas y Practicas Recomendadas	Elaborar e implementar procedimiento de calidad para la adquisición de materiales y equipo
		Afectación por clima y causas externas (deslaves, sismos, huracanes, vientos, inundaciones)	Probable Fuga, incendio y explosión.	Diseño apegado a códigos, normas y Practicas Recomendadas	Revisar que el diseño se haya realizado a través de firmas certificadas y que se consideraron los aspectos de clima y fuerzas externas

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

En el siguiente cuadro se muestra un listado de Antecedentes de accidentes e incidentes en el transporte de Gas por ducto.

**Cuadro 30. Antecedentes de Accidentes e Incidentes**

NO.	AÑO	CIUDAD Y/O PAÍS	INSTALACIÓN	SUSTANCIA (S)	EVENTO O CAUSA DEL ACCIDENTE E INCIDENTE	NIVEL DE AFECTACIÓN (PERSONAL, POBLACIÓN, MEDIO AMBIENTE, ENTRE OTROS)	ACCIONES REALIZADAS PARA SU ATENCIÓN
1	10/01/2013	Querétaro	gasoducto	Gas natural	Por golpe de retroexcavadora se provoca una fuga de gas	Afectación al medio ambiente; Evacuación de personas	Se suspende operación del ducto
2	17/01/2013	Distrito Federal	gasoducto	Gas natural	Por excavación se provoca fuga	Afectación al medio ambiente; Evacuación de personas	Se suspende operación del ducto
3	22/01/2014	Estado de México	ducto	Gas LP	Corrosión	Afectación al medio ambiente; evacuación de personal del sistema de agua del municipio de Tecamac	Se suspende operación del ducto
4	30/01/2014	Chihuahua	gasoducto	Gas natural	Toma Clandestina	Afectación al medio ambiente	Se suspende operación del ducto
5	09/02/2014	Tamaulipas	gasoducto	Gas natural	Sobrepresión del ducto	Afectación al medio ambiente	Se suspende operación del ducto
6	18/02/2014	Distrito Federal	gasoducto	Gas natural	Vandalismo	Afectación al medio ambiente	Se suspende operación del ducto
7	21/02/2014	Puebla	gasoducto	Gas natural	Por golpe de retroexcavadora se provoca una fuga de gas	se evacuaron cerca de 200 personas	Se suspende operación del ducto
8	8/04/2015	Monterrey, N.L.	Ducto	Gas natural	Fuga	Afectación al medio ambiente	Se suspende operación del ducto
9	4/12/2015	CDMX.	Ducto	Gas natural	Explosión	Un muerto y varios heridos Daños a tres viviendas	Se suspende operación del ducto
10	10/6/2016	CDMX.	Ducto	Gas natural	Fuga	Bombero intoxicado	Se suspende operación del ducto

Dado el aumento en el uso y la red de ductos de gas natural tanto en la industria como habitacional, es de esperar un incremento en la probabilidad de ocurrencia de accidentes en la actualidad. Los accidentes provocados con gas natural le dan la vuelta al mundo ya que afectan instalaciones y personas, pueden ocurrir en cualquier momento. El 4 de junio de 2014, el escape de gas de la tubería que pasa por debajo de la Universidad Nyack College en Nueva York (Estados Unidos) arrojó siete heridos y destrozos en las instalaciones de la institución educativa. Días antes, el 25 de mayo, en Guraj (Pakistán) murieron 17 niños y una profesora como consecuencia del escape de la bombona de gas que movía la furgoneta en la que se movían y que provocó una explosión. Ese mismo mes, en Celaya (México), dos mujeres resultaron gravemente heridas luego de que estallara una tubería de gas que fue golpeada accidentalmente por las herramientas que manipulaban unos trabajadores de la construcción. En abril, un edificio quedó parcialmente destruido y dos personas resultaron muertas y nueve heridas tras producirse una explosión por

fuga de gas en Reims (Francia). Este energético de origen fósil que se encuentra en el subsuelo continental y marítimo también reportó muerte y destrucción en el pasado. Su composición incluye varios compuestos de hidrocarburos gaseosos, sobresaliendo el metano, elemento altamente inflamable, en una proporción superior al 93%. Los otros compuestos presentes son: etano, dióxido de carbono, propano y nitrógeno. Las pérdidas o escapes de gas ofrecen riesgos diferentes dependiendo si ocurren en un recinto cerrado o abierto. En el primero puede producir asfixia entre las personas y explosiones. En el segundo se pueden presentar deflagraciones, también denominadas incendios localizados.

Los accidentes producidos por el gas natural son los segundos con mayor nivel de ocurrencia en el mundo, así lo reporta la base Mhidas del Health and Safety Executive del Reino Unido que, desde 1980, reporta incidentes en más de 95 países. De acuerdo con el informe mundial, de los 2.884 incidentes reportados, el gas natural fue la segunda sustancia responsable, con el 11,29% y un total de 321 situaciones, casi una por día durante un año. Solo fueron superados por los producidos por el petróleo, con el 15,40% y 438 incidentes, el 45% de los registros se produjeron en dos países: Estados Unidos, con el 33,80%, y Gran Bretaña, con el 10,87%. Entre los primeros diez del mundo se ubican dos países del grupo de los Brics. Rusia, en el tercer lugar, con el 4,33%, y China, en el quinto, con el 3,08%. En Latinoamérica el primero es México, en la séptima casilla.

Por tipo de incidente, el estudio muestra que son cuatro los básicos: explosión, fuga, fuego y nube de gas. El primero es el más frecuente para el gas natural y otras sustancias, con el 88,51% de los casos. El análisis también reseña la existencia de incidentes específicos que involucran a esta sustancia, como la explosión al aire libre de una nube formada por una mezcla de gas o de vapor inflamable con el aire; explosión de una dispersión de líquido en gas, y rotura súbita de un depósito o sistema que contiene gas licuado debido al contacto con el fuego. en el cruce con una vialidad en agosto, 2014.



Figura 11. Explota tubería de gas natural en San Pedro Nuevo León

Explosiones históricas En la ciudad de Ufa, ubicada en los Montes Urales de Rusia, se produjo uno de los accidentes con gas natural de mayor impacto de los últimos cincuenta años. El 4 de junio de 1989, una fuga del gasoducto de la zona produjo una nube que causó una explosión en esta región ubicada a 150 kilómetros de Moscú. El impacto destruyó dos trenes de pasajeros que pasaban por la zona y según el reporte de las autoridades, de los 1,200 pasajeros que viajaban, la mitad pereció. Cuatro años más tarde, el 22 de abril de 1992 otro accidente causó daños irreparables en Guadalajara (México). Entre las 10 de la mañana y 1 de la tarde de ese día, se produjeron 18 explosiones de gas (vapores de gasolina) en la capital jalisciense. El saldo dejó pérdidas humanas con más de 200 muertos y 100 heridos, y materiales con destrucción en 1,402 casas, 450 negocios, 600 vehículos y 10 kilómetros de calles. Según el reporte de las autoridades locales, el cálculo oficial de los daños ascendió a 5 millones de euros.

Los riesgos de un evento adverso (accidente o incidente)

Una fuga de gas natural en un lugar cerrado puede causar asfixia a las personas ahí presentes debido a que este energético desplaza el oxígeno necesario para respirar. Si la concentración de oxígeno baja del 16% causa malestar, náuseas y dolor muscular, pero si desciende del 10 % puede provocar pérdida del conocimiento y la muerte por asfixia. Otra situación en espacio cerrado es la explosión ya que, al acumularse, el gas natural se mezcla con el aire, creando condiciones de inflamabilidad, llegando a la concentración ideal para que con una chispa incluso de fricción se genera una explosión.

En lugares abiertos, el gas natural puede ocasionar una deflagración o incendio localizado como consecuencia de su contacto con el aire y la conjunción de condiciones para que una llama o chispa la produzca. En años recientes, algunas causas fundamentales del incremento de accidentes en los poliductos de Pemex han sido: la inadecuada evaluación de estos y la falta de gestión para prever y prevenir esta problemática, adicionalmente no hay una base de datos histórica de accidentes en ductos de transporte de hidrocarburos disponible de manera oficial en el país, estas circunstancias repercuten negativamente en la funcionalidad de ductos en México.

Una de las demandas del desarrollo económico de toda nación es la prestación de servicios de transporte y distribución de hidrocarburos que se realice de manera oportuna, confiable, con un riesgo controlado, sin afectación a terceros y al medio ambiente. El presente escrito desarrolla el estudio del riesgo de distribución de gas natural, con una propuesta metodológica basada en árboles de falla y datos de accidentes ocurridos en ductos. Para ello son identificados los factores de riesgos como lo establece Kent Muhlbauer y la probabilidad de ocurrencia.

#### Accidentabilidad de ductos en el mundo

Es difícil presentar una visión más o menos precisa de accidentes e incidentes registrados en ductos, ya que en ello intervienen muchas variables, como son: disparidad en los métodos de reporte, normatividad en tuberías, condiciones locales, personal operativo calificado, vigilancia, regulación efectiva del uso del suelo. De acuerdo con una investigación realizada por la Agencia de Seguridad de Inglaterra, los accidentes más trascendentes (accidentes mayores) identificados en ductos construidos a nivel mundial durante el periodo de 1970 a 1995, dejaron la siguiente

información: incidentes (500), lesionados (3 000), muertes (2 000) y países afectados (97). El 53% de los incidentes reportados se suscitaron en ductos de **gas natural**, 18% con gas licuado de petróleo, 17% con crudo y 7% con gasolina. También esta agencia determinó los tipos de fallas más comunes ocurridos en ese mismo periodo, con los porcentajes siguientes: daños por terceras partes con el 31%, seguido de causas no identificadas con el 22%, asimismo, la tercera causa más importante correspondió a operaciones incorrectas (error humano, falla de equipo, entre otros) con el 19% de los datos compilados.

#### Accidentabilidad de ductos en Estados Unidos

El uso de tuberías de transporte en los Estados Unidos de América, ha crecido gradual y constantemente. Inicia en el año de 1920 con el uso de tuberías de alta presión. Al final de la Segunda Guerra Mundial ya existían más de 131 000 kilómetros de tuberías interestatales en el país. Actualmente la industria del transporte de hidrocarburos ha crecido de tal manera que existen más de 482 700 km de tuberías interconectadas en redes de recolección y distribución, que suministran energéticos a más de 160 millones de consumidores. Esta información es obtenida por la Office of Pipelines Safety (OPS) de los Estados Unidos de América. Las estadísticas en cuanto a incidentes en ductos de transporte de hidrocarburos publicadas por la OPS del Departamento de Transporte en los Estados Unidos (DOT) para el periodo de 1986 a 2004, indican que se registraron 3 358 accidentes, 37 muertes, 255 lesionados y pérdidas económicas por más de 859 millones 704 mil 423 dólares. **Siendo la corrosión y los daños por terceras partes, las causas 1 y 2 respectivamente del mayor número de registros.**

#### Incidentes mayores en ductos de transporte de Petróleos Mexicanos Pemex.

El sistema de transporte por ductos en el país consta de más de 55 000 km de tuberías dependientes de las cuatro subsidiarias que conforman Pemex, los fluidos transportados son: crudo, gasolinas, Diesel, gas licuado, gas natural y productos petroquímicos, principalmente. Los diámetros de las tuberías varían desde 3" hasta 48" de diámetro, y comparten en gran medida los corredores de los derechos de vía (DDV's que según la normatividad vigente son actualmente los FDS "Frentes de desarrollo del Sistema"), donde se realizan las tareas y actividades de operación, mantenimiento e inspección principalmente. Por otro lado, Profepa monitoreó (durante el periodo comprendido entre los años de 1997 a 2001), los sistemas de transporte de hidrocarburos en tres diferentes medios, los cuales son: por ducto, marítimo y carretero, de donde se obtuvieron datos reveladores.

Pemex-Refinación opera y administra los poliductos en el territorio nacional; además de procesar el petróleo crudo, elabora productos refinados y distribuye: gas licuado, gasolinas, turbosina, diesel, combustóleo y otros, mediante una red de ductos, entre los que se encuentran los poliductos. Cabe destacar que las principales causas que originaron emergencias y produjeron consecuencias importantes en el país durante el periodo 1994 a 2003 fueron: derrames de producto, contaminación y afectaciones a terceros (población civil). Los casos más significativos, con mayor número de registros de accidentes, son debidos a: tomas clandestinas (304 casos), corrosión (125 casos) y golpe mecánico (6 casos), entre los más importantes. Como causa principal de emergencias en Pemex, se destaca el robo de gasolina que durante 30 minutos puede llegar a los 30 mil litros en una toma clandestina (según estiman

los especialistas en el tema) y se identifica al registrarse una baja sensible en la presión de los instrumentos de medición que dura por varios minutos. En ese momento se inicia la búsqueda del incidente.

De enero a octubre de 2019, Hidalgo, Estado de México y Michoacán registraron un alza en tomas clandestinas para ordeña e combustible, de acuerdo con cifras de Pemex se atendieron 11,416 tomas en ductos que transportan diésel y gasolina a nivel nacional.

Consecuentemente, detectar los robos de combustibles al analizar los reportes finales de distribución, no es posible, explican los operadores, porque son tan pequeños que pueden confundirse con los estimados de pérdidas aceptables en el bombeo.

**Cuadro 31. Emergencias ambientales ocurridas en México por estado.**

ESTADO	DERRAME	EXPLOSION	FUGA	INCENDIO	TOTAL
GUANAJUATO	1645	38	58	65	1806
PUEBLA	835	30	45	41	951
VERACRUZ	487	30	46	50	613
TABASCO	337	17	29	16	399
MEXICO	284	111	68	64	527
TAMAULIPAS	284	21	40	36	381
HIDALGO	253	16	17	32	318
JALISCO	167	34	36	51	288
OAXACA	137	29	28	7	201
SONORA	118	28	68	17	231
SINALOA	113	6	30	18	167
BAJA CALIFORNIA	112	15	28	33	188
NUEVO LEON	107	16	27	42	192
QUERETARO	107	15	45	33	200
MICHOACAN	104	28	10	17	159
COLIMA	99	22	37	21	179
TLAXCALA	89	15	7	10	121
ZACATECAS	52	3	3	4	62
SAN LUIS POTOSI	45	8	8	8	69
MORELOS	42	11	9	12	74
CHIAPAS	36	56	134	56	282
CHIHUAHUA	28	20	27	19	94
DURANGO	26	7	6	11	50
YUCATAN	25	4	6	6	41
CAMPECHE	20	1	6	6	33
COAHUILA	20	6	4	4	34
GUERRERO	18	6	5	7	36
NAYARIT	18	3	5	3	29
AGUASCALIENTES	16	2	3	6	27
CIUDAD DE MEXICO	16	2	2	5	25
BAJA CALIFORNIA SUR	13	1	1	2	17
QUINTANA ROO	12	1	0	1	14

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

Premisas y consideraciones para seleccionar la(s) metodologías aplicadas. Los criterios bajo los cuales se desarrolló el Análisis HazOp, para el Proyecto nuevo “DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA” ubicado en el estado de Guanajuato, se desglosan a continuación: Los diagramas de tubería e instrumentación (DTI's) empleados para el desarrollo de la metodología HazOp, fueron los proporcionados por Gas Natural Potosino. Para la estimación de valores de frecuencia y consecuencia se utilizó las tablas establecidas las Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgo de Proceso, Clave 800-16400-DCO-GT-75, Rev. 2, con fecha del 18/08/2015.

#### Metodología

Dependiendo de las etapas en la que se encuentre el proyecto, se emplean diferentes metodologías y de acuerdo a las necesidades del proyecto se seleccionan las más adecuadas, las cuales están mencionadas en la Cuadro 1.32 la cual fue tomada de las Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgo de Proceso, Clave 800-16400-DCO-GT-75, Rev. 2, con fecha del 18/08/2015.

**Cuadro 32. Metodologías de análisis de riesgo.**

ETAPA	LISTA DE VERIFICACIÓN	¿QUÉ PASA SI?	¿QUÉ PASA SI?/ LISTA DE VERIFICACIÓN	FMEA	HAZOP	AAE-ETA	AAF-FTA	AC
Investigación y Desarrollo		X	X					
Diseño Conceptual	X	X	X					
Operación de Planta Piloto	X	X	X	X	X	X	X	X
Ingeniería de Detalle	X	X	X	X	X	X	X	X
Construcción y Arranque	X	X	X					
Operación Rutinaria	X	X	X	X	X	X	X	X
Expansión o Modificación	X	X	X	X	X	X	X	X
Desmantelamiento	X	X	X					

#### ANÁLISIS DE RIESGO Y OPERABILIDAD HAZOP (HAZARDOUS OPERABILITY ANALYSIS)

La técnica de análisis de peligros y operabilidad “HazOp” se basa en el principio de que varios expertos con diferentes especialidades, pueden interactuar de una manera creativa y sistemática para identificar la mayor cantidad de fallos posibles. La técnica de análisis “HazOp” fue originalmente desarrollada por el Dr. Trevor Kletz en la década de 1970 en la compañía Imperial Chemical Industries, para evaluar la operación de sus instalaciones industriales, posteriormente esta técnica fue adaptada de manera colegiada por el American Institute of Chemical Engineers y difundida a partir de 1992 a través de las Guías editadas por el Center for Chemical Process Safety, y es recomendada para identificar los problemas de seguridad y de operabilidad que se pudiesen presentar en una instalación durante su operación normal, arranque y paro, Aiche 1999.

Para desarrollar un estudio de HazOp, se integra un grupo multidisciplinario de especialistas con experiencia y conocimiento en diseño, operación, mantenimiento y seguridad de instalaciones similares a la que se va a estudiar,

encabezado por un líder con conocimiento profundo de la técnica. Se requiere que comprendan completamente el proceso y sus interrelaciones, a fin de poder cuestionar correctamente cada una de las secciones del proceso y sus componentes, identificando las desviaciones al propósito original que puedan ocurrir y así, determinar cuáles de esas desviaciones pudiesen dar lugar a riesgos para el personal y las instalaciones durante la operación de las mismas. **El HazOp (Hazard Operability Study) es una técnica cualitativa que permite identificar postulados de accidentes que pudieran ocurrir en la instalación.** Se requiere que el grupo de trabajo comprenda completamente el proceso y sus interrelaciones, a fin de poder cuestionar correctamente cada una de las secciones del proceso y sus componentes, identificando las desviaciones al propósito original que puedan ocurrir y así, determinar cuáles de esas desviaciones pudiesen dar lugar a riesgos para el personal y las instalaciones durante la operación de las mismas. La metodología consiste en dividir la instalación en subsistemas que tengan una identidad funcional propia y en seleccionar una serie de nodos en cada subsistema donde se analizan las posibles desviaciones de las principales variables que caracterizan el proceso (presión, temperatura, caudal, etc.). Las desviaciones son establecidas de forma sistemática recurriendo a una lista de palabras guía que califican el tipo de desviación.

**Cuadro 33. Palabras Guía Más Utilizadas en la Metodología HazOp**

Palabras Guía	
No/ninguna	Negación del intento de diseño
Más	Incremento cuantitativo
Menos	Decremento cuantitativo
Además de	Incremento cualitativo
Parte de	Decremento cualitativo
Inversa	Opuesto lógico del intento
Otro que	Sustitución completa

Como se mencionó anteriormente, cuando la palabra guía se combina con las variables de proceso, sugieren desviaciones o problemas potenciales.

Para cada desviación identificada se debe incluir la siguiente información:

- La lista de las posibles causas.
- La lista de las consecuencias
- La respuesta del sistema ante la desviación.
- La existencia de señalización (acústica/visual) que puede permitir la detección de la anomalía.
- Recomendaciones para evitar las causas o limitar las consecuencias.

Terminología utilizada en el estudio HazOp:

**Nodo:** Son puntos o secciones donde el proceso cumple con una función específica de diseño. Los nodos normalmente son secciones de tubería, recipientes u otro equipo (la amplitud del nodo depende de la experiencia del equipo de trabajo y de la experticia que se tenga del proceso). La selección de nodos usualmente los define el líder del estudio antes de las reuniones de trabajo.

**Parámetro:** Es un aspecto del proceso que lo describe físicamente, químicamente o en términos que digan qué está sucediendo.

**Intención:** La intención define cómo se espera que el sistema opere en el nodo. La intención provee un punto de referencia para desarrollar desviaciones.

**Palabra Clave:** Esta es una palabra o frase utilizada para calificar o cuantificar la intención y asociada a parámetros para descubrir desviaciones.

**Desviación:** Es la pérdida de la intención de diseño y es descubierta aplicando sistemáticamente las palabras guía a cada parámetro en cada nodo.

Ejemplos:

No + Flujo = No flujo

Mas + Temperatura = Mayor Temperatura

**Causas:** Son las razones o situaciones por las cuales las desviaciones pueden ocurrir. Dado que no todas las desviaciones posibles son relevantes, el equipo de trabajo debe identificar aquellas desviaciones que sean significativas. Ejemplos de causas son falla de equipos, error humano, causas externas. Usualmente hay más de una causa por desviación.

**Consecuencias:** Son los resultados que pueden presentarse en caso de que ocurran las desviaciones (por ejemplo: una liberación de material tóxico). Note que las consecuencias de una desviación frecuentemente difieren para cada causa de la desviación.

**Salvaguardas:** Son los mecanismos y controles con los que cuenta la instalación para evitar o minimizar las consecuencias de cada desviación.

**Recomendaciones:** Son las acciones sugeridas por el equipo de trabajo HazOp para prevenir o aminorar las consecuencias establecidas. Nótese que habrá recomendaciones siempre que las salvaguardas sean insuficientes o poco confiables, así como también cuando se requiera mayor información o ejecución de estudios.

Los objetivos básicos del HazOp son:

a) Identificación de Peligros, donde se identifica las características de los materiales de la planta, proceso, equipo, procedimiento, etc., que puedan representar accidentes potenciales.

b) Identificación de Problemas de Operabilidad, donde se identifica los problemas potenciales operativos, los cuales podrían ocasionar que se falle en alcanzar la productividad y metas de diseño.

#### **1.4.1.4 JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO**

Para la jerarquización de riesgos, se utilizaron los criterios establecidos en las Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgo de Proceso, Clave 800-16400-DCO-GT-75, Rev. 2, con fecha del 18/08/2015. La ponderación y/o jerarquización se realizó con el apoyo del grupo multidisciplinario de acuerdo a los siguientes pasos:

Se asignó para cada escenario una ponderación por tipo de consecuencia (daño al personal, daños a la población, a la instalación, impacto ambiental, pérdidas de producción) de acuerdo al Clasificación de Consecuencias para escenarios de Riesgo.

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

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

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

**Cuadro 34. Clasificación de Consecuencias para escenarios de Riesgo.**

CATEGORÍA	DAÑOS AL PERSONAL	EFFECTO EN LA POBLACIÓN	IMPACTO AMBIENTAL	PÉRDIDA O DIFERIMIENTO DE PRODUCCIÓN [MILLONES DE USD]	DAÑOS A LA INSTALACIÓN [MILLONES DE USD]
C6 (Catastrófico)	Lesiones o daños físicos que pueden generar más de 10 fatalidades	Lesiones o daños físicos que pueden generar más de 30 fatalidades	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones mayores a 1 semana.	>500'000,000	>500'000,000
C5 (Mayor)	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 2 a 10 fatalidades	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 6 a 30 fatalidades	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de un día hasta 1 semana.	>50'000,000 a 500'000,000	>50'000,000 a 500'000,000
C4 (Grave)	Lesiones o daños físicos con atención medica que puedan generar incapacidad permanente o una fatalidad	Lesiones o daños físicos mayores que generan de una a 5 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización.	Se presentan fugas y/o derrames con efecto fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones en hasta 24 horas.	>5'000,000 a 50'000,000	>5'000,000 a 50'000,000
C3 (Moderado)	Lesiones o daños físicos que requieren atención medica que puedan generar una incapacidad.	Ruido, olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía se requieren acciones de evaluación y existe la posibilidad de lesiones o daños físicos.	Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora.	>500,000 a 5'000,000	>500,000 a 5'000,000
C2 (Menor)	Lesiones o daños físicos que requieren primeros auxilios y/o atención médica.	Ruido, olores e impacto visual que se pueden detectar fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía con posibilidades de evacuación	Fugas, y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación, el control es inmediato.	>50,000 a 500,000	>50,000 a 500,000
C1 (Despreciable)	No se esperan lesiones o daños físicos	No se esperan impactos lesiones o daños físicos.	No se esperan fugas, derrames y/o emisiones por arriba de los límites establecidos	>50,000	>50,000

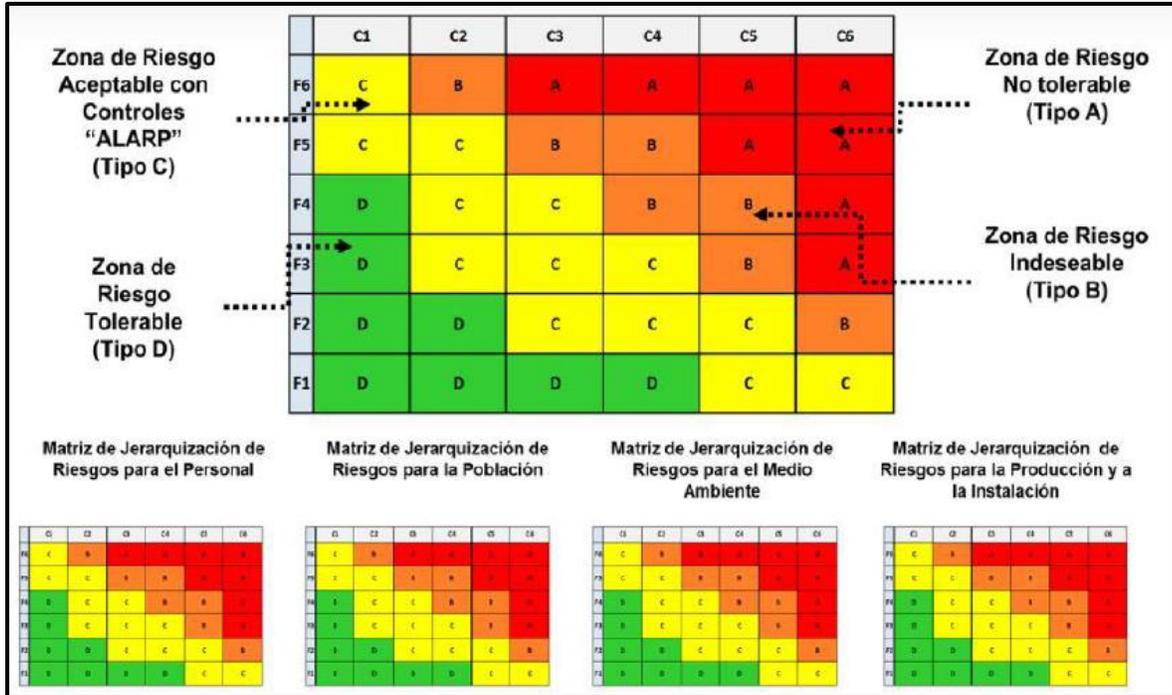
**Cuadro 35. Clasificación de frecuencias para Escenarios de Riesgo.**

CATEGORÍA DE FRECUENCIA	TIPO	DESCRIPCIÓN DE LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA
F6	Muy frecuente	Puede Ocurrir una o más veces por año.
F5	Frecuente	Puede Ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 1 años y hasta 5 años.
F4	Poco Frecuente	Puede Ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 5 años y hasta 10 años.
F3	Raro	Puede Ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 10 años.
F2	Muy raro	Puede ocurrir solamente una vez en la vida útil de la instalación.
F1	Extremadamente raro	Es posible que ocurra, pero a la fecha no existe ningún registro.

Referencia: Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgo de Proceso, Clave 800-16400-DCO-GT-75, Rev. 2, con fecha del 18/08/2015

Una vez realizada la ponderación de los escenarios, se determina el nivel de riesgo mediante la categoría de frecuencia por las categorías de consecuencia:

**Matriz de Jerarquización de Riesgos de Procesos.**



A continuación, se describe cada uno de los índices riesgo o Magnitud de Riesgo (MR), que permite jerarquizarlo y que se obtiene de la matriz de riesgo anterior.

**Cuadro 36. Jerarquización de índices de riesgo o Magnitud de riesgo**

ÍNDICE DE RIESGO	JERARQUIZACIÓN / ACEPTACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	Riesgo No Tolerable (Tipo A)	El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas temporales y permanentes. Un riesgo Tipo "A" representa una situación de riesgo no tolerable y deben establecerse Controles Temporales Inmediatos si se requiere continuar operando. Se debe realizar una administración de riesgos temporales y permanentes por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a Tipo "C".
B	Región Indeseable (Tipo B)	El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas permanentes. Un riesgo Tipo "B" representa una situación de riesgo Indeseable y deben establecerse Controles Permanentes Inmediatos. Se debe realizar una administración de riesgos permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos permanentes hasta reducirlo a Tipo "C" y en el mejor de los casos, hasta riesgo Tipo "D".

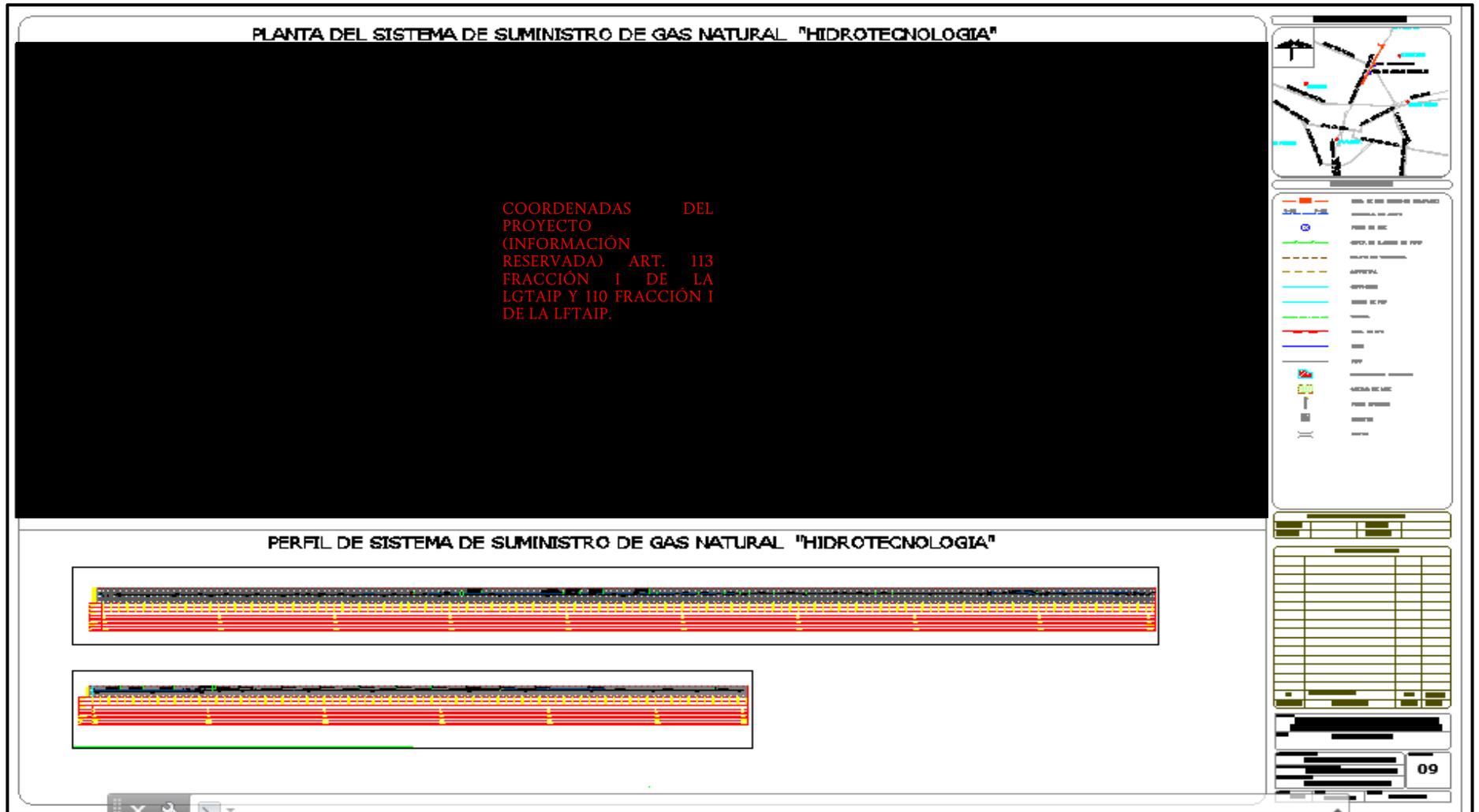
C	Riesgo Aceptable con Controles (Tipo C)	El Riesgo es significativo, pero se pueden gestionar con controles administrativos. Un Riesgo Tipo "C" representa una situación de riesgo Aceptable siempre y cuando se establezcan Controles Permanentes. Las acciones correctivas y preventivas permanentes que se definan para atender estos hallazgos deben darse en un plazo no mayor a 180 días.
D	Riesgo Tolerable (Tipo D)	El riesgo no requiere de acciones correctivas y preventivas adicionales, es de bajo impacto. Un riesgo tipo "D" representa una situación de riesgo tolerable. Se debe continuar con los programas de trabajo para mantener la integridad de las capas de protección.

El presente informe es elaborado por la empresa Ciencia y Tecnología Ambiental, S.C. "CITEC", con base a la información proporcionada del Proyecto nuevo "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA", así como de la información derivada de las sesiones para identificar los posibles riesgos del proceso llevadas a cabo por el grupo multidisciplinario de trabajo. El presente reporte se enfoca únicamente a los resultados obtenidos durante el desarrollo de la metodología de identificación de riesgos HazOp, con la participación del grupo multidisciplinario, así como la evaluación cualitativa de frecuencia y consecuencia, así mismo, se consideró para la definición de Nodos a analizar lo establecido en el Punto 5.2 de la NOM-009-ASEA-2017 (Administración de la integridad de ductos de recolección, transporte y distribución de hidrocarburos, petrolíferos y petroquímicos), respecto a la segmentación del sistema para su análisis.

**Criterios de Segmentación o de definición de Nodos de análisis.**

No.	Criterio	Nodo
1	Puntos de envío y de recibo	Registro de interconexión
2		EMR de Interconexión
3		EMR de usuario Hidro Tecnología I
4		EMR de usuario Hidro Tecnología
5	Por cambios de presión de operación del sistema	Ducto de 6"
6		Ducto de 4"

Figura 12 Esquema de identificación de Nodos.



Los 6 nodos identificados se describen en el siguiente cuadro, donde se mencionan sus características de diseño.

**Cuadro 37. Nodos del sistema.**

NODO	DESCRIPCIÓN	CONDICIONES DE DISEÑO/PARÁMETRO	ID EQUIPOS	INTENCIÓN DE DISEÑO
1	Registro de interconexión con gasoducto de 16" propiedad de ENGIE.	Presión máx. 1,200 psi Presión prom. 680 psi Presión mín. 458 psi T = 288.5 °K Eficiencia de flujo =0.9 Presión base = 1 atm	DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGIA	Controlar el suministro de gas natural a la caseta de Medición y Regulación de interconexión.
2	EMR de Interconexión	Presión de diseño: 740 psi Presión máx. de operación: 298 psi T = 288.5 °K Eficiencia de flujo =0.9 Presión base = 1 atm	DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGIA	Medición y Regulación del flujo de gas, además de eliminación de impurezas e inyección de odorizante.
3	Cuerpo del ducto de 6" de acero tipo API 5L- X5.	Presión de diseño: 740 psi Presión máx. de operación: 298 psi T = 288.5 °K Eficiencia de flujo =0.9 Presión base = 1 atm Longitud = 2,272.65 m	DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGIA	Conducción del gas de la EMR de interconexión ala EMR de usuario.
4	EMR de usuario HIDRO TECNOLOGIA I	Presión de diseño: 740 psi Presión máx. de operación: 30psi T = 288.5 °K Eficiencia de fluo =0.9 Presión base = 1 atm	DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGIA	Medición y Regulación del flujo de gas, además de eliminación de impurezas e inyección de odorizante.
5	Cuerpo del ducto de 4"	Presión de diseño: 740 psi Presión máx. de operación: 298 psi T = 288.5 °K Eficiencia de flujo =0.9 Presión base = 1 atm Longitud = 1,858.65 m	DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGIA	Conducción del gas de la EMR de interconexión ala EMR de usuario.
6	EMR de usuario HIDRO TECNOLOGIA	Presión de diseño: 740 psi Presión máx. de operación: 30psi T = 288.5 °K Eficiencia de flujo =0.9 Presión base = 1 atm Longitud = 1,858.65 m	DIS-001-GNP-BAJIO-HIDRO TECNOLOGIA	Medición y Regulación del flujo de gas, además de eliminación de impurezas e inyección de odorizante.

Ya que se definieron los nodos del sistema se continúa con el desarrollo de la metodología **HazOp** como se muestran en las tablas siguientes:

### A continuación, se presentan las hojas de trabajo de la metodología HAZOP

<b>INSTALACION:</b> Proyecto nuevo "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA".		
<b>COMPañIA:</b> Gas Natural Potosino, S. A. P.I. de C.V.		<b>FECHA:</b> Septiembre 2020
<b>ELABORO:</b> CITEC	<b>REVISO:</b>	<b>APROBO:</b> <b>REVISION:</b> 1

<b>NODO 1:</b> Interconexión con gasoducto de 16" BdG propiedad de ENGIE, mediante un ducto de 6" del proyecto "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA".
<b>INTENCION DE DISEÑO:</b> Distribución de gas natural para abastecer a la empresa Hidro Tecnología

Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	Daños al Personal			Impacto Ambiental			Daños a la Instalación			Pérdidas de Producción			Efectos a la Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
<b>NO/NINGUNA</b> Presión/flujo	Cierre de Válvula de corte de la Conexión cerrada por error humano	Ausencia de presión/flujo al sistema de transporte	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	3	C	2	2	D	Elaborar y cumplir programa operativo de Gas Natural Potosino y de vigilancia de la franja de afectación
<b>MÁS</b> Presión/flujo (>1,200 psi)	Aumento en la presión/flujo desde el gasoducto de ENGIE	Sobrepresión en la línea que puede ocasionar fuga, incendio y explosión en la interconexión.	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	2	D	2	3	C	2	3	C	2	1	D	Implementar y cumplir los Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO
<b>MENOS</b> presión/flujo (< 450 psi)	Formación de un orificio aguas arriba de la interconexión con el gasoducto de 16" DN	Disminución de suministro de gas natural.	Procedimientos Operativos ENGIE - GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	2	D	2	2	D	2	3	C	2	1	D	Implementar y cumplir los Procedimientos Operativos ENGIE - GAS NATURAL POTOSINO
	Formación de un orificio en el ducto de 6" de la interconexión del ducto del proyecto nuevo	Posible fuga, incendio y explosión si encuentra una flama de ignición.	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	2	D	2	2	D	2	3	C	2	1	D	Elaborar e implementar programas de inspección preventiva
	Afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina)	Posible fuga, incendio y explosión si encuentra una flama de ignición.	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	5	1	C	5	2	C	5	3	B	5	4	B	5	1	C	Implementar y cumplir el programa de vigilancia de franja de afectación

<b>ADEMÁS DE</b> Gas natural	Composición diferente del gas natural (presencia de impurezas)	Mayor contenido de H <sub>2</sub> S en el gas que puede generar corrosión y fuga en las uniones.	Se instalará protección mecánica y catódica a la tubería	1	1	D	1	1	D	1	1	D	1	1	D	1	1	D	Cumplir con el APÉNDICE NORMATIVO II de la NOM-003-ASEA-2016.
<b>PARTE DE</b>	Sin causa de interés																		
<b>INVERSA</b>	Sin causa de interés																		
<b>OTRO QUE</b>	Sin causa de interés																		

<b>INSTALACION:</b> Proyecto nuevo "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA".			
<b>COMPAÑIA:</b> Gas Natural Potosino, S. A. P.I. de C.V.		<b>FECHA:</b> Septiembre 2020	
<b>ELABORO:</b> CITEC	<b>REVISO:</b>	<b>APROBO:</b>	<b>REVISION:</b> 1

<b>Nodo 2.</b> EMR de Interconexión.
<b>INTENCION DE DISEÑO:</b> Reducción de la presión y eliminación de impurezas solidas presentes.

Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	Daños al Personal			Impacto Ambiental			Daños a la Instalación			Pérdidas de Producción			Efectos a la Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
<b>NO/NINGUNA</b>  Presión/flujo	Fuga de gas en el gasoducto 4" DN aguas arriba de la EMR de interconexión	Ausencia de presión/flujo a la Caseta EMR de interconexión	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D	Implementar y cumplir con procedimientos operativos de Gas Gatural Potosino
			Vigilancia de la franja de Desarrollo	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	1	D	Elaborar y cumplir con el programa de vigilancia de la Franja de Desarrollo.
<b>MÁS</b>  Presión/flujo (> 1200 psi)	Mayor aportación de gas natural a través del gasoducto de 4"	Riesgo de incendio y explosión por sobrepresión en ducto de 4".	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	2	2	D	2	3	C	2	3	D	2	3	D	2	2	D	Implementar y cumplir con procedimientos operativos de Gas Natural Potosino
			Sistema de regulación	2	2	D	2	3	C	2	3	D	2	2	D	2	2	D	Elaborar e implementar procedimiento operativo de control de Gas Natural Potosino
			Válvula de seguridad instalada a la salida de la estación	4	2	C	4	4	B	4	3	C	4	2	C	4	2	C	Elaborar e implementar procedimiento operativo de control de Gas Natural Potosino
			Válvula de seguridad instalada a la salida de la estación	4	2	C	4	4	B	4	4	B	4	2	C	4	2	C	Elaborar e implementar procedimiento operativo de control de Gas Natural Potosino
<b>MENOS</b> presión/flujo (<740 psi)	Menor aportación de gas por parte del suministro.	Falta de gas para abastecer el sistema.	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	3	C	2	1	D	Elaborar y cumplir procedimientos operativos Gas Natural Potosino.

	Corrosión en el patín de medición de la ERM	Posible riesgo de incendio y explosión	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO Programa de Inspecciones en la franja de desarrollo protección catódica	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D	Implementar y cumplir con los procedimientos operativos de Gas Natural Potosino y programas de inspección preventiva de protección catódica
	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo)	Posible riesgo de incendio y explosión	Vigilancia de la franja de afectación	2	2	D	2	3	C	2	3	C	2	3	C	2	2	D	Implementar y cumplir con el programa de vigilancia de la franja de Desarrollo
ADEMÁS DE	Gas natural	Composición diferente del gas natural (presencia de impurezas)	Mayor contenido de H <sub>2</sub> S en el gas que puede generar corrosión y fuga en las uniones.	1	1	D	1	1	D	1	1	D	1	1	D	1	1	D	Cumplir con el APÉNDICE NORMATIVO II de la NOM-003-ASEA-2016.
		Taponamiento de filtro	Filtro con by-pass	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	2	D	2	1	D	Cumplir con los programas de inspección y mantenimiento preventivo
			Mantenimiento y vigilancia preventiva.	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	2	D	2	1	D	Cumplir con los programas de vigilancia y mantenimiento preventivo
PARTE DE	Sin causa de interés																		
INVERSA	Sin causa de interés																		
OTRO QUE	Sin causa de interés																		

<b>INSTALACION:</b> Proyecto nuevo "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA".			
<b>COMPAÑIA:</b> Gas Natural Potosino, S. A. P.I. de C.V.		<b>FECHA:</b> septiembre 2020	
<b>ELABORO:</b> CITEC	<b>REVISO:</b>	<b>APROBO:</b>	<b>REVISION:</b> 1

<b>Nodo 3:</b> EMR de usuario HIDRO TECNOLOGIA I
INTENCION DE DISEÑO: Medición y Regulación de presión a los equipos de la empresa.

Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	Daños al Personal			Impacto Ambiental			Daños a la Instalación			Pérdidas de Producción			Efectos a la Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
NO/NINGUNA Presión/flujo	Fuga en el ducto de 4" antes de la EMR de usuario.	Ausencia de presión/flujo al sistema de transporte	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	3	C	2	2	D	Implementar y cumplir los Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO y de vigilancia de la franja de desarrollo.
MÁS Presión/flujo (>740 psi máx de diseño)	Aumento en la presión/flujo	Sobrepresión en la línea que puede ocasionar fuga, incendio y explosión.	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	2	D	2	3	C	2	3	C	2	1	D	Implementar y cumplir los Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO
MENOS presión/flujo (<100 psi)	Fuga por corrosión en el patín de medición	Disminución de suministro de gas natural.	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	2	D	2	2	D	2	3	C	2	1	D	Elaborar e implementar Procedimientos Operativos de control entre GAS NATURAL POTOSINO
		Riesgo de incendio y explosión	Programa de vigilancia y mantenimiento del equipamiento	2	2	D	2	3	C	2	2	D	2	3	C	2	2	D	Elaborar e implementar programas de vigilancia preventiva de mantenimiento del equipamiento
			Protección catódica	1	2	D	1	2	D	1	2	D	1	3	D	1	1	D	Implementar y cumplir con los programas de inspección preventiva de protección catódica
	Falla en el sistema de regulación	Defecto en accesorios, instrumentos o conexiones con riesgo de incendio y explosión.	Válvula de seguridad instalada a la salida de la estación	4	2	C	4	4	B	4	4	B	4	2	C	4	2	C	Elaborar e implementar procedimiento operativo de control de Gas Natural Potosino

	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto)	Posible riesgo de incendio y explosión	Vigilancia de la instalación	2	2	D	2	3	C	2	3	C	2	3	C	2	2	D	Implementar y cumplir con el programa de vigilancia .
ADEMÁS DE	Composición diferente del gas natural (presencia de impurezas)	Mayor contenido de H2S en el gas que puede generar corrosión y fuga en las uniones.	Se instalará protección mecánica y catódica	1	1	D	1	1	D	1	1	D	1	1	D	1	1	D	Cumplir con el APÉNDICE NORMATIVO II de la NOM-003-ASEA-2016.
PARTE DE	Si causa de interés																		
INVERSA	Sin causa de interés																		
OTRO QUE	Sin causa de interés																		

<b>INSTALACION:</b> Proyecto nuevo "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA".			
<b>COMPAÑIA:</b> Gas Natural Potosino, S. A. P.I. de C.V.		<b>FECHA:</b> septiembre 2020	
<b>ELABORO:</b> CITEC	<b>REVISO:</b>	<b>APROBO:</b>	<b>REVISION:</b> 1

<b>Nodo 4:</b> EMR de usuario HIDRO TECNOLOGIA
INTENCION DE DISEÑO: Medición y Regulación de presión a los equipos de la empresa.

Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	Daños al Personal			Impacto Ambiental			Daños a la Instalación			Pérdidas de Producción			Efectos a la Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
NO/NINGUNA Presión/flujo	Fuga en el ducto de 4" antes de la EMR de usuario.	Ausencia de presión/flujo al sistema de transporte	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	3	C	2	2	D	Implementar y cumplir los Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO y de vigilancia de la franja de desarrollo.
MÁS Presión/flujo (>740 psi máx de diseño)	Aumento en la presión/flujo	Sobrepresión en la línea que puede ocasionar fuga, incendio y explosión.	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	2	D	2	3	C	2	3	C	2	1	D	Implementar y cumplir los Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO
MENOS presión/flujo (<100 psi)	Fuga por corrosión en el patín de medición	Disminución de suministro de gas natural.	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	2	D	2	2	D	2	3	C	2	1	D	Elaborar e implementar Procedimientos Operativos de control entre GAS NATURAL POTOSINO
		Riesgo de incendio y explosión	Programa de vigilancia y mantenimiento del equipamiento	2	2	D	2	3	C	2	2	D	2	3	C	2	2	D	Elaborar e implementar programas de vigilancia preventiva de mantenimiento del equipamiento
			Protección catódica	1	2	D	1	2	D	1	2	D	1	3	D	1	1	D	Implementar y cumplir con los programas de inspección preventiva de protección catódica
	Falla en el sistema de regulación	Defecto en accesorios, instrumentos o conexiones con riesgo de incendio y explosión.	Válvula de seguridad instalada a la salida de la estación	4	2	C	4	4	B	4	4	B	4	2	C	4	2	C	Elaborar e implementar procedimiento operativo de control de Gas Natural Potosino

	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto)	Posible riesgo de incendio y explosión	Vigilancia de la instalación	2	2	D	2	3	C	2	3	C	2	3	C	2	2	D	Implementar y cumplir con el programa de vigilancia .
MENOS presión/flujo (<100 psi)	Fuga por corrosión en el patín de medición	Disminución de suministro de gas natural.	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	2	D	2	2	D	2	3	C	2	1	D	Elaborar e implementar Procedimientos Operativos de control entre GAS NATURAL POTOSINO
		Riesgo de incendio y explosión	Programa de vigilancia y mantenimiento del equipamiento	2	2	D	2	3	C	2	2	D	2	3	C	2	2	D	Elaborar e implementar programas de vigilancia preventiva de mantenimiento del equipamiento
	Protección catódica		1	2	D	1	2	D	1	2	D	1	3	D	1	1	D	Implementar y cumplir con los programas de inspección preventiva de protección catódica	
	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto)	Posible riesgo de incendio y explosión	Vigilancia de la instalación	2	2	D	2	3	C	2	3	C	2	3	C	2	2	D	Implementar y cumplir con el programa de vigilancia .
ADEMÁS DE Gas natural	Composición diferente del gas natural (presencia de impurezas)	Mayor contenido de H2S en el gas que puede generar corrosión y fuga en las uniones.	Se instalará protección mecánica y catódica	1	1	D	1	1	D	1	1	D	1	1	D	1	1	D	Cumplir con el APÉNDICE NORMATIVO II de la NOM-003-ASEA-2016.
PARTE DE	Si causa de interés																		
INVERSA	Sin causa de interés																		
OTRO QUE	Sin causa de interés																		

<b>INSTALACION:</b> Proyecto nuevo "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA".			
<b>COMPAÑIA:</b> Gas Natural Potosino, S. A. P.I. de C.V.		<b>FECHA:</b> septiembre 2020	
<b>ELABORO:</b> CITEC	<b>REVISO:</b>	<b>APROBO:</b>	<b>REVISION:</b> 1

**Nodo 5:** Ducto de 6" DN de acero tipo API 5L- X42, 2,272.65 m de longitud. Cuerpo del ducto.  
**INTENCION DE DISEÑO:** Conexión con el ducto de transporte de ENGIE mediante un ducto de 6" del ducto de distribución de 4" DN...

Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	Daños al Personal			Impacto Ambiental			Daños a la Instalación			Pérdidas de Producción			Efectos a la Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
<b>NO/NINGUNA</b> Presión/flujo	Cierre de Válvula de corte inmediata anterior al ducto, cerrada por error humano	Ausencia de presión/flujo al sistema de transporte	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	3	C	2	2	D	Elaborar y cumplir con un programa de vigilancia de franja de afectación
<b>MÁS</b> Presión/flujo (> 1200 psi)	Aumento en la presión/flujo desde el gasoducto de 16" de ENGIE	Sobrepresión en la línea que puede ocasionar fuga, incendio y explosión.	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	2	D	2	3	C	2	3	C	2	1	D	Implementar y cumplir los Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO
<b>MENOS</b> presión/flujo (<740 psi)	Fuga por corrosión en ducto de 6" DN con dirección a la EMR de interconexión	Disminución de suministro de gas natural.	Procedimientos Operativos ENGIE - GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	2	D	2	2	D	2	3	C	2	1	D	Elaborar e implementar procedimientos Operativos de control entre ENGIE - GAS NATURAL POTOSINO
		Riesgo de incendio y explosión	Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	2	2	D	2	3	C	2	2	D	2	3	C	2	2	D	Elaborar e implementar programas de inspección preventiva
			Protección catódica	1	2	D	1	2	D	1	2	D	1	3	D	1	1	D	Implementar y cumplir con los programas de inspección preventiva de la protección catódica
	Fuga por afectación de terceros	Posible riesgo de incendio y explosión	Programa de Vigilancia de la	2	2	D	2	3	C	2	3	C	2	3	C	4	3	B	Implementar y cumplir con el programa de vigilancia de franja de afectación

	(actividades ajenas al proyecto)		franja de afectación																
<b>ADEMÁS DE</b>	Composición diferente del gas natural (presencia de impurezas)	Mayor contenido de H <sub>2</sub> S en el gas que puede generar corrosión y fuga en las uniones.	Se instalará protección mecánica y catódica a la tubería	1	1	D	1	1	D	1	1	D	1	1	D	1	1	D	Cumplir con el APÉNDICE NORMATIVO II de la NOM-003-ASEA-2016.
<b>PARTE DE</b>	Si causa de interés																		
<b>INVERSA</b>	Sin causa de interés																		
<b>OTRO QUE</b>	Sin causa de interés																		

<b>INSTALACION:</b> Proyecto nuevo "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA".			
<b>COMPañIA:</b> Gas Natural Potosino, S. A. P.I. de C.V.		<b>FECHA:</b> septiembre 2020	
<b>ELABORO:</b> CITEC	<b>REVISO:</b>	<b>APROBO:</b>	<b>REVISION:</b> 1

<b>Nodo 6:</b> Ducto de 4" DN de acero tipo API 5L- X42 de 1858.57 m de longitud. Cuerpo del ducto.
<b>INTENCION DE DISENO:</b> Abastecimiento a la ERM de Interconexión

Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	Daños al Personal			Impacto Ambiental			Daños a la Instalación			Pérdidas de Producción			Efectos a la Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
<b>NO/NINGUNA</b> Presión/flujo	Cierre de Válvula de corte inmediata anterior al ducto, cerrada por error humano	Ausencia de presión/flujo al sistema de transporte	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	3	C	2	2	D	Elaborar y cumplir con un programa de vigilancia de franja de afectación
<b>MÁS</b> Presión/flujo (> 1200 psi)	Aumento en la presión/flujo desde el tramo de 6" DN	Sobrepresión en la línea que puede ocasionar fuga, incendio y explosión.	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	2	D	2	3	C	2	3	C	2	1	D	Implementar y cumplir los Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO
<b>MENOS</b> presión/flujo (<740 psi)	Fuga por corrosión en ducto de 4" DN con dirección a la EMR de interconexión	Disminución de suministro de gas natural.	Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	2	1	D	2	2	D	2	2	D	2	3	C	2	1	D	Elaborar e implementar procedimientos Operativos de control entre GAS NATURAL POTOSINO
		Riesgo de incendio y explosión	Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	2	2	D	2	3	C	2	2	D	2	3	C	2	2	D	Elaborar e implementar programas de inspección preventiva
			Protección catódica	1	2	D	1	2	D	1	2	D	1	3	D	1	1	D	Implementar y cumplir con los programas de inspección preventiva de la protección catódica
	Fuga por afectación de terceros	Posible riesgo de incendio y explosión	Programa de Vigilancia de la	2	2	D	2	3	C	2	3	C	2	3	C	4	3	B	Implementar y cumplir con el programa de vigilancia de franja de afectación

	(actividades ajenas al proyecto)		franja de afectación																
<b>ADEMÁS DE</b>	Composición diferente del gas natural (presencia de impurezas)	Mayor contenido de H <sub>2</sub> S en el gas que puede generar corrosión y fuga en las uniones.	Se instalará protección mecánica y catódica a la tubería	1	1	D	1	1	D	1	1	D	1	1	D	1	1	D	Cumplir con el APÉNDICE NORMATIVO II de la NOM-003-ASEA-2016.
<b>PARTE DE</b>	Si causa de interés																		
<b>INVERSA</b>	Sin causa de interés																		
<b>OTRO QUE</b>	Sin causa de interés																		

Del Análisis HAZOP se desprendió que los eventos más relevantes en función de su frecuencia y magnitud de daños son:

**Cuadro 38. Resumen del análisis HAZOP**

NODO	DESCRIPCIÓN	Daños al Personal	Impacto Ambiental	Daños a la Instalación	Pérdidas de Producción	Daños a la población
1. Interconexión con gasoducto de 16" BdG propiedad de ENGIE, mediante un ducto de 6" del proyecto "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA".	Aumento en la presión/flujo desde el gasoducto de ENGIE generando una sobrepresión en la línea y la posibilidad de fuga, incendio y explosión en la interconexión	D	D	C	C	D
	Afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que pueden ocasionar fuga, incendio y explosión si encuentra una flama de ignición.	C	C	B	B	C
2. EMR de interconexión	Mayor aportación de gas natural a través del gasoducto de 4", generando sobre presión	D	B	C	C	C
	Mayor aportación de gas natural a través del gasoducto de 4", debida a la falla de accesorios, instrumentos o conexiones.	C	B	B	C	C
	Falla en el sistema de regulación, debida a sabotaje o vandalismo.	D	C	C	C	D
3. EMR de usuario HIDRO TECNOLOGIA I	Fuga por corrosión en el patín de medición	D	D	C	C	D
	Falla en accesorios, instrumentos o conexiones con riesgo de incendio y explosión	C	B	B	C	C
	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto)	D	C	C	C	D
4. EMR de usuario HIDRO TECNOLOGIA	Fuga por corrosión en el patín de medición	D	D	C	C	D
	Falla en accesorios, instrumentos o conexiones con riesgo de incendio y explosión	C	B	B	C	C
	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto)	D	C	C	C	D
5. Ducto de 6" DN de acero tipo API 5L- X42, 2,272.65 m de longitud. Cuerpo del ducto.	Aumento en la presión/flujo desde el gasoducto de 16" de ENGIE	D	D	C	C	D
	Fuga por corrosión en ducto de 6" DN con dirección a la EMR de interconexión	D	C	D	C	D
	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo), pero cuenta con protección mecánica y catódica a la tubería	D	C	C	C	B
6. Ducto de 4" DN de acero tipo API 5L- X42 de 1858.57 m de longitud. Cuerpo del ducto.	Aumento en la presión/flujo desde el gasoducto de 16" de ENGIE	D	D	C	C	D
	Fuga por corrosión en ducto de 6" DN con dirección a la EMR de interconexión	D	C	D	C	D
	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo), pero cuenta con protección mecánica y catódica a la tubería	D	C	C	C	B

## Estimación de la probabilidad

Con los datos anteriores de registros es posible establecer valores de probabilidad para los mismos y calcular el Riesgo para cada evento analizado del proyecto “DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA”.

**Cuadro 39. Clasificación de Probabilidad/Frecuencia y su valor específico.**

Probabilidad/Frecuencia	Descripción	Valor
1 vez/ 25 años	Improbable	0.1
1 vez/ 10 años - 1 vez/ 25 años	Poco probable	0.25
1 vez/año - 1 vez/ 10 años	Probable	0.5
1 vez/ mes - 1 vez/ año	Altamente probable	0.75
<1 vez/mes	Muy probable	0.95

**Cuadro 40. Parametros para calculo de consecuencias.**

$$\text{Consecuencias} = \text{Cantidad} + (2 * \text{peligrosidad}) + \text{Extención} + \text{Sensibilidad}$$

Cantidad			Peligrosidad		
Característica	Valor	Rango (m <sup>3</sup> )	Característica	Valor	Rango
Muy alta	5	>10	Muy alta	5	Peligroso para el medio ambiente Muy tóxico
Alta	4	>5 – 10	Alta	4	Muy inflamable, Tóxico
Media	3	>1 – 5	Media	3	Explosivo, corrosivo
Baja	2	0.25 - 1	Baja	2	Noscivo, Comburente
Muy baja	1	hasta a 0.25	Muy baja	1	Irritante

Extención			Sensibilidad		
Característica	Valor	Rango	Característica	Valor	Rango
Muy alta	5	Radio de afectación >5 km	Muy alta	5	Parque Natural
Alta	4	Radio de afectación >1 km	Alta	4	Zona de Protección especial
Media	3	Radio de afectación <1 km	Media	3	Existencia de una o más especies protegidas.
Baja	2	Afectación al medio dentro del emplazamiento	Baja	2	Cultivos, campos, bosques.
Muy baja	1	Zona confinada dentro de emplazamiento	Muy baja	1	Zona industrial

Cuadro 41. Valoración gravedad de las consecuencias

Consecuencias	Valor
Crítica	De 21 a 25
Grave	De 17 a 20
Moderada	De 12 a 16
Leve	De 9 a 12
Poco relevante	De 5 a 8

**Cuadro 42. 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	Sustancia involucrada
1	1.1	Aumento en la presión/flujo desde el gasoducto de ENGIE generando una sobrepresión en la línea y la posibilidad de fuga, incendio y explosión en la interconexión	1.8	Poco relevante	0.1	18	Interconexión con gasoducto de 16" BdG propiedad de ENGIE, mediante un ducto de 6" del proyecto "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA"	Interconexión	Gas natural
	1.2	Afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que pueden ocasionar fuga, incendio y explosión si encuentra una flama de ignición.	9	Leve	0.5	18			Gas natural
2	2.1	Mayor aportación de gas natural a través del gasoducto de 4", generando sobre presión	1.8	Poco relevante	0.1	18	Estación de Medición y Regulación de interconexión	Ducto de 4" de llegada a la EMR de interconexión.	Gas natural
	2.2	Mayor aportación de gas natural a través del gasoducto de 4", debida a la falla de accesorios, instrumentos o conexiones.	1.8	Poco relevante	0.1	18			Gas natural
	2.3	Falla en el sistema de regulación, debida a sabotaje o vandalismo.	4.25	Poco relevante	0.25	17		EMR de interconexión	Gas natural
3	3.1	Fuga por corrosión en el patín de medición	4.25	Poco relevante	0.25	17	Estación de Medición y Regulación de usuario Hidro Tecnología I	Patín de medición	Gas natural
	3.2	Falla en accesorios, instrumentos o conexiones con riesgo de incendio y explosión	4.25	Poco relevante	0.25	17		Conexiones en la EMR de usuario	Gas natural
	3.3	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto)	8.5	leve	0.5	17		EMR de usuario	Gas natural
4	4.1	Fuga por corrosión en el patín de medición	4.25	Poco relevante	0.25	17	Estación de Medición y Regulación de usuario Hidro Tecnología	Patín de medición	Gas natural
	4.2	Falla en accesorios, instrumentos o conexiones con riesgo de incendio y explosión	4.25	Poco relevante	0.25	17		Conexiones en la EMR de usuario	Gas natural
	4.3	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto)	8.5	Leve	0.5	17		EMR de usuario	Gas natural
5	5.1	Aumento en la presión/flujo desde el gasoducto de 16" de ENGIE	4.5	Poco relevante	0.25	18	Ducto de 6" DN de acero	Cuerpo del ducto de 6"	Gas natural
	5.2	Fuga por corrosión en ducto de 6" DN con dirección a la EMR de interconexión	4.5	Poco relevante	0.25	18			Gas natural
	5.3	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo), pero cuenta con protección mecánica y catódica a la tubería	13.5	Moderada	0.75	18			Gas natural
6	6.1	Aumento en la presión/flujo desde el gasoducto de 16" de ENGIE	4.5	Poco relevante	0.25	18	Ducto de 4" DN de acero	Cuerpo del ducto de 4"	Gas natural
	6.2	Fuga por corrosión en ducto de 6" DN con dirección a la EMR de interconexión	4.5	Poco relevante	0.25	18			Gas natural
	6.3	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo), pero cuenta con protección mecánica y catódica a la tubería	13.5	Moderada	0.75	18			Gas natural

\* Consecuencias = Cantidad +(2\*peligrosidad) +Extención + Sensibilidad

**Como resultado del análisis expuesto en la tabla anterior se obtuvo que los Riesgos identificados son Poco relevantes hasta Moderado pero ninguno se clasifica como intolerable.**

### **Análisis What if? ó ¿Qué pasa sí..?**

Para analizar otros factores que pueden generar eventos adversos al proyecto y por tanto brindar información que ayude a realizar una mejor jerarquización de riesgos, se realizó un análisis What If? (¿Qué pasa sí?), el cual identifica, peligros, situaciones peligrosas y eventos de accidentes con consecuencias no deseadas (CCPS, 1992). La técnica ¿Qué pasa sí? Considera las desviaciones desde el diseño, la construcción, modificación y operación de un proceso o de las instalaciones. Esta técnica es aplicable en cualquier etapa o ciclo dentro de un proceso y/o servicio.

La metodología ¿Qué pasa sí?, es un proceso creativo, el cual implica una lluvia de ideas, en lo referente a la examinación y revisión del proceso y/u operación, mediante la formulación de preguntas respuestas por parte de personal experimentado y con un amplio conocimiento del proceso y/o servicio. A través de las preguntas, el grupo de trabajo genera una tabla de posibles eventos (accidentes) y sus posibles: consecuencias, sistemas de seguridad, y mitigación.

#### **Procedimiento.**

Se debe comenzar a desarrollar el análisis con una descripción del proceso incluyendo: el equipamiento, los procedimientos y todas las acciones precautorias de seguridad que serán tomadas por los miembros de la organización en la operación o desarrollo de las acciones productivas. Las preguntas que se realicen en las reuniones deberán ir direccionadas hacia condiciones anormales de operación dentro de las instalaciones y no solamente se debe limitar a las variaciones del proceso o a la falla de componentes. En este intercambio de ideas dentro del grupo de especialistas deberá ser una interlocución dinámica en la que intervengan todos los miembros del equipo emitiendo sus consideraciones en cuanto a las consecuencias potenciales y soluciones posibles de los eventos analizados por el equipo y se emplearan las clasificaciones de los Cuadros 49 y 50 para asignar valores de frecuencia y consecuencia respectivamente.

**Cuadro 43. Análisis What if? ó ¿Que pasa sí..?**

No.	¿Qué pasa sí?	Consecuencias	C	F	AR (C*F)	Salvaguardas	Recomendaciones
1.1	Aumento en la presión/flujo desde el gasoducto de ENGIE.	Se puede producir una sobrepresión en la que provoque fuga, incendio y explosión en la interconexión	18	0.1	1.8	Valvulas de desfoque e instrumentos de medicios, Sistemas de vigilancia remota del ducto. (SCADA)	Realizar la verificación de equipos de medición y monitoreo permanente.  Realizar la supervisión de los trabajos.
1.2	Afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que pueden ocasionar fuga, incendio y explosión si encuentra una flama de ignición.	Se puede generar una fuga, incendio y explosión.	18	0.5	9	Cumplir con los procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	Cumplir programa operativo de Gas Natural Potosino y de vigilancia de la franja de afectación

						Vigilancia permanente de la franja de desarrollo.	
2.1	Mayor aportación de gas natural a través del gasoducto de 4", generando sobre presión	Sobrepresión en la línea que puede ocasionar fuga, incendio y explosión en la interconexión.	18	0.1	1.8	Cumplir con los procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO	Implementar y cumplir los Procedimientos Operativos GAS NATURAL POTOSINO
2.2	Mayor aportación de gas natural a través del gasoducto de 4", debida a la falla de accesorios, instrumentos o conexiones.	Posibilidad de corrosión y fuga.	18	0.1	1.8	Recubrimiento de tuberías. Protección catódica con ánodos de sacrificio	Implementar y cumplir con el programa de mantenimiento del sistema de protección catódica y ánodos de sacrificio
2.3	Falla en el sistema de regulación, debida a sabotaje o vandalismo.	Riesgo de incendio y explosión	17	0.25	4.25	Sistema de regulación. Válvula de seguridad instalada a la salida de la estación.	Elaborar e implementar procedimiento operativo de control de Gas Natural Potosino
3.1	Fuga por corrosión en el patín de medición	Puede generar corrosión y fuga con probabilidad de incendio y explosión.	17	0.25	4.25	Se instalará protección mecánica y catódica a la tubería	Cumplir con el APÉNDICE NORMATIVO II de la NOM-003-ASEA-2016.
3.2	Falla en accesorios, instrumentos o conexiones con riesgo de incendio y explosión	El material cedería ante el desgaste o corrosión causando una fuga con incendio y explosión.	17	0.25	4.25	Tuberías con estándar ASME NOM-009-ASEA-2017 Controles automáticos de presión/flujo Paro automáticos	Utilizar solamente materiales que cuenten con certificados de calidad.  Realizar inspecciones visuales periódicamente en las líneas. Elaborar y cumplir con programa de vigilancia y mantenimiento en la franja de desarrollo
3.3	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto)	Posibilidad de corrosión y fuga con incendio y explosión	17	0.5	8.5	Realizar inspecciones a las tuberías	Programa de revisión e inspección de líneas de tubería y ductos
4.1	Fuga por corrosión en el patín de medición	Se produciría una fuga con posible incendio y explosión.	17	0.25	4.25	Señalamiento de tuberías	Implementar y cumplir el programa de vigilancia de franja de afectación
4.2	Falla en accesorios, instrumentos o conexiones con riesgo de incendio y explosión	Existe riesgo de fuga con posible incendio y explosión.	17	0.25	4.25	Alarmas de baja presión.	Inspección y vigilancia de la franja de desarrollo
4.3	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto)	Aumento en la probabilidad de incendio y explosión	17	0.5	8.5	Realizar inspecciones a las tuberías	Programa de revisión e inspección de líneas de tubería y ductos
5.1	Aumento en la presión/flujo desde el gasoducto de 16" de ENGIE	Sobrepresión que favorezca la falla en alguna soldadura y genere una fuga.	18	0.25	4.5	Vigilancia permanente de los medidores de presión y comunicación constante con los operadores	Programa de vigilancia permanente en el frente de desarrollo y en cada EMR
5.2	Fuga por corrosión en ducto de 6" DN con dirección a la EMR de interconexión	Posibilidad de incendio y explosión.	18	0.25	4.5	Monitoreo constante de la presión en el ducto y los arribos a las EMR	Programa de vigilancia y mantenimiento a todos los instrumentos de medición.
5.3	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo)	Aumento en la probabilidad de incendio y explosión	18	0.75	13.5	Protección mecánica y catódica a la tubería	Programa de revisión e inspección de líneas de tubería y ductos
6.1	Aumento en la presión/flujo desde el gasoducto de 6" que conecta con el ducto de ENGIE	Sobrepresión que favorezca la falla en alguna soldadura y genere una fuga.	18	0.25	4.5	Vigilancia permanente de los medidores de presión y comunicación constante con los operadores	Programa de vigilancia permanente en el frente de desarrollo y en cada EMR

6.2	Fuga por corrosión en ducto de 4" DN con dirección a la EMR de interconexión	Posibilidad de incendio y explosión.	18	0.25	4.5	Monitoreo constante de la presión en el ducto y los arribos a las EMR	Programa de vigilancia y mantenimiento a todos los instrumentos de medición.
6.3	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo),	Generan la posibilidad de que haya de un incendio y explosión	18	0.75	13.5	Protección mecánica y catódica a la tubería	Programa de revisión e inspección de líneas de tubería y ductos

Como resultado de este análisis se obtuvo que los eventos más relevantes (Clasificación leve-moderados), corresponden a la realización de actividades ajenas al proyecto:

- Evento 1.2 Afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que pueden ocasionar fuga, incendio y explosión si encuentra una flama de ignición.
- Evento 3.3 Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto)
- Evento 4.3 Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto)
- Evento 5.3 Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo).
- Evento 6.3 Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo).

## 1.4.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGO

### 1.4.2.1 ANÁLISIS DE FRECUENCIAS

Se realiza el análisis, de la estimación del Riesgo en función de la probabilidad de ocurrencia y de las consecuencias de un evento, considerando que se cuenta con registros históricos de incidentes y accidentes en instalaciones similares que permiten verificar los resultados de eventos específicos como es el caso de los eventos considerados previamente en el análisis HAZOP.

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

Por otro lado, los antecedentes de incidentes en ductos reportados en los EE.UU. proporcionan pautas para evaluar estos peligros. Los datos totales de incidentes, rupturas y derrames, para el periodo desde mediados de 1984 hasta 1989 (Asociación Americana de Gas, 1990). Tal como se indica en esta tabla, las **fuerzas externas y la corrosión**

son los dos peligros más significativos para los ductos de transporte de gas. Menos significativo es el efecto de los peligros naturales y el fuego. Los datos reportados de 1984 a 1989 respecto a descomposturas o averías debido a fuerzas externas y causas de corrosión son los mencionados con mayor detalle. Estos datos indican que la construcción cercana al Frente de Desarrollo o el uso de equipo de movimiento de tierras causan el 89% de los incidentes debidos a fuerzas externas para los gasoductos continentales, mientras que las causas restantes se relacionan a peligros naturales y "Otros". Los datos adicionales también indican que más de la mitad de los incidentes, en los gasoductos continentales están relacionados con la corrosión externa.

**Cuadro 44. Porcentaje de incidentes, rupturas y fugas según la causa**

Causa	Incidente	Rupturas	Fugas
Fuerzas externas	39	30	34
Corrosión	23	37	30
Materiales defectuosos	9	14	9
Defectos de construcción	6	6	8
Otros	23	12	19

Los medios de transporte involucrados en accidentes con sustancias químicas peligrosas, en el mismo lapso de tiempo, tiene el siguiente reporte:

**Cuadro 45. Reporte de Eventos clasificados por medio de transporte**

AÑO	MEDIO DE TRANSPORTE										
	TOTAL	FFCC		CARRETERO		MARITIMO		DUCTO		OTRO	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
1993	107	3	2.8	27	25.2	5	4.7	69	64.5	3	28
1994	221	15	6.8	65	29.4	2	0.9	139	62.9	-	-
1995	322	13	4.0	90	28.0	7	2.2	212	65.8	-	-
1996	332	13	3.9	96	28.9	9	2.7	214	64.5	-	-
1997	477	8	1.7	132	27.7	58	12.2	279	58.5	-	-
1998	429	13	3.0	133	31.0	55	12.8	228	53.1	-	-
1999	395	14	3.5	107	27.1	43	10.9	231	58.1	-	-
2000	392	5	1.3	118	30.1	33	8.4	236	60.2	-	-
2001	424	10	2.4	158	37.3	6	1.4	245	57.8	5	1.2
2002	337	9	2.7	140	41.5	6	1.6	179	53.1	3	0.9
2003	457	7	2.3	125	41.1	2	0.7	170	55.9	0	0.0
2004	503	4	1.4	99	35.4	2	0.7	175	62.5	0	0.0
2005	456	11	4.0	121	43.5	1	0.4	143	51.1	3	1.1

2006	362	2	0.9	102	46.6	4	1.8	111	50.7	0	0.0
2007	403	8	3.0	118	44.0	3	1.1	139	51.9	0	0.0
2008	349	7	3.2	134	61.8	2	0.9	73	33.6	1	0.5
2009	370	6	2.7	139	63.2	3	1.4	72	32.7	0	0.0
Total	7998	151	2.9	1902	36.7	118	2.3	3002	58	8	0.2

Fuente: www.profea.gob.mx. Consulta 2010

En cuanto al número de eventos, se podría pensar que los ocurridos en ductos van aumentando, pero a pesar de que el número es mayor en años más recientes, debe considerarse el aumento en infraestructura total lo que lleva a una disminución porcentual que considera la relación de número de eventos entre la longitud total de la infraestructura existente, adicionalmente, por tanto **la tendencia del porcentaje es a la baja**, lo cual refleja qué en comparación con otros medios de transporte, está siendo cada vez más seguro y eso puede deberse a la implementación de medidas precautorias, sin embargo, los ductos son dañados frecuentemente por causa de obras que no respetan los distanciamientos y condiciones de seguridad establecidos por la normatividad correspondiente.

A continuación, se muestra una clasificación por componente para todos los incidentes de tubería de gas natural interestatal para el periodo 1985-1999 (GRI report, Gas Transmisión System Integrity Indicators by Incident Data Análisis, GRI 01/0207, January 2001 and Dot Transmisión Incident Database).

**Cuadro 46. Clasificación de incidentes en ductos por componentes del sistema**

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

Con los datos anteriores de registros se realiza el análisis de los resultados y se plantean las conclusiones, para cada evento analizado del proyecto "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA".

**Cuadro 47. Clasificación de Región de Riesgo con base en Hazop y estimación de probabilidad. Para los eventos analizados del proyecto “DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA”.**

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Región de Riesgo	
			HAZOP	ANÁLISIS DE PROBABILIDAD
1	1.1	Aumento en la presión/flujo desde el gasoducto de ENGIE generando una sobrepresión en la línea y la posibilidad de fuga, incendio y explosión en la interconexión	Aceptable	Poco relevante
2	1.2	Afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que pueden ocasionar fuga, incendio y explosión si encuentra una flama de ignición.	Indeseable	Leve
3	2.1	Mayor aportación de gas natural a través del gasoducto de 4", generando sobre presión	Indeseable	Poco relevante
4	2.2	Mayor aportación de gas natural a través del gasoducto de 4", debida a la falla de accesorios, instrumentos o conexiones.	Indeseable	Poco relevante
5	2.3	Falla en el sistema de regulación, debida a sabotaje o vandalismo.	Aceptable	Poco relevante
6	3.1	Fuga por corrosión en el patín de medición	Aceptable	Poco relevante
7	3.2	Falla en accesorios, instrumentos o conexiones con riesgo de incendio y explosión	Indeseable	Poco relevante
8	3.3	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto)	Aceptable	leve
9	4.1	Fuga por corrosión en el patín de medición	Aceptable	Poco relevante
10	4.2	Falla en accesorios, instrumentos o conexiones con riesgo de incendio y explosión	Indeseable	Poco relevante
11	4.3	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto)	Aceptable	Leve
12	5.1	Aumento en la presión/flujo desde el gasoducto de 16" de ENGIE	Aceptable	Poco relevante
13	5.2	Fuga por corrosión en ducto de 6" DN con dirección a la EMR de interconexión	Aceptable	Poco relevante
14	5.3	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo), pero cuenta con protección mecánica y catódica a la tubería	Indeseable	Moderada
15	6.1	Aumento en la presión/flujo desde el gasoducto de 16" de ENGIE	Aceptable	Poco relevante
16	6.2	Fuga por corrosión en ducto de 6" DN con dirección a la EMR de interconexión	Aceptable	Poco relevante
17	6.3	Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo), pero cuenta con protección mecánica y catódica a la tubería	Indeseable	Moderada

Los eventos marcados en color verde en el cuadro anterior son aquellos que se identifican como los más adversos con los métodos empleados.

## CONCLUSIONES

De los eventos analizados, considerando los resultados del HAZOP y del análisis de probabilidad. Los eventos más adversos son los descritos a continuación:

- 1.2 Afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que pueden ocasionar fuga, incendio y explosión si encuentra una flama de ignición.
- 5.3 Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo), pero cuenta con protección mecánica y catódica a la tubería
- 6.3 Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo), pero cuenta con protección mecánica y catódica a la tubería

### Los que se consideraran en el análisis detallado son:

- 1.2 Afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina) a la Interconexión con el Proyecto Nuevo "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA", propiedad de ENGIE con el ducto de 6" del proyecto "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA", representa un Riesgo Indeseable (tipo B), que requiere se implementen acciones inmediatas y permanentes, de acuerdo al análisis Hazop y con el de frecuencias se encontró que es un riesgo leve y se puede controlar.
- 5.3. Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto) en el ducto de 6" DN de acero y 2,272.65 m de longitud, representa Riesgo Indeseable (tipo B), que requiere se implementen acciones inmediatas y permanentes, de acuerdo al análisis Hazop y con el de frecuencias se encontró que es un riesgo Moderado y se puede controlar.
- 6.3. Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto) en el ducto de 4" DN de acero y 1,858.57 m de longitud, representa Riesgo Indeseable (tipo B), que requiere se implementen acciones inmediatas y permanentes, de acuerdo al análisis Hazop y con el de frecuencias se encontró que es un riesgo Moderado y se puede controlar.

### 1.4.2.2 ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

Descripción de los Escenarios de Riesgo De la aplicación de las metodologías la identificación de Riesgos, se observa que el mayor encontrado corresponde a un Nivel de Riesgo B (Riesgo Indeseable).

Para la determinación de los radios potenciales de afectación, se emplea una serie de ecuaciones matemáticas presentado en el anexo “Desarrollo matemático” y adicionalmente un software de modelación, que es un conjunto de herramientas para simular en computadora; emisiones de contaminantes, fugas y derrames de productos tóxicos y/o inflamables y daños por nubes explosivas, para estimar escenarios de afectación de emisiones continuas o instantáneas, bajo diversas condiciones meteorológicas. A continuación, se mencionan las características de los eventos analizados:

#### Nodo 1. Registro de interconexión

1.2 Afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que pueden ocasionar fuga, incendio y explosión si encuentra una flama de ignición. El punto de afectación es la interconexión con el gasoducto de ENGIE del Proyecto Nuevo “DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA”.

Para este evento se consideran dos escenarios:

a) **Ruptura de 2” en el ducto de la interconexión**

1. Incendio tipo Jet Fire (Evento 1.2a)
2. Explosión (Late Ignition) (Evento 1.2b)

Características

Diámetro del ducto en la interconexión: 6” D.N.

Presión de operación: 8,274 kPa (1200 Psig)

T° base: 288.5 °K (60°F)

#### Nodo 5. Cuerpo del ducto de 6” de acero.

5.3. Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto) en el ducto de 6” DN de acero y **2,272.65 m de longitud**.

Para este evento se consideran dos escenarios:

a) **Ruptura total del ducto de 6” acero API 5L X42**

1. Incendio tipo Jet Fire (Evento 5.3a)
2. Explosión (Late Ignition) (Evento 5.3b)

Características

Diámetro del ducto: 6" D.N.  
Presión de operación: 2,055 kPa (298 Psig)  
T° base: 288.5 °K (60°F)

**Nodo 6. Cuerpo del ducto de 4" de acero API 5L X42.**

6.3. Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto) en el ducto de 4" DN de acero y 1,858.57 m de longitud.

Para este evento se consideran dos escenarios:

- a) Orificio de fuga de 1" por golpe en el ducto de 4" acero API 5L X42
1. Incendio tipo Jet Fire (Evento 6.3a)
  2. Explosión (Late Ignition) (Evento 6.3b)

**Características**

Diámetro del ducto: 4" D.N.  
Presión de operación: 2,055 kPa (298 Psig)

Los datos empleados para la modelación, estimación de inventarios y tasa de descarga se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 48. Datos para inventario y tasa de descarga**

CMP: Caso más Probable; PC: Peor caso, considerar sólo Ruptura total de tubería o recipiente, CA: Caso Alterno

Identificación de escenarios		Clasificación del evento	Diámetro (pulgadas)		Flujo Vol. (5)	Flujo másico (6)	Presión (7)	Temperatura (8)	Duración de la fuga (9)	Inventario (10)	Tasa de descarga (11)
Clave (1)	Descripción (2)		Línea/equipo (3)	Fuga (4)	MMPSCD	Kg/h	(psi)	°K	min	m <sup>3</sup>	kg/h
1.2a	Riesgo de incendio tipo Jet Fire. Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura en el ducto originando una fuga.	CMP	El punto de afectación es la interconexión con el gasoducto de ENGIE del Proyecto Nuevo "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA"	2"	5,773.51	6,812.1	1,200	288.5	30	0.1627	0.1627
1.2b	Riesgo de explosión (Late ignition). Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura en el ducto de 2".		El punto de afectación es la interconexión con el gasoducto de ENGIE del Proyecto Nuevo "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA"	2"	5,773.51	6,812.1	1,200	288.5	30	0.1627	0.1627
5.3a	Ruptura total del ducto de 6" acero API 5L X42 generando una fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto) y se provoca un incendio tipo Jet Fire		Cuerpo del ducto de 6" DN de acero API 5L X42.	6"	5,773.51	6,812.1	298	288.5	30	0.00387	0.00387
5.3b	Ducto de 6" acero API 5L X42 generando una fuga por afectaciones de terceros		Ducto de 6" DN de acero	6"	5,773.51	6,812.1	298	288.5	30	0.00387	0.00387

	(actividades ajenas al proyecto) y se provoca una explosión (Late ignition)										
6.3a	Orificio de fuga por golpe en el ducto de 4" acero API 5L X42, generando un incendio tipo Jet Fire		Cuerpo del ducto de 4"	1"	5,773.51	6,812.1	298	288.5	30	0.000645	0.000645
6.3b	Ducto de 4" acero API 5L X42 generando una fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto) y se provoca una explosión (Late ignition)		Ducto de 4" DN de acero	1"	5,773-51	6,812.1	298	288.5	30	0.000645	0.000645

Cualquier otro que sea de interés particular para la evaluación de consecuencias.

- (1) Asignación de clave del escenario a simular
- (2) Breve descripción del escenario a simular
- (3) Diámetro de la línea /Equipo
- (4) Diámetro de fuga
- (5) Flujo volumétrico, tomado del balance de materia y energía
- (6) Flujo másico, tomado del balance de materia y energía
- (7) Presión de operación del escenario simulado
- (8) Temperatura de operación del escenario simulado
- (9) Tiempo de duración de la fuga
- (10) Inventario que se fuga en líneas y recipientes de proceso, de acuerdo a criterio empleado.
- (11) Flujo másico que se fuga a través del diámetro de fuga empleado.

## Nodo 1. Registro de interconexión

1.2a Riesgo de incendio tipo Jet Fire. Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura en el ducto originando una fuga.

Escenarios:

a) Ruptura de 2" en el ducto de la interconexión

Evento 1.2a **Incendio tipo Jet Fire**

Hoja resumen de modelación para radiación térmica.

 ALOHA 5.4.1.2 - [Text Summary]

File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help

### SITE DATA:

Location: SALAMANCA, GUANAJUATO  
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.33 (unsheltered single storied)  
 Time: September 16, 2020 1432 hours ST (using computer's clock)

### CHEMICAL DATA:

Chemical Name: METHANE Molecular Weight: 16.04 g/mol  
 TEEL-1: 3000 ppm TEEL-2: 5000 ppm TEEL-3: 200000 ppm  
 LEL: 44000 ppm UEL: 165000 ppm  
 Ambient Boiling Point: -263.1° F  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3 miles/hour from NE at 3 meters  
 Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths  
 Air Temperature: 23° C Stability Class: F  
 No Inversion Height Relative Humidity: 50%

### SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 0.016269 kilograms/sec  
 Source Height: 0  
 Release Duration: 30 minutes  
 Release Rate: 2.15 pounds/min  
 Total Amount Released: 64.6 pounds  
 Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.  
 Use both dispersion modules to investigate its potential behavior.

### THREAT ZONE:

Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud  
 Model Run: Gaussian  
 Red : 22 yards --- (44000 ppm = LEL)  
 Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness  
 make dispersion predictions less reliable for short distances.  
 Orange: 29 yards --- (26,400 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)  
 Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness  
 make dispersion predictions less reliable for short distances.  
 Yellow: 71 yards --- (4,400 ppm = 10% LEL)

Resultados obtenidos como radios de afectación para el evento:

<b>Inflamabilidad (Radiación térmica)</b>	Rango de 12.5 kW/m <sup>2</sup> a 37.5 kW/m <sup>2</sup>	5.0 kW/m <sup>2</sup>	1.4 kW/m <sup>2</sup>
<b>ALOHA</b>	<b>20.1168 m</b>	<b>26.5176 m</b>	<b>64.9224 m</b>

### Nodo 1. Registro de interconexión

Evento 1.2b Explosión (Late ignition), debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina). El punto de afectación es la interconexión con el gasoducto de ENGIE del Proyecto Nuevo "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA".

#### ALOHA 5.4.1.2 - [Text Summary]

File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help

#### SITE DATA:

Location: SALAMANCA, GUANAJUATO  
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.33 (unsheltered single storied)  
 Time: September 16, 2020 1432 hours ST (using computer's clock)

#### CHEMICAL DATA:

Chemical Name: METHANE Molecular Weight: 16.04 g/mol  
 TEEL-1: 3000 ppm TEEL-2: 5000 ppm TEEL-3: 200000 ppm  
 LEL: 44000 ppm UEL: 165000 ppm  
 Ambient Boiling Point: -263.1° F  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

#### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3 miles/hour from NE at 3 meters  
 Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths  
 Air Temperature: 23° C Stability Class: F  
 No Inversion Height Relative Humidity: 50%

#### SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 0.016269 kilograms/sec  
 Source Height: 0  
 Release Duration: 30 minutes  
 Release Rate: 2.15 pounds/min  
 Total Amount Released: 64.6 pounds  
 Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.  
 Use both dispersion modules to investigate its potential behavior.

#### THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion  
 Type of Ignition: ignited by spark or flame  
 Level of Congestion: congested  
 Model Run: Gaussian  
 Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)  
 Orange: LOC was never exceeded --- (3.5 psi = serious injury likely)  
 Yellow: 22 yards --- (1.0 psi = shatters glass)

**Resultados obtenidos como radios de afectación para el evento:**

<b>Explosividad (Sobrepresión)</b>	Rango de 3 lb/in <sup>2</sup> a 10 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup> (0.070 kg/cm <sup>2</sup> )	0.5 lb/in <sup>2</sup> (0.035 kg/cm <sup>2</sup> )
	Zona de Alto Riesgo por daño a equipos	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
ALOHA	El modelo reporta que bajo estas condiciones no se espera que genere una explosión que alcance estos valores de presión.		20.1168

**Nodo 5. Cuerpo del ducto de 6" de acero.**

5.3a. **Ruptura total del ducto de 6"** acero API 5L X42 genera una fuga, afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto) en el ducto de 6" DN de acero y **2,272.65 m de longitud**. Ocasionando un **Incendio tipo Jet Fire**.

 ALOHA 5.4.1.2 - [Text Summary]

File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help

**SITE DATA:**  
 Location: SALAMANCA, GUANAJUATO  
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.33 (unsheltered single storied)  
 Time: September 16, 2020 1432 hours ST (using computer's clock)

**CHEMICAL DATA:**  
 Chemical Name: METHANE Molecular Weight: 16.04 g/mol  
 TEEL-1: 3000 ppm TEEL-2: 5000 ppm TEEL-3: 200000 ppm  
 LEL: 44000 ppm UEL: 165000 ppm  
 Ambient Boiling Point: -263.1° F  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

**ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)**  
 Wind: 3 miles/hour from NE at 3 meters  
 Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths  
 Air Temperature: 23° C Stability Class: F  
 No Inversion Height Relative Humidity: 50%

**SOURCE STRENGTH:**  
 Direct Source: 0.1661 kilograms/sec Source Height: 0  
 Release Duration: 30 minutes  
 Release Rate: 22 pounds/min  
 Total Amount Released: 659 pounds  
 Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.  
 Use both dispersion modules to investigate its potential behavior.

**THREAT ZONE:**  
 Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud  
 Model Run: Gaussian  
 Red : 72 yards --- (44000 ppm = LEL)  
 Orange: 92 yards --- (26,400 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)  
 Yellow: 232 yards --- (4,400 ppm = 10% LEL)

Resultados obtenidos como radios de afectación para el evento:

Inflamabilidad (Radiación térmica)	Rango de 12.5 kW/m <sup>2</sup> a 37.5 kW/m <sup>2</sup>	5.0 kW/m <sup>2</sup>	1.4 kW/m <sup>2</sup>
ALOHA	65.8368 m	84.1248 m	212.1408 m

**Nodo 5. Cuerpo del ducto de 6" de acero.**

Evento 5.3b Explosión (late ignition) por ruptura total del ducto debida a Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto) en el ducto de 6" DN de acero y 2,272.65 m de longitud.

 ALOHA 5.4.1.2 - [Text Summary]

File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help

**SITE DATA:**  
 Location: SALAMANCA, GUANAJUATO  
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.33 (unsheltered single storied)  
 Time: September 16, 2020 1432 hours ST (using computer's clock)

**CHEMICAL DATA:**  
 Chemical Name: METHANE Molecular Weight: 16.04 g/mol  
 TEEL-1: 3000 ppm TEEL-2: 5000 ppm TEEL-3: 200000 ppm  
 LEL: 44000 ppm UEL: 165000 ppm  
 Ambient Boiling Point: -263.1° F  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

**ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)**  
 Wind: 3 miles/hour from NE at 3 meters  
 Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths  
 Air Temperature: 23° C Stability Class: F  
 No Inversion Height Relative Humidity: 50%

**SOURCE STRENGTH:**  
 Direct Source: 0.1661 kilograms/sec Source Height: 0  
 Release Duration: 30 minutes  
 Release Rate: 22 pounds/min  
 Total Amount Released: 659 pounds  
 Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.  
 Use both dispersion modules to investigate its potential behavior.

**THREAT ZONE:**  
 Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion  
 Type of Ignition: ignited by spark or flame  
 Level of Congestion: congested  
 Model Run: Gaussian  
 Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)  
 Orange: LOC was never exceeded --- (3.5 psi = serious injury likely)  
 Yellow: 69 yards --- (1.0 psi = shatters glass)

**Resultados obtenidos como radios de afectación para el evento:**

Explosividad (Sobrepresión)	Rango de 3 lb/in <sup>2</sup> a 10 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup> (0.070 kg/cm <sup>2</sup> )	0.5 lb/in <sup>2</sup> (0.035 kg/cm <sup>2</sup> )
	Zona de Alto Riesgo por daño a equipos	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
ALOHA	El modelo reporta que bajo estas condiciones no se espera que genere una explosión que alcance estos valores de presión.		63.0936

**Nodo 6. Cuerpo del ducto de 4" de acero API 5L X42.**

6.3a Incendio tipo Jet Fire debido a una fuga (1") por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto) en el ducto de 4" DN de acero y 1,858.57 m de longitud.

 ALOHA 5.4.1.2 - [Text Summary]

File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help

**SITE DATA:**  
 Location: SALAMANCA, GUANAJUATO  
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.33 (unsheltered single storied)  
 Time: September 16, 2020 1432 hours ST (using computer's clock)

**CHEMICAL DATA:**  
 Chemical Name: METHANE Molecular Weight: 16.04 g/mol  
 TEEL-1: 3000 ppm TEEL-2: 5000 ppm TEEL-3: 200000 ppm  
 LEL: 44000 ppm UEL: 165000 ppm  
 Ambient Boiling Point: -263.1° F  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

**ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)**  
 Wind: 3 miles/hour from NE at 3 meters  
 Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths  
 Air Temperature: 23° C Stability Class: F  
 No Inversion Height Relative Humidity: 50%

**SOURCE STRENGTH:**  
 Direct Source: 0.02769 kilograms/sec  
 Source Height: 0  
 Release Duration: 30 minutes  
 Release Rate: 3.66 pounds/min  
 Total Amount Released: 110 pounds  
 Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.  
 Use both dispersion modules to investigate its potential behavior.

**THREAT ZONE:**  
 Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud  
 Model Run: Gaussian  
 Red : 29 yards --- (44000 ppm = LEL)  
 Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness  
 make dispersion predictions less reliable for short distances.  
 Orange: 38 yards --- (26,400 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)  
 Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness  
 make dispersion predictions less reliable for short distances.  
 Yellow: 92 yards --- (4,400 ppm = 10% LEL)

Resultados obtenidos como radios de afectación para el evento:

Inflamabilidad (Radiación térmica)	Rango de 12.5 kW/m <sup>2</sup> a 37.5 kW/m <sup>2</sup>	5.0 kW/m <sup>2</sup>	1.4 kW/m <sup>2</sup>
ALOHA	26.5172 m	34.7472 m	84.1248 m

**Nodo 6. Cuerpo del ducto de 4" de acero API 5L X42.**

6.3b Explosion (late ignition) debido a una fuga (1") por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto) en el ducto de 4" DN de acero y 1,858.57 m de longitud.

```

ALOHA 5.4.1.2 - [Text Summary]
File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help
SITE DATA:
  Location: SALAMANCA, GUANAJUATO
  Building Air Exchanges Per Hour: 0.33 (unsheltered single storied)
  Time: September 16, 2020 1432 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
  Chemical Name: METHANE                      Molecular Weight: 16.04 g/mol
  TEEL-1: 3000 ppm   TEEL-2: 5000 ppm   TEEL-3: 200000 ppm
  LEL: 44000 ppm   UEL: 165000 ppm
  Ambient Boiling Point: -263.1° F
  Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
  Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
  Wind: 3 miles/hour from NE at 3 meters
  Ground Roughness: open country           Cloud Cover: 5 tenths
  Air Temperature: 23° C                   Stability Class: F
  No Inversion Height                       Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
  Direct Source: 0.02769 kilograms/sec
  Source Height: 0
  Release Duration: 30 minutes
  Release Rate: 3.66 pounds/min
  Total Amount Released: 110 pounds
  Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.
        Use both dispersion modules to investigate its potential behavior.

THREAT ZONE:
  Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
  Type of Ignition: ignited by spark or flame
  Level of Congestion: congested
  Model Run: Gaussian
  Red   : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
  Orange: LOC was never exceeded --- (3.5 psi = serious injury likely)
  Yellow: 26 yards --- (1.0 psi = shatters glass)

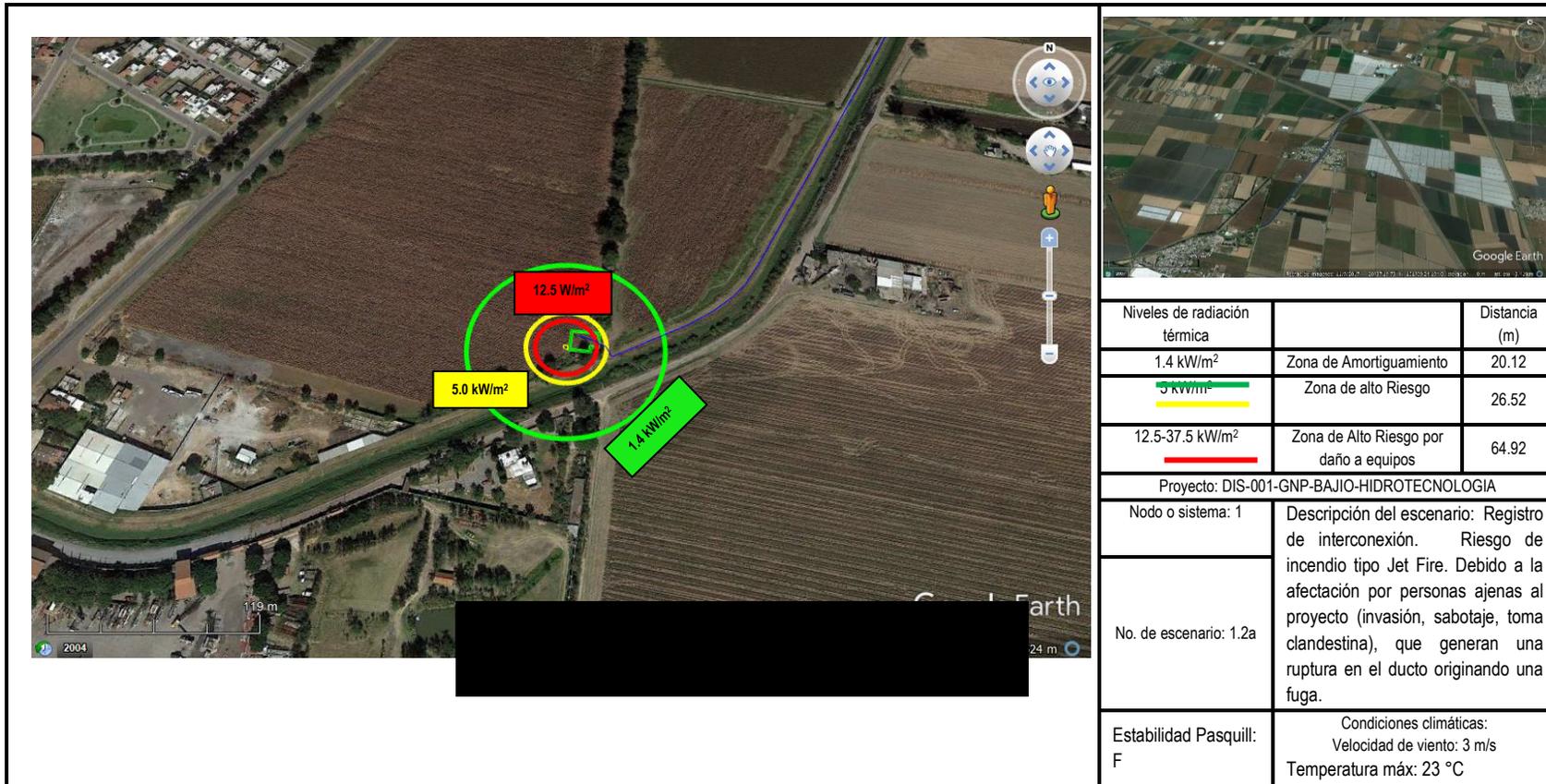
```

**Resultados obtenidos como radios de afectación para el evento:**

Explosividad (Sobrepresión)	Rango de 3 lb/in <sup>2</sup> a 10 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup> (0.070 kg/cm <sup>2</sup> )	0.5 lb/in <sup>2</sup> (0.035 kg/cm <sup>2</sup> )
	Zona de Alto Riesgo por daño a equipos	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
ALOHA	El modelo reporta que bajo estas condiciones no se espera que genere una explosión que alcance estos valores de presión.		23.7744

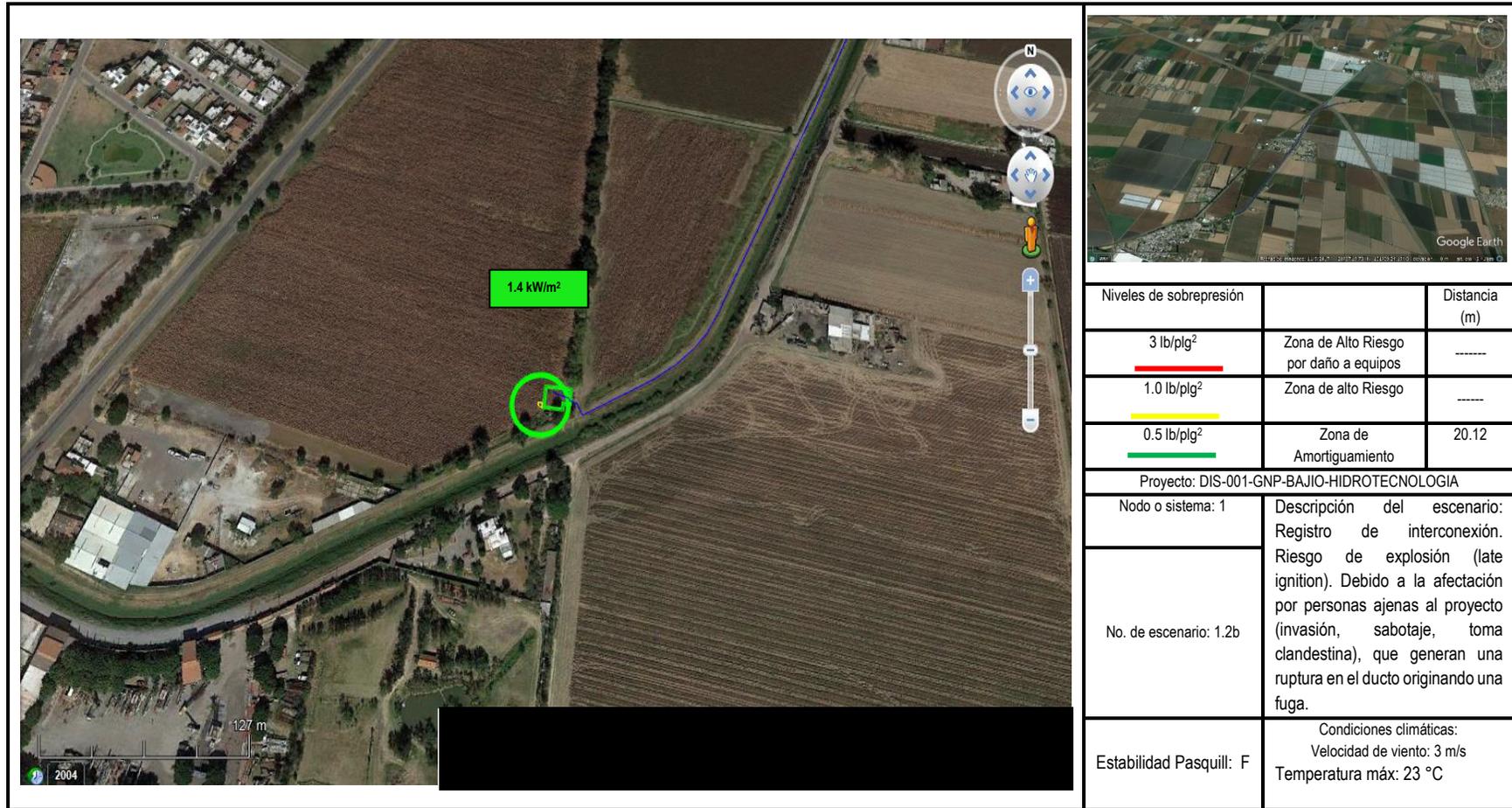
1.5. Representación en planos de los radios potenciales de afectación.

Radio potenciales de afectación por radiación térmica



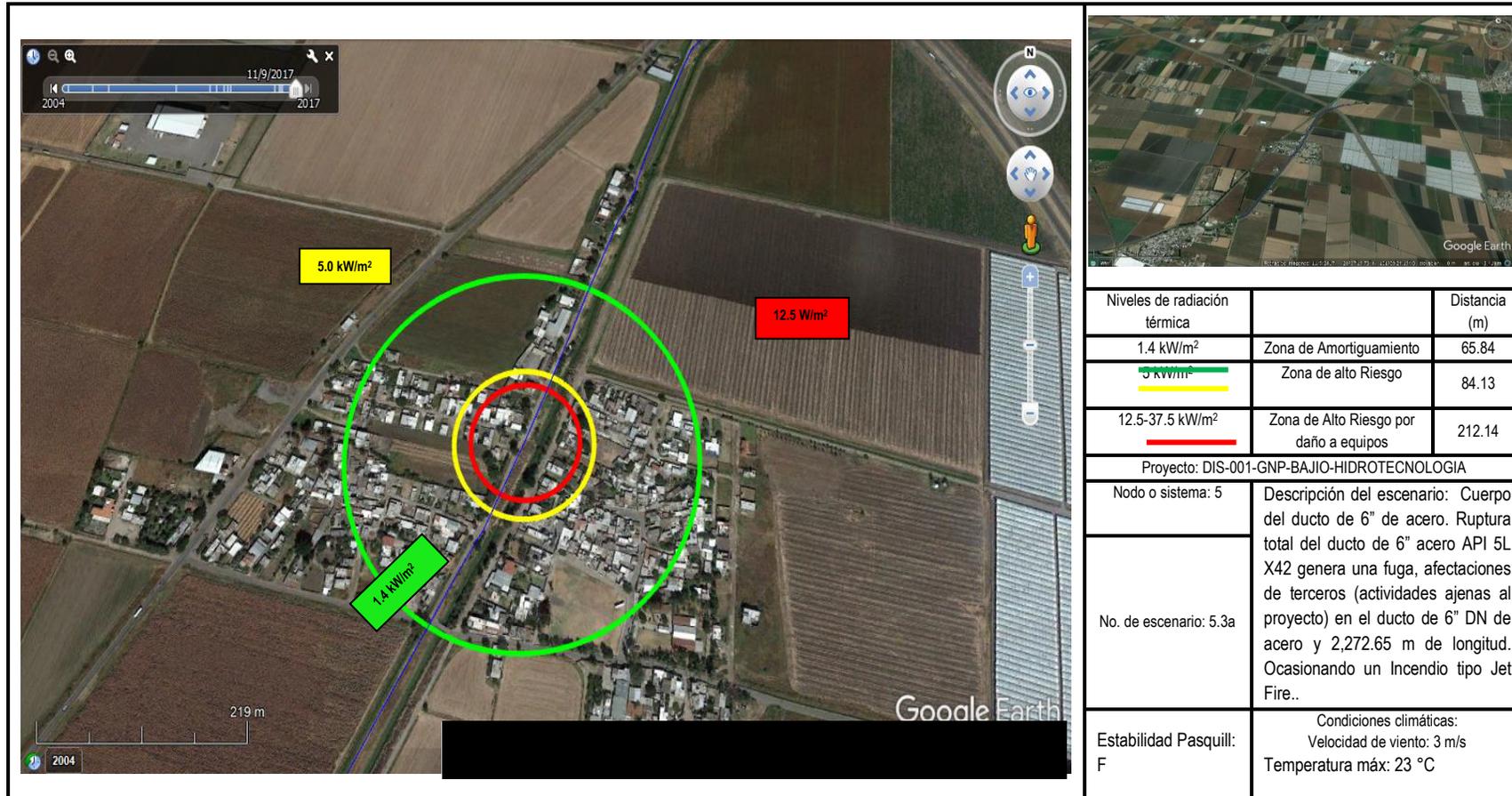
COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

### Radios potenciales de afectación por sobrepresión

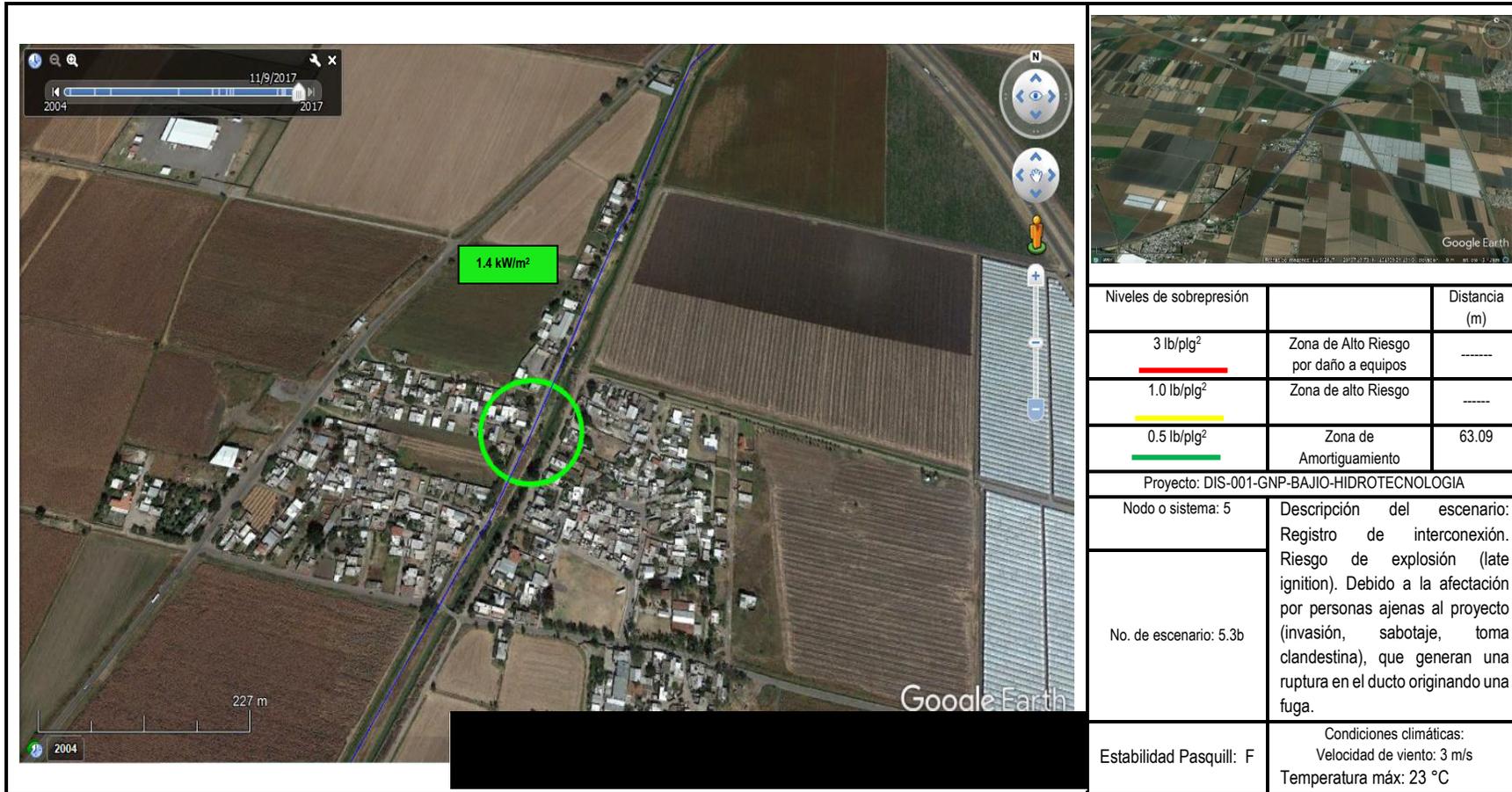


COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

### Radios potenciales de afectación por radiación térmica

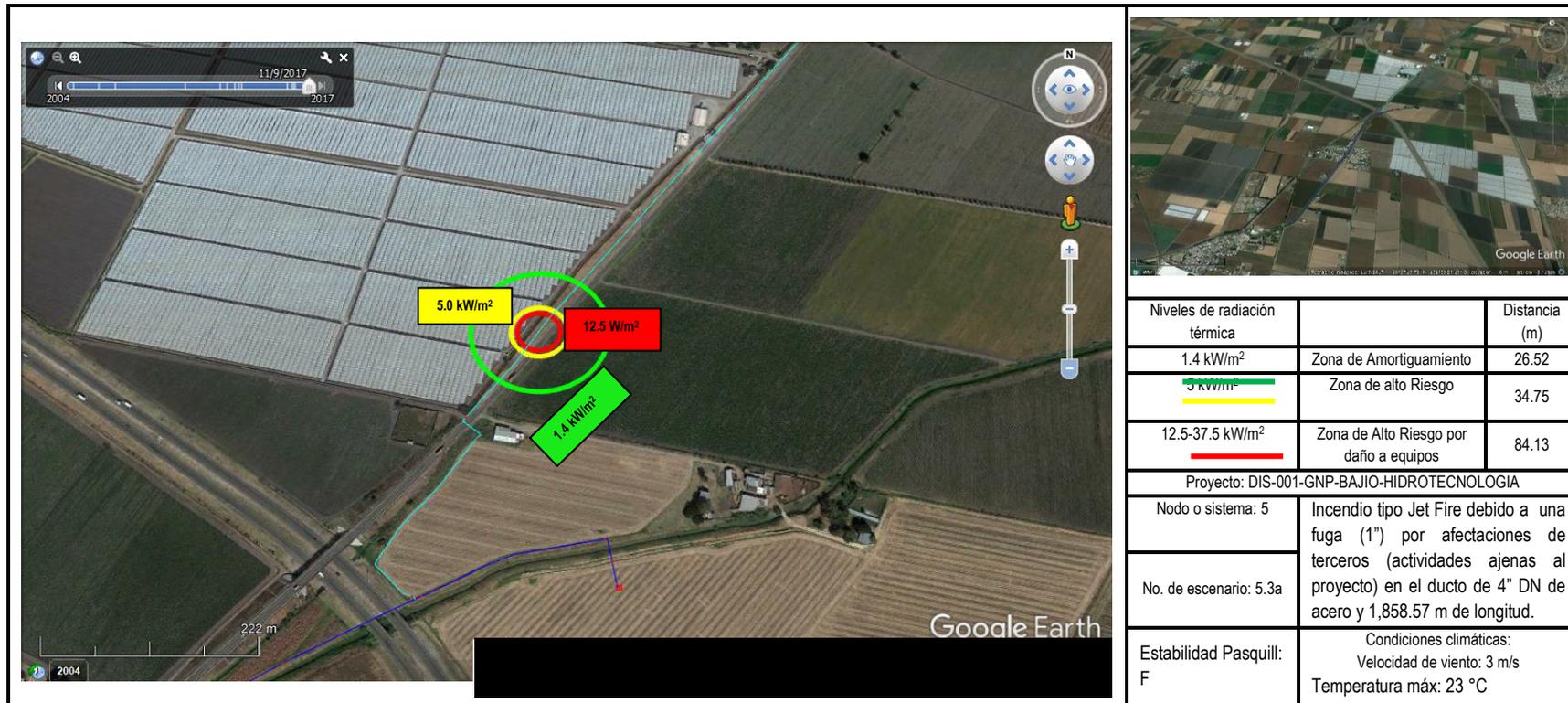


### Radios potenciales de afectación por sobrepresión

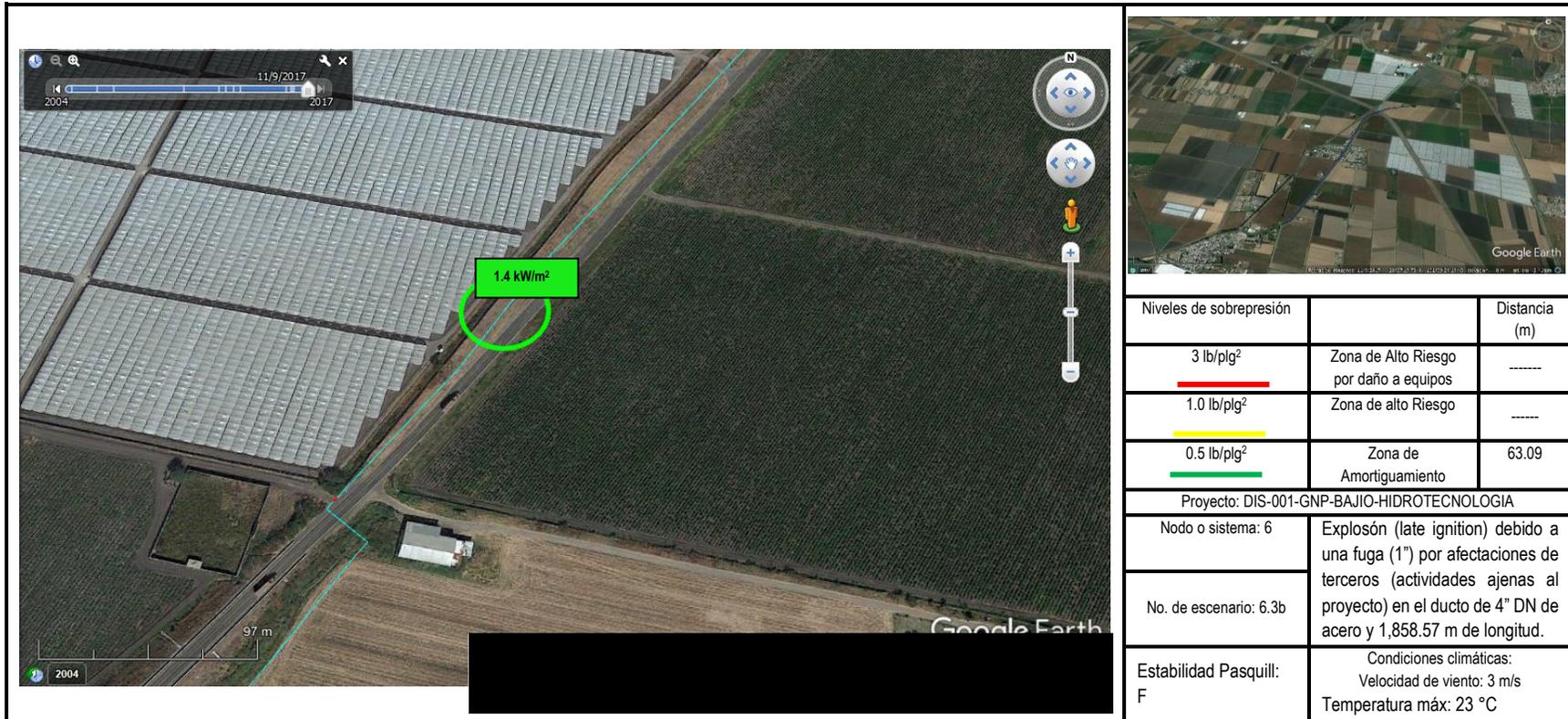


Niveles de sobrepresión		Distancia (m)
3 lb/plg <sup>2</sup>	Zona de Alto Riesgo por daño a equipos	-----
1.0 lb/plg <sup>2</sup>	Zona de alto Riesgo	-----
0.5 lb/plg <sup>2</sup>	Zona de Amortiguamiento	63.09
Proyecto: DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA		
Nodo o sistema: 5	Descripción del escenario: Registro de interconexión. Riesgo de explosión (late ignition). Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura en el ducto originando una fuga.	
No. de escenario: 5.3b		
Estabilidad Pasquill: F	Condiciones climáticas: Velocidad de viento: 3 m/s Temperatura máx: 23 °C	

### Radios potenciales de afectación por radiación térmica

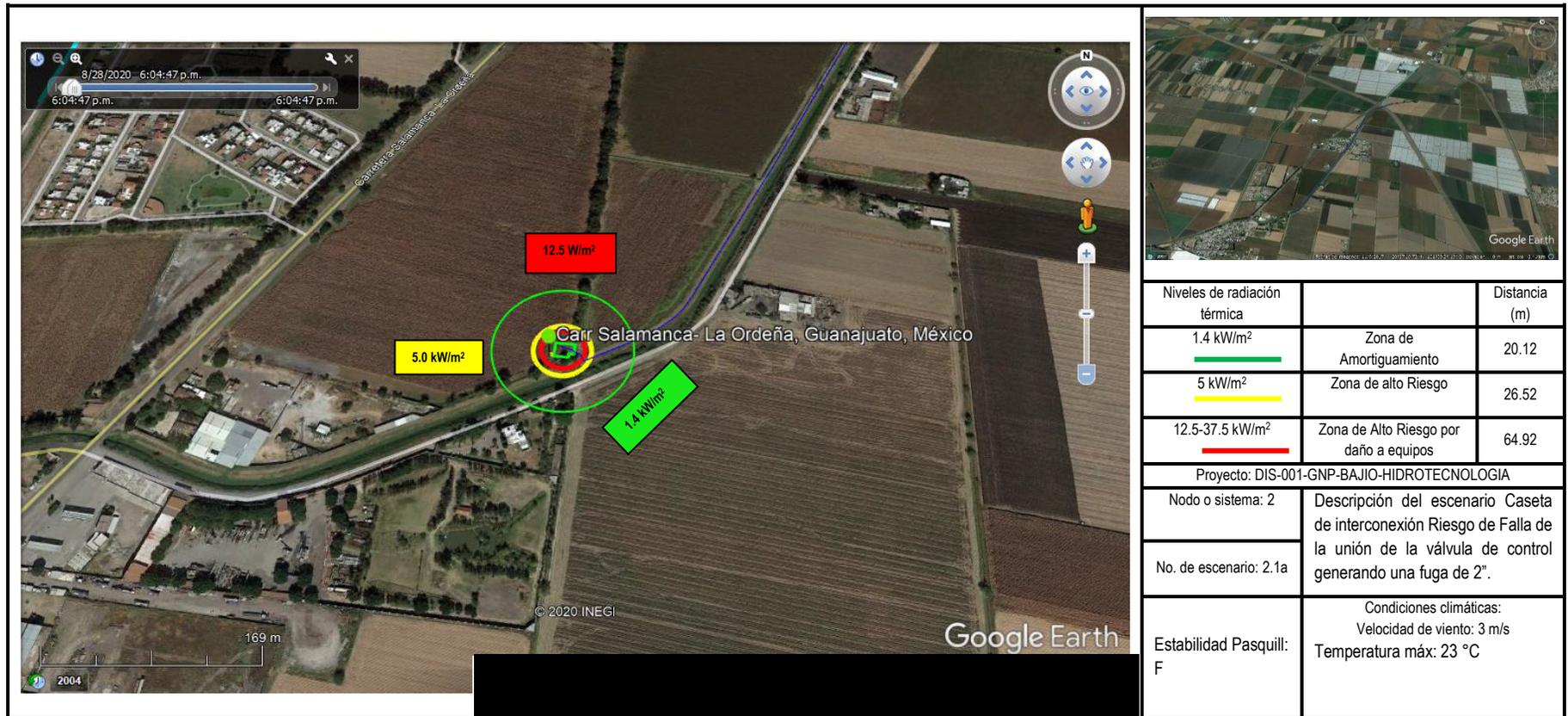


### Radios potenciales de afectación por sobrepresión

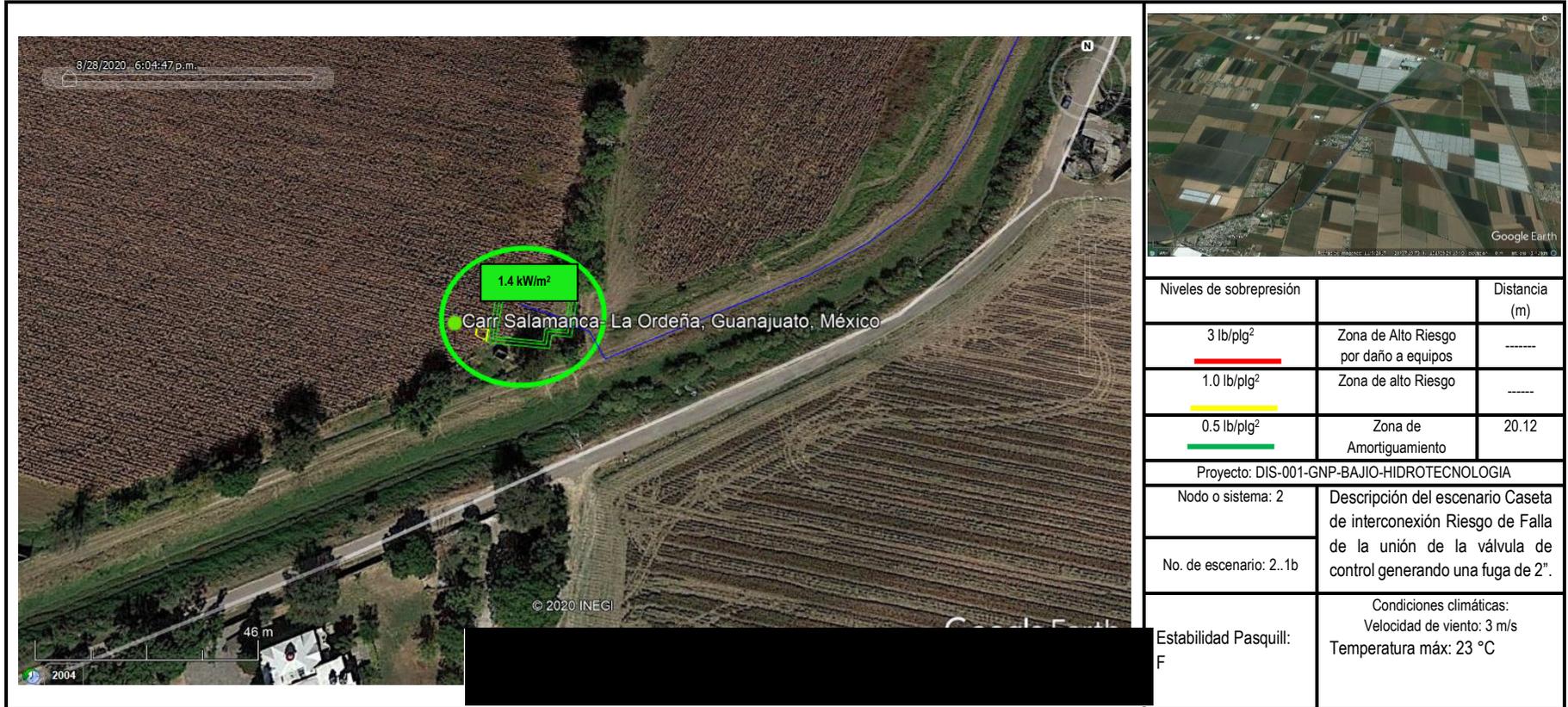


Aún cuando para las casetas el resultado de la evaluación indica que son Riesgos Aceptables con controles, se realizó la determinación de sus radios de afectación y se presentan a continuación.

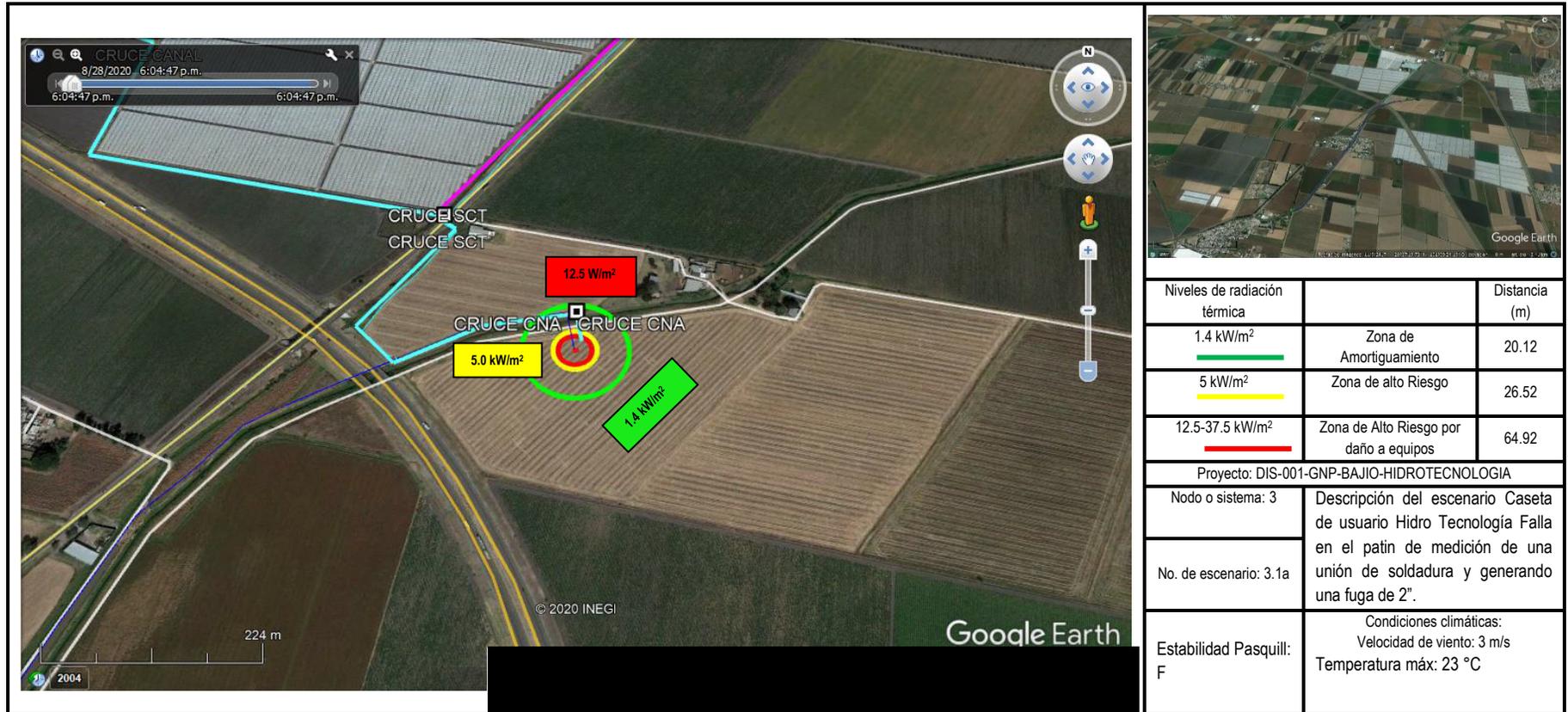
**Radios potenciales de afectación por radiación térmica**



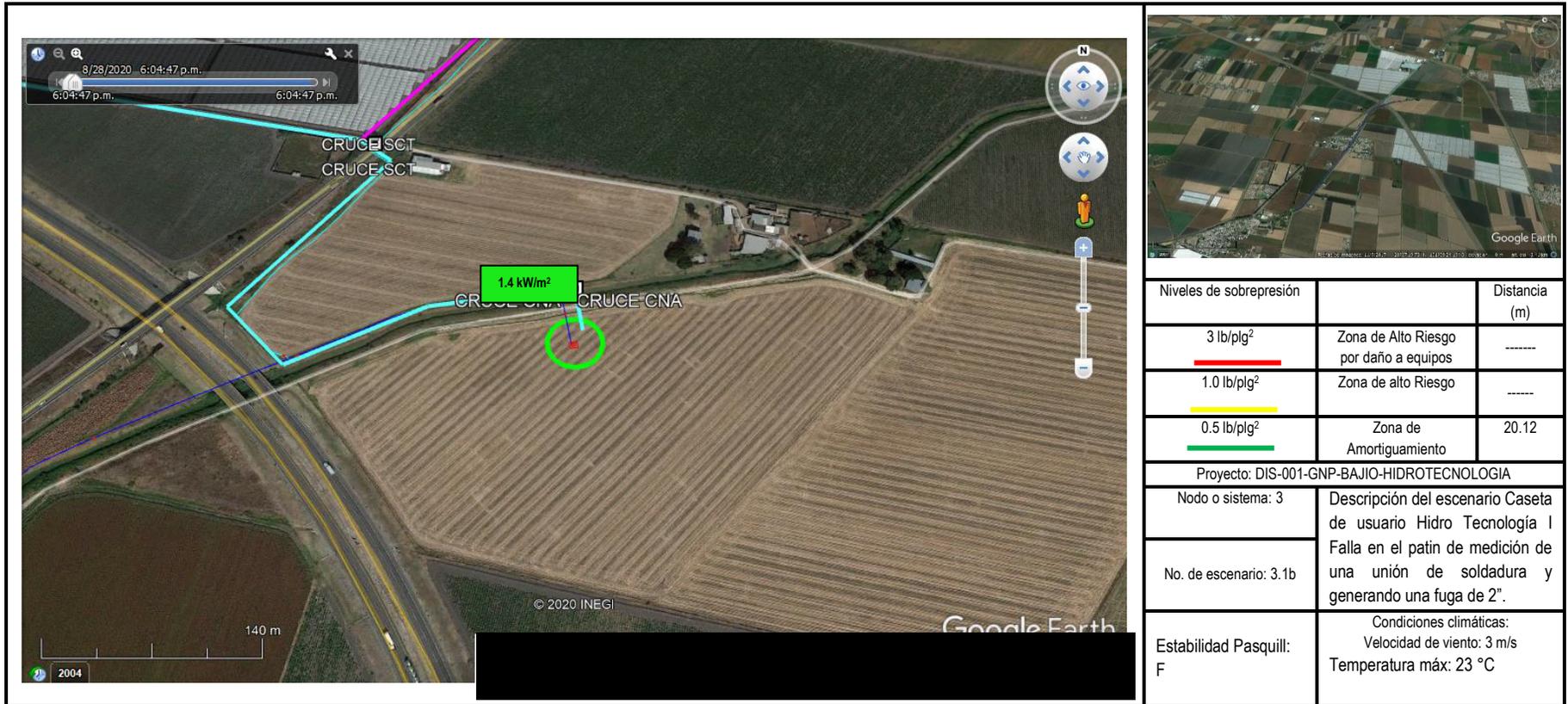
Radios potenciales de afectación por sobrepresión



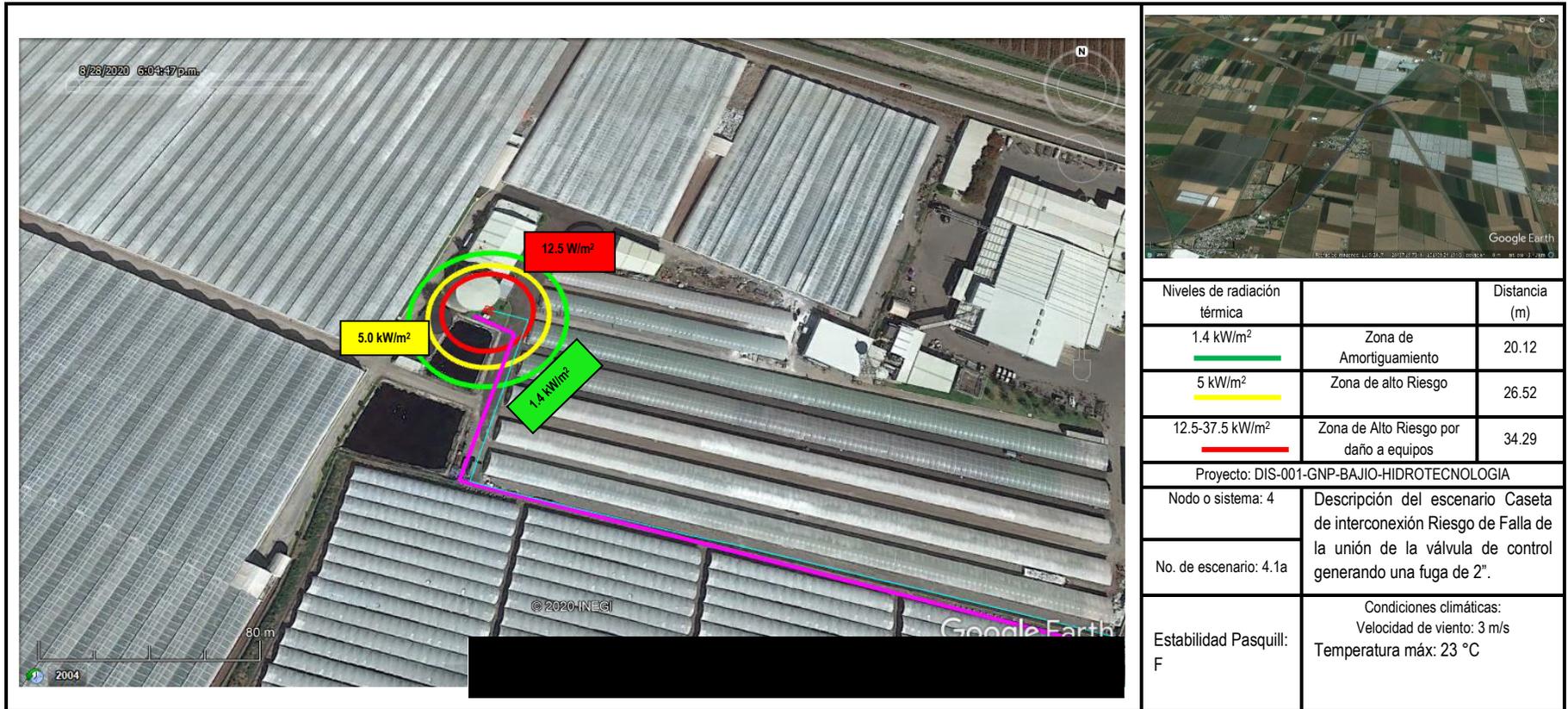
### Radios potenciales de afectación por radiación térmica



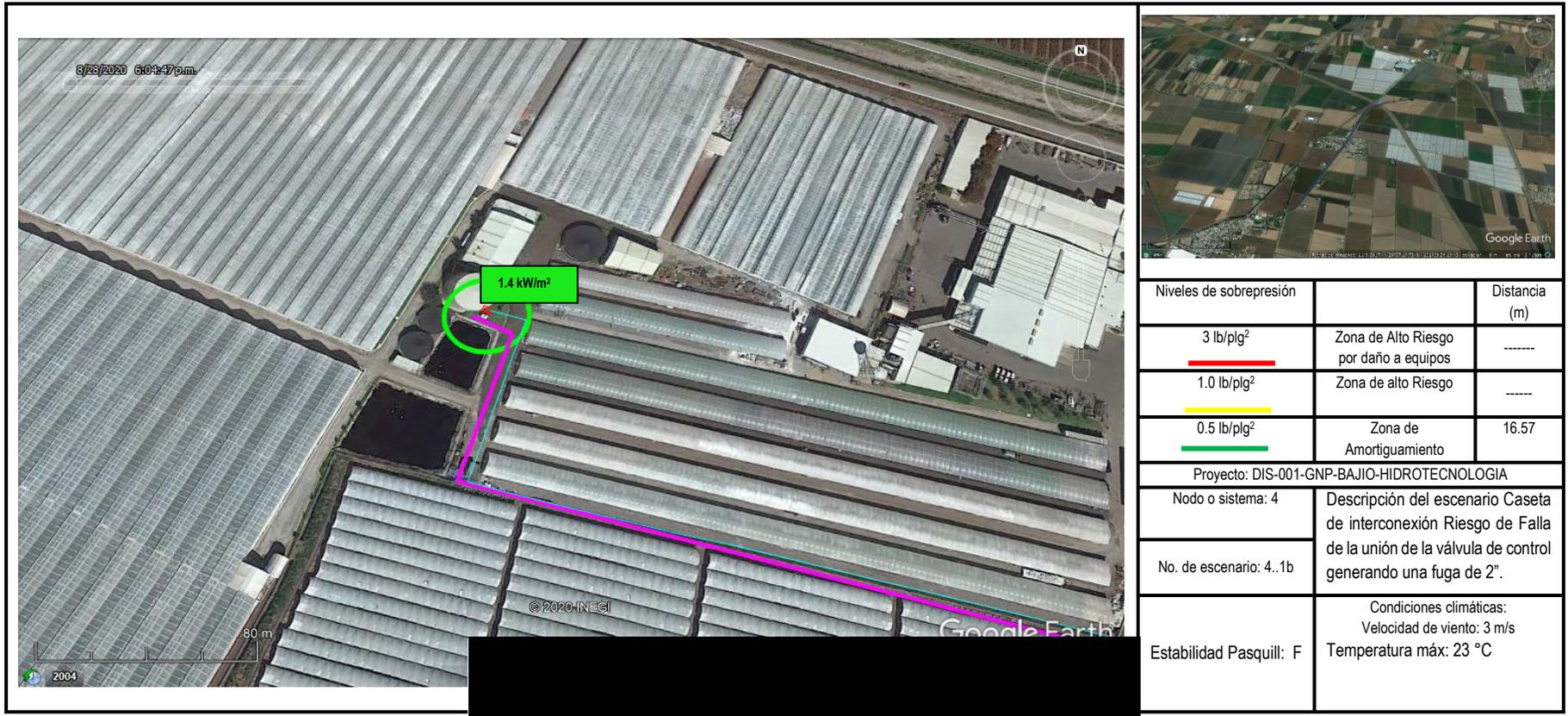
### Radios potenciales de afectación por sobrepresión



### Radios potenciales de afectación por radiación térmica



### Radios potenciales de afectación por sobrepresión



## 1.6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO

### 1.6.1. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Para determinar el grado de vulnerabilidad del medio (Población, personal, instalaciones, ambiente), se elabora un análisis de la superficie de afectación por la ocurrencia de un evento adverso y todos los elementos dentro del mismo, presentando los escenarios simulados en el análisis de consecuencias (Peor Caso, Caso más probable y Casos alternos), para lo que se construyó el siguiente cuadro:

**Cuadro 49. Descripción de los posibles receptores de Riesgo.**

Clave del escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
1.2. Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura en el ducto originando una fuga de 2".	Población	Radiación	Alto Riesgo	No se considera afectada la población debido a que como se puede observar en la imagen de radio de afectación del evento 1.2a con un radio de 20.1168 m, únicamente se observa una vivienda y se ubica fuera del área marcada.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento	No se considera afectada la población debido a que como se puede observar en la imagen de radio de afectación del evento 1.2a con un radio de 25.5176 m, únicamente se observa una vivienda y se ubica fuera del área marcada.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
	Sobrepresión	Alto Riesgo	No se registro un área debido a la baja presión generada por una explosión si la hubiera bajo estas circunstancias.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.	
		Amortiguamiento	No se considera afectada la población debido a que como se puede observar en la imagen de radio de afectación del evento 1.2a con un radio de 20,1168 m, únicamente se observa una vivienda y se ubica fuera del área marcada.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.	
	Toxicidad	Alto Riesgo	No, se considero dado que el gas natural es más ligero que el aire y adicionalmente no hay condiciones que ayuden a	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL	Establecer una vía de comunicación directa con las	

				la formación de una nube toxica y finalmente el gas no es tóxico, pero es asfixiante debido a que desplaza el oxígeno.	POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento		Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
	Medio ambiente	Radiación	Alto Riesgo	El daño generado a los organismos es a algunos árboles, cultivos, roedores, aves e insectos que pudieran estar presentes en el momento del evento, respecto a factores abióticos, el suelo y aire.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento	El daño generado a los organismos es a algunos árboles, cultivos, roedores, aves e insectos que pudieran estar presentes en el momento del evento, respecto a factores abióticos, el suelo y aire.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
		Sobrepresión	Alto Riesgo	No se considera debido a que la presión generada no alcanza las 3 lb/plg <sup>2</sup> .	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento	El daño que pudiera generarse aun cuando la presión generada es mínima sería a organismos como a algunos árboles, cultivos, roedores, aves e insectos que pudieran estar presentes en el momento del evento, respecto a factores abióticos, el suelo y aire.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
		Toxicidad	Alto Riesgo	No aplica	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento		Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.

					vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	
	Personal	Radiación	Alto Riesgo	El personal pudiera verse afectado si se encontrará ubicado en la EMR de interconexión al momento del evento ya que se encuentra dentro del radio de afectación 20.1168 m.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento	No se considera afectada la población debido a que como se puede observar en la imagen de radio de afectación del evento 1.2a con un radio de 20.1168 m, únicamente se observa una vivienda y se ubica fuera del área marcada.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
		Sobrepresión	Alto Riesgo	No se considera ya que la presión generada no ocasionaría riesgos de salud a los trabajadores que pudieran verse expuestos.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento		Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
	Toxicidad	Alto Riesgo	No se considera debido a que no se observan condiciones que favorezcan la formación de una nube de gas que desplace el oxígeno y genere la asfixia.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.	
		Amortiguamiento		Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.	
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	Pudiera verse afectada la EMR de interconexión ya que se encuentra dentro del radio de afectación 20.1168 m.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.

			Amortiguamiento	Pudiera verse afectada la EMR de interconexión ya que se encuentra dentro del radio de afectación 20.1168 m.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.			
			Sobrepresión	Alto Riesgo	No se considera ya que la presión generada no ocasionaría daño o ruptura de instalaciones	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.		
				Amortiguamiento				Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Toxicidad	Alto Riesgo	No aplica.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.		
				Amortiguamiento				Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			5.3 Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura total en el ducto de 6" originando una fuga.	Población	Radiación	Alto Riesgo	El daño puede ser muy importante debido a que existen asentamientos urbanos pequeños a ambos lados de la Franja de Desarrollo del ducto y como se puede observar en la imagen de radio de afectación del evento 5.3a con un radio de 20.1168 m, existen varias viviendas dentro del área marcada.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
						Amortiguamiento	El daño puede ser muy importante debido a que existen asentamientos urbanos pequeños a ambos lados de la Franja de Desarrollo del ducto y como se puede observar en la imagen de radio de afectación del evento 1.2a con un radio de 25.5176 m, existen varias viviendas dentro del área marcada.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.

		Sobrepresión	Alto Riesgo	No se registró una área debido a la baja presión generada por una explosión si la hubiera bajo estas circunstancias.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento	Aún cuando la presión generada es baja (0.5 lb/plg <sup>2</sup> ) el hecho de que varias viviendas se ubiquen dentro de esta área (63.09 m), es suficiente para considerar un riesgo que es necesario estudiar y vigilar.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
		Toxicidad	Alto Riesgo	Es necesario tomar medidas debido a que a pesar de que el gas natural es más ligero que el aire y que no es tóxico si asfixiante debido a que desplaza el oxígeno, existe la posibilidad que la población se pueda ver expuesta a el gas que se pudiera fugar.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento		Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
	Medio ambiente	Radiación	Alto Riesgo	El daño generado a los organismos es a algunos árboles, roedores, aves e insectos que pudieran estar presentes en el momento del evento, respecto a factores abióticos, el suelo y aire.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento	El daño generado a los organismos es a algunos árboles, roedores, aves e insectos que pudieran estar presentes en el momento del evento, respecto a factores abióticos, el suelo y aire.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
		Sobrepresión	Alto Riesgo	No se considera debido a que la presión generada no alcanza las 3 lb/plg <sup>2</sup> .	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento	El daño que pudiera generarse aun cuando la presión generada es mínima sería a organismos como a algunos árboles, cultivos, roedores, aves e insectos que pudieran	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de	Establecer una vía de comunicación directa con las

			estar presentes en el momento del evento, respecto a factores abióticos, el suelo y aire.	vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	autoridades y las comunidades.
	Toxicidad	Alto Riesgo	No aplica	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
		Amortiguamiento		Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
Personal	Radiación	Alto Riesgo	No se considera debido a que solamente el personal que atendiera una emergencia en el momento de suceder el evento podría estar expuesto.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
		Amortiguamiento	No se considera debido a que solamente el personal que atendiera una emergencia en el momento de suceder el evento podría estar expuesto.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
	Sobrepresión	Alto Riesgo	No se considera ya que la presión generada no ocasionaría riesgos de salud a los trabajadores aunque pudieran verse expuestos.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
		Amortiguamiento		Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
	Toxicidad	Alto Riesgo	No se considera debido a que solamente el personal que atendiera una emergencia en el momento de suceder el evento podría estar expuesto.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.

			Amortiguamiento		Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	El daño que pudiera generarse a las casas de la población, ya que además del ducto donde se genera el evento no se visualiza ninguna otra instalación que pudiera verse dañada.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.	
		Amortiguamiento	El daño que pudiera generarse a las casas de la población, ya que además del ducto donde se genera el evento no se visualiza ninguna otra instalación que pudiera verse dañada.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.	
	Sobrepresión	Alto Riesgo	No se considera ya que la presión generada no ocasionaría daño o ruptura de instalaciones	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.	
		Amortiguamiento		Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.	
	Toxicidad	Alto Riesgo	No aplica.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.	
		Amortiguamiento		Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.	

6.3 Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura de 1" en el ducto de 4" originando una fuga.	Población	Radiación	Alto Riesgo	No se considera dado que no hay población cercana, sin embargo, si existe una gran cantidad de invernaderos en la zona.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento	No se considera dado que no hay población cercana, sin embargo, si existe una gran cantidad de invernaderos en la zona.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
		Sobrepresión	Alto Riesgo	No se registró una área debido a la baja presión generada por una explosión si la hubiera bajo estas circunstancias.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento	No se considera debido a que no hay una población cercana a la zona adicionalmente la presión generada es baja (0.5 lb/plg <sup>2</sup> ).	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
		Toxicidad	Alto Riesgo	No se considera debido a que no hay población cercana y no hay condiciones para la formación de una nube, adicionalmente debemos considerar que el gas es asfixiante y no toxico.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento		Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
	Medio ambiente	Radiación	Alto Riesgo	El daño generado a los organismos es a algunos árboles, roedores, aves e insectos que pudieran estar presentes en el momento del evento, respecto a factores abióticos, el suelo y aire.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento	El daño generado a los organismos es a algunos árboles, roedores, aves e insectos que pudieran estar presentes en	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL	Establecer una vía de comunicación directa con las

				el momento del evento, respecto a factores abióticos, el suelo y aire.	POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	autoridades y las comunidades.
		Sobrepresión	Alto Riesgo	No se considera debido a que la presión generada no alcanza las 3 lb/plg <sup>2</sup> .	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento	El daño que pudiera generarse aun cuando la presión generada es mínima sería a organismos como a algunos árboles, cultivos, roedores, aves e insectos que pudieran estar presentes en el momento del evento, respecto a factores abióticos, el suelo y aire.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
		Toxicidad	Alto Riesgo	No aplica	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento		Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
	Personal	Radiación	Alto Riesgo	No se considera debido a que solamente el personal que pudiera estar en los invernaderos podría estar expuesto.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento	No se considera debido a que solamente el personal que pudiera estar en los invernaderos podría estar expuesto.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
		Sobrepresión	Alto Riesgo	No se considera ya que la presión generada no ocasionaría riesgos de salud a los trabajadores aunque pudieran verse expuestos.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.

			Amortiguamiento		Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
		Toxicidad	Alto Riesgo	No se considera debido a que no hay personal expuesto y que no hay condiciones para formación de una nube adicionalmente el gas natural no es toxico sino asfixiante.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento		Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	El daño que pudiera generarse a los invernaderos, ya que además del ducto donde se genera el evento no se visualiza ninguna otra instalación que pudiera verse dañada.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento	El daño que pudiera generarse a los invernaderos, ya que además del ducto donde se genera el evento no se visualiza ninguna otra instalación que pudiera verse dañada.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
		Sobrepresión	Alto Riesgo	No se considera ya que la presión generada no ocasionaría daño o ruptura de instalaciones	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento		Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
		Toxicidad	Alto Riesgo	No aplica.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de	Establecer una vía de comunicación directa con las

					vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	autoridades y las comunidades.
			Amortiguamiento		Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.

Del análisis anterior se obtienen tres eventos relevantes a considerar por los efectos generados y se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 50. Resumen de análisis de vulnerabilidad.**

Evento	Receptor	Clasificación	Consecuencia	Salvaguardas	Recomendaciones
1.2. Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura en el ducto originando una fuga de 2".	Instalaciones	Alto Riesgo	Pudiera verse afectada la EMR de interconexión ya que se encuentra dentro del radio de afectación 20.1168 m.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
5.3 Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura total en el ducto de 6" originando una fuga.	Instalaciones	Alto Riesgo	El daño puede ser muy importante debido a que existen asentamientos urbanos pequeños a ambos lados de la Franja de Desarrollo del ducto y como se puede observar en la imagen de radio de afectación del evento 5.3a con un radio de 20.1168 m, existen varias viviendas dentro del área marcada.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.
6.3 Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura de 1" en el ducto de 4" originando una fuga.	Instalaciones	Alto Riesgo	El daño que pudiera generarse a los invernaderos, ya que además del ducto donde se genera el evento no se visualiza ninguna otra instalación que pudiera verse dañada.	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación directa con las autoridades y las comunidades.

### 5.6.2. INTERACCIONES DE RIESGO

Con base en el análisis de vulnerabilidad, se establecieron los posibles receptores de afectaciones y con ello se determinaron cuales pueden generar un nuevo evento que se sumen al inicial, dando lugar a un efecto domino, para lo cual se elaboró el siguiente cuadro con las interacciones de riesgo y descripción de los posibles receptores que a su vez pueden genera un nuevo evento.

Evento con efecto domino identificado: Fuga de 2" debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), y la afectación de la caseta EMR de interconexión que puede generar otra explosión. Se presenta a continuación los resultados de ese evento.

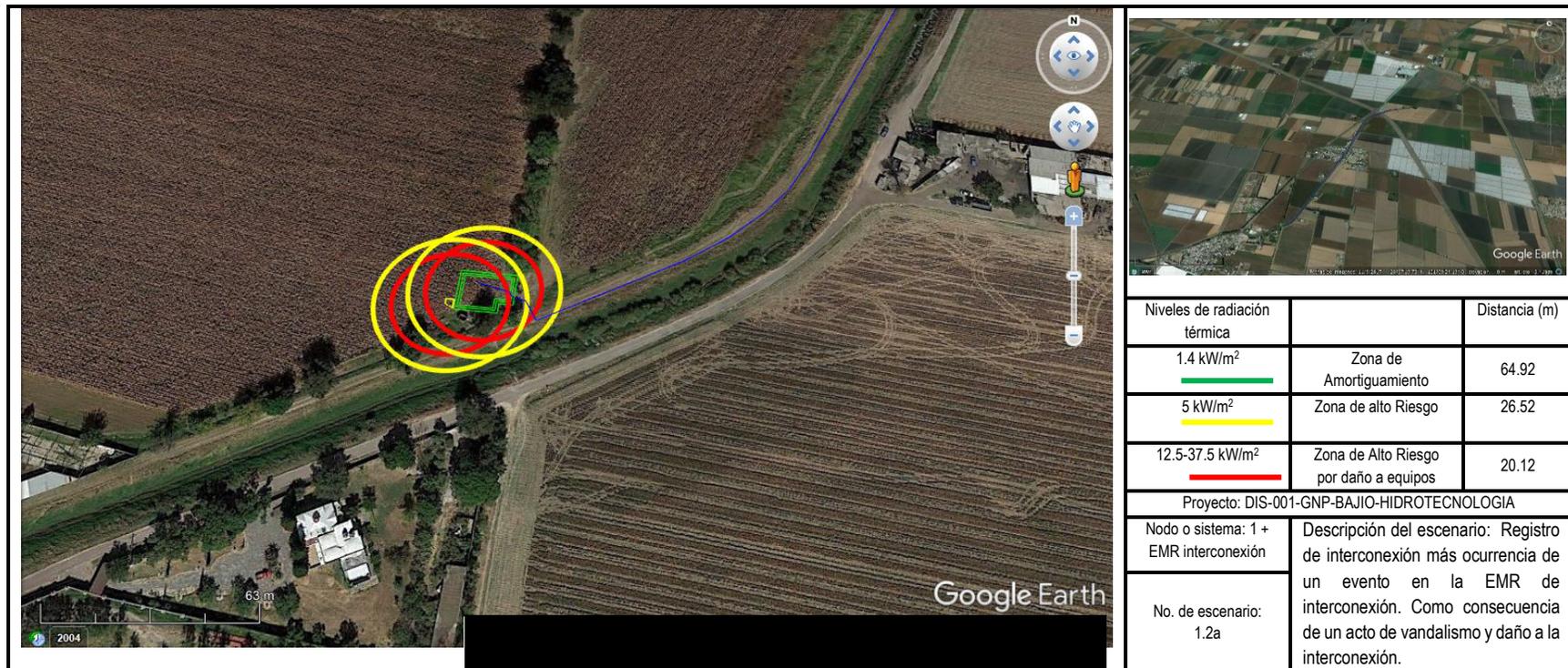
Cuadro 51. Interacciones de riesgo y descripción de los posibles receptores de Riesgo

Clave del Escenario de riesgo	Equipo/sitio de la planta/Km del ducto o ruta donde se presenta la fuga simulada	Sustancia peligrosa involucrada en el Escenario de Riesgo	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la afectación	Equipos o instalaciones industriales al punto de fuga	Descripción de Salvaguardas Existentes	Recomendaciones para implementar	Escenario de efecto Domino Potencial identificado
1.2a. Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura en el ducto originando una fuga de 2".	Interconexión	Gas natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación	14.63	Registro de interconexión	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación interna eficiente y con las autoridades y las comunidades.	Fuga e incendio en la interconexión y afectación de la EMR de interconexión que puede generar otro evento adverso
		Gas natural		Sobrepresión	No se considera debido a la baja presión generada por un evento adverso la EMR se encuentra confinada dentro de una barda que ofrece una barrera y da tiempo de atender la emergencia rápidamente.				
		Gas natural	Alto riesgo	Radiación	20.12	Registro de interconexión	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación interna eficiente y con las autoridades y las comunidades.	Fuga e incendio en la interconexión y afectación de la EMR de interconexión que puede generar otro evento adverso
		Gas natural		Sobrepresión	No se considera debido a la baja presión generada por un evento adverso la EMR se encuentra confinada dentro de una barda que ofrece una barrera y da tiempo de atender la emergencia rápidamente.				
6.3 Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que	<b>COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA)</b> <b>ART. 113</b> <b>FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110</b> <b>FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.</b>	Gas natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación	26.52	Cuerpo del ducto	Procedimientos de atención a emergencias de GAS NATURAL POTOSINO y Programa de vigilancia y mantenimiento de la franja de Desarrollo	Establecer una vía de comunicación interna eficiente y con las empresas y autoridades involucrados	Fuga e incendio en el cuerpo del ducto y por su cercanía a los invernaderos es posible la extensión de el mismo a las naves de invernaderos.
		Gas natural		Sobrepresión	No se considera debido a la baja presión generada por un evento de explosión y en el caso de iniciar con una explosión ocasionada por actividades ajenas al ducto (invasión, sabotaje o toma clandestina), no se considera suficiente para dañar las instalaciones de los invernaderos.				
		Gas natural	Alto riesgo	Radiación	34.75	Registro de interconexión			Fuga e incendio en el cuerpo del ducto y por su cercanía a los invernaderos es posible la extensión de el mismo a

									las naves de invernaderos.
		Gas natural		Sobrepresión	No se considera debido a la baja presión generada por un evento de explosión y en el caso de iniciar con una explosión ocasionada por actividades ajenas al ducto (invasión, sabotaje o toma clandestina), no se considera suficiente para dañar las instalaciones de los invernaderos.				

A continuación, se presentan las simulaciones y estimación de radios para cada escenario de Efecto domino potencial identificado.

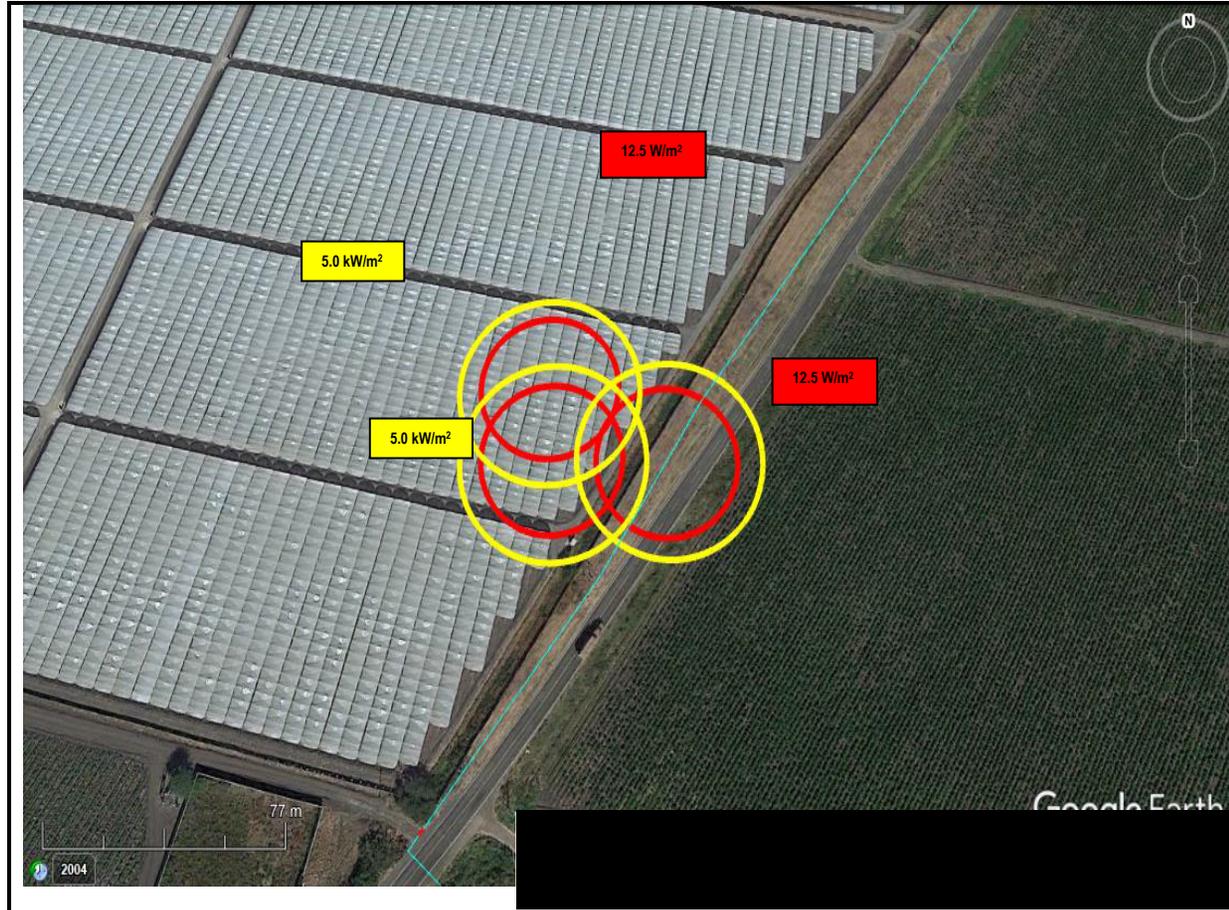
### Radios potenciales del efecto domino evento 1.2a



COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA)  
 ART. 113  
 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110  
 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

	Estabilidad Pasquill: F	Condiciones climáticas: Velocidad de viento: 3 m/s Temperatura máx: 23 °C
--	-------------------------	---

**Radio potenciales del efecto domino evento 6.3a**



Niveles de radiación térmica		Distancia (m)
1.4 kW/m²	Zona de Amortiguamiento	84.13
5 kW/m²	Zona de alto Riesgo	34.75
12.5-37.5 kW/m²	Zona de Alto Riesgo por daño a equipos	26.52

Proyecto: DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA	
Nodo o sistema: 1 + EMR interconexión	Descripción del escenario: Registro de interconexión más ocurrencia de un evento en la EMR de interconexión. Como consecuencia de un acto de vandalismo y daño a la interconexión.
No. de escenario: 1.2a	
Estabilidad Pasquill: F	Condiciones climáticas: Velocidad de viento: 3 m/s Temperatura máx: 23 °C

COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA)  
ART. 113  
FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110  
FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Con lo anterior podemos concluir, que de los riesgos, identificados, jerarquizados y los determinados con posibilidad de tener un efecto Domino, se desprende lo siguiente:

- Se considera que solo el evento 5.3a y 6.3a presentan las condiciones para generar un efecto Domino.
- 1.2. El evento adverso (Jet Fire) generado por una fuga de 2" originado por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), no se considera con posibilidad de efecto domino, ya que **no se observó ninguna instalación que pudiera resultar dañada** y a su vez tuviera materiales o equipos que dieran lugar a otro evento adverso que se sumara al primero.
- 5.3 Evento adverso (Jet Fire) generado por una fuga por la ruptura total del ducto debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), pudiera generar calor suficiente para dañar la instalación de la EMR de interconexión que se encuentra dentro del rango de Alto riesgo para instalaciones determinado para este evento, ocasionando el sobrecalentamiento y la ocurrencia de un incendio o explosión dentro de esa instalación.
- 6.3 Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura de 1" en el ducto de 4" originando una fuga, dando origen a un incendio (Jet Fire) en cuyo radio de Alto riesgo a instalaciones, se encuentra la infraestructura de una serie de invernaderos, que es posible inicien un incendio mayor de material combustible de sus coberturas, adicionalmente no se sabe que tipo de equipamiento o sustancias manejen que pudieran contribuir a ese incendio y por la cercanía entre naves este es tal vez el evento con mayor posibilidad de extensión de un evento Domino.

## 1.7. REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGO

Como ya se menciona, en el proyecto **NO se identificaron Escenarios de Riesgo "no tolerables"** sin embargo, con la información obtenido de los análisis previos se presentan en el siguiente cuadro los más relevantes detectados revalorando su frecuencia y consecuencia, **considerando adicionalmente las medidas de prevención** y contención incluidas en el diseño del proyecto.

**Cuadro 52. Lista de escenarios-Accidentes**

Nodo	Evento	Causa	Frecuencia	Consecuencia	Nivel de Riesgo (frecuencia por consecuencia)	Clasificación	Salvaguardas
1.2a El evento adverso (Jet Fire) generado por una fuga de 2" en el ducto de 6".	Incendio (Jet Fire)	Actividades ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina)	0.75	12	9	Leve	Válvula de seguridad Sistema de monitoreo Remoto SCADA Procedimientos de paro y arranque. Programa de inspección visual a tuberías y equipos. Programas de inspección preventivas de riesgo. Procedimientos de paro y arranque. Programa de inspección visual a tuberías y equipos. Programas de inspección preventivas de riesgo.
5.3a El evento adverso	Incendio (Jet Fire)	Actividades ajenas al proyecto	0.75	14	10.5	Leve	Válvula de seguridad Sistema de monitoreo Remoto SCADA

generado por la ruptura total del ducto.		(invasión, sabotaje, toma clandestina)					Procedimientos de paro y arranque. Programa de inspección visual a tuberías y equipos. Programas de inspección preventivas de riesgo. Procedimientos de paro y arranque. Programa de inspección visual a tuberías y equipos. Programas de inspección preventivas de riesgo.
6.3a Ruptura de 1" en el ducto de 4" .	Incendio (Jet Fire)	Actividades ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina)	0.75	15	11.25	Leve	Válvula de seguridad Sistema de monitoreo Remoto SCADA Procedimientos de paro y arranque. Programa de inspección visual a tuberías y equipos. Programas de inspección preventivas de riesgo. Procedimientos de paro y arranque. Programa de inspección visual a tuberías y equipos. Programas de inspección preventivas de riesgo.

Se modificaron las consecuencias en función de la posibilidad de una magnificación del evento en el caso de generar un viento domino, sin embargo también se aumento en el caso del evento 5.3a debido al riesgo para la población aledaña al proyecto, cabe mencionar que en esas estimaciones no se consideran las medidas preventivas, de control y mitigación que se incluyen en el proyecto con lo cual se disminuirá el valor y esto es posible que lo lleve de una clasificación "Leve" a "Poco relevante".

## 1.8. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO

### 1.8.1. SISTEMAS DE SEGURIDAD

Como primer punto, es importante señalar que muchas de las medidas preventivas, administración de riesgos, atención de eventos se atienden con base en el **Sistema de Gestión de Calidad** que tiene Gas Natural Potosino, por tanto, se presenta el listado de procedimientos que lo integra **y se anexan todos al presente documento**.

Los programas y sistemas de Gestión de Calidad, incluidos en "Anexo. Procedimientos de **SGC**"

- FPSI-IGA-10-1 Notificación de eventos de seguridad
- FPSI-IGA-10-2 Reporte de accidentes
- FPSI-IGA-10-3 Lecciones Aprendidas
- FPSI-IGA-10-4 Reporte de Actos y condiciones Inseguras
- IG-PIRE-001 Plan Integral de respuesta a emergencias
- ITPSI-IGA-07 Incendio y Fuego
- ITPSI-IGA-07-1 Silla de Evacuación
- Política de Gestión de Riesgos
- PSIG 6.1 Gestión de Riesgos

- PSIG 6.2 Identificación de peligros y evaluación de Riesgos
- PS-IGA-09 Plan de Comunicación Social
- PS-IGA-06 Evacuación Discapacitados
- PSI-IGA-06 Evacuación
- PSI-IGA-07-B Incendio o explosión
- PSI-IGA-08 Atención Población
- PSI-IGA-10 Investigación de accidentes (1)
- PSI-IGA-10 Investigación de accidentes

Además de lo anterior, a continuación, se describen de manera detallada las características principales de los dispositivos, equipos y Sistemas de Seguridad con los que cuenta el Proyecto nuevo "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA":

#### **Sistema SCADA**

Dentro del proyecto se consideran en el caso de la Caseta EMR de interconexión cuenta con dos trenes de regulación, uno en operación normal y uno de respaldo. igualmente, se instalará una válvula de seguridad la cual relevará el gas a la atmósfera en caso de que llegara a existir alguna falla en los equipos de regulación, siendo el set point de está a 350 psig. Los elementos de seguridad principales de la estación de medición y regulación son los siguientes:

- Válvula de corte automático, OSE BM 3" ANSI 600<sup>1</sup>
- Filtro coalescente, 3" 600# 77V-2-336-12-1480
- Medidor de flujo primera etapa, 3" medidor rotatorio Dresser 7M1480
- Medidor de flujo segunda etapa, 3" Turbina G250
- Manómetros 0-1000 psig y 0-600 psig
- Reguladores y válvulas de corte asociadas, 2" Flowgrid Mooney Trim 50% CL 600
- Válvulas de seguridad, Mercer 3" 300# X 4" 150# (Orificio I)

Para las EMR de usuario se contará con el siguiente equipamiento para prevenir la ocurrencia de un evento adverso.

- Medidor de Flujo
- Manómetros
- Reguladores y válvulas de corte asociadas
- Doble Protección por sobre presión

## Instrumentación en campo

El Sistema SCADA es uno de los más importantes para la seguridad del proyecto, ya que permite mantener monitoreada la presión en el sistema de distribución y detectar rápidamente un evento adverso y atenderlo de la misma forma.

Como parte del sistema de medición y que contribuye a la seguridad del proyecto, se tiene considerado que la Caseta de Interconexión, será monitoreada por un Sistema Automático de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (Supervisory, Control and Data Acquisition - SCADA) que permite monitorear las condiciones de operación básicas (presión, flujo y temperatura) en forma remota.

Un SCADA es un sistema basado en equipos de monitoreo (sensores, computadores, etc.) que permite supervisar y, en su caso, controlar a distancia una instalación de cualquier tipo. El proyecto contará con un sistema de monitoreo y control SCADA, que permitirá visualizar cualquier cambio significativo en las condiciones de operación normal de la estación y en un momento determinado, es posible, poder emitir una alarma a un centro de control central, dependiendo de la tecnología que se emplee en su diseño y construcción.

Un sistema SCADA recolecta datos de los transmisores de proceso (Presión, Temperatura y Flujo) y los recolecta en un computador electrónico de flujo el cual realiza una serie de cálculos con bases a los estándares de la American Gas Association (AGA) y totaliza el volumen corregido, acumulándolo en su base de datos.

Esta información es enviada en tiempo real, si el sistema lo permite, al centro de operaciones del transportista, el cual puede verificar los parámetros del proceso o puede ser almacenada en la memoria del equipo y ser consultada de manera local por un operador.

Los datos son convertidos a un protocolo de comunicaciones adecuado y enviados por un modem conectado a una antena satelital y en el otro extremo existe otra terminal similar que los recibe, "desempaqueta" y muestra en las pantallas del operador. El enlace satelital lo suministra una empresa dedicada a esa función (Enlaces Integra).

En el caso del sistema SCADA para este el proyecto se presenta un resumen de los mensajes, códigos de función, y la asignación de registros que son aplicables al protocolo de comunicaciones MODBUS.

MODBUS es el protocolo de comunicaciones estándar que se usa para el intercambio de datos entre dispositivo servidor y dispositivos de campo tales como RTU/PLC/computadores de flujo/cromatógrafos, para carga (upload) y descarga (download) de datos del dispositivo de campo.

Para los datos históricos, un registro representará un arreglo de DATOS. En todos los otros casos, un registro representará un elemento de DATOS, los cuales estarán en formato de punto flotante **IEEE de 32 bits**. Esto corresponde a 4 bytes.

La Estación Regulación y Medición de Interconexión, contará con un computador SCADAPack 350, con un puerto de comunicación precargado para la transmisión/recepción de datos bajo el protocolo estándar de PGPB, MODBUS.

Este estándar de comunicación será empleado para el intercambio, carga y descarga de datos entre dispositivo servidor y los dispositivos de campo, como es el caso del computador SCADAPack 350 (en este caso no habrá cromatógrafo asociado).

Resumen de la asignación que se dará a cada registro

Las direcciones en los mensajes, se refieren a direcciones del sistema, no a direcciones específicas. Los comandos regresaran mensajes de error de excepción si el comando, se refiere a direcciones fuera del rango válido para el comando. Los rangos quedan de la manera siguiente:

**Cuadro 53. Rangos válidos para los comandos del sistema.**

Rango del registro (decimal)	Asignado para
0001 – 1000	Registros de datos históricos de punto flotante (medidores por hora/diario, calidad de gas por hora/diario) recuperación / reconocimiento de Alarma y eventos (0032)
1001 – 2000	Datos de status de tiempo real
2001 – 3000	No asignado
3001 – 4000	No asignado
4001 – 5000	No asignado
5001 – 6000	No asignado
6001 – 7000	Apuntadores a registros históricos actuales (6100 – 6300 aproximadamente) Número de eventos no reconocidos (6301)
7001 – 7599	Datos de punto flotante de tiempo real
7600 – 7999	Eventos
8001 – 9000	Carga / Descarga de datos (calidad de gas actual y configuración AGA)
9999 – 10000	Sincronización de tiempo

#### Sincronización del tiempo

Los registros de sincronización del tiempo, son en formato de punto flotante y son descargados empleando una función de Código 16, mientras que la carga se hace, empleando una función de código 3.

Este protocolo de PEMEX MODBUS extenderá los códigos de función 03, 05 y 16 (de un Modbus estándar) con la funcionalidad siguiente:

#### Código de Función 03:

- Carga (upload) de datos históricos de gas (por hora y por día) desde dispositivos de campo.
- Carga de los datos de tiempo real de la calidad de gas desde dispositivos de campo.
- Carga de los datos actuales de configuración de dispositivos de campo.
- Carga de eventos y alarmas de medida de gas desde dispositivos de campo (Usa código de función 03 para carga, y código de función 05 para el reconocimiento de alarmas/eventos).

Código de función 16:

- Descarga (download) los DATOS de la calidad de gas a dispositivos de campo
- Descarga los DATOS actuales de configuración a dispositivos de campo.
- Envía el tiempo del sistema al dispositivo de campo para la sincronización de tiempo.

**Cuadro 54. Registros usados para la carga/descarga son 2 de 8 bytes, en este sistema.**

Número de Registro	Descripción	Formato	Acceso
9999	FECHA	MMDDYY.0	LECTURA / ESCRITURA
10000	TIEMPO	HHMMSS.0	LECTURA / ESCRITURA

El formato para la **fecha** será un número de punto flotante representando **MMDDYY. 0**, donde:

MM = mes en el año = 1 a 12

DD = día del mes = 01 a (28,29,30,31)

YY = año = 00 - 99

En el caso del año (YY), se tienen las opciones siguientes:

- a. Si YY es menos de 70, entonces el año es 2000 + YY. Ejemplo, YY = 03 representaría el año 2003.
- b. Si YY es igual o mayor que 70, entonces el año es 1900 + YY. Ejemplo, YY = 99, representaría el año 1999.

El formato para el **tiempo** es un número de punto flotante representando **HHMMSS. 0**, donde:

HH = horas desde la medianoche = 0 a 23

MM = minutos después de la hora = 0 a 59

SS = segundos después del minuto = 0 a 59

Recuperación de datos históricos.

Para el caso del sistema que se instalará, el computador SCADAPack 350, posee memoria física para el almacenamiento de datos históricos para medidores de gas, donde cada registro se compone de múltiples campos, que contienen valores de datos. Por lo tanto, hay una correspondencia, uno a uno, entre el conjunto de registros históricos y su número de registro asociado. El SCADAPack 350, soporta la aplicación:

## Carga de Gas Natural (NG)

Dado que en la Estación de Regulación y Medición de Interconexión se tendrá un solo tren de medición (gas meter run), la tabla siguiente define los conjuntos de datos históricos que se emplearán:

**Resumen del Mapeo para el conjunto de datos históricos.**

Número de Registro	Descripción	Acceso
701	REGISTRO DE DATOS DIARIOS	SOLO LECTURA
708 - 720	RESERVADO	SOLO LECTURA
721	DATOS POR HORA	SOLO LECTURA
728 - 730	RESERVADO	SOLO LECTURA
741	REGISTROS DE CALIDAD DE GAS DIARIOS	SOLO LECTURA
6101	APUNTADOR DE REGISTRO DIARIO DEL MEDIDOR DE GAS ACTUAL	SOLO LECTURA
6108 - 6120	RESERVADO	SOLO LECTURA
6121	APUNTADOR DE REGISTRO HORARIO DEL MEDIDOR DE GAS ACTUAL	SOLO LECTURA
6128 - 6140	RESERVADO	SOLO LECTURA

## Formato del Registro Histórico

La parte de los datos del mensaje de respuesta del medidor, para obtención de históricos diarios y horarios de gas natural, tiene los siguientes campos de punto flotante:

**Ejemplo del Formato del Registro Histórico**

Campo	Formato/Unidad	Nota
Fecha	MMDDYY.0	Al inicio del periodo
Hora	HHMMSS.0	Al inicio del periodo
Tiempo de ejecución	Minutes	
EFM Up Time	Minutes	
DP promedio/Frecuencia Promedio	H <sub>2</sub> O / Hz	HZ (Turbina)
PF promedio	PSI	
TF promedio	F°	
SPG promedio	-	
BTU promedio	BTU(60)/SCF	

Ext promedio	-/ MMPC	Turbina
Volumen de MEM (cond de pmx)	MMPC	
Energía	Mega Calorías	
número de Eventos	-	
número de Alarmas	-	
Identificación del Medidor	-	
Calidad	-	
Volumen de MCF (std. cond.)	MMSCF	
Energía total	Giga Calorías	

Descarga de Calidad de Gas en Tiempo Real con MODBUS PEMEX.

La parte de DATOS del mensaje para la descarga de Calidad de Gas Natural tiene los campos de punto flotante (%) que se incluye en el cuadro siguiente.

**Campos de punto flotante (%) para ingreso de datos al sistema.**

Registro	Campo	Formato/Unidad	Notas
	Fecha	MMDDYY.0	
	Hora	HHMMSS.0	
8031	Metano	%	
8032	Nitrógeno	%	
8033	CO <sub>2</sub>	%	
8034	Etano	%	
8035	Propano	%	
8036	H <sub>2</sub> O	%	
8037	H <sub>2</sub> S	%	
8038	Hidrógeno	%	
8039	CO	%	
8040	O <sub>2</sub>	%	
8041	I-butano	%	
8042	n-butano	%	
8043	I-pentano	%	
8044	n-pentano	%	
8045	n-hexane	%	
8046	n-heptane	%	
8047	n-octane	%	
8048	n-nonane	%	

8049	n-decane	%	
8050	Helio	%	
8051	Argón	%	
8052	Hexanos +	%	No usados
8053	Densidad Relativa	-	
8054	Poder Calorífico	BTU (60)/SCF	

#### Para Carga y Descarga de Configuración AGA

Los dispositivos de campo almacenan, típicamente en memoria física, las configuraciones AGA. Una configuración de AGA se compone de múltiples campos que contienen valores de datos, de modo que cada configuración, ocupara un bloque de la memoria. Cada campo en un registro es, unívocamente, direccionado a un número de registro Modbus. Una configuración AGA debe usar un bloque contiguo de registros Modbus.

1. Los datos de configuración AGA para un medidor (Turbina). Incluye los campos siguientes:

Low Flow Cutoff Mrk  
 ID del Medidor  
 Run Enable  
 Cálculo de Supercompresibilidad  
 Tap Location  
 Diámetro de Orificio  
 Presión Atmosférica  
 Presión Base  
 Temperatura Base  
 Hora Contractual  
 Cálculo AGA

En el siguiente cuadro se define el mapeo de registros AGA, para el Medidor #1.

#### Registros AGA para el medidor.

Campo	Registro	Formato/Unidad	Comentario
Presión atmosférica	8601	kg/cm <sup>2</sup> ABS	
Presión Base	8602	kg/cm <sup>2</sup>	
Base Temperature	8603	C°	
Hora Contractual	8604		Formato de punto

			flotante en el mensaje de Modbus
Low Flow Cutoff Mark	8605	" H <sub>2</sub> O / Hz	Hz (Rotativo)
ID del Medidor	8606	Int	Formato de punto flotante en el mensaje de Modbus
Run Enable	8607	0.0= inhibit 1.0=enable	Formato de punto flotante en el mensaje de Modbus
Cálculo de Supercompresibilidad	8608	Solo 5.0 es soportado 0.0 = AGA-8 1985 Detallado 1.0 = AGA-8 1992 Gross 1 2.0 = AGA-8 1992 Gross 2 3.0 = NX-19 GCN 4.0 = NX-19 Completo 5.0 = AGA-8 1992 Detallado 6.0 = Redlick-Kwong	Formato de punto flotante en el mensaje de Modbus
Tap Location	8609	0.0 = upstream 1.0 = downstream	Formato de punto flotante en el mensaje de Modbus
Diámetro de Tubería	8610	Pulgadas	
Diámetro de Orificio	8611	Pulgadas	Factor del Medidor
Cálculo AGA	8612	0.0 = AGA-3 1985 1.0 = AGA-7 1985 2.0 = AGA-3 1992 4.0 = V-Cone	De punto flotante en el mensaje de Modbus
Cálculo AGA-3 (Método extendido 1992)	8613	0.0 = Not used 1.0 = Method 1 2.0 = Method 2	De punto flotante en el mensaje de Modbus

### Registros MODBUS para Poleo en Tiempo Real

En el dispositivo de campo, los números siguientes de registro se usan para la recuperación de datos de tiempo real de un medidor. El servidor recolectará los datos usando el código de función 03 en un mensaje estándar Modbus. La respuesta del dispositivo de campo será una respuesta Modbus estándar.

Datos instantáneos y reales del mensaje de tiempo real, para una corriente de medición (Medidor # 1) de Gas Natural, tiene los siguientes campos de punto flotante.

NUMERO DE REGISTRO	Descripción	UNIDADES PEMEX	Acceso
<b>Puntos analógicos y de flujo</b>			
7001	Presión estática t. M.	PSI	Solo Lectura
7002	Presión diferencial t. M.	Pulg H <sub>2</sub> O ó Hz	Solo Lectura
7003	Temperatura	°F	Solo Lectura
7004	Flujo instantáneo corregido @ condiciones pgpb	MSCM/D	Solo Lectura
7005	Flujo instantáneo corregido @ condiciones std	MSCF/D	Solo Lectura
7006	Volumen hora actual pgpb	MSCM	Solo Lectura
7007	Volumen hora actual std.	MSCF	Solo Lectura
7008	Volumen día actual @ pgpb	MSCM	Solo Lectura
7009	Volumen día actual @ std.	MSCF	Solo Lectura
7010	Volumen hora previa @ cond pgpb	MSCM	Solo Lectura
7011	Volumen hora previa @ cond std.	MSCF	Solo Lectura
7012	Volumen día previo @ pgpb	MSCM	Solo Lectura
7013	Volumen día previo @ std.	MSCF	Solo Lectura
7014	Energía instantánea	Giga calorías/D	Solo Lectura
7015	Energía hora actual	Giga calorías	Solo Lectura
7016	Energía día actual	Giga calorías	Solo Lectura
7017	Energía hora previa	Giga calorías	Solo Lectura
7018	Energía día previo	Giga calorías	Solo Lectura

#### Notas:

Todos datos analógicos de tiempo real están en Formato IEEE de punto flotante de 32 bits. Los datos digitales de tiempo real son bits empacados (packed bits) como en Modbus estándar.

- Todos los datos digitales de tiempo real son bits empacados (packed bits) como en Modbus estándar.
- Los datos de sincronización de tiempo transmitidos del servidor (host) al dispositivo de campo están en Formato IEEE de punto flotante de 32 bits.
- Los datos de configuración AGA transmitidos entre servidor (host) y dispositivo de campo están en Formato IEEE de punto flotante de 32 bits.

## Registros acumuladores de la estación de medición

Las tablas siguientes, definen los registros empleados para los acumuladores de la estación de medición. Las unidades para cada parámetro, estarán definidas por las unidades indicadas en el contrato. Si las unidades son PEMEX, entonces las unidades para energía se multiplicarán por 1,000, comparadas con las unidades mostradas en RealFlo.

## Los registros para la estación #1.

Registro	Descripción
7352	Flujo a Condiciones PEMEX
7353	Flujo a Condiciones Estándar
7357	Volumen actual a condiciones PEMEX
7358	Volumen actual a condiciones Estándar
7360	Volumen de la hora anterior, a condiciones PEMEX
7361	Volumen de la hora anterior, a condiciones Estándar
7362	Volumen del día anterior, a condiciones PEMEX
7363	Volumen del día anterior, a condiciones Estándar
7365	Energía Día Actual
7367	Energía Día Anterior

## Bitácora de Eventos y Alarmas.

La bitácora de eventos y alarmas del computador de flujo, pueden ser leídos como la bitácora de eventos/alarmas de tradicionales. Los números de eventos de alarmas del computador, son convertidos en variables MODBUS. Dicha correspondencia entre valores, se muestran en la tabla siguiente.

Muchas alarmas y eventos no tienen un correspondiente en la especificación MODBUS, para que puedan ser reportados, se ha creado una serie de números para ellos, empezando en el 8001. El Offset, es determinado por el número tren de medición.

## Números para identificar alarmas y eventos.

Tren No.	Poffset	Noffset
1	0	0
2	18	1000
3	36	2000
4	54	3000
5	72	4000
6	90	5000
7	108	6000

El gas a ser transportado cumplirá con los requisitos de la NOM-001-SECRE-2010 Calidad del gas natural.

### Válvulas de seccionamiento.

Como medida de control en caso de evento adverso se contará con estas válvulas para el cierre del flujo en caso de ser necesario, en forma general se instalan válvulas:

- Antes y después de cruzamientos de canales, ríos, carreteras y vías de ferrocarril
- Disparo para crecimiento
- En la acometida de servicio de cada usuario

Para el nuevo proyecto "DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA"

**Cuadro 55 Válvulas, ubicación en la línea del ducto.**

Sección	Número de válvula	Ubicación geográfica	Estado
Línea regular Válvula 6"	1	<p style="color: red; text-align: center;">COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.</p>	En proyecto
Línea regular Válvula 4"	2		En proyecto
Línea regular Válvula 4"	3		En proyecto
Línea regular Válvula 4"	4		En proyecto
Línea regular Válvula 4"	5		En proyecto

Línea regular Válvula 4"	6	COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.	En proyecto
Línea regular Válvula 4" 7 En proyecto	7		En proyecto
Línea regular Válvula 4"	8		En proyecto

**Sistema de protección anticorrosiva**

	Especificación
Tubería aérea	Sand blast a metal blando SSPC-SP-10 Primario Acabado
Transición tubería aérea-enterrada	RAM-100 Recubrimiento epóxico de altos sólidos
Tubería enterrada	Fusión Bond Espoxic (FBE) de la Asociación Nacional de Aplicadores de Recubrimiento de Tubería (National Associated of Pipe Coating Applicators) recubierto en fábrica. Para la tubería sin recubrimiento se hará por medio de cinta mecánica y anticorrosiva POLIKEN.
Uniones soldadas enterradas y reparaciones	Sistema de cintas mecánica y anticorrosiva POLIKEN.

**Protección catódica.**

Con base en el cálculo teórico del SPC (Sistema de Protección Catódica), se estima que el gasoducto sea protegido por medio de ánodos de magnesio de 32 lb, distribuidos conforme a los cálculos de protección catódica correspondiente. Se instalan las estaciones de prueba para lecturas periódicas de voltaje en cumpliendo en con lo establecido en la NOM003-ASEA-2016.

Sección	Ánodo de 32 lb	Ubicación en Ramal (km)	Toma de potencial	Ubicación en Ramal (km)	Estatus
Línea de interconexión	1				Proyecto

COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA)  
ART. 113  
FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110  
FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Línea regular	1		Proyecto
Línea regular	1		Proyecto
Línea regular	1		Proyecto
Línea regular	1		Proyecto
Línea regular	1		Proyecto
Línea regular Hidro tecnología I	1		Proyecto
Línea regular Hidro tecnología	1		Proyecto
Línea regular Hidro tecnología	1		Proyecto
Línea regular	1		Proyecto

COORDENADAS DEL  
 PROYECTO  
 (INFORMACIÓN  
 RESERVADA) ART. 113  
 FRACCIÓN I DE LA  
 LGTAIP Y 110 FRACCIÓN  
 I DE LA LFTAIP.

Hidro tecnología		<b>COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.</b>	
------------------	--	---	--

## 1.8.2. MEDIDAS PREVENTIVAS

Adicionalmente a los mencionados en el SGC, como medidas preventivas se consideran las siguientes normas y códigos para la elaboración de las bases de Diseño, construcción, operación, cierre, desmantelamiento o abandono del Proyecto:

- Norma Oficial Mexicana NOM-003-ASEA-2016, Distribución de gas natural y gas natural licuado de petróleo por ductos (la "NOM-003- ASEA-2016")
- Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016, Transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por medio de ductos (la "NOM-007-ASEA-2016")
- Norma Oficial Mexicana NOM008-SCFI-1993
- Código ASME B 31.8 "Sistemas de Tuberías de Distribución y Transporte de Gas"
- Standard API 1104 "soldadura en ductos e instalaciones relacionadas"
- Código ASME Sección VIII, Div.1 Reglas para la construcción de Recipientes a presión".
- ANSI B109.3 Medidores rotatorios
- Reporte No. AGA 7 Medición de gas natural por medidor tipo turbina
  
- API 5L: Especificación para tubería usada en gasoductos.
- ASTM A 53 Tubos de Acero, negros y galvanizados en caliente.
- ASTM A 105 Especificación de acero, contenido de carbono y materiales aleantes.
- ASTM A 193 Materiales para espárragos y tornillería para servicio en alta temperatura.
- ASTM A 194 Materiales para espárragos y tuercas para servicio en media y alta temperatura.
- ASTM A 234 Especificación de materiales para aceros en servicio en temperaturas media y alta.
- ASME B 16.5 Especificaciones y dimensiones de bridas y conexiones.
- ASME B 16.9 Fabricación de conexiones en acero, soldables y de embutir
  
- Norma Oficial Mexicana NOM-003-ASEA-2016, Distribución de gas natural y gas natural licuado de petróleo por ductos
- NOM-027-STPS-2008 Actividades de soldadura y corte. Condiciones de seguridad e higiene.
- NOM-031-STPS-2011 Construcción-Condiciones de seguridad y salud en el trabajo.
- Código ASME B 31.8 "Sistemas de Tuberías de Distribución y Transporte de Gas"
- Standard API 1104 "soldadura en ductos e instalaciones relacionadas"
- Standard API 5L1" "Práctica recomendada para el transporte y manejo de materiales de tuberías".
- Código ASME Sección VIII, Div.1 Reglas para la construcción de Recipientes a presión".

### 1.8.3. RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

En el diseño del proyecto nuevo “DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA” se consideran equipos y accesorios que cumplen con la normatividad aplicable y vigente, adicionalmente se realiza la revisión para los procedimientos operativos incluidos en el SGC, a continuación, se presentan algunos elementos y al final una tabla con las recomendaciones derivadas del presente estudio.

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

Todas las válvulas utilizadas en el sistema de tubería serán fabricadas cumpliendo con los estándares o normas aprobadas dentro de la NOM-003-ASEA-2016. Las válvulas estarán dimensionadas al libraje requerido por ANSI para la presión de diseño del sistema. Las válvulas bridadas deberán ser fijadas con espárragos ASTM A-193 GR87 Clase 2A, y material de empaque de Flexitalic o Garlock de 1/406.4 mm (16”) de espesor.

Reguladores de presión. Los reguladores deberán fabricarse de acuerdo con las especificaciones contenidas dentro de la NOM-003-ASEA-2016 para reguladores en condiciones de servicio similares. Los reguladores de presión deberán mantener la presión esperada a la salida de ellos. La caída de presión máxima a través de un regulador de presión no excederá las recomendaciones del fabricante. El regulador de presión deberá diseñarse para contener y soportar la presión máxima en un sistema o segmento de sistema. El asiento o diafragma del regulador se hará de material adecuado (también hay sellos metal-metal) diseñado para soportar las condiciones de operación, la abrasión de gas, las impurezas presentes en el mismo y la deformación propia que sufre cuando es presionado por el gas.

Medidor de flujo. Se contará con un medidor de flujo 7M1480 en la caseta del punto de interconexión. La medición se realiza con la ayuda de un rotor, cuyas revoluciones son proporcionales al caudal que pasa a través del medidor, mediante el cual se infiere el volumen consumido.

Protección por sobre presión (válvula de alivio). Se instalará un dispositivo para evitar la sobre presión en todos los sistemas, segmentos e instalaciones donde la falla del equipo pueda causar sobre presión. Las válvulas de protección por sobre presión (válvulas de alivio) han sido dimensionadas al 100% de la capacidad del sistema. Los tipos adecuados de dispositivos de protección para prevenir sobrepresión en dichas instalaciones incluyen:

- ❖ Válvulas de desfogue accionadas por resorte que cumplan las disposiciones de API 520
- ❖ Reguladores pilotados, diseñados para regular la presión en configuración “Working Monitor”

La máxima presión de operación permisible (MPOP, presión máxima a la cual un ducto puede ser operado de acuerdo con lo establecido en la NOM-003-ASEA-2016) para establecer la presión de relevo, debe ser igual a la MPOP del equipo y/o componente más débil, de los conectados dentro del sistema o segmento del sistema. Deberá asegurarse en posición abierta cualquier válvula de bloqueo que se encuentre aislando una válvula de alivio que ha sido diseñada para proteger el sistema.

Válvula Slam Shut. Como medida de seguridad en caso de una caída o subida de presión anormal en el sistema, se instalará una válvula Slam Shut, 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. Protege al sistema por alta y baja presión hacia un 10% por debajo de la presión de entrega o puede ajustarse conforme a la experiencia en la operación lo determine. Si detecta esta condición, la válvula es activada y se cierra, bloqueando el flujo.

Aterrizajes.- Todos los equipos de la caseta de medición de interconexión, estará debidamente aterrizada para evitar descargas por electricidad estática. Deben cumplir, al menos, con los valores indicados por la NOM-001-SEDE-2005. Las tomas de potencial deben quedar pintadas en color naranja eléctrico, para mejorar su visualización.

Sistema SCADA.- Como parte del sistema de medición que contribuye a la seguridad del proyecto, se tiene considerado que la estación de medición y regulación del punto de interconexión, incluyendo el equipo conexo, será monitoreada por un sistema automático de supervisión, control y adquisición de datos (Supervisory, Control and Data Acquisition - SCADA), que permite monitorear las condiciones de operación básicas (presión, flujo y temperatura) en forma remota.

Un SCADA es un sistema basado en equipos de monitoreo (sensores, computadores, etc.) que permite supervisar y, en su caso, controlar a distancia una instalación de cualquier tipo. El proyecto contará con un sistema de monitoreo y control SCADA, que permitirá visualizar cualquier cambio significativo en las condiciones de operación normal de la estación y en un momento determinado, poder emitir una alarma a un centro de control central, dependiendo de la tecnología que se emplee en su diseño y construcción.

En el caso de la estación de medición y regulación de interconexión, se tendrá un sistema SCADA tipo satelital, el cual permitirá monitorear las condiciones operativas en tiempo real, y en caso de que ocurra una condición anormal, se emitirán alarmas en la central del transportista. Esto permitirá que el operador de la central, emita las alarmas correspondientes a los operadores y se puedan tener tiempos de respuesta más cortos ante cualquier imprevisto. Un sistema SCADA recolecta datos de los transmisores de proceso (presión, temperatura y flujo) y los recolecta en un computador electrónico de flujo (CEF), el cual realiza una serie de cálculos con base en los estándares de la American Gas Association (AGA) y totaliza el volumen corregido, acumulándolo en su base de datos. Esta información es enviada en tiempo real, si el sistema lo permite, al centro de operaciones del transportista, el cual puede verificar los parámetros del proceso o puede ser almacenada en la memoria del equipo y ser consultada localmente por un operador. Los datos son convertidos a un protocolo de comunicaciones adecuado y enviados por un modem conectado a una antena satelital y en el otro extremo existe otra terminal similar que los recibe, desempaqueta y muestra en las pantallas del operador. El enlace satelital lo suministra una empresa dedicada a esa función. Sistema de medición electrónica.

El sistema de medición electrónica para el proyecto se propone alrededor de un Computador de Flujo GE SCADAPACK 350, con protocolo de comunicación MODBUS, que cumple con los aspectos siguientes:

- El computador de flujo Fisher GE ScadaPack 350, aprobado y utilizado por PGPB para su instalación en transferencia de custodia.

- El computador cumple con el estándar API 21.1.
- El equipo puede calcular la cantidad de flujo con base en los métodos AGA 3, AGA 7, NX-19 y AGA 8, entre otros.

**Cuadro 56. Recomendaciones de la identificación de Peligros y Escenarios 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	Elaborar e implementar procedimientos Operativos de control	Interconexión con el ducto de 16" propiedad de ENGIEN	Requisito 1. Política Requisito 2: Identificación de peligros y análisis de riesgo Requisito 3. Requisitos legales Requisito 5. Funciones, responsabilidades y autoridad Requisito 6: Competencia, capacitación y entrenamiento. Requisito 7: comunicación, participación y consulta. Requisito 9. Mejores prácticas y estándares. Requisito 10. Control de actividades y Procesos.	1.2a	Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura en el ducto originando una fuga de 2".	Dirección y personal de operación	Leve
2	Elaborar e implementar procedimientos Operativos de control	Cuerpo del ducto de 6"	Requisito 1. Política Requisito 2: Identificación de peligros y análisis de riesgo Requisito 3. Requisitos legales Requisito 5. Funciones, responsabilidades y autoridad Requisito 6: Competencia, capacitación y entrenamiento. Requisito 7: comunicación, participación y consulta. Requisito 9. Mejores prácticas y estándares. Requisito 10. Control de actividades y Procesos.	5.3a	Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura total del ducto 6".	Dirección y personal de operación	Leve
3	Elaborar e implementar procedimientos Operativos de control	Cuerpo del ducto de 4"	Requisito 1. Política Requisito 2: Identificación de peligros y análisis de riesgo Requisito 3. Requisitos legales Requisito 5. Funciones, responsabilidades y autoridad Requisito 6: Competencia, capacitación y entrenamiento. Requisito 7: comunicación, participación y consulta. Requisito 9. Mejores prácticas y estándares. Requisito 10. Control de actividades y Procesos.	6.3a	Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan	Dirección y personal de operación	Leve

					una ruptura en el ducto originando una fuga de 1" en el ducto de 4".		
--	--	--	--	--	--	--	--

Programa calendarizado para la implementación de las recomendaciones

A continuación, se presenta el cuadro del calendario de implementación de recomendaciones.

**Cuadro 57. Calendario de implementación**

Nodo	Escenario de Riesgo	Nivel de Riesgo	Recomendaciones	Responsable	Fecha de su implementación
1.2a	Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura en el ducto originando una fuga de 2".	Riesgo indeseable pero leve que se puede minimizar o eliminar con ingeniería.	Elaborar e implementar procedimientos Operativos de control	Dirección y personal de operación	Acciones inmediatas y permanentes.
5.3a	Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura total del ducto 6".	Riesgo indeseable pero leve que se puede minimizar o eliminar con ingeniería.	Elaborar e implementar procedimientos Operativos de control	Dirección y personal de operación	Acciones inmediatas y permanentes.
6.3a	Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura en el ducto originando una fuga de 1" en el ducto de 4".	Riesgo indeseable pero leve que se puede minimizar o eliminar con ingeniería.	Elaborar e implementar procedimientos Operativos de control	Dirección y personal de operación	Acciones inmediatas y permanentes.
1	1.1 Evento: Fuga con incendio debido a sabotaje, vandalismo o toma clandestina, en el Registro de interconexión con gasoducto TARAHUMARA "La Laguna-	B	Elaborar e implementar procedimientos Operativos de control	Dirección y personal de operación	Permanente

	Aguascalientes, propiedad de FERMACA.				
3	3.1 Evento: Fuga debida a Vandalismo (incendio, perforación, o excavación con intención de dañar el ducto). Falla en accesorios, instrumentos o conexiones con riesgo de incendio y explosión Aceptable con controles (tipo B). que puede gestionarse con controles administrativos.	B	Elaborar e implementar procedimientos Operativos de control  Válvula de seguridad instalada a la salida de la estación.  Sistema de regulación	Dirección y personal de operación	Permanente

## 1.9. CONCLUSIONES

Del análisis preliminar de Riesgo se determinó que existían 17 posibles escenarios de riesgos importantes. En la Jerarquización se identificó que solamente tres, tenían un Nivel de Riesgo que requerirían medidas inmediatas, los eventos analizados, considerando los resultados del HAZOP y del análisis de probabilidad. Los eventos más adversos son los descritos a continuación:

- 1.2 Afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que pueden ocasionar fuga, incendio y explosión si encuentra una flama de ignición.
- 5.3 Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo), pero cuenta con protección mecánica y catódica a la tubería
- 6.3 Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo), pero cuenta con protección mecánica y catódica a la tubería

Al realizar la Evaluación de los riesgos y sus interacciones con el entorno se determinó lo siguiente:

- Se considera que solo el evento 5.3a y 6.3a presentan las condiciones para generar un efecto Domino.
- 1.2. El evento adverso (Jet Fire) generado por una fuga de 2" originado por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), no se considera con posibilidad de efecto domino, ya que no se

observó ninguna instalación que pudiera resultar dañada y a su vez tuviera materiales o equipos que dieran lugar a otro evento adverso que se sumara al primero.

- 5.3 Evento adverso (Jet Fire) generado por una fuga por la ruptura total del ducto debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), pudiera generar calor suficiente para dañar la instalación de la EMR de interconexión que se encuentra dentro del rango de Alto riesgo para instalaciones determinado para este evento, ocasionando el sobrecalentamiento y la ocurrencia de un incendio o explosión dentro de esa instalación.
- 6.3 Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura de 1" en el ducto de 4" originando una fuga, dando origen a un incendio (Jet Fire) en cuyo radio de Alto riesgo a instalaciones, se encuentra la infraestructura de una serie de invernaderos, que es posible inicien un incendio mayor de material combustible de sus coberturas, adicionalmente no se sabe qué tipo de equipamiento o sustancias manejen que pudieran contribuir a ese incendio y por la cercanía entre naves este es tal vez el evento con mayor posibilidad de extensión de un evento Domino.

Las actividades principales desarrolladas en el área del proyecto son el cultivo de diversos productos agrícolas y dado que el proyecto está encaminado al abastecimiento de las empresas que procesan esos productos se considera que es un apoyo para el desarrollo de la zona y fortalecimiento de esas actividades.

La zona del proyecto no tiene registro de vulnerabilidad a eventos hidrometeorológicos o geológicos importantes, como inundaciones, fallas, sismos; sin embargo si tiene un componente social a destacar que es el aumento en la zona de tomas clandestinas.

**Considerando que la evaluación del Riesgo se desarrolla sin considerar las medidas y procedimientos incluidos en el diseño del proyecto para minimizar y atender los Eventos de Riesgo del proyecto, si se realiza la implementación de todo se considera que es pertinente su desarrollo en la Región**

## 1.10. RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto **DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGÍA**, consiste en la Construcción y operación de un ducto de distribución de gas natural ubicado en el municipio de Salamanca Guanajuato, el cual se interconectará a un ducto de transporte propiedad de ENGIE de 16" DN. Se trata de un Proyecto Nuevo que tiene programado su inicio de operaciones en el año 2025.

El gasoducto tendrá una longitud aproximada de 5,765 de ducto de 6" y 4" de acero, este sistema de distribución consistirá en:

Interconexión.

- 5,765 metros de ducto de 6" de acero
- 1 estación de Regulación y Medición de Interconexión.
- 2 estaciones de Regulación y Medición de usuario.

### Ubicación del Proyecto.

El Gasoducto se interconectará con el ducto de GdB de 406.4 mm (16") de diámetro nominal, aproximadamente en las coordenadas [REDACTED] " O, por lo cual será necesario realizar trabajos de perforación en línea viva (Hot Tap). A partir de este punto correrá una línea de 6" DN en acero al carbón especificación API 5L X42 por 6.9 metros aproximadamente en dirección Noreste, para salir del derecho de vía del transportista, en este punto se tendrá el recinto donde se ubicará la válvula de corte subterránea y la válvula de control (FCV-01); en las coordenadas [REDACTED] " O. Posterior a este punto, el ducto de interconexión se reduce a 4" DN AC API 5L X42 y continua por 8 metros en dirección Norte para empatar con la EMR de interconexión que se encontrará en las coordenadas [REDACTED] "O aproximadamente. .

COORDENADAS  
DEL PROYECTO  
(INFORMACIÓN  
RESERVADA)  
ART. 113  
FRACCIÓN I DE  
LA LGTAIP Y 110  
FRACCIÓN I DE  
LA LFTAIP.

COORDENADAS  
DEL PROYECTO  
(INFORMACIÓN  
RESERVADA)  
ART. 113  
FRACCIÓN I DE  
LA LGTAIP Y 110  
FRACCIÓN I DE  
LA LFTAIP.



Figura 1. Ubicación del proyecto

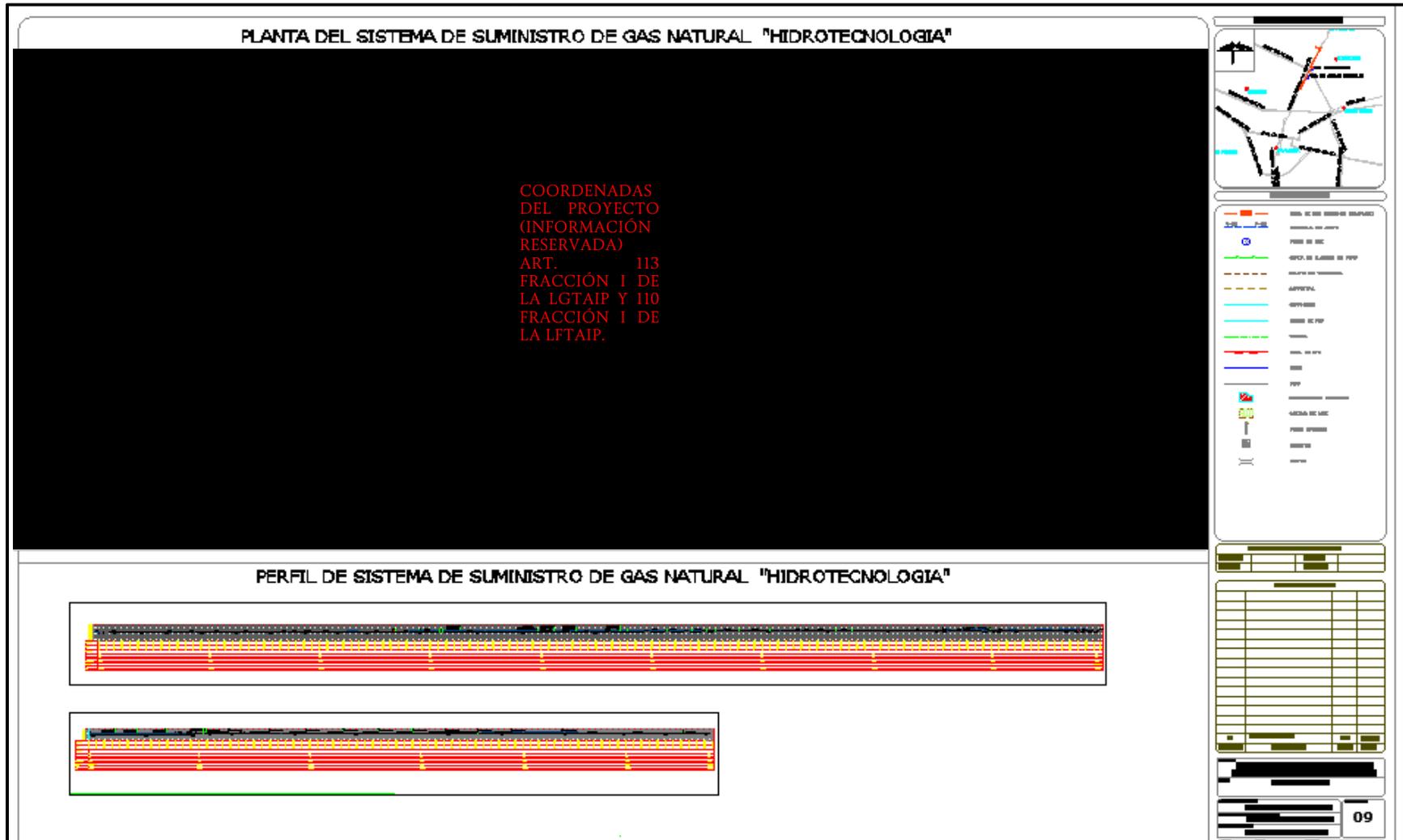
El presente informe es elaborado por la empresa Ciencia y Tecnología Ambiental, S.C. “CITEC”, con base a la información proporcionada del Proyecto nuevo “DIS-001-GNP-BAJIO-HIDROTECNOLOGIA”, así como de la información derivada de las sesiones para identificar los posibles riesgos del proceso llevadas a cabo por el grupo multidisciplinario de trabajo. El presente reporte se enfoca únicamente a los resultados obtenidos durante el desarrollo de la metodología de identificación de riesgos HazOp, con la participación del grupo multidisciplinario, así como la evaluación cualitativa de frecuencia y consecuencia, así mismo, se consideró para la definición de Nodos a analizar lo establecido en el Punto 5.2 de la NOM-009-ASEA-2017 (Administración de la integridad de ductos de recolección, transporte y distribución de hidrocarburos, petrolíferos y petroquímicos), respecto a la segmentación del sistema para su análisis.

**Criterios de Segmentación o de definición de Nodos de análisis.**

No.	Criterio	Nodo
1	Puntos de envío y de recibo	Registro de interconexión
2		EMR de Interconexión
3		EMR de usuario Hidro Tecnología I
4		EMR de usuario Hidro Tecnología
5	Por cambios de presión de operación del sistema	Ducto de 6”
6		Ducto de 4”

A continuación, se presenta un plano en el que se ubican los nodos mencionad

Figura 2. Esquema de identificación de Nodos.



Los riesgos, identificados, jerarquizados y los determinados con posibilidad de tener un efecto Domino, se desprende lo siguiente:

- Se considera que solo el evento 5.3a y 6.3a presentan las condiciones para generar un efecto Domino.
- 1.2. El evento adverso (Jet Fire) generado por una fuga de 2" originado por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), no se considera con posibilidad de efecto domino, ya que no se observó ninguna instalación que pudiera resultar dañada y a su vez tuviera materiales o equipos que dieran lugar a otro evento adverso que se sumara al primero.
- 5.3 Evento adverso (Jet Fire) generado por una fuga por la ruptura total del ducto debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), pudiera generar calor suficiente para dañar la instalación de la EMR de interconexión que se encuentra dentro del rango de Alto riesgo para instalaciones determinado para este evento, ocasionando el sobrecalentamiento y la ocurrencia de un incendio o explosión dentro de esa instalación.
- 6.3 Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura de 1" en el ducto de 4" originando una fuga, dando origen a un incendio (Jet Fire) en cuyo radio de Alto riesgo a instalaciones, se encuentra la infraestructura de una serie de invernaderos, que es posible inicien un incendio mayor de material combustible de sus coberturas, adicionalmente no se sabe qué tipo de equipamiento o sustancias manejen que pudieran contribuir a ese incendio y por la cercanía entre naves este es tal vez el evento con mayor posibilidad de extensión de un evento Domino.

De los eventos analizados, considerando los resultados del HAZOP y del análisis de probabilidad. Los eventos más adversos son los descritos a continuación:

- 1.2 Afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que pueden ocasionar fuga, incendio y explosión si encuentra una flama de ignición.
- 5.3 Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo), pero cuenta con protección mecánica y catódica a la tubería
- 6.3 Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo), pero cuenta con protección mecánica y catódica a la tubería

Del análisis preliminar de Riesgo se determinó que existían 17 posibles escenarios de riesgos importantes.

En la Jerarquización se identificó que solamente tres, tenían un Nivel de Riesgo que requerirían medidas inmediatas, los eventos analizados, considerando los resultados del HAZOP y del análisis de probabilidad. Los eventos más adversos son los descritos a continuación:

- 1.2 Afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que pueden ocasionar fuga, incendio y explosión si encuentra una flama de ignición.
- 5.3 Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo), pero cuenta con protección mecánica y catódica a la tubería

- 6.3 Fuga por afectaciones de terceros (actividades ajenas al proyecto, vandalismo), pero cuenta con protección mecánica y catódica a la tubería

Al realizar la Evaluación de los riesgos y sus interacciones con el entorno se determinó lo siguiente:

- Se considera que solo el evento 5.3a y 6.3a presentan las condiciones para generar un efecto Domino.
- 1.2. El evento adverso (Jet Fire) generado por una fuga de 2" originado por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), no se considera con posibilidad de efecto domino, ya que no se observó ninguna instalación que pudiera resultar dañada y a su vez tuviera materiales o equipos que dieran lugar a otro evento adverso que se sumara al primero.
- 5.3 Evento adverso (Jet Fire) generado por una fuga por la ruptura total del ducto debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), pudiera generar calor suficiente para dañar la instalación de la EMR de interconexión que se encuentra dentro del rango de Alto riesgo para instalaciones determinado para este evento, ocasionando el sobrecalentamiento y la ocurrencia de un incendio o explosión dentro de esa instalación.
- 6.3 Debido a la afectación por personas ajenas al proyecto (invasión, sabotaje, toma clandestina), que generan una ruptura de 1" en el ducto de 4" originando una fuga, dando origen a un incendio (Jet Fire) en cuyo radio de Alto riesgo a instalaciones, se encuentra la infraestructura de una serie de invernaderos, que es posible inicien un incendio mayor de material combustible de sus coberturas, adicionalmente no se sabe qué tipo de equipamiento o sustancias manejen que pudieran contribuir a ese incendio y por la cercanía entre naves este es tal vez el evento con mayor posibilidad de extensión de un evento Domino.

Las actividades principales desarrolladas en el área del proyecto son el cultivo de diversos productos agrícolas y dado que el proyecto está encaminado al abastecimiento de las empresas que procesan esos productos se considera que es un apoyo para el desarrollo de la zona y fortalecimiento de esas actividades.

La zona del proyecto no tiene registro de vulnerabilidad a eventos hidrometeorológicos o geológicos importantes, como inundaciones, fallas, sismos; sin embargo, si tiene un componente social a destacar que es el aumento en la zona de tomas clandestinas.

**Considerando que la evaluación del Riesgo se desarrolla sin considerar las medidas y procedimientos incluidos en el diseño del proyecto para minimizar y atender los Eventos de Riesgo del proyecto, si se realiza la implementación de todo se considera que es pertinente su desarrollo en la Región.**

Se anexa el INFORME TÉCNICO y el Análisis LOPOA

## 2. ANÁLISIS DE CAPAS DE PROTECCIÓN (LOPA)

### Bibliografía de ARSH

1. Programa de Gobierno Municipal 2018-2021 del Municipio de Salamanca, Guanajuato. Periódico oficial 9/Jul/2019
2. PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO Y ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL DE SALAMANCA, GTO. 2018-2021
3. Programas de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial a Nivel Municipal y Metropolitano de Salamanca
4. <https://es.windfinder.com/windstatistics/salamanca-matacan>
5. [https://servicios-ssp.guanajuato.gob.mx/atlas/se/se\\_salamanca.pdf](https://servicios-ssp.guanajuato.gob.mx/atlas/se/se_salamanca.pdf)
6. [https://servicios-ssp.guanajuato.gob.mx/atlas/ge/ge\\_salamanca.pdf](https://servicios-ssp.guanajuato.gob.mx/atlas/ge/ge_salamanca.pdf)  
[https://servicios-ssp.guanajuato.gob.mx/atlas/hm/hm\\_salamanca.pdf](https://servicios-ssp.guanajuato.gob.mx/atlas/hm/hm_salamanca.pdf)

### Anexos.

