



---

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. OBJETIVO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ALCANCE.....</b>	<b>2</b>
<b>3. GENERALIDADES.....</b>	<b>3</b>
<b>4. DEFINICIONES.....</b>	<b>5</b>
<b>5. CONTENIDO DEL ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS.....</b>	<b>10</b>
5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	10
5.1.1. Proyecto.....	10
5.1.2. Transporte por Ductos.....	10
5.1.3. De los pozos de exploración y extracción.....	23
5.1.4. Transporte por medios distintos a ductos.....	23
5.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	24
5.2.1. Materias Primas.....	48
5.2.2. Productos y subproductos.....	48
5.3. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.....	50
5.3.1. Proyecto.....	50
5.3.2. Transporte por ductos.....	50
5.3.3. Aspectos del medio natural.....	55
5.3.3.1. Vegetación.....	55
5.3.3.2. Fauna silvestre.....	63
5.3.3.3. Suelos.....	66
5.3.3.4. Geología y Geomorfología.....	75
5.3.3.5. Hidrología.....	88
5.3.3.6. Características climáticas.....	88
5.4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	108
5.4.1. Identificación de peligros y jerarquización de escenarios de riesgo.....	108
5.4.1.1. Análisis preliminar de peligros.....	108
5.4.1.2. Antecedentes de accidentes e incidentes de proyectos similares.....	110
5.4.1.3. Identificación de peligros y de escenarios de riesgo.....	115
5.4.1.4. Jerarquización de escenarios de riesgos.....	132
5.4.2. Análisis cuantitativo de riesgo.....	145
5.4.2.1. Análisis de frecuencias.....	145
5.4.2.2. Análisis de consecuencias.....	148
5.4.2.2.1. Eventos de Riesgo Modelados.....	148
5.4.2.2.2. Eventos de Incendio.....	152



---

5.4.2.2.3. <i>Eventos de Explosión</i> .....	154
5.4.2.2.4. <i>Planteamiento de Escenarios y Modelos empleados</i> .....	158
5.4.2.2.5. <i>Resultados de las Modelaciones</i> .....	168
5.5. REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE CONSECUENCIA (RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN). ....	225
5.6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO.....	225
5.6.1. <i>Análisis de Vulnerabilidad</i> . ....	225
5.6.2. <i>Interacciones de riesgo</i> . ....	248
5.7. REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGO. ....	257
5.8. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO. ....	257
5.8.1. <i>Sistemas de seguridad</i> .....	257
5.8.2. <i>Medidas preventivas</i> . ....	262
5.8.3. <i>Recomendaciones técnico – operativas</i> .....	266
5.9. CONCLUSIONES.....	267
5.10. RESUMEN EJECUTIVO. ....	296
<b>6. LISTADO DE ANEXOS.....</b>	<b>332</b>

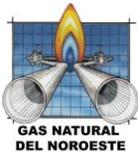


## **1. OBJETIVO.**

El presente Proyecto tiene por nombre: “**SISTEMA DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ**”, el cual contempla instalar un sistema de distribución de gas natural por medio de ductos, ubicado en La Paz, Baja California Sur, el cual contempla instalar un sistema de distribución de gas natural por medio de ductos, ubicado en La Paz, Baja California Sur, que constará de 1 Estación de Regulación y Medición “City Gate”; 1 Estación de Regasificación, 1 Estación de Regulación y Medición “ERM-01”, 10 Estaciones de Regulación “ER” y un gasoducto principal que tendrá un total de 92,497.95 metros lineales compuesto por una tubería de 10” de diámetro, con ramales de 4”, 3”, 2” y 3/4”.

Los objetivos específicos del presente Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos son los siguientes:

1. Realizar un análisis preliminar de los riesgos y peligros en el establecimiento, por el manejo de combustibles.
2. Identificar los riesgos potenciales relacionados con el manejo de los materiales combustibles, a los cuales el establecimiento puede ser susceptible.
3. Evaluar y jerarquizar los riesgos identificados.
4. Evaluar cuantitativamente los escenarios de riesgo detectados, a través de modelaciones utilizando el Software SCRI Fuego 2.2 y SCRI Modelos 4.5.
5. Identificar y evaluar los sistemas de seguridad y medidas para administrar los riesgos derivados de los escenarios de riesgo detectados.



## **2. ALCANCE.**

El presente documento, se centra en la determinación de metodologías para la identificación de peligros, evaluación y análisis de riesgos, las cuales serán aplicadas empleando un proceso metodológico, sistemático y consistente que permite identificar los peligros de manera exhaustiva y evaluar los riesgos de los procesos, documentando la existencia de sistemas y dispositivos de seguridad y/o medidas de reducción de riesgos para eliminar, prevenir, controlar, minimizar o mitigar los escenarios de riesgo a un nivel de riesgo tolerable.



### **3. GENERALIDADES.**

El Proyecto “**SISTEMA DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ**”, actualmente se encuentra en etapa de diseño.

El proyecto contempla instalar un sistema de distribución de gas natural por medio de ductos, ubicado en La Paz, Baja California Sur, el cual contempla instalar un sistema de distribución de gas natural por medio de ductos, ubicado en La Paz, Baja California Sur, que constará de 1 Estación de Regulación y Medición “City Gate”; 1 Estación de Regasificación, 1 Estación de Regulación y Medición “ERM-01”, 10 Estaciones de Regulación “ER” y un gasoducto principal que tendrá un total de 92,497.95 metros lineales compuesto por una tubería de 10” de diámetro, con ramales de 4”, 3”, 2” y 3/4”.

El proyecto es presentado por la empresa **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, y proyectado en el municipio de La Paz, Baja California Sur; apegado a la Norma NOM-003-ASEA-2016, que rige y estipula todo lo referente a los sistemas de distribución de gas natural.

Actualmente el corporativo al que pertenece **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, promueve el uso del gas natural como el combustible de mayor uso en los procesos productivos de las empresas de la región, así como de otras industrias aledañas a los municipios en los cuales se localizará el proyecto; lo anterior, previendo una reducción de contaminantes emitidos por las industrias, un ahorro por costos de combustibles y una reducción de enfermedades respiratorias en los habitantes de la región.

El gas natural está compuesto principalmente por gas metano, uno de los combustibles más utilizados en el mundo y al que se tiene acceso en México a través de una red subterránea que crece constantemente. Sus usos son muy



variados, por ejemplo, se utiliza para satisfacer las necesidades energéticas de los hogares, para la operación de sistemas de calefacción y de aire acondicionado, en diversas actividades industriales, principalmente, para la generación de electricidad. En muchas ocasiones el gas natural se agrupa con otros hidrocarburos; sin embargo, tiene características únicas que lo diferencian de los demás combustibles, ya que contamina menos cuando arde y a su vez es más eficiente en los procesos de calentamiento. Es importante mencionar que el metano no tiene olor ni color. Es más ligero que el aire, así que no se mezcla cuando se libera a la atmósfera y por ende en un espacio abierto se reduce el peligro de combustión.

El crecimiento y desarrollo industrial del municipio donde incidirá el sistema para distribución de gas natural permitirá a **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, cubrir la necesidad y demanda del energético de los socios comerciales establecidos en la localidad, con la posibilidad de que a futuro se puedan integrar otras empresas.

El utilizar Gas Natural como combustible, permitirá tener una menor generación de contaminantes que impacten al medio ambiente, ya que es un combustible más eficiente en cuanto a ahorro de energía, genera menos costos por mantenimiento y menor generación de residuos peligrosos, es más seguro en su manejo y transportación.



#### **4. DEFINICIONES.**

Para efectos de la aplicación e interpretación del presente Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos, se estará refiriendo a los conceptos y definiciones, en singular o plural, previstas en la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, el Reglamento Interior de la Agencia, la Ley de Hidrocarburos, su Reglamento, el Reglamento de las actividades a que se refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, así como las Normas Oficiales Mexicanas y Disposiciones administrativas de carácter general emitidas por la Agencia que le sean aplicables y a los siguientes conceptos y definiciones:

- 1) Amenaza: Es el acto que por sí mismo o encadenado a otros, puede generar un daño o afectación al bienestar o salvaguarda al personal, población, medio ambiente, Instalación, producción, otro;
- 2) Análisis de Riesgo de Proceso (ARP): Aplicación sistemática de una o más metodologías específicas para identificar Peligros y evaluar Riesgos de un proceso o sistema, con el fin de determinar metodológicamente los Escenarios de Riesgo y verificar la existencia de dispositivos, Sistemas de Seguridad, salvaguardas y barreras suficientes ante las posibles Amenazas que propiciarían la materialización de algún escenario de Riesgo identificado;
- 3) Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH): Documento que integra la identificación de peligros, evaluación y Análisis de Riesgos de Procesos, con el fin de determinar metodológica, sistemática y consistentemente los Escenarios de Riesgo generados por un Proyecto y/o Instalación, así como la existencia de dispositivos, Sistemas de Seguridad, salvaguardas y barreras apropiadas y suficientes para reducir la probabilidad y/o consecuencias de los escenarios de Riesgo identificados; incluye el análisis de las interacciones de Riesgo y vulnerabilidades hacia el personal, población, medio ambiente, instalaciones y producción, así como las

recomendaciones o medidas de prevención, control, mitigación y/o compensación para la reducción de Riesgos a un nivel Tolerable.

- 4) Análisis Preliminar de Peligros: Es el resultado de realizar un primer intento para identificar en forma general los posibles Riesgos que pueden originar los Peligros en un Diseño o Instalaciones en operación, para ubicar la situación actual que se tiene respecto de la Administración de los Riesgos;
- 5) BLEVE: ("Boiling Liquid Expanding Vapor Explosión" por sus siglas en inglés). Explosión de vapores en expansión de líquido en ebullición;
- 6) Capa de Protección: Cualquier Mecanismo independiente que reduzca el Riesgo mediante el control, la prevención o la mitigación;
- 7) Efecto Dominó: También conocido como encadenamiento de eventos, evento asociado a un incendio o explosión en una Instalación, que multiplica sus consecuencias por efecto de la sobrepresión, proyectiles o la radiación térmica que se generan sobre elementos próximos y vulnerables, tales como otros recipientes, tuberías o equipos de la misma Instalación o Instalaciones próximas, de tal forma que puedan ocurrir nuevas fugas, derrames, incendios o explosiones que a su vez, pueden nuevamente provocar efectos similares;
- 8) Escenario de Riesgo: Determinación de un evento hipotético derivado de la aplicación de la metodología de identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos, en el cual se considera la probabilidad de ocurrencia y severidad de las consecuencias y, posteriormente, determinar las zonas potencialmente afectadas mediante la aplicación de modelos matemáticos para la Simulación de consecuencias;
- 9) Exposición: Contacto de las personas, población o elementos que constituyen el medio ambiente con Sustancias Peligrosas o contaminantes químicos, biológicos o físicos o la posibilidad de una situación Peligrosa derivado de la materialización de un Escenario de Riesgo;
- 10) Función Instrumentada de Seguridad (FIS): Una combinación de sensores, controlador lógico y elemento final de control con un determinado Nivel de Integridad de Seguridad (SIL) que detecta una condición fuera de límite

- (anormal) y lleva al proceso a un estado seguro funcionalmente sin intervención humana, o iniciado por un operador entrenado en respuesta a una alarma;
- 11) IDLH ("Immediately Dangerous to Life or Health", por sus siglas en inglés). Inmediatamente Peligroso para la vida o la salud: Concentración máxima de una Sustancia Peligrosa, expresada en partes por millón (ppm) o en miligramos sobre metro cúbico (mg/m<sup>3</sup>), que se podría liberar al ambiente en un plazo de treinta minutos sin experimentar síntomas graves ni efectos irreversibles para la salud;
  - 12) Nivel de Integridad de Seguridad (SIL, Safety Integrity Level, por sus siglas en inglés); Es el nivel discreto (uno de cuatro) para especificar los requisitos de integridad de las funciones instrumentadas de seguridad que se asignarán a los sistemas instrumentados de seguridad;
  - 13) Riesgo Inherente: Es propio del trabajo o proceso, que no puede ser eliminado del sistema, es decir, en todo trabajo o proceso se encontrarán Riesgos para las personas o para la ejecución de la actividad en sí misma. Es el Riesgo intrínseco de cada actividad, sin tener en cuenta los controles y medidas de reducción de Riesgos;
  - 14) Riesgo Residual: Es el Riesgo remanente después del tratamiento de Riesgo, es decir, una vez que se han implementado controles y medidas de reducción de Riesgos para mitigar el Riesgo inherente; el Riesgo residual puede contener Riesgos no identificados, también puede ser conocido como Riesgo retenido;
  - 15) Riesgo Tolerable: Es el Riesgo que se acepta en un contexto dado basado en los valores actuales de la sociedad;
  - 16) Seguridad Funcional: parte de la seguridad relacionada con el proceso y cada uno de los sistemas básicos del control de proceso y su funcionamiento correcto de los sistemas instrumentados de seguridad y otras Capas de Protección;



- 17) **Sistemas de Seguridad:** Conjunto de equipos y componentes que se interrelacionan y responden a las alteraciones del desarrollo normal de los procesos o actividades en la Instalación o centro de trabajo y previenen situaciones que normalmente dan origen a Accidentes o emergencias;
- 18) **Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS):** Es un sistema instrumentado para implementar una o más funciones instrumentadas de cualquier combinación de sensores, controlador lógico y elementos finales de control;
- 19) **Simulación.** Representación de un escenario de Riesgo o fenómeno mediante la utilización de sistemas o herramientas de cómputo, modelos físicos o matemáticos u otros medios, que permite estimar las consecuencias de dichos escenarios a partir de las propiedades físicas y químicas de las sustancias o componentes de las mezclas de interés, en presencia de determinadas condiciones y variables atmosféricas;
- 20) **Sustancia Explosiva:** La que en forma espontánea o por acción de alguna forma de energía genera una gran cantidad de calor y ondas de sobrepresión en forma casi instantánea;
- 21) **Sustancia Inflamable:** Aquella capaz de formar una mezcla con el aire en concentraciones tales para prenderse espontáneamente o por la acción de una fuente de ignición;
- 22) **Sustancia Peligrosa:** Cualquier sustancia que, al ser emitida, puesta en ignición o cuando su energía es liberada (fuego, explosión, fuga tóxica) puede causar daños al ambiente, a las personas y a las Instalaciones debido a sus características de toxicidad, inflamabilidad, explosividad, corrosión, inestabilidad térmica, calor latente o compresión;
- 23) **Sustancia Tóxica:** Aquella que puede producir alteraciones en organismos vivos, lesiones, enfermedades, al material genético o muerte;
- 24) **TLV (15 min, STEL):** ("Thresold Limit Value-Short Term Exposure Limit", por sus siglas en inglés) Valor umbral límite-Límite de Exposición a corto plazo). Exposición para un periodo de 15 minutos, que no puede repetirse más de 4 veces al día con al menos 60 minutos entre periodos de Exposición;

- 25) TLV (8 h. TWA): ("Thresold Limit Value-Time Weighted Average", por sus siglas en inglés). Valor umbral límite-Promedio ponderada en el tiempo. Concentración ponderada para una jornada normal de trabajo de ocho horas y una semana laboral de cuarenta horas, a la que pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día, sin que se evidencien efectos adversos;
- 26) Vulnerabilidad: Es la mayor o menor facilidad de la ocurrencia de una Amenaza en virtud de las condiciones que imperan; puede decirse que son los puntos o momentos de debilidad que se tienen y pueden favorecer la ocurrencia de un acto negativo o el aumento de las consecuencias de este;
- 27) Zona de Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo: Área donde pueden permitirse determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de salvaguardar a la población y al ambiente, y
- 28) Zona de Alto Riesgo para el Análisis de Riesgo: Área de restricción total en la que no se deben permitir actividades distintas a las del Sector Hidrocarburos e industriales.



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

### **5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.**

#### **5.1.1. Proyecto.**

No aplica, ya que el Proyecto consiste en un gasoducto.

#### **5.1.2. Transporte por Ductos.**

Se contempla instalar un sistema de distribución de gas natural por medio de ductos, ubicado en La Paz, Baja California Sur, que constará de 1 Estación de Regulación y Medición "City Gate"; 1 Estación de Regasificación, 1 Estación de Regulación y Medición "ERM-01", 10 Estaciones de Regulación "ER" y un gasoducto principal que tendrá un total de 92,497.95 metros lineales compuesto por una tubería de 10" de diámetro, con ramales de 4", 3", 2" y 3/4".

Las instalaciones del gasoducto consistirán en:

- a) Tubería del gasoducto: 10", 4", 3", 2" y 3/4".
- b) Estación de Regulación y Medición "City Gate".
- c) Estación de Regasificación.
- d) Estación de Regulación y Medición "ERM-01"
- e) Estaciones de Regulación "ER".

En el **Anexo 3** se incluye el plano detallado de la trayectoria general del gasoducto.

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas geográficas UTM (Datum: WGS84, Región: 12R), de la ubicación los elementos superficiales del gasoducto:

**Tabla 5.1.** Coordenadas UTM de la ubicación de los elementos superficiales del gasoducto.

No.	Descripción	Cadenamiento		Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 12R			
				X	Y		
<b>ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN "CITY GATE"</b>							
1	CITY GATE LA PAZ	0+000	A	COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.			
<b>ESTACIÓN DE REGASIFICACIÓN</b>							
1	ESTACIÓN DE REGASIFICACIÓN	0+070	A				
<b>ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN</b>							
1	ERM-01	12+280	B				
<b>ESTACIONES DE REGULACIÓN</b>							
1	ER-01	1+820	A				
2	ER-02	1+925	A				
3	ER-03	5+515	A				
4	ER-04	6+400	A				
5	ER-05	10+890	A				
6	ER-06	11+650	A				
7	ER-07	12+380	A				
8	ER-08	14+135	A				
9	ER-09	0+845	B				
10	ER-10	3+470	B				
<b>VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO</b>							
1	VS-01	1+360	A				
2	VS-02	5+180	A				
3	VS-03	0+000	B				
4	VS-04	13+350	A				
5	VS-05	16+400	A				
6	VS-06	0+000	C				
7	VS-07	5+145	B				
8	VS-08	11+945	B				

En la siguiente Tabla se presentan las coordenadas UTM (Datum: WGS84, Región: 12R), de la ubicación de los cruces del gasoducto:

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

**Tabla 5.2.** Coordenadas UTM de la ubicación de los cruces del gasoducto.

No.	Descripción	Cadenamiento		Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 12R		Medidas de Seguridad
				X	Y	
<b>CRUCES CARRETEROS</b>						
1	UB-CR-CRR-01	0+290	A			CRUZAMIENTO SUBTERRÁNEO, CON TUBERÍA CONDUCTORA DE 10"Ø A.C.



No.	Descripción	Cadenamiento		Coordenadas: UTM		Medidas de Seguridad	
				Datum: WGS84 Región: 12R			
				X	Y		
2	UB-CR-CRR-02	1+340	A	COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.		CRUZAMIENTO SUBTERRÁNEO, CON TUBERÍA CONDUCTORA DE 4"Ø A.C.	
3	UB-CR-CRR-03	1+820	A			CRUZAMIENTO SUBTERRÁNEO, CON TUBERÍA CONDUCTORA DE 3"Ø P.E.	
4	UB-CR-CRR-04	5+515	A			CRUZAMIENTO SUBTERRÁNEO, CON TUBERÍA CONDUCTORA DE 4"Ø P.E.	
5	UB-CR-CRR-05	11+175	B			CRUZAMIENTO SUBTERRÁNEO, CON TUBERÍA CONDUCTORA DE 10"Ø A.C.	
6	UB-CR-CRR-06	11+980	B			CRUZAMIENTO SUBTERRÁNEO, CON TUBERÍA CONDUCTORA DE 10"Ø A.C.	
<b>CRUCE CON LÍNEAS DE TRANSMISIÓN</b>							
1	UB-CR-LTR-01	1+400	A			CRUZAMIENTO SUBTERRÁNEO, CON TUBERÍA CONDUCTORA DE 10"Ø A.C.	
2	UB-CR-LTR-02	1+450	A			CRUZAMIENTO SUBTERRÁNEO, CON TUBERÍA CONDUCTORA DE 10"Ø A.C.	
3	UB-CR-LTR-03	11+470	B			CRUZAMIENTO SUBTERRÁNEO, CON TUBERÍA CONDUCTORA DE 10"Ø A.C.	
4	UB-CR-LTR-04	11+640	B			CRUZAMIENTO SUBTERRÁNEO, CON TUBERÍA CONDUCTORA DE 10"Ø A.C.	
<b>CRUCE CON CUERPOS DE AGUA</b>							
1	UB-CR-CNA-01	14+250	A			CRUZAMIENTO SUBTERRÁNEO, CON TUBERÍA CONDUCTORA DE 10"Ø A.C.	
2	UB-CR-CNA-02	3+215	B			CRUZAMIENTO SUBTERRÁNEO, CON TUBERÍA CONDUCTORA DE 10"Ø A.C.	



No.	Descripción	Cadenamiento		Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 12R		Medidas de Seguridad
				X	Y	
3	UB-CR-CNA-03	5+360	B	COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.		CRUZAMIENTO SUBTERRÁNEO, CON TUBERÍA CONDUCTORA DE 10"Ø A.C.
4	UB-CR-CNA-04	10+250	B			CRUZAMIENTO SUBTERRÁNEO, CON TUBERÍA CONDUCTORA DE 10"Ø A.C.
5	UB-CR-CNA-05	SN/CAD				CRUZAMIENTO SUBTERRÁNEO, CON TUBERÍA CONDUCTORA DE 4"Ø P.E.

En el **Anexo 3** se incluye el plano de los cruces del gasoducto.

En la siguiente Tabla se presentan las coordenadas UTM (Datum: WGS84, Región: 12R), de la ubicación de los puntos de inflexión del gasoducto:

**Tabla 5.3.** Coordenadas UTM de la ubicación de los puntos de inflexión del gasoducto.

No.	Descripción	Cadenamiento		Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 12R	
				X	Y
1	P.I.01	0+000	A	574886	9970007
2	P.I.02	0+010	A	COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.	
3	P.I.03	0+255	A		
4	P.I.04	0+290	A		
5	P.I.05	0+320	A		
6	P.I.06	0+350	A		
7	P.I.07	0+490	A		
8	P.I.08	0+655	A		
9	P.I.09	1+045	A		
10	P.I.10	1+425	A		
11	P.I.11	1+480	A		
12	P.I.12	1+560	A		
13	P.I.13	1+695	A		
14	P.I.14	2+440	A		
15	P.I.15	2+665	A		
16	P.I.16	2+875	A		
17	P.I.17	3+280	A		
18	P.I.18	3+360	A		



No.	Descripción	Cadenamiento		Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 12R	
				X	Y
19	P.I.19	3+490	A		
20	P.I.20	3+550	A		
21	P.I.21	3+760	A		
22	P.I.22	3+910	A		
23	P.I.23	3+960	A		
24	P.I.24	4+155	A		
25	P.I.25	4+235	A		
26	P.I.26	4+325	A		
27	P.I.27	4+390	A		
28	P.I.28	4+460	A		
29	P.I.29	4+530	A		
30	P.I.30	4+580	A		
31	P.I.31	4+665	A		
32	P.I.32	4+760	A		
33	P.I.33	5+540	A		
34	P.I.34	5+780	A		
35	P.I.35	6+060	A		
36	P.I.36	6+325	A		
37	P.I.37	6+415	A		
38	P.I.38	7+390	A		
39	P.I.39	8+030	A		
40	P.I.40	8+590	A		
41	P.I.41	8+850	A		
42	P.I.42	9+100	A		
43	P.I.43	12+470	A		
44	P.I.44	13+330	A		
45	P.I.45	14+105	A		
46	P.I.46	14+135	A		
47	P.I.47	14+440	A		
48	P.I.48	16+075	A		
49	P.I.49	16+330	A		
50	P.I.50	16+930	A		
51	P.I.51	17+140	A		
52	P.I.52	17+328	A		
53	P.I.53	0+000	B		
54	P.I.54	1+795	B		
55	P.I.55	5+570	B		
56	P.I.56	6+285	B		
57	P.I.57	10+440	B		
58	P.I.58	11+945	B		
59	P.I.59	12+270	B		
60	P.I.60	12+280	B		
61	P.I.61	0+000	C		
62	P.I.62	0+130	C		

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



No.	Descripción	Cadenamiento		Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 12R	
				X	Y
63	P.I.63	1+135	C		
64	P.I.64	1+150	C		
65	P.I.65	SN/CAD			
66	P.I.66	SN/CAD			
67	P.I.67	SN/CAD			
68	P.I.68	SN/CAD			
69	P.I.69	SN/CAD			
70	P.I.70	SN/CAD			
71	P.I.71	SN/CAD			
72	P.I.72	SN/CAD			
73	P.I.73	SN/CAD			
74	P.I.74	SN/CAD			
75	P.I.75	SN/CAD			
76	P.I.76	SN/CAD			
77	P.I.77	SN/CAD			
78	P.I.78	SN/CAD			
79	P.I.79	SN/CAD			
80	P.I.80	SN/CAD			
81	P.I.81	SN/CAD			
82	P.I.82	SN/CAD			
83	P.I.83	SN/CAD			
84	P.I.84	SN/CAD			
85	P.I.85	SN/CAD			
86	P.I.86	SN/CAD			
87	P.I.87	SN/CAD			
88	P.I.88	SN/CAD			
89	P.I.89	SN/CAD			
90	P.I.90	SN/CAD			
91	P.I.91	SN/CAD			
92	P.I.92	SN/CAD			
93	P.I.93	SN/CAD			
94	P.I.94	SN/CAD			
95	P.I.95	SN/CAD			
96	P.I.96	SN/CAD			
97	P.I.97	SN/CAD			
98	P.I.98	SN/CAD			
99	P.I.99	SN/CAD			
100	P.I.100	SN/CAD			
101	P.I.101	SN/CAD			
102	P.I.102	SN/CAD			
103	P.I.103	SN/CAD			
104	P.I.104	SN/CAD			
105	P.I.105	SN/CAD			
106	P.I.106	SN/CAD			

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



No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 12R	
			X	Y
107	P.I.107	SN/CAD		
108	P.I.108	SN/CAD		
109	P.I.109	SN/CAD		
110	P.I.110	SN/CAD		
111	P.I.111	SN/CAD		
112	P.I.112	SN/CAD		
113	P.I.113	SN/CAD		
114	P.I.114	SN/CAD		
115	P.I.115	SN/CAD		

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

En el **Anexo 3** se incluye el plano de los puntos de inflexión del gasoducto.

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas UTM (Datum: WGS84, Región: 12R), de la ubicación de los señalamientos del gasoducto:

**Tabla 5.4.** Coordenadas UTM de la ubicación de los puntos de señalamiento del gasoducto.

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 12R	
			X	Y
1	P.S. 01	0+000 A		
2	P.S. 02	0+100 A		
3	P.S. 03	0+200 A		
4	P.S. 04	0+300 A		
5	P.S. 05	0+400 A		
6	P.S. 06	0+500 A		
7	P.S. 07	0+600 A		
8	P.S. 08	0+700 A		
9	P.S. 09	0+800 A		
10	P.S. 10	0+900 A		
11	P.S. 11	1+000 A		
12	P.S. 12	1+100 A		
13	P.S. 13	1+200 A		
14	P.S. 14	1+300 A		
15	P.S. 15	1+400 A		
16	P.S. 16	1+500 A		
17	P.S. 17	1+600 A		
18	P.S. 18	1+700 A		
19	P.S. 19	1+800 A		
20	P.S. 20	1+900 A		

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

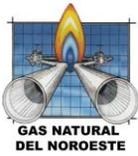


**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 12R	
			X	Y
21	P.S. 21	2+000 A		
22	P.S. 22	2+100 A		
23	P.S. 23	2+200 A		
24	P.S. 24	2+300 A		
25	P.S. 25	2+400 A		
26	P.S. 26	2+500 A		
27	P.S. 27	2+600 A		
28	P.S. 28	2+700 A		
29	P.S. 29	2+800 A		
30	P.S. 30	2+900 A		
31	P.S. 31	3+000 A		
32	P.S. 32	3+100 A		
33	P.S. 33	3+200 A		
34	P.S. 34	3+300 A		
35	P.S. 35	3+400 A		
36	P.S. 36	3+500 A		
37	P.S. 37	3+600 A		
38	P.S. 38	3+700 A		
39	P.S. 39	3+800 A		
40	P.S. 40	3+900 A		
41	P.S. 41	4+000 A		
42	P.S. 42	4+100 A		
43	P.S. 43	4+200 A		
44	P.S. 44	4+300 A		
45	P.S. 45	4+400 A		
46	P.S. 46	4+500 A		
47	P.S. 47	4+600 A		
48	P.S. 48	4+700 A		
49	P.S. 49	4+800 A		
50	P.S. 50	4+900 A		
51	P.S. 51	5+000 A		
52	P.S. 52	5+100 A		
53	P.S. 53	5+200 A		
54	P.S. 54	5+300 A		
55	P.S. 55	5+400 A		
56	P.S. 56	5+500 A		
57	P.S. 57	5+600 A		
58	P.S. 58	5+700 A		
59	P.S. 59	5+800 A		
60	P.S. 60	5+900 A		
61	P.S. 61	6+000 A		
62	P.S. 62	6+100 A		
63	P.S. 63	6+200 A		
64	P.S. 64	6+300 A		

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



**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

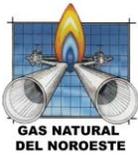
No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 12R	
			X	Y
65	P.S. 65	6+400 A		
66	P.S. 66	6+500 A		
67	P.S. 67	6+600 A		
68	P.S. 68	6+700 A		
69	P.S. 69	6+800 A		
70	P.S. 70	6+900 A		
71	P.S. 71	7+000 A		
72	P.S. 72	7+100 A		
73	P.S. 73	7+200 A		
74	P.S. 74	7+300 A		
75	P.S. 75	7+400 A		
76	P.S. 76	7+500 A		
77	P.S. 77	7+600 A		
78	P.S. 78	7+700 A		
79	P.S. 79	7+800 A		
80	P.S. 80	7+900 A		
81	P.S. 81	8+000 A		
82	P.S. 82	8+100 A		
83	P.S. 83	8+200 A		
84	P.S. 84	8+300 A		
85	P.S. 85	8+400 A		
86	P.S. 86	8+500 A		
87	P.S. 87	8+600 A		
88	P.S. 88	8+700 A		
89	P.S. 89	8+800 A		
90	P.S. 90	8+900 A		
91	P.S. 91	9+000 A		
92	P.S. 92	9+100 A		
93	P.S. 93	9+200 A		
94	P.S. 94	9+300 A		
95	P.S. 95	9+400 A		
96	P.S. 96	9+500 A		
97	P.S. 97	9+600 A		
98	P.S. 98	9+700 A		
99	P.S. 99	9+800 A		
100	P.S. 100	9+900 A		
101	P.S. 101	10+000 A		
102	P.S. 102	10+100 A		
103	P.S. 103	10+200 A		
104	P.S. 104	10+300 A		
105	P.S. 105	10+400 A		
106	P.S. 106	10+500 A		
107	P.S. 107	10+600 A		
108	P.S. 108	10+700 A		

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



No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 12R	
			X	Y
109	P.S. 109	10+800 A		
110	P.S. 110	10+900 A		
111	P.S. 111	11+000 A		
112	P.S. 112	11+100 A		
113	P.S. 113	11+200 A		
114	P.S. 114	11+300 A		
115	P.S. 115	11+400 A		
116	P.S. 116	11+500 A		
117	P.S. 117	11+600 A		
118	P.S. 118	11+700 A		
119	P.S. 119	11+800 A		
120	P.S. 120	11+900 A		
121	P.S. 121	12+000 A		
122	P.S. 122	12+100 A		
123	P.S. 123	12+200 A		
124	P.S. 124	12+300 A		
125	P.S. 125	12+400 A		
126	P.S. 126	12+500 A		
127	P.S. 127	12+600 A		
128	P.S. 128	12+700 A		
129	P.S. 129	12+800 A		
130	P.S. 130	12+900 A		
131	P.S. 131	13+000 A		
132	P.S. 132	13+100 A		
133	P.S. 133	13+200 A		
134	P.S. 134	13+300 A		
135	P.S. 135	13+400 A		
136	P.S. 136	13+500 A		
137	P.S. 137	13+600 A		
138	P.S. 138	13+700 A		
139	P.S. 139	13+800 A		
140	P.S. 140	13+900 A		
141	P.S. 141	14+000 A		
142	P.S. 142	14+100 A		
143	P.S. 143	14+200 A		
144	P.S. 144	14+300 A		
145	P.S. 145	14+400 A		
146	P.S. 146	14+500 A		
147	P.S. 147	14+600 A		
148	P.S. 148	14+700 A		
149	P.S. 149	14+800 A		
150	P.S. 150	14+900 A		
151	P.S. 151	15+000 A		
152	P.S. 152	15+100 A		

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



**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 12R	
			X	Y
153	P.S. 153	15+200 A		
154	P.S. 154	15+300 A		
155	P.S. 155	15+400 A		
156	P.S. 156	15+500 A		
157	P.S. 157	15+600 A		
158	P.S. 158	15+700 A		
159	P.S. 159	15+800 A		
160	P.S. 160	15+900 A		
161	P.S. 161	16+000 A		
162	P.S. 162	16+100 A		
163	P.S. 163	16+200 A		
164	P.S. 164	16+300 A		
165	P.S. 165	16+400 A		
166	P.S. 166	16+500 A		
167	P.S. 167	16+600 A		
168	P.S. 168	16+700 A		
169	P.S. 169	16+800 A		
170	P.S. 170	16+900 A		
171	P.S. 171	17+000 A		
172	P.S. 172	17+100 A		
173	P.S. 173	17+200 A		
174	P.S. 174	17+300 A		
175	P.S. 175	17+328 A		
176	P.S. 176	0+000 B		
177	P.S. 177	0+100 B		
178	P.S. 178	0+200 B		
179	P.S. 179	0+300 B		
180	P.S. 180	0+400 B		
181	P.S. 181	0+500 B		
182	P.S. 182	0+600 B		
183	P.S. 183	0+700 B		
184	P.S. 184	0+800 B		
185	P.S. 185	0+900 B		
186	P.S. 186	1+000 B		
187	P.S. 187	1+100 B		
188	P.S. 188	1+200 B		
189	P.S. 189	1+300 B		
190	P.S. 190	1+400 B		
191	P.S. 191	1+500 B		
192	P.S. 192	1+600 B		
193	P.S. 193	1+700 B		
194	P.S. 194	1+800 B		
195	P.S. 195	1+900 B		
196	P.S. 196	2+000 B		

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



No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 12R	
			X	Y
197	P.S. 197	2+100 B		
198	P.S. 198	2+200 B		
199	P.S. 199	2+300 B		
200	P.S. 200	2+400 B		
201	P.S. 201	2+500 B		
202	P.S. 202	2+600 B		
203	P.S. 203	2+700 B		
204	P.S. 204	2+800 B		
205	P.S. 205	2+900 B		
206	P.S. 206	3+000 B		
207	P.S. 207	3+100 B		
208	P.S. 208	3+200 B		
209	P.S. 209	3+300 B		
210	P.S. 210	3+400 B		
211	P.S. 211	3+500 B		
212	P.S. 212	3+600 B		
213	P.S. 213	3+700 B		
214	P.S. 214	3+800 B		
215	P.S. 215	3+900 B		
216	P.S. 216	4+000 B		
217	P.S. 217	4+100 B		
218	P.S. 218	4+200 B		
219	P.S. 219	4+300 B		
220	P.S. 220	4+400 B		
221	P.S. 221	4+500 B		
222	P.S. 222	4+600 B		
223	P.S. 223	4+700 B		
224	P.S. 224	4+800 B		
225	P.S. 225	4+900 B		
226	P.S. 226	5+000 B		
227	P.S. 227	5+100 B		
228	P.S. 228	5+200 B		
229	P.S. 229	5+300 B		
230	P.S. 230	5+400 B		
231	P.S. 231	5+500 B		
232	P.S. 232	5+600 B		
233	P.S. 233	5+700 B		
234	P.S. 234	5+800 B		
235	P.S. 235	5+900 B		
236	P.S. 236	6+000 B		
237	P.S. 237	6+100 B		
238	P.S. 238	6+200 B		
239	P.S. 239	6+300 B		
240	P.S. 240	6+400 B		

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



**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 12R	
			X	Y
241	P.S. 241	6+500 B		
242	P.S. 242	6+600 B		
243	P.S. 243	6+700 B		
244	P.S. 244	6+800 B		
245	P.S. 245	6+900 B		
246	P.S. 246	7+000 B		
247	P.S. 247	7+100 B		
248	P.S. 248	7+200 B		
249	P.S. 249	7+300 B		
250	P.S. 250	7+400 B		
251	P.S. 251	7+500 B		
252	P.S. 252	7+600 B		
253	P.S. 253	7+700 B		
254	P.S. 254	7+800 B		
255	P.S. 255	7+900 B		
256	P.S. 256	8+000 B		
257	P.S. 257	8+100 B		
258	P.S. 258	8+200 B		
259	P.S. 259	8+300 B		
260	P.S. 260	8+400 B		
261	P.S. 261	8+500 B		
262	P.S. 262	8+600 B		
263	P.S. 263	8+700 B		
264	P.S. 264	8+800 B		
265	P.S. 265	8+900 B		
266	P.S. 266	9+000 B		
267	P.S. 267	9+100 B		
268	P.S. 268	9+200 B		
269	P.S. 269	9+300 B		
270	P.S. 270	9+400 B		
271	P.S. 271	9+500 B		
272	P.S. 272	9+600 B		
273	P.S. 273	9+700 B		
274	P.S. 274	9+800 B		
275	P.S. 275	9+900 B		
276	P.S. 276	10+000 B		
277	P.S. 277	10+100 B		
278	P.S. 278	10+200 B		
279	P.S. 279	10+300 B		
280	P.S. 280	10+400 B		
281	P.S. 281	10+500 B		
282	P.S. 282	10+600 B		
283	P.S. 283	10+700 B		
284	P.S. 284	10+800 B		

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



No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 12R	
			X	Y
285	P.S. 285	10+900 B		
286	P.S. 286	11+000 B		
287	P.S. 287	11+100 B		
288	P.S. 288	11+200 B		
289	P.S. 289	11+300 B		
290	P.S. 290	11+400 B		
291	P.S. 291	11+500 B		
292	P.S. 292	11+600 B		
293	P.S. 293	11+700 B		
294	P.S. 294	11+800 B		
295	P.S. 295	11+900 B		
296	P.S. 296	12+000 B		
297	P.S. 297	12+100 B		
298	P.S. 298	12+200 B		
299	P.S. 299	12+280 B		
300	P.S. 300	0+000 C		
301	P.S. 301	0+100 C		
302	P.S. 302	0+200 C		
303	P.S. 303	0+300 C		
304	P.S. 304	0+400 C		
305	P.S. 305	0+500 C		
306	P.S. 306	0+600 C		
307	P.S. 307	0+700 C		
308	P.S. 308	0+800 C		
309	P.S. 309	0+900 C		
310	P.S. 310	1+000 C		
311	P.S. 311	1+100 C		
312	P.S. 312	1+150 C		

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

En el **Anexo 3** se incluye el plano de ubicación de los señalamientos del gasoducto.

**5.1.3. De los pozos de exploración y extracción.**

No aplica, ya que el Proyecto consiste en un gasoducto.

**5.1.4. Transporte por medios distintos a ductos.**

No aplica, ya que el Proyecto consiste en un gasoducto.



## **5.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.**

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

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

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

A continuación, se seccionará la descripción de la operación del sistema de distribución de gas natural, explicando la operación principal de la Estación de Regasificación, las Estaciones de Regulación y Medición y las Estaciones de Regulación que lo conforman, así como las condiciones de operación del gasoducto.



## ***ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN "CITY GATE".***

### **Funciones principales**

Las funciones principales de esta estación son:

- Recepción de gas proveniente del gasoducto del transportista de una manera confiable y segura.
- Sistema de filtrado del gas, eliminando impurezas que pudieran afectar la correcta operación de los diferentes equipos y sistemas que lo manejan.
- Medición del caudal del gas de la manera requerida y precisa para fines de facturación.
- Regulación de la presión de gas, manteniendo un valor fijo a la salida de la ERM para el uso de este combustible.

### **Elementos principales**

La Estación de Regulación y Medición de gas natural (ERM) cuenta con los siguientes elementos principales:

- Dos filtros coalescedores verticales Marca IEFSA modelo C3-1480F con elemento filtrantes 425 con conexiones de entrada y salida de 3" de Ø con una caída de presión menor a 2 Psid.
- Dos válvulas de Corte Automático de 3" de Ø Pietro Fiorentini modelo SBC 782 para corte por alta y baja presión.
- Dos trenes de Regulación, instrumentado en modo Working -Monitor, utilizando reguladores marca MOONEY.
- Una Válvula de Seguridad Mooney bridada de 4" de Ø en ANSI 300.
- Un Transmisor Multivariable Honeywell MVX 3000 (Presión Diferencial, Presión estática y Temperatura).
- Dos Trasmisores de presión ½" de Ø marca ROSEMOUNT para el registro de la presión a la entrada y salida de la ERM.
- Un Tubo de medición Marca Canalta de 3" de Ø conformado por tubo y placa acondicionadora de flujo, Fitting porta placa de Orificio RF en ANSI 600

provisto de placa de orificio de 15/16", 1-3/8" y 1-11/16" con relación de diámetros  $\beta = 0.32328$ ,  $\beta = 0.47414$  y  $\beta = 0.58190$  respectivamente, con puertos para presión diferencial, y sección final con insertos de 1/2 y 3/4, y un Computador Electrónico de flujo marca Eagle Research Corporation Modelo XARTU/1. Incluye: puerto MODEM, dos puertos seriales, seis entradas análogas, y cinco lineales digitales de entrada y salida multipropósito. Entradas tipo RTD con resolución de 12- BIT; 3 cables con blindaje a tierra; bornera de 4 conexiones por entrada.

- Válvula de control de flujo tipo bola de 3" de Ø ANSI 300 con actuador neumático para el sistema de control de flujo.

#### Filosofía de operación y control.

El gas natural entrará a la ERM por medio de un tubo de 4" de Ø que tiene una junta aislante PIKOTEK para aislar eléctricamente la estación.

Después de una Tee puede fluir el gas ya sea por el Tren N° 1 de Filtración o por el Tren N°2 De Filtración; previo a la entrada a los trenes de Filtración se instalará un Manómetro para medir la presión a la entrada de la ERM.

Para lograr la filtración adecuada para la operación del equipo sensible como los reguladores de presión, los filtros coalescedores con conexiones de 3" de Ø a la entrada y a la salida, utilizarán cartuchos desechables que retienen las partículas sólidas y líquidas de 0.3 micras y mayores con eficiencia de 99.99%. Con el paso del tiempo y el aumento de impurezas retenidas, el cartucho se va saturando y la caída de presión inicial comienza a ser cada vez mayor, lo cual es un indicativo de que se debe reemplazar el cartucho o en su defecto, cambiar al Tren N°2 De Filtración. Se cuenta con un manómetro de presión diferencial en cada filtro para monitorear las condiciones de operación de ambos filtros coalescedores en cada tren y se cuenta además antes del sistema de filtración con un manómetro testigo, para poder monitorear la presión de entrada de gas al City Gate.



Para dar mantenimiento a los filtros coalescedores del Tren N° 1 de Filtración, se manipulará el juego de válvulas de 3" de Ø para comenzar a operar con el Tren N°2 de Filtración, a fin de dejarlo fuera de operación para su revisión y/o mantenimiento. La operación será a la inversa en el caso de saturarse alguno de los Filtros del Tren N°2.

Inmediatamente después de los Trenes de filtración se encuentra el Tren de Medición, conformado por un Tubo de medición Marca Canalta Controls de 3" de Ø con Fitting porta placa de Orificio RF en ANSI 600 provisto de placa de orificio de 15/16", 1-3/8" y 1-11/16" con relación de diámetros  $\beta = 0.32328$ ,  $\beta = 0.47414$  y  $\beta = 0.58190$  respectivamente, provisto además de placa acondicionadora de flujo y puertos para presión diferencial, estos últimos se conectarán a un Transmisor Multivariable, con transmisor de temperatura, que a su vez enviaran señales a un computador electrónico de flujo modelo XARTU/1, este último calculará el flujo de gas natural que esté pasando por la ERM con el que se establecerá comunicación satelital con el sistema SCADA.

El Tubo de medición tiene la capacidad de medir el 100% del flujo que pase por la City Gate; dicho tren de medición cuenta también con válvulas de bloqueo aguas arriba y aguas abajo para seccionarlo en caso de falla o mantenimiento al Tubo de Medición. Paralelo al tren de medición se tendrá un espacio de las mismas dimensiones entre dos válvulas de bloqueo con bridas ciegas para evitar la extracción de gas sin ser medido, se ha diseñado de esta manera ya que en caso de ser necesario por alguna falla del elemento de Medición, o mantenimiento al mismo se instalara de manera provisional un carrete para permitir el paso de gas a la red.

Posteriormente después del Tren de medición tenemos los Trenes N° 1 y N° 2 de Regulación, cada uno de los cuales está conformado de la siguiente forma: Inician



con la instalación de una válvula de bola, aguas abajo de esta válvula se encuentra una Válvula de corte automático de 3" de Ø en ANSI 600 con actuador neumático de doble acción para corte por alta y baja presión que sirve como válvula de corte a la entrada del tren de regulación y que detecta la presión a la salida del propio tren. Aguas debajo de esta válvula se encuentra el Regulador No.1 (Monitor - Trabajador) operado por doble piloto, cuya función es hacer un primer paso de regulación y a la vez permanecer en espera monitoreando la operación del Regulador N° 2. Posteriormente se tiene el Regulador N° 2 (Regulador Trabajador) operado con un piloto, a falla de este último el Regulador Monitor-Trabajador tomará el control total de la regulación. Cada tren de regulación tiene la capacidad de suministro del 100% de flujo.

El Tren de Regulación N° 1 tendrá la válvula de corte automático calibrada a 327.13 Psi (23 Kg/cm<sup>2</sup>) para alta presión, y 238.95 Psi (16.8 kg/cm<sup>2</sup>) para baja presión, después el Regulador N° 1 tendrá el piloto Trabajador calibrado a 369.8 Psi (26.0 kg/cm<sup>2</sup>) y el piloto Monitor calibrado a 312.91 Psi (22.0 kg/cm<sup>2</sup>) (Regulador Monitor), el Regulador N° 2 (Regulador trabajador) cuenta con un piloto cuya presión de calibración es de 298.69 Psi (21.0 kg/cm<sup>2</sup>) . De tal manera, que si en el tren de regulación, por el cual está fluyendo gas llegará a fallar el Regulador N° 2 y/o Trabajador, el Regulador N° 1 tomará el control de la presión; la regulación se realizará en una sola fase y a 312.91 Psi (22.0 kg/cm<sup>2</sup>) que es la presión del monitor, es decir el piloto que estaba como monitor será el trabajador. Si de la misma manera fallara el Regulador monitor (ahora trabajador) y sobrepasara la presión a la cual esta calibrado, la presión seguirá incrementándose hasta alcanzar la presión a la cual esta calibrada la Válvula de corte automático del Tren de Regulación N° 1 y esta última cortará el flujo de gas por este tren.

El Tren de Regulación N° 2 tendrá cerrado el regulador trabajador (Regulador N° 2), debido a que el piloto estará detectando una presión por encima de su presión de calibración de 291.58 Psi (20.5 kg/cm<sup>2</sup>). Al momento de que el flujo se cortó por



alta presión en el Tren de Regulación N°1, empezará a decrecer la presión en el sistema hasta alcanzar la presión a la que está calibrado el piloto del Regulador N° 2 del Tren de Regulación N° 2 el cual abrirá automáticamente permitiendo el flujo de gas por este tren y así continuar con el abastecimiento de gas a los socios industriales, a continuación se detallan las presiones a las cuales operará el Tren de Regulación N° 2.

El Tren de Regulación N° 2 tendrá la válvula de corte automático calibrada a 384.03 Psi (27.0 kg/cm<sup>2</sup>) para alta presión, y 238.95 Psi (16.8 kg/cm<sup>2</sup>) para baja presión, después el Regulador N° 1 tendrá el piloto Trabajador calibrado a 369.8 Psi (26.0 kg/cm<sup>2</sup>) y el piloto Monitor calibrado a 312.91 Psi (22.0 kg/cm<sup>2</sup>) (Regulador Monitor), el Regulador N°2 (Regulador trabajador) cuenta con un piloto cuya presión de calibración es de 291.58 Psi (20.5 kg/cm<sup>2</sup>), como se dijo líneas arriba. De tal manera, que si en el Tren de Regulación N°2 llegará a fallar el Regulador N° 2 y/o Trabajador, el Regulador N° 1 tomará el control de la presión; la regulación se realizará en una sola fase y a 312.91 Psi (22.0 kg/cm<sup>2</sup>) que es la presión del monitor, es decir el piloto que estaba como monitor será el trabajador. Si de la misma manera fallara el Regulador monitor (ahora trabajador) y sobrepasara la presión a la cual está calibrado, la presión seguirá incrementándose hasta alcanzar la presión a la cual está calibrada la Válvula de seguridad 358.43 Psig (25.2 kg/cm<sup>2</sup>) esta automáticamente se abriría, con esto se asegura que se pueda llegar a la ERM y poder realizar lo necesario en los trenes de regulación para seguir abasteciendo el gas; si el desfogue de la válvula de alivio no fuera suficiente la presión seguirá incrementándose hasta alcanzar la presión a la cual está calibrada la Válvula de corte automático del Tren de Regulación N°2 y esta última cortará el flujo de gas por el tren de regulación.

Después de los trenes de regulación se encuentra una válvula controladora de flujo que será operada y manipulada por medio del sistema SCADA, la cual se activará cuando se registre un incremento de flujo, para no propasar los flujos máximos



autorizados, dicha válvula cuenta con un by-pass con el fin de dejarla fuera de operación para su revisión y/o mantenimiento, evitando suspender con esto el suministro de gas natural.

Posteriormente a la válvula controladora de flujo se encuentra una Tee donde se ubica la derivación hacia la salida de la estación y posteriormente otra Tee por cuyo extremo central y con dirección hacia arriba es donde se ubica la válvula de seguridad antes mencionada.

Por último, aguas abajo del extremo recto lateral de la Tee mencionada y con dirección hacia la salida de la estación se tienen 4 insertos, el primero de ellos será una toma para un manómetro testigo, otro para la toma de señal para la instalación de un transmisor de presión que monitoreará la presión de salida de la estación; el tercer inserto será para tomar la presión hacia el tanque del equipo de odorización y el cuarto será para inyección del odorizante al gas natural para que sea transportado por el gasoducto ya odorizado.

### Condiciones operativas

En la ERM se tendrán las siguientes condiciones de operación:

Presiones a la entrada:

Presión máxima	900 Psi (63.276 Kg/cm <sup>2</sup> )
Presión normal	512 Psi (36.00 Kg/cm <sup>2</sup> )
Presión mínima	450 Psi (31.64 Kg/cm <sup>2</sup> )
Presión de diseño	1,073 Psi (75.44 Kg/cm <sup>2</sup> )

Presiones de salida:

Presión máxima de salida	298.69 Psi (21.00 Kg/cm <sup>2</sup> )
Presión mínima de salida	291.58Psi (20.50 Kg/cm <sup>2</sup> )



La temperatura de diseño y operativas son:

Temperatura de diseño	293.15 °K (20 °C)
Temperatura de operación	291.15 °K (18 °C)

<b>CONSUMOS</b>	<b>SCMD</b>	<b>MMSCFD</b>	<b>SCMH</b>	<b>SCFH</b>
Consumo mínimo inicial	24,069.319	0.85	1,002.888	35,416.66
Consumo máximo	141,584.23	5.00	5,899.34	208,333.33

La presión de operación a la salida de la ERM será de 298.69 psi (21 kg/cm<sup>2</sup>).

### ***ESTACIÓN DE REGASIFICACIÓN***

El propósito de esta sección es describir los sistemas a ser operados en la Estación desde el recibo del producto hasta la regasificación del mismo.

Principalmente el Gas Natural Licuado es un gas incoloro, inodoro y no tóxico que se produce cuando se refrigera el Gas Natural en el cual predomina el Metano (CH<sub>4</sub>) a una temperatura aproximada de -162°C con lo que se consigue reducir su volumen 600 veces, esto permite almacenar y distribuir una cantidad importante de GNL.

El Gas Natural Licuado llega a la estación por medio de Auto tanques los cuales deberán contar con las siguientes especificaciones:

- Iso-contenedores para GNL
- Presión de operación: 8.3 Bar (120 PSI)
- Capacidad: 42,000 L
- Tasa de llenado: 90% / 81%
- Código de diseño: ISO 1496, IMDG, ADR, RID, TIR, ISO 1496-3, ASME VIII.1, CGA 341.

### *SKID DE DESCARGA.*

Posterior a la llegada del producto por medio de los contenedores mencionados se procede a bajar el producto de los auto tanques por medio de un Skid de bombeo el cual se conforma principalmente de manguera flexible o brazo de descarga con retorno de vapor hacia el auto-tanque, una bomba con variador de frecuencia, un Pressure Built Up (PBU), medidor de flujo másico para la transferencia de custodia válvulas de cierre neumáticas, válvulas de bloqueo, controlador de puesta a tierra, válvulas de seguridad y todo lo necesario para llevar a cabo una operación segura al momento de realizar el trasvase, este Skid de descarga tiene una capacidad máxima de descarga de 352.23 GPM. El tiempo de descarga aproximado de un auto-tanque es de 1 hora.

La descarga del GNL a los tanques se realiza a través de la bomba, si la bomba empieza a perder presión en la succión se activa el PBU para enviar GNL a través de un vaporizador e inyectarle vapor al Iso-contenedor con este proceso se incrementa la presión en el mismo, con este proceso se facilita la descarga.

Adicionalmente el patín de descarga cuenta con sistema de control local, la unidad controladora por lotes y la estación de monitoreo con el correspondiente lector de tarjetas de circuito integrado (IC card reader).

El producto se envía hacia los tanques de almacenamiento ubicados dentro de la estación de regasificación esto con la finalidad de tener disponibilidad del producto y evitar estancamientos con los Auto-tanques y los camiones a recibir el producto.

### *DESCRIPCIÓN DEL ALMACENAMIENTO*

La estación de regasificación contará con almacenamiento de Gas Natural Licuado, conforme a la siguiente tabla:



**Tabla 5.5.** Capacidad de los tanques de la Estación de Regasificación.

Tanque	Capacidad	
	Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )	Galones (Usgal)
TH-101	315	83,223
TH-102	315	83,223
CAP. ALM	630	166,446

La construcción de estos tanques es considerando y aplicando todos los criterios requeridos de las normas/estándares: código ASME secc. VII DIV. 1.

Estos tanques están constituidos por un contenedor primario de pared doble con aislamiento criogénico entre ambas paredes y un sistema de retención de derrames de GNL en caso de falla del contenedor primario.

Los diámetros de tubería de entrada y salida de los tanques serán evaluados en la ingeniería de detalle, cabe mencionar que toda la tubería utilizada en el proceso debe ser criogénica para poder transportar el producto adecuadamente cumpliendo con los requerimientos de Presión y Temperatura, reduciendo la evaporización.

#### Filosofía de operación

Los tanques de almacenamiento de Gas Natural Licuado reciben el producto desde el skid de bombeo previamente mencionado, los Tanques cuentan con 2 boquillas de entrada de GNL, una por la parte superior y otra por la parte inferior.

Si al momento de recibir el GNL la presión en el tanque está cercana a las 12 PSI, el llenado del mismo se realizara por la parte superior para convertir el vapor en el tanque a GNL y así disminuir la presión, si la presión interna del Tanque es muy baja, se llenara por la parte inferior para subir la presión y favorecer el bombeo cuidando siempre que la presión no se acerque a los 12 PSI.



Cada Tanque está protegido por una Válvula de Seguridad (PSV) que se abrirá una vez que la presión interna del tanque llegue a las 12 PSI, el desfogue de presión se liberara a la atmosfera.

Para la Salida del GNL al equipo de Bombeo se tiene una boquilla de 2 1/2" por tanque.

Los Tanques también cuentan con 2 boquillas adicionales de 3", una es para retorno de GNL que se utiliza para enfriamiento de los equipos y tuberías mientras que la otra boquilla se utiliza para el retorno de vapor, ambas boquillas están en la parte superior del tanque interno.

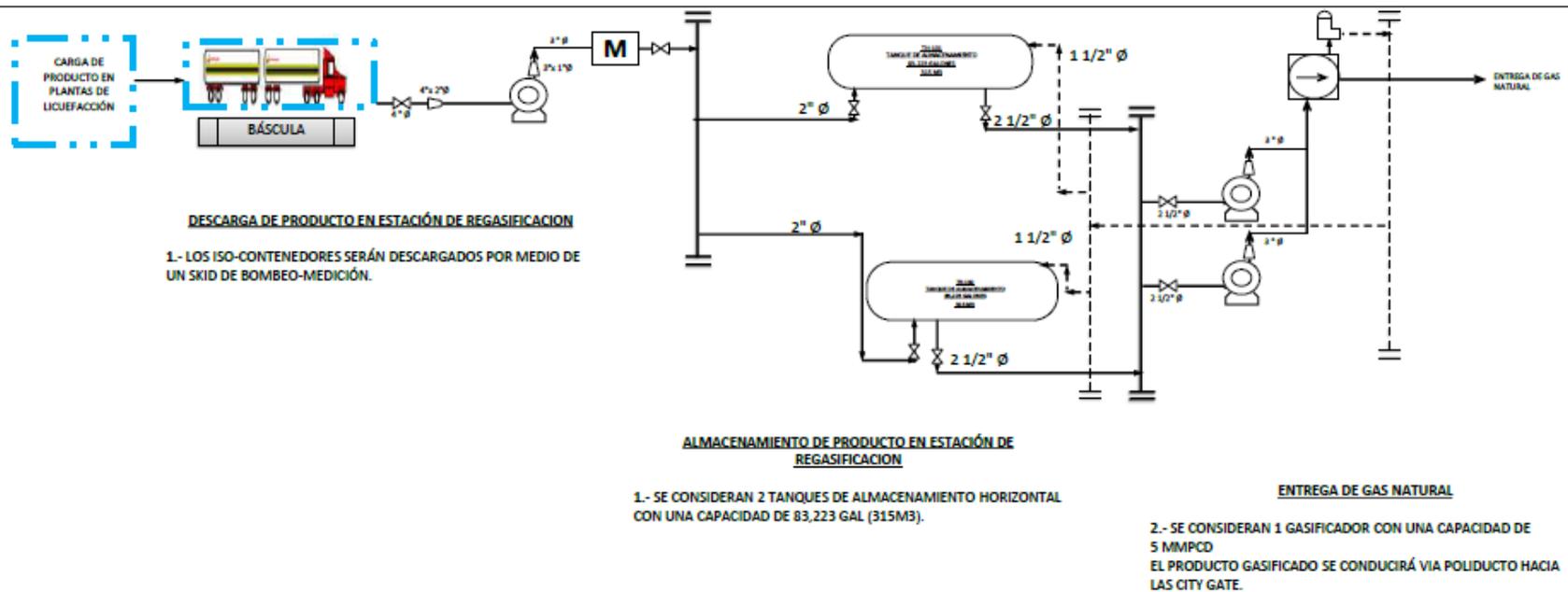
#### Capacidad y Rango Operativo

Los sistemas de procesos serán diseñados de manera que la capacidad de la estación de servicio de GNL corresponda al tiempo de operación anual promedio estimado de aproximadamente 8,322 horas. La estación tendrá una capacidad de operación de 37,671 galones diarios.

#### Capacidad de Distribución del Gas Natural Licuado

Se utilizará Gas Natural Licuado para la conversión del mismo a su estado gaseoso con una capacidad de 5 MMPCD (millones de pies cúbicos por día).

A continuación se muestra un diagrama general de la estación de regasificación:



**Figura 5.1.** Diagrama de flujo general del funcionamiento de la estación de regasificación.

## ***ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN "ERM-01".***

### ***Funciones principales***

Las funciones principales de esta estación son:

- Recepción de gas proveniente del gasoducto principal de una manera confiable y segura.
- Acondicionamiento del gas, eliminando impurezas que pudieran afectar la correcta operación de los diferentes sistemas que lo manejan.
- Regulación de la presión del gas, manteniendo un valor fijo a la salida de la ERM para cualquier condición de uso del combustible.
- Medición del caudal de gas consumido para fines de facturación.

### ***Elementos principales***

La Estación de Regulación y Medición de gas natural (ERM-01) contará con los siguientes elementos principales:

- Cuatro válvulas de esfera de paso completo de  $\frac{1}{4}$  de vuelta de acero al carbón de DN 3" de  $\emptyset$  en ANSI 300
- Tres válvulas mariposa de 4" ANSI 150
- Una válvula de globo de 3" ANSI 300.
- Dos Reguladores de Presión tipo radial Mooney modelo SG-30 al 35% de capacidad con slam shut para corte por alta y baja.
- Medidor de tipo pistón rotativo modelo G-250 con cuerpo de 4" de  $\emptyset$  ANSI 150.
- Un Filtro Coalescedor tipo Parker de 2" modelo MN8S-7CVPG
- Válvula de seguridad Vayremex modelo 211 con entrada macho de  $\frac{3}{4}$ " NPT y salida de 1" NPT hembra.

### ***Filosofía de operación***

El gas natural entrará a la estación a través de una brida de DN 80 mm (3" de  $\emptyset$ ), después el gas llegará a un filtro tipo "Coalescedor" para limpiarlo de impurezas,



posteriormente se regulará la presión de entrada, bajándola de 5 Kg/cm<sup>2</sup> (71.12 Psi) a 4.5 Kg/cm<sup>2</sup> (64.00 Psi), después de regular el flujo el gas fluirá hacia el medidor donde será medido, después el flujo de gas continua hacia la salida de la ERM.

En la parte inferior de la ERM se localiza el By Pass General el cual se pondrá en funcionamiento cuando sea necesario realizar trabajos de mantenimiento en los equipos de toda la caseta, controlando el flujo a la salida de la estación monitoreando la presión con los manómetros localizados aguas abajo y aguas arriba de esta válvula; Antes de la salida misma se tiene una válvula de seguridad calibrada por arriba de la presión regulada, que es igual a 5.5 Kg/cm<sup>2</sup> (78.29 Psi) la cual se releva a la presión anterior en el dado caso de que el regulador fallara y se abriera por completo dejando pasar la presión de entrada a la ERM, después de lo anterior el gas saldrá de la ERM para entrar a la red de aprovechamiento.

### Condiciones operativas

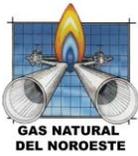
En la ERM se tendrán las siguientes condiciones de operación:

Presión de entrada:	71.12 Psi (5 Kg/cm <sup>2</sup> )
Presión de salida:	64.00 Psi (4.5 Kg/cm <sup>2</sup> )

## **ESTACIONES DE REGULACIÓN**

### Funciones principales

- Las funciones principales de estas estaciones son:
- Recepción de gas proveniente del gasoducto principal de una manera confiable y segura.
- Acondicionamiento del gas, eliminando impurezas que pudieran afectar la correcta operación de los diferentes equipos y sistemas que lo manejan.
- Regulación de la presión del gas, manteniendo un valor fijo a la salida de la ESTACION DE REGULACION, para cualquier condición de uso del combustible.



### Elementos principales

Las Estaciones de Regulación contarán con los siguientes elementos principales:

- Una Válvula de esfera de paso completo en acero al carbón de 3" de Ø ANSI 300 bridada RF, accionada por palanca, de tres piezas, guiada, lubricable.
- Una Válvula de esfera de paso completo en acero al carbón de 2" de Ø ANSI 300 bridada RF, accionada por palanca, de tres piezas, guiada, lubricable.
- Una Válvula de globo en acero al carbón de 2" de Ø ANSI 300 bridada RF, accionada por volante.
- Filtro Coalescente de 3" de Ø en ANSI 300 marca PARKER Modelo HN12L-7CVPY elemento filtrante 7CVP35-280.
- Regulador Marca Mooney Bridado RF de 2" de Ø en ANSI 300, Mod. SG-4 con Slam Shut, para proteger la instalación por eventos que pueden ocasionar una condición insegura corriente abajo de la CITY GATE ZAPATA.
- Regulador Marca Mooney Bridado RF de 2" de Ø en ANSI 300 Modelo FG-4.
- Válvula de Mariposa de acero al carbón de 4" de Ø en ANSI 150 accionada por palanca.

### Filosofía de operación y control.

El gas natural entrara a la ER por medio de una brida de 3" de Ø la cual esta soldada al extremo centro de una Tee de las mismas dimensiones, antes de la brida de 3" se coloca una junta Aislante Pikotek para proteger a la estación eléctricamente, siguiendo con la Tee, esta direcciona el flujo hacia dos direcciones, un extremo hacia el tren de filtración y regulación, y el otro extremo hacia el By pass General de la estación.

Continuando con dirección hacia el tren de filtración y regulación, se cuenta conformado de los siguientes elementos siguiendo el flujo del gas natural, se encuentra primeramente una valvula de esfera de paso completo de 3" de Ø



siguiéndole con un filtro coalescedor de 3" de Ø en ANSI 300, para lograr la filtración adecuada en la operación de los equipos delicados como los pilotos de los reguladores. Este filtro, utilizará cartuchos desechables que retienen las partículas sólidas y líquidas de 0.3 micras y mayores con eficiencia de 99.99%. Con el paso del tiempo y el aumento de impurezas retenidas, el cartucho se va saturando y la caída de presión inicial comienza a ser cada vez mayor, lo cual es un indicativo de que se debe reemplazar el cartucho. Y se cuenta con un manómetro de presión diferencial instalado en el filtro, para monitorear las condiciones de operación del filtro coalescente, se cuenta además antes del sistema de filtración un manómetro de presión para poder indicar la presión de entrada de gas de la ER.

Aguas abajo de este filtro se encuentra el primer regulador con válvulas de corte automático (slam shut) para corte en alta y baja presión (regulador monitor), operado con un piloto, el cual es utilizado para vigilar el desempeño del regulador trabajador operado por un piloto, para que en caso de falla de éste, el regulador monitor tome el control total de la presión de operación. Enseguida se encuentra el regulador trabajador operado por un piloto cuya función es la regulación del sistema para entregar el gas a la presión requerida a la salida de la estación.

El Regulador con válvulas de corte automático está calibrado para corte por alta presión a 7.70 Kg/cm<sup>2</sup> (109.52 Psi), y corte por baja presión calibrado a 4.50 Kg/cm<sup>2</sup> (64.01 Psi), y el piloto de este regulador calibrado a 7.20 Kg/cm<sup>2</sup> (102.41 Psi), posterior al slam shut se continúa con un Regulador el cual estará en operación regulando a 7.00 Kg/cm<sup>2</sup> (99.56 Psi).

Es decir que su funcionamiento será como se describe a continuación, si en fase de regulación llegará a fallar el regulador y/o trabajador, el regulador No. 1 tomará el control de la presión con el piloto del regulador monitor; La regulación se seguirá realizando en una sola fase con el regulador 1 bajando la presión a 7.20 Kg/cm<sup>2</sup> que es la presión del monitor, y el piloto que estaba como monitor será el trabajador. Si



por encima de eso de la misma manera fallara el regulador monitor (ahora trabajador) y sobrepasara la presión a la cual esta calibrado, la presión seguiría incrementándose hasta alcanzar la presión a la cual esta calibrado el modulo por corte por alta presión 7.70 kg/cm<sup>2</sup> (109.52 PSI) está automáticamente se abrirá para asegurar que no se tendrá una sobre presión en todo el sistema y se cortara el flujo de gas a la red general.

Después de la fase de regulación se sigue hasta llegar a un codo el cual direcciona el flujo hacia la salida de la estación, continuando con un carrete de tubería de 4" de Ø, en el cual se encuentran dos insertos, en el primero de ellos se instalan las señales neumáticas de los reguladores como también del módulo de las válvulas de corte automático, el segundo inserto es donde se instala un manómetro para monitorear la presión a la salida de la estación, aguas abajo del carrete se sigue con un codo hasta llegar a una válvula de mariposa de 4" de Ø, la cual da el paso al flujo de gas hacia una Tee de 4" de Ø en posición vertical con dirección hacia abajo.

Regresando a la Tee que se encuentra en la entrada de la ER, siguiendo el extremo recto restante, se encuentra el By Pass General de la estación, el cual entrara en funcionamiento cuando sea necesario realizar mantenimiento a los equipos ya sea de filtración o regulación; El by pass general está compuesto como se describe a continuación; Por el extremo recto restante de la Tee de 3" de Ø se sigue con un codo seguido de un carrete donde se encuentra un inserto, en el cual se instala un manómetro para monitorear la presión de entrada de la estación, aguas abajo del carrete se continua con una válvula de esfera de paso completo accionada por palanca de 2" de Ø, la cual se abre para dejar fluir el gas natural, posteriormente se tiene una válvula de globo accionada por volante de 2" de Ø para controlar el flujo de gas, la cual se une a un carrete de tubería en el que se encuentra un manómetro para estar controlando el flujo de gas que se esté entregando a la salida de la estación, aguas abajo del carrete, se encuentra una Tee de 4" de Ø, la cual

direcciona el flujo en posición vertical con dirección hacia abajo, seguida de un codo y un carrete de tubería donde al final de este, se encuentra una brida de 4" de Ø, la cual da salida al flujo del Gas Natural.

### **GASODUCTO.**

La tubería del gasoducto tendrá las características de diseño especificadas en la siguiente tabla:

**Tabla 5.6.** Características de diseño del gasoducto.

<b>Diámetro (in)</b>	<b>Espesor (in)</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Especificación del material y acero</b>	<b>Presión de diseño psi - KPA</b>	<b>Temperatura de Diseño °K/°C</b>
10"	0.219	29,608.28	API 5L GRADO X42 CON COSTURA	298.69	121
4"	0.219	1,139.37	API 5L GRADO X42 CON COSTURA	298.69	121
3"	0.216	3,282.91	API 5L GRADO B CON COSTURA	298.60	121
2"	0.154	1,654.05	API 5L GRADO B CON COSTURA	298.69	121
4"	0.409	7,530.96	POLIETILENO HDPE 4710 SDR11	689	23
3"	0.319	8,382.98	POLIETILENO HDPE 4710 SDR11	689	23
2"	0.217	27,008.90	POLIETILENO HDPE 4710 SDR11	689	23
¾"	0.094	13,890.50	POLIETILENO HDPE 4710 SDR11	689	23

#### Sistema de protección catódica del gasoducto

Debido a la longitud del gasoducto se consideró para este estudio de protección catódica el uso del sistema de protección por medio de corriente impresa con rectificador autónomo.



Se debe indicar si hay o no presencia de torres de alta tensión que crucen al ducto en estudio y de ductos de aceros cercanos a él, en caso de haber, se debe realizar un estudio de interferencias electromagnéticas AC, el cual no forma parte del alcance de esta ingeniería y será necesario para determinar el efecto real y el grado de corrientes alternas inducida al gasoducto.

Para diseñar y aplicar correctamente la protección catódica, primero se determina la superficie expuesta a la corrosión, densidad de corriente requerida para obtener un potencial tubo suelo de al menos -950 mV respecto a una celda de referencia Cu/CuSO<sub>4</sub> en toda la trayectoria de la tubería.

Como parte complementaria del sistema de protección catódica, se incluirá la colocación de estaciones de registro de potencial.

### **Bases de diseño**

La protección catódica se ha utilizado para el control efectivo de la corrosión externa de estructuras metálicas.

El sistema por corriente impresa consiste en unir eléctricamente la estructura metálica que se trata de proteger con el polo negativo de una fuente de alimentación de corriente continua (rectificada) y el polo positivo con un electrodo auxiliar que cierra el circuito vía electrolito. Es completamente indispensable la existencia del electrolito, que completa el sistema para que se realice el proceso. Este sistema, tiene la característica de que utiliza como ánodo dispensor de la corriente (electrodo auxiliar) materiales metálicos que en mayor o menor grados se consumen con el paso de la corriente. Sin embargo, el intercambio necesario de corriente con el electrolito tiene lugar a través de reacciones electroquímicas, las cuales dependen tanto del material anódico, como del ambiente que rodea al mismo e incluso de la densidad de corriente que este suministra.

- Resistividad del terreno.

El método utilizado para el levantamiento de resistividad del suelo en campo, es el método de cuatro electrodos de Wenner, en donde los electrodos se clavan en el suelo en línea recta y a una misma separación, la cual representa la resistencia del suelo a esa profundidad. Lo que se obtiene del equipo de medición, es el valor de resistencia del suelo. Para obtener el valor de resistividad del terreno se aplica la siguiente fórmula:

$$\rho = 2\pi * S * R$$

Donde:

$\rho$  = Resistividad del suelo ( $\Omega$ -cm).

S = Separación de electrodos (cm).

R = Resistencia del suelo ( $\Omega$ ).

La resistividad promedio del suelo en el área donde se encuentra el sistema es de 1,440.66  $\Omega$ -cm.

- Densidad de corriente.

Debido a que no se realizó el estudio de demanda de corriente, en donde se ubican las líneas de suministro, no se cuenta con la densidad de corriente necesaria para obtener el potencial de -950 mV, por lo que para los cálculos se toma como referencia el valor de 0.4 mA/m<sup>2</sup>, el cual es el valor de densidad de corriente y factor de daño del recubrimiento del tricapa PE para un diseño de 30 años, de acuerdo a la norma internacional ISO 15589-1.

### **Conclusiones y recomendaciones.**

Se eligió el método de protección catódica por corriente impresa, ya que este método es más conveniente que por ánodos de sacrificio, cuando se trata de



proteger estructuras de gran longitud o con una gran demanda de corriente y/o cuando la resistividad del ambiente es elevada.

Una gran ventaja de este método es su posibilidad de proteger una gran superficie con una sola cama anódica. Por otra parte, tanto la diferencia de potencial como la corriente suministrada son variables, y de aquí se desprende que el sistema presenta una gran flexibilidad operacional.

Las ventajas que presenta el método de protección catódica por corriente impresa son las siguientes:

- Puede diseñarse para un amplio intervalo de potencial y corriente.
- Un ánodo o cama anódica puede suministrar una gran corriente.
- Con una sola instalación se pueden proteger superficies muy grandes.
- Potencial y corriente variable.
- Se puede utilizar en ambientes de resistividad elevada.
- Eficaz para estructuras no protegidas.

Se llevará a cabo la instalación de 1 rectificador automático con una cama anódica conformada por 5 ánodos de mezcla de óxidos metálicos y se instalarán de forma perpendicular al ducto. Por lo tanto, se realizarán las siguientes actividades:

- La colocación de 1 cama de 5 ánodos de MMO, a una profundidad de 3 metros de forma vertical, separados a 4.5 metros entre sí (ver figura No.1).
- El orificio donde será colocado cada ánodo será de 3 metros de largo y 0.16 metros de ancho (ver figura No. 2).
- Para cubrir los ánodos se utilizará carbón coke (Backfill) pulverizado Loresco RS-3. Separando el ánodo del fondo del orificio a 0.30 metros y por encima del ánodo 0.30 metros.
- Para recubrir cada unión soldada del cable en el ducto se utilizará un parche tipo Handy Cap.

- Se utilizará tubería conduit de ½ pulgada para meter los cables positivo y negativo pero no deberán ir por el mismo tubo conductor.
- Usar una caja anódica con shunt integrado para el monitoreo de la corriente drenada por cada ánodo.

A continuación se muestra el esquema del sistema de protección catódica por corriente impresa:

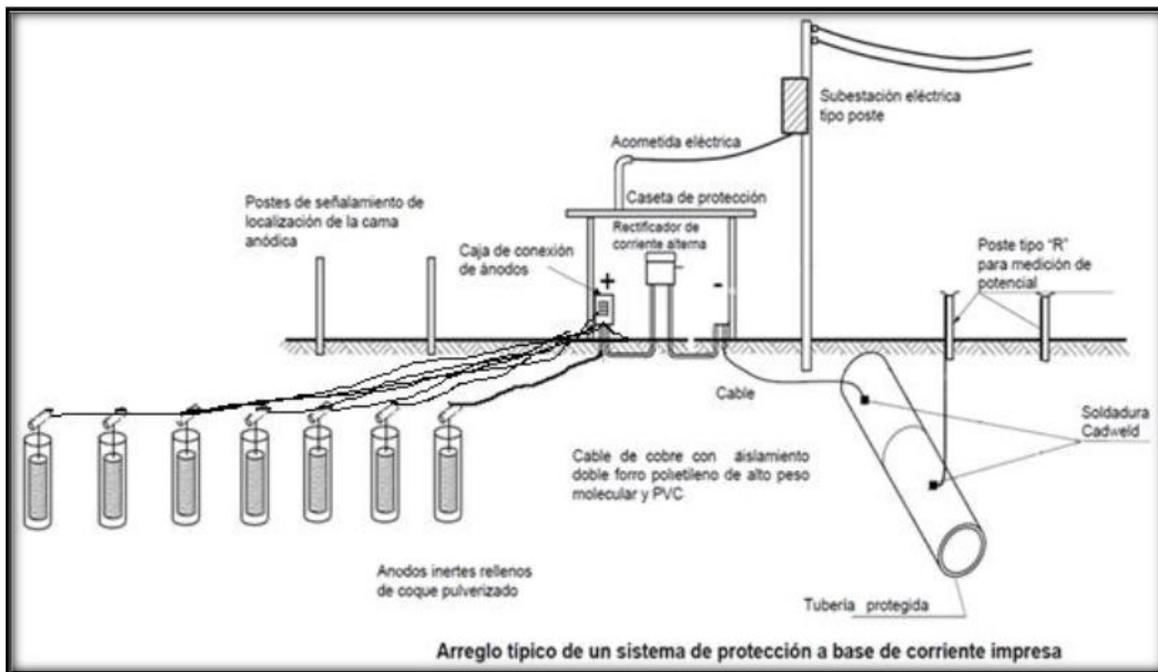


Figura 5.2. Esquema del sistema de protección catódica por corriente impresa

### VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO.

Los ductos deben considerar válvulas de seccionamiento para limitar el riesgo y daño ocasionado por alguna rotura del ducto, las cuales deben proporcionar un sello seguro en ambos extremos, independientemente de la presión de la línea; así como facilitar el mantenimiento del sistema.



### Funciones principales de las válvulas de seccionamiento

- Controlar o Bloquear el flujo de gas hacia cualquier sección del sistema.

### Filosofía de operación de las válvulas de seccionamiento

El Gasoducto cuenta con Válvulas de seccionamiento de tipo enterrables, las cuales cumplen con la distancia marcada la NOM-003-ASEA-2016, diseñando con una localización clase 4, esto para dejar un mayor factor de seguridad en el sistema. Estas se encontrarán ubicadas en lugares de fácil acceso y protegiéndolas de daños y/o alteraciones.

Las válvulas del tipo enterrables suelen estar instaladas en sistemas de baja presión de polietileno y de la misma manera estas son de polietileno de alta densidad 3408 con vástago extensivo protegido por tubería de PVC para operación superficial. Las cuales operan a una presión máxima de 7 kg/cm<sup>2</sup> y cumplen con las normas ASTM D2513 y ASME B16.40,

Las válvulas de seccionamiento deben ser de cierre rápido, herméticas y con extremos soldables por Termofusión o Electrofusión.

### Especificaciones de las válvulas de seccionamiento

Las válvulas de seccionamiento son de tipo esfera de acero al carbón, montada sobre muñón de paso completo y continuado, guiada, lubricable y con cuerpo de tres piezas atornillado, con conexiones bridadas tipo RF y accionadas por medio de una caja de engranes.

Los ductos deben considerar válvulas de seccionamiento para limitar el riesgo y daño ocasionado por alguna rotura del ducto, las cuales deben de proporcionar un sello seguro en ambos extremos, independientemente de la presión de la línea; así como facilitar el mantenimiento del sistema.



Las válvulas de seccionamiento se ubican en lugares de fácil acceso y protegiéndolas de daños y/o alteraciones.

Las válvulas de seccionamiento en ductos de distribución deben reunir las características siguientes:

Las válvulas de seccionamiento podrán confinarse, de ser necesario, en registros, siempre y cuando se evite la transmisión de cargas a la tubería y la inundación del registro.

Las válvulas de seccionamiento se encuentran debidamente soportadas y ancladas de acuerdo a un análisis de flexibilidad a fin de verificar que el estado de esfuerzos, no sobrepase los permisibles del material.

Todas las válvulas deben contar con un dispositivo que indique claramente la posición cerrada o abierta en que se encuentren; excepto las de retención, que deben tener marcado con una flecha el sentido de flujo.

Todas las válvulas deben contar con una inscripción en relieve o placa en la que se indique: marca, diámetro nominal, presión o clase y material del cuerpo.

Las válvulas de seccionamiento pueden confinarse en registros y los mecanismos de operación de la válvula deben quedar sobre el nivel del terreno.

Las válvulas de seccionamiento deben contar con un By-Pass que consta de dos válvulas adicionales perpendiculares a la línea, una aguas arriba y otra aguas abajo, que se unen con un arreglo de tubería y accesorios, cuyas funciones son permitir el paso de gas en el momento que se le dé mantenimiento a la válvula, permitir el desfogue tanto en el tramo que está aguas arriba como el que está aguas abajo de



la válvula, y posteriormente volver a empacar la línea para empatar presiones antes de abrir nuevamente la válvula.

La ubicación de las válvulas de seccionamiento se observa en el plano general, en el **Anexo 3**.

En el **Anexo 3** se incluye el diagrama de flujo general del Sistema de Distribución de Gas Natural (No. De Plano: GNN-ZGU-BCS-LPaz-ASEA-DiF-22\_01).

#### **5.2.1. Materias Primas.**

Para el Proyecto “**SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ**”, no se considera como tal el uso de materias primas, como se ha mencionado, el uso de la instalación es un gasoducto, el cual transportará Gas Natural.

#### **5.2.2. Productos y subproductos.**

El gas natural llegará a la ERM “City Gate” proveniente del transportista de una manera segura, no se lleva a cabo la elaboración de un producto como tal, ni el almacenamiento como tal, solamente el transporte del gas natural por medio del ducto, regulando los flujos y presiones a través de las ERMs; así mismo será importante considerar la Estación de Regasificación en la cual se tendrán 2 tanques de almacenamiento de GNL.

En la tabla presentada a continuación se especifican las características del gas natural, así como la masa estimada de almacenamiento en el gasoducto, según la memoria de cálculo desarrollada presentada en el **Anexo 4**, en base a las especificaciones técnicas del gasoducto; por otro lado en la Estación de Regasificación se contará con almacenamiento de Gas Natural Licuado en 2 tanques de 315 m<sup>3</sup> de capacidad cada uno:

**Tabla 5.7.** Características de volumen máximo almacenado de Gas Natural.

Nombre del material	Etapa del proceso en la que se ocupa	No. CAS	Estado físico	C	R	E	T	I	B	Volumen máximo almacenado
Gas Natural	Gasoducto	8006-14-2	Gas	X			X	X		39,084.80 m <sup>3</sup>
Gas Natural	Estación de Regasificación	8006-14-2	Gas	X			X	X		630 m <sup>3</sup>

En el **Anexo 4**, se incluye la memoria de cálculo de la capacidad máxima de almacenamiento del gasoducto.

En el **Anexo 5** se incluye la Hoja de Seguridad del Gas Natural.

En la tabla siguiente se muestran las cantidades máximas de almacenamiento en comparación con las cantidades de reporte de los Primer y Segundo Listados de Actividades Altamente Riesgosas de la Federación:

**Tabla 5.8.** Materiales listados como actividades altamente riesgosas.

Nombre de la Sustancia/ Material	Estado físico	Listado Actividad Altamente Riesgosa	Cantidad de Reporte	Masa almacenamiento (Ver Anexo 4)
Gas Natural (Metano)	Gas	2°	500 kg	39,084.80 m <sup>3</sup> 23,841.728 kg (Gasoducto)
Gas Natural (Metano)	Gas	2°	500 kg	630 m <sup>3</sup> 289,800 kg (Estación de Regasificación)

*\* Nota: Para calcular la cantidad máxima de masa almacenada, se multiplicó el dato del volumen máximo almacenado por la densidad del gas natural (0.61 kg/m<sup>3</sup>). Para calcular la cantidad máxima de masa almacenada, se multiplicó el dato del volumen máximo almacenado por la densidad del gas natural licuado (460 kg/m<sup>3</sup>).*

Como se puede observar en la tabla anterior, el Gas Natural como tal no se encuentra incluida en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas de la Federación, sin embargo, el Metano, principal componente del gas natural sí está contemplado en el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas. En el

caso del gasoducto la masa total almacenada superará la cantidad establecida en el 2° Listado de Actividades Altamente Riesgosas.

### 5.3. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.

#### 5.3.1. Proyecto.

No Aplica.

#### 5.3.2. Transporte por ductos.

El proyecto se ubicará en el municipio de La Paz en el Estado de Baja California Sur y constará de 1 Estación de Regulación y Medición "City Gate"; 1 Estación de Regasificación, 1 Estación de Regulación y Medición "ERM-01", 10 Estaciones de Regulación "ER" y un gasoducto principal que tendrá un total de 92,497.95 metros lineales compuesto por una tubería de 10" de diámetro, con ramales de 4", 3", 2" y 3/4".

La superficie destinada para la construcción de la ERM "City Gate" y la Estación de Regasificación, es de acuerdo al siguiente cuadro de coordenadas:

**Tabla 5.9.** Coordenadas geográficas UTM de la ubicación de la ERM "City Gate" y la Estación de Regasificación.

Vértice	Coordenadas UTM WGS 84	
	X	Y
<b>City Gate – Estación de Regasificación</b>		
1	COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.	
2		
3		
4		
5		
1		

La superficie para la Estación de Regulación y Medición es de acuerdo al siguiente cuadro de coordenadas

**Tabla 5.10.** Coordenadas del proyecto

Vértice	Coordenadas UTM WGS 84		
	X	Y	
<b>City Gate – Estación de regasificación</b>			
1	COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.		
2			
3			
4			
5			
1			
6			
7			
8			
9			
6			

El proyecto consiste en una longitud de tubería de 92,497.95 metros lineales, donde la superficie para su construcción e instalación corresponde a 117.51 ha donde la superficie de vegetación forestal es de 1.18 ha (Matorral Sarcocaulé) y corresponde sólo a la superficie donde se encuentra la Estación de Regasificación y la City Gate La Paz del Sistema.

En la siguiente figura se muestra el croquis de localización del Sistema de distribución:



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

**Figura 5.3.** Croquis de localización del proyecto.

Para el proyecto se determinó la clase de localización, en base a lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-003-ASEA-2016, su numeral 7.5. Clases de localización. Se realizó el cadenamamiento a lo largo de la trayectoria del Gasoducto cada 1,600 metros, así como un recorrido de campo, para determinar la clase de localización de toda la trayectoria del gasoducto, resultando lo siguiente:

**Tabla 5.11.** Determinación de la clase de localización de la trayectoria del gasoducto.

Zonas para clasificación	Longitud de tramo (m)	Clase
ZONA 1	0+000 A - 1+600 A	1
ZONA 2	1+600 A - 3+200 A	4
ZONA 3	3+200 A - 4+800 A	3
ZONA 4	4+800 A - 6+400 A	4
ZONA 5	6+400 A - 8+000 A	4
ZONA 6	8+000 A - 9+600 A	4
ZONA 7	9+600 A - 11+200 A	4
ZONA 8	11+200 A - 12+800 A	4
ZONA 9	12+800 A - 14+400 A	4
ZONA 10	14+400 A - 16+000 A	4
ZONA 11	16+000 A - 17+600 A	4
ZONA 12	17+600 A - 19+200 A	4
ZONA 13	19+200 A - 20+800 A	4
ZONA 14	20+800 A - 21+463.46 A	3
<b>ZONAS PARA CLASIFICACIÓN</b>	<b>LONGITUD DE TRAMO (m)</b>	<b>CLASE</b>
ZONA 1	0+000 B - 1+139.37 B	3
<b>ZONAS PARA CLASIFICACIÓN</b>	<b>LONGITUD DE TRAMO (m)</b>	<b>CLASE</b>
ZONA 1	0+000 C - 0+485.91 C	4
<b>ZONAS PARA CLASIFICACIÓN</b>	<b>LONGITUD DE TRAMO (m)</b>	<b>CLASE</b>
ZONA 1	0+000 D - 0+438.20 D	4
<b>ZONAS PARA CLASIFICACIÓN</b>	<b>LONGITUD DE TRAMO (m)</b>	<b>CLASE</b>
ZONA 1	0+000 E - 1+600 E	4
ZONA 2	1+600 E - 1+893.87 E	4
<b>ZONAS PARA CLASIFICACIÓN</b>	<b>LONGITUD DE TRAMO (m)</b>	<b>CLASE</b>
ZONA 1	0+000 F - 0+957.84 F	4

Zonas para clasificación	Longitud de tramo (m)	Clase
<b>ZONAS PARA CLASIFICACIÓN</b>	<b>LONGITUD DE TRAMO (m)</b>	<b>CLASE</b>
ZONA 1	0+000 G - 1+600 G	4
ZONA 2	1+600 G - 3+200 G	4
ZONA 3	3+200 G - 4+800 G	4
ZONA 4	4+800 G - 6+400 G	4
ZONA 5	6+400 G - 7+739.85 G	4
<b>ZONAS PARA CLASIFICACIÓN</b>	<b>LONGITUD DE TRAMO (m)</b>	<b>CLASE</b>
ZONA 1	0+000 H - 1+136.94 H	4
<b>ZONAS PARA CLASIFICACIÓN</b>	<b>LONGITUD DE TRAMO (m)</b>	<b>CLASE</b>
ZONA 1	0+000 I - 1+150.54 I	4
<b>ZONAS PARA CLASIFICACIÓN</b>	<b>LONGITUD DE TRAMO (m)</b>	<b>CLASE</b>
ZONA 1	0+000 J - 1+600 J	4
ZONA 2	1+600 J - 1+959.48 J	4
<b>ZONAS PARA CLASIFICACIÓN</b>	<b>LONGITUD DE TRAMO (m)</b>	<b>CLASE</b>
ZONA 1	0+000 K - 1+600 K	4
ZONA 2	1+600 K - 1+674.78 K	4

En la siguiente tabla se muestra el significado de las clases de localización por donde pasará un ducto, según lo establecido en la NOM-003-ASEA-2016:

**Tabla 5.12.** Clases de localización por donde pasará un ducto, según la NOM-003-ASEA-2016

Clase de Localización	Definición
Clase de localización 1	El Área unitaria que cuenta con diez o menos construcciones para ocupación humana.
Clase de localización 2	El Área unitaria con más de diez y hasta cuarenta y cinco construcciones para ocupación humana.

Clase de Localización	Definición
Clase de localización 3	<p>El Área unitaria que cuenta con cuarenta y seis construcciones o más para ocupación humana.</p> <p>El tramo de una tubería clase 1 o 2 debe ser reclasificado como clase 3 cuando el eje de dicho tramo se encuentre a una distancia igual o menor de 100 metros de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Una construcción ocupada por veinte o más personas, al menos 5 días en la semana, en 10 semanas en un periodo de 12 meses. Los días y las semanas no tienen que ser consecutivos, por ejemplo: escuelas, hospitales, iglesias, salas de espectáculos, cuarteles y centros de reunión;</li> <li>b) Un área libre definida que sea ocupada por veinte o más personas, al menos 5 días a la semana, en 10 semanas en un periodo de 12 meses. Los días y las semanas no tienen que ser consecutivos, por ejemplo: campos deportivos, áreas recreativas, teatro al aire libre u otro lugar público de reunión, o</li> <li>c) Un área destinada a fraccionamiento o conjunto habitacional o comercial que no tenga las características de la clase 4.</li> </ul>
Clase de localización 4	<p>El Área unitaria en la que predominan construcciones de cuatro o más niveles incluyendo la planta baja, donde el tráfico vehicular es intenso o pesado y donde pueden existir numerosas instalaciones subterráneas. Planta baja y en la que se presentan una de las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Existan vías de comunicación con tránsito vehicular intenso o;</li> <li>ii. Existan instalaciones subterráneas destinadas al transporte de pasajeros.</li> </ul>

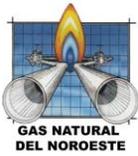
En el **Anexo 3** se incluye el plano donde se detalla la trayectoria del gasoducto con la clase de localización determinada.

### **5.3.3. Aspectos del medio natural.**

#### **5.3.3.1. Vegetación.**

##### **A. Vegetación terrestre**

En México convergen comunidades de dos reinos florísticos: el Holártico y el Neotropical, ambas integradas por dos regiones en las que se agrupan 17 provincias florísticas (Rzedowski, 1978).



Según el Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2005 (compendio de estadísticas ambientales), la superficie del país está cubierta por cuatro formaciones vegetales principales: bosques y selvas en los que predominan formas de vida arbórea; otra cubierta vegetal muy extendida, que son los matorrales, localizados principalmente en zonas secas o semisecas y tienen como componente dominante a los arbustos, y por último, los pastizales que se caracterizan por estar dominados por plantas de porte herbáceo y se localizan sobre todo en el centro-norte del país.

La clasificación de los tipos de vegetación del área es el reflejo de una interrelación lógica entre las especies de flora, su estructura, forma de asociarse y su relación con su medio ambiente. Un aspecto fundamental que hay que considerar en el caso de las definiciones o delimitaciones de los tipos de vegetación, es que la naturaleza propia de las comunidades no muestra separaciones o distinciones categóricas unas con otras. Muchas veces expresan un manifiesto de un continuo, aunque los extremos de las asociaciones sean claramente diferentes.

Por otro lado, el SAR, el área de influencia y la totalidad del área del proyecto se encuentra localizada en la **Provincia fitogeográfica** denominada como "Baja California" (Figura 5.4). En lo que respecta a las **Provincias Biogeográficas**, la superficie del SAR, el área de influencia y el área del proyecto se ubican en las denominada como "Del Cabo" y "Baja California", como se ilustra en la Figura 5.5.

## Provincias fitogeográficas

 Baja California

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

**Figura 5.4.** Ubicación del SAR en lo que a Provincias fitogeográficas se refiere.

## Provincias biogeográficas

-  Baja California
-  Del Cabo



**Figura 5.5.** Ubicación del SAR en lo que a Provincias biogeográficas se refiere.

### Usos de Suelo y Vegetación para las áreas de estudio (SAR, AI y CUS).

Para la determinación de los tipos de vegetación presentes en el SAR, se utilizó el sistema de clasificación de tipos vegetativos del INEGI, que a su vez está basado en el sistema de clasificación de Rzedowski (1976). Tomando en cuenta la literatura consultada en el sistema de clasificación de tipos de uso de suelo del INEGI (Serie III) corresponde a **Asentamientos humanos, Cuerpo de agua, Matorral Sarcocaula, Matorral Sarcocrasicaule, Pastizal Inducido, Agricultura de Riego, Selva Baja Caducifolia, Vegetación halófila y Zona urbana** para el Sistema Ambiental Regional. (Figura 5.6, Tabla 5.13) esta misma tabla nos muestra los tipos de vegetación forestales identificados al interior del SAR, cubren una superficie de 25,437.71 ha equivalen a un 80.48%, mientras que los usos no forestales 6171.66 ha (19.52%) sumado en total una superficie del SAR de 31,609.37 ha (100%).

**Tabla 5.13.** Superficie que cubren los usos de suelo y tipos de vegetación que conforman el Sistema Ambiental Regional (Usos Forestales y No Forestales).

Clave	Uso de Suelo	Superficie (ha)	Superficie (ha)	
			Forestal	No Forestal
AH	Asentamientos humanos	497.50	--	497.50
H2O	Cuerpo de agua	265.63	--	265.63
MSC	Matorral sarcocaula	14988.68	14988.68	--
MSC/VSa	Matorral sarcocaula	1377.20	1377.20	--
MSCC	Matorral sarco-crasicaule	63.75	63.75	--
MSCC/VSa	Matorral sarco-crasicaule	251.18	251.18	--
PI	Pastizal inducido	93.29	--	93.29
RAS	Agricultura de riego	1790.45	--	1790.45
SBC	Selva baja caducifolia	8593.98	8593.98	--
VH	Vegetación halófila	162.92	162.92	--
ZU	Zona urbana	3524.79	--	3524.79
<b>Total</b>		31609.37	25437.71	6171.66
<b>Porcentaje (%)</b>		<b>100</b>	<b>80.48</b>	<b>19.52</b>

Para el área de influencia, INEGI en la Serie III registra **Matorral Sarcocaula, Vegetación halófila xerófila, Zona urbana, Asentamientos humanos,**

**Vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocrasicaule**, entre otros como se muestra en la Tabla 5.14.

**Tabla 5.14.** Usos de suelo y vegetación en el área de influencia según la Serie III de INEGI

Uso de Suelo y Vegetación	Superficie (ha)	Forestal (ha)	No Forestal (ha)
Matorral sarcocaule	406.69	406.69	--
Vegetación halófila xerófila	65.59	65.59	--
Zona urbana	944.65	--	944.65
Asentamientos humanos	209.05	--	209.05
Vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocrasicaule	24.15	24.15	--
Pastizal inducido	22.66	--	22.66
Zona urbana	108.49	--	108.49
Agricultura de riego anual y semipermanente	3.37	--	3.37
Vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule	186.32	186.32	--
Asentamientos humanos	39.13	--	39.13
Zona urbana	5.89	--	5.89
Cuerpo de agua	208.89	---	208.89
<b>Total</b>	<b>2224.88</b>	<b>682.75</b>	<b>1542.13</b>
<b>Porcentaje</b>		30.69	69.31

Para el área del proyecto se registró **Desprovisto de vegetación/DDV/Zona urbana** y **Matorral Sarcocaule**, según la Serie III de INEGI. Pero cabe mencionar que, en base a los recorridos de campo y los resultados obtenidos de los muestreos realizados en la superficie del proyecto, se hace constar que el tipo de uso de suelo y vegetación en la superficie solicitada para cambio de uso de suelo corresponde a **Matorral Sarcocaule** correspondiendo a los que se utilizaran en los muestreos para la superficie de Cambio de Uso de Suelo (Tabla 5.15).

**Tabla 5.15.** Cobertura del suelo y tipos de vegetación en la superficie del predio según recorridos de campo realizados.

Uso de suelo y Vegetación	Superficie (ha)	Forestal (ha)	No Forestal (ha)
Desprovisto de vegetación/DDV/Zona urbana	11.00	--	11.00
Matorral sarcocaule	21.52	21.52	--
<b>Total</b>	<b>117.51</b>	<b>1.18</b>	<b>116.33</b>
<b>Porcentaje (%)</b>	<b>100</b>	<b>1.00</b>	<b>99.00</b>

### Vegetación serie III

 Agricultura de riego anual	 Matorral Carcocaule	 Vegetación de galería
 Agricultura de riego anual y semipermanente	 Mezquital desértico	 Vegetación halófila xerófila
 Asentamientos humanos	 Pastizal Inducido	 Vegetación secundaria arbustiva de matorral sarco-crasicaule
 Manglar	 Selva Baja caducifolia	 Vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule
 Matorral sarco-crasicaule	 Vegetación de dunas costeras	 Zona urbana



**Figura 5.6.** Vegetación del Sistema Ambiental Regional de acuerdo con la Serie III del INEGI.

A continuación, se presenta una descripción de los usos de suelo y tipos de vegetación presentes en las áreas definidas según la Guía de Interpretación de Suelos determinada por el INEGI (Sistema Ambiental Regional, el área de influencia y en la superficie del predio):

**1.- Matorral Sarcocaulle (MSC):** Tipo de vegetación caracterizado por la dominancia de arbustos de tallos carnosos, gruesos frecuentemente retorcidos y algunos con corteza papirácea. Se extiende desde el sur de Baja California hasta la región de Los Cabos en Baja California Sur y en la parte continental de México en las regiones costeras de la llanura sonorense y sinaloense hasta el municipio de Angostura, Sinaloa.

Se encuentran sobre terrenos rocosos y suelos someros en climas tipo B (secos) y se caracteriza por la buena capacidad de adaptación a las condiciones de aridez de las especies presentes dentro de esta comunidad. Las temperaturas máximas en que se desarrolla este tipo de vegetación es de 22-24°C y las temperaturas mínimas de 12-15°C, este tipo de matorral en la costa del pacífico mexicano se encuentra comprendido entre los 0–500 metros de altitud.

En Sonora se ubica en la región de lomeríos y elevaciones medias, sobre suelos someros de laderas de cerros, lo conforman especies como: *Jatropha* spp., *Cercidium microphyllum*, *Opuntia* spp., y *Carnegiea gigantea*, entre otras; esta última, particularmente impresionante por su altura, ya que con frecuencia llega a medir más de 10m. Es un matorral abierto o medianamente denso y florísticamente rico, en el que a menudo intervienen especies de *Acacia* sp., *Prosopis* sp., *Larrea* sp., *Celtis* sp., *Encelia* sp., *Olneya* sp., *Ferocactus* sp. y muchos otros, al igual que numerosas plantas herbáceas perennes incluyendo helechos y Selaginelales sep.

De manera semejante, la mitad meridional de la Península de Baja California, a la altura de la sierra San Francisco, La Giganta y todos los cerros intermedios están



ocupados por dicho matorral con especies como: *Pachycereus pringlei*, *Lophocereus schottii*, *Stenocereus gummosus* y *Cylindropuntia cholla*, de las cactáceas; pero además aparecen especies de los géneros: *Bursera* spp. (Copal, Torote Colorado.), *Jatropha* spp. (Lomboy, Matacora), *Cercidium* sp., *Prosopis* sp., entre otras.

Existen algunas formas de este matorral dadas por el sustrato como el matorral de *Pittocaulon praecox* en la Ciudad de México o de *Sedum* sp., presentes en los derrames basálticos del Chichinautzin.

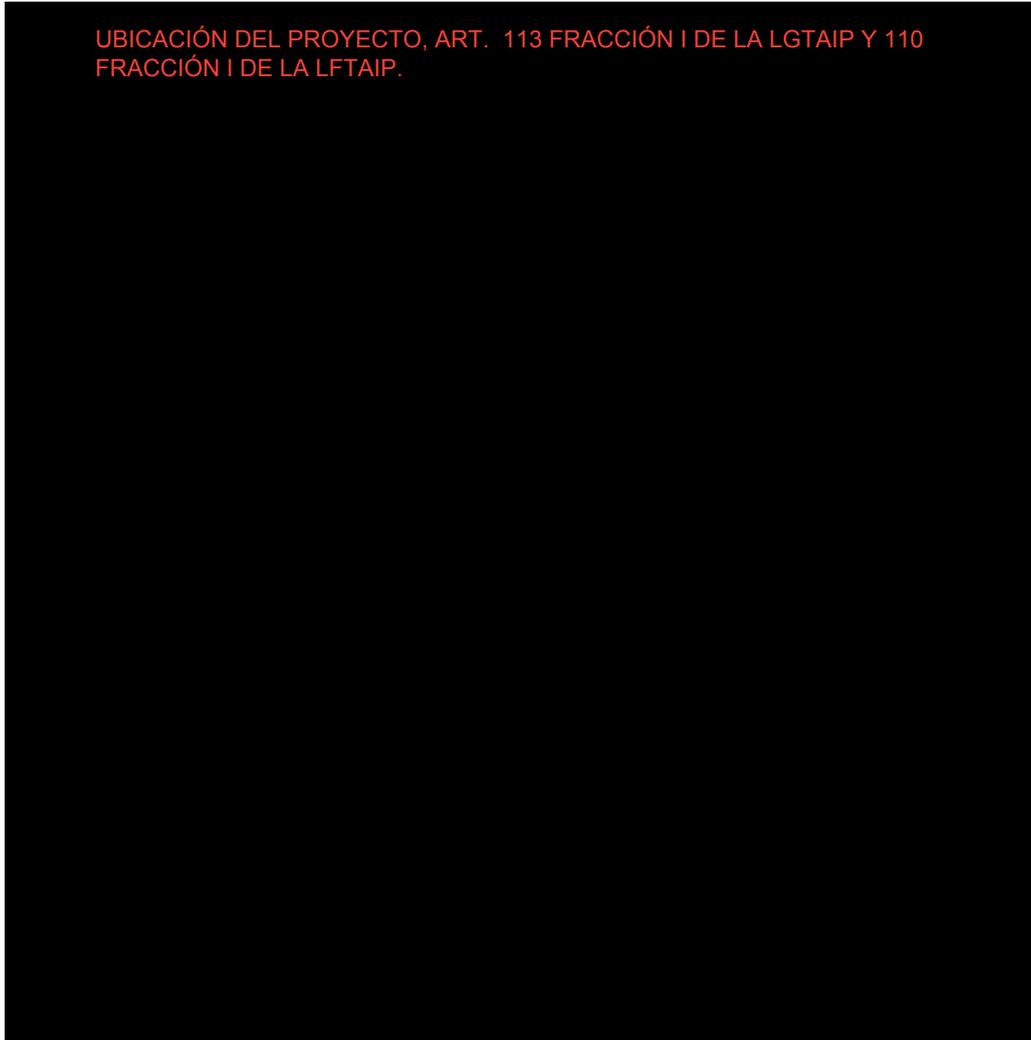
En el **Capítulo 4** de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional, Modalidad Industrial del Sector Hidrocarburos con Riesgo, se presentan los resultados obtenidos durante el muestreo.

#### **5.3.3.2. Fauna silvestre.**

En lo que respecta a la ubicación del AP, su área de influencia y su SAR en las **Provincias herpetofaunísticas** se encuentra la denominada "Cabo" Figura 5.7. Para el caso de las **Provincias mastofaunísticas**, la superficie del proyecto, el área de influencia y la totalidad del SAR se encuentra la provincia denominada "Baja California", pudiendo observarse esto en las Figura 5.8.

## Provincias herpetofaunísticas

 Cabo



**Figura 5.7.** Ubicación del SAR respecto a las Provincias Herpetofaunísticas de México.

## Provincias mastofaunísticas

 Baja California



**Figura 5.8.** Ubicación del SAR respecto a las Provincias Mastofaunística de México.

En el **Capítulo 4** de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional, Modalidad Industrial del Sector Hidrocarburos con Riesgo, se presentan los resultados obtenidos durante el muestreo de fauna silvestre.

### 5.3.3.3. Suelos.

Los suelos presentes en el SAR se describen de acuerdo con el Sistema de Clasificación de Suelos FAO/UNESCO, modificado por la Dirección General de Geografía (DGG) del INEGI. De esta manera, el **Tipo de suelo** identificado en el área de influencia y en la superficie del proyecto y parte del SAR corresponde a Regosol y Yermosol y para el resto del SAR, también se presenta Litosol. En la Figura 5.9 se puede observar lo anterior a mayor detalle. En cuanto a la **clasificación secundaria de suelos** corresponde a Háplico, lúvico y Eútrico (Figura 5.10).

A continuación, se presenta una descripción de los principales suelos identificados en el área del proyecto y el SAR. Así mismo, se incluye información acerca de los tipos y grados de degradación de los suelos y las causas que originan dicho factor.

**1. Litosol:** Del griego *lithos*: piedra. Literalmente, suelo de piedra. Son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras de México, barrancas, lamerías y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques y selvas su uso es forestal; cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua. No tiene subunidades y su símbolo es (l).

**2. Regosol:** Del griego *reghos*: manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca. Suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve.



Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferentes entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánicas, se parecen bastante a la roca que les da origen. Muchas veces están asociados con Litosoles y con afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad. Se incluyen en este grupo los suelos arenosos costeros

**3. Yermosol:** Del español *yermo*: desértico, desolado. Literalmente, suelo desolado. Son suelos localizados en las zonas más áridas del norte del país como los Llanos de la Magdalena y Sierra de la Giganta en Baja California Sur, Llanuras Sonorenses, Bolsón de Mapimí y la Sierra de la Paila en Coahuila. Ocupan el 3% del territorio nacional y su vegetación típica es el matorral o pastizal. En ocasiones presentan capas de cal, yeso y sales en la superficie o en alguna parte del subsuelo. La capa superficial de los Yermosoles es aún más pobre en humus y generalmente más clara que los Xerosoles. Su uso agrícola está restringido a las zonas donde se puede contar con agua de riego. Cuando existe este recurso y buena tecnología los rendimientos esperados normalmente son muy altos. La explotación de especies como la candellilla, nopal y lechuguilla son comunes en estos suelos. Su símbolo es (Y).

La **Clase textural del suelo** que se encuentra en la superficie del SAR es de tipo media y gruesa, siendo esta última la que se encuentra en el área de influencia y en la superficie del proyecto (Figura 5.11).

*Textura del suelo:* Proporción porcentual de las partículas minerales (arena, limo y arcilla) que constituyen el suelo, en los 30 cm de profundidad.

- Gruesa (1): Menos del 18% de arcilla y más del 65% de arena.
- Media (2): Menos del 35% de arcilla y menos del 65% de arena.
- Fina (3): Más del 35% de arcilla.

## Tipo de suelos

 Feozem háplico  Litosol  Regosol eútrico  Yermosol háplico  Yermosol lúvico



**Figura 5.9.** Tipos de suelos principales en la superficie del proyecto, el área de influencia y su SAR.

## Calificador secundario de suelos

 Litosol  Eútrico  Háptico  Lúvico



**Figura 5.10.** Clasificador secundario de suelos en la superficie del proyecto, el área de influencia y su SAR.

## Clase textural

 Gruesa  Media

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

**Figura 5.11.** Tipos de texturas del suelo identificados en la superficie del proyecto, el área de influencia y su SAR.



***Degradación de los suelos.***

**El tipo de degradación de suelo** presente en el área de influencia y el área del proyecto corresponde a Degradación física por pérdida de la función productiva y en el SAR se presenta además de la anterior Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica (Figura 5.12)

En lo que respecta al **Grado de degradación de los suelos**, presente en el área de influencia, la superficie del proyecto y parte del Sistema ambiental regional es de tipo "Extrema" y para el resto del SAR se presenta "Moderado" (Figura 5.13).

Las **Causas de degradación de los suelos** que se ha sido determinado para el área de influencia, área del proyecto y parte del SAR es "Urbanización/Actividades Industriales", tal y como puede observarse en la Figura 5.14.

## Tipo de degradación de suelos

-  Degradación física por pérdida de la función productiva
-  Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica



**Figura 5.12.** Clasificación del Tipo de degradación de los suelos en la superficie del proyecto, área de influencia y del SAR.

## Grado de degradación de suelos

 Extremo  Moderado

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

**Figura 5.13.** Clasificación del grado de degradación de los suelos en la superficie del proyecto, área de influencia y del SAR.

## Causa de degradación de suelos

■ Actividades agrícolas ■ Urbanización / Actividades industriales



**Figura 5.14.** Causas de la degradación de los suelos en la superficie del proyecto, área de influencia y del SAR.



#### **5.3.3.4. Geología y Geomorfología.**

De acuerdo con el INEGI, en el área de influencia, la superficie del proyecto y su SAR se encuentran en la **Provincia Fisiográfica** denominada "Península de Baja California" (Figura 5.15).

Por otra parte, el área de influencia, el proyecto y el SAR se ubican totalmente en la **Subprovincia fisiográfica** "Del Cabo" tal y como puede observarse en la Figura 5.16.

El **Grupo o Sistema de Topoformas** existente en la superficie del proyecto y en el área de influencia es de tipo "Llanura", esta se presenta también en el SAR, así como Lomerío y Sierra logrando apreciar a detalle en la Figura 5.17.

Los **rangos altitudinales** existentes en el área de influencia, en la superficie del proyecto y parte de la superficie del SAR es el rango 0 a 200 msnm (metros sobre el nivel del mar) sin embargo existen áreas en las que se presentan rangos superiores alcanzando el rango de los 1000 a 1500 msnm en el resto del SAR, pudiendo observarse lo anterior en la Figura 5.18.

Los **Porcentajes de pendiente** que se presentan en la superficie del SAR son los ubicados en el rango de 0 a 1.318% hasta el rango de 27.84 a 42% (Figura 5.19). Es preciso señalar, que la superficie del proyecto y el área de influencia cuentan con una superficie mayormente plana, sin embargo, en esta última se presenta el rango más alto que va de los 27.84 a 42 msnm.

## Provincias fisiográficas

 Península de Baja California



**Figura 5.15.** Provincia fisiográfica en la que se ubica la superficie del proyecto, área de influencia y el SAR.

## Subprovincias fisiográficas

 Del Cabo

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

**Figura 5.16.** Subprovincia fisiográfica en la que se ubica la superficie del SAR, el área de influencia y el proyecto.

## Sistema de topoformas

 Bajada  Llanura  Lomerío  Sierra

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

**Figura 5.17.** Sistema de topoformas en los que se ubica la superficie del proyecto, el área de influencia y el SAR.

## Rango altitudinal



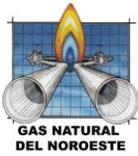
**Figura 5.18.** Rangos altitudinales existentes en la superficie del proyecto, el área de influencia y el SAR.

## Porcentaje de pendiente



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

**Figura 5.19.** Porcentajes de pendientes existentes en la superficie del proyecto, área de influencia y el SAR.



### **Características litológicas.**

El SAR en su totalidad y por consiguiente el área de influencia y el área del proyecto se localiza en la **Provincia geomorfológica** conocida como "Montañas cristalinas del bloque sur" (Figura 5.20).

Los **Grupos o Sistemas de Geoformas** presentes en el área de influencia, área del proyecto son de tipo "Premontaña", "Premontaña o elevaciones en bloque" y "Rampa denudativa con procesos erosivos" mientras que para el área del SAR se presentan los anteriores entre otros tal y como se muestra en la Figura 5.21.

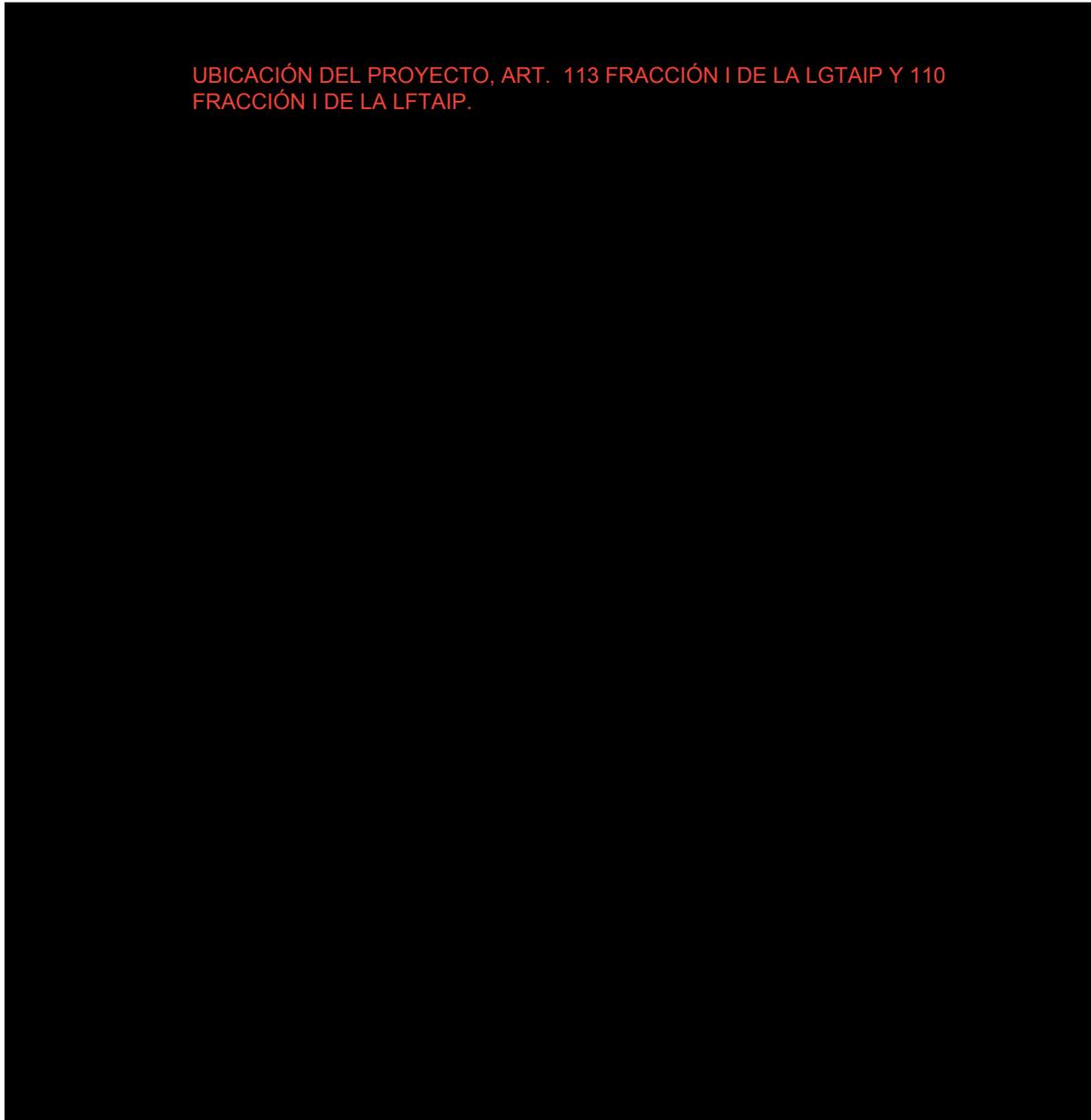
Así mismo, el **origen geológico** en parte de la superficie del SAR, en el área de influencia y el área del proyecto corresponde al "Cenozoico", y para el resto del SAR se presentan "Mesozoico" tal y como se puede observar en la Figura 5.22.

Las **clases de rocas** en el Sistema Ambiental Regional son de tipo "Ígnea extrusiva", "Conglomerado", "Metamórfica", "Sedimentaria" e "Ígnea intrusiva", mientras que para el área de influencia y la superficie del proyecto se presentan las dos primeras mencionadas (Figura 5.23).

El **riesgo sísmico** se considera como "Bajo" para toda la zona del área del proyecto, el área de influencia y del SAR (Figura 5.24). En cuanto a **estructuras geológicas** se presentan una variedad de Fallas a lo largo del SAR, sin embargo, no existen en el área de influencia y en el área del proyecto (Figura 5.25).

## Provincias geomorfológicas

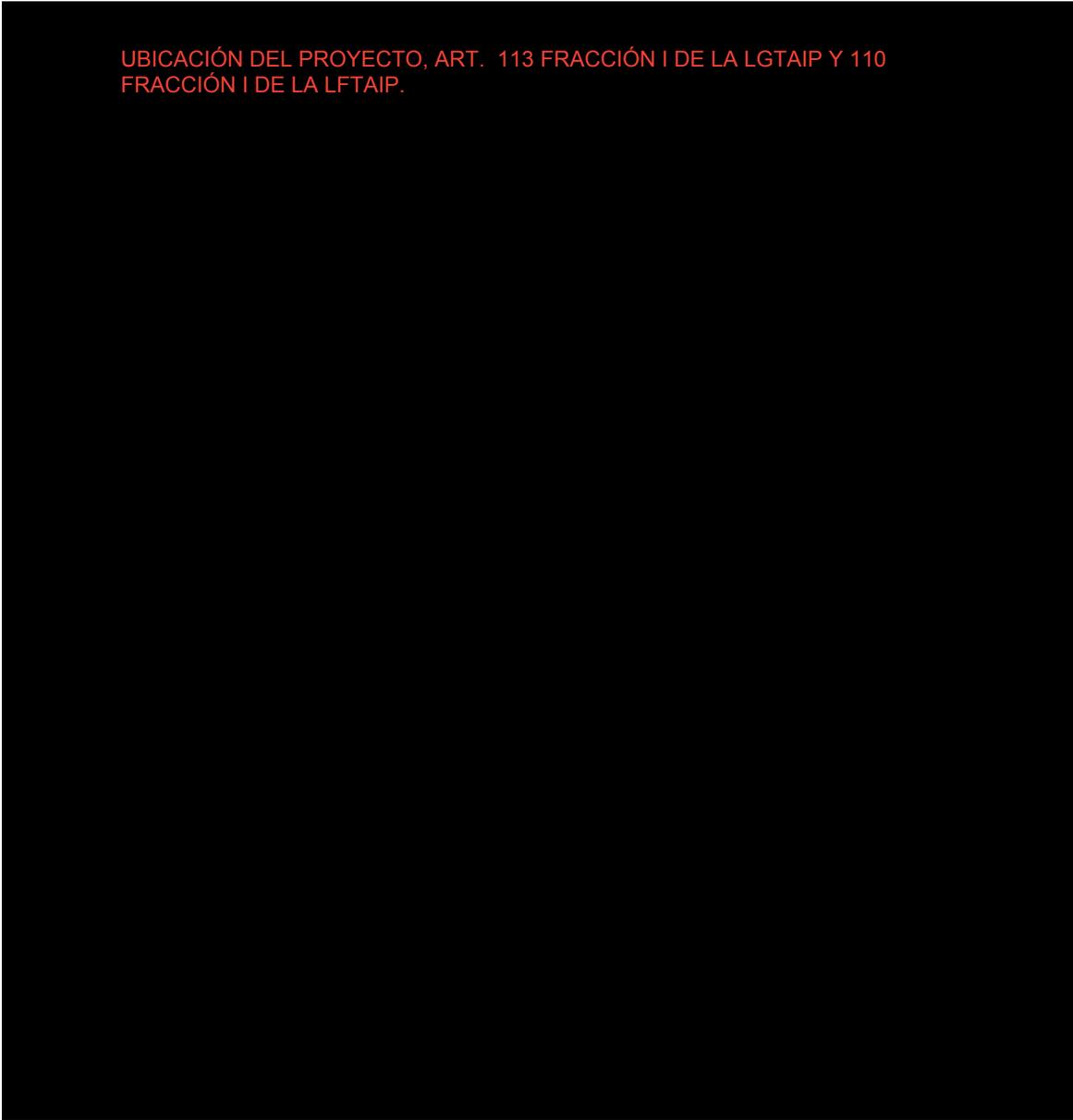
 Montañas cristalinas del bloque sur



**Figura 5.20.** Provincia geomorfológica en la que se ubica la superficie del proyecto, el área de influencia y el SAR.

### Sistema de geformas

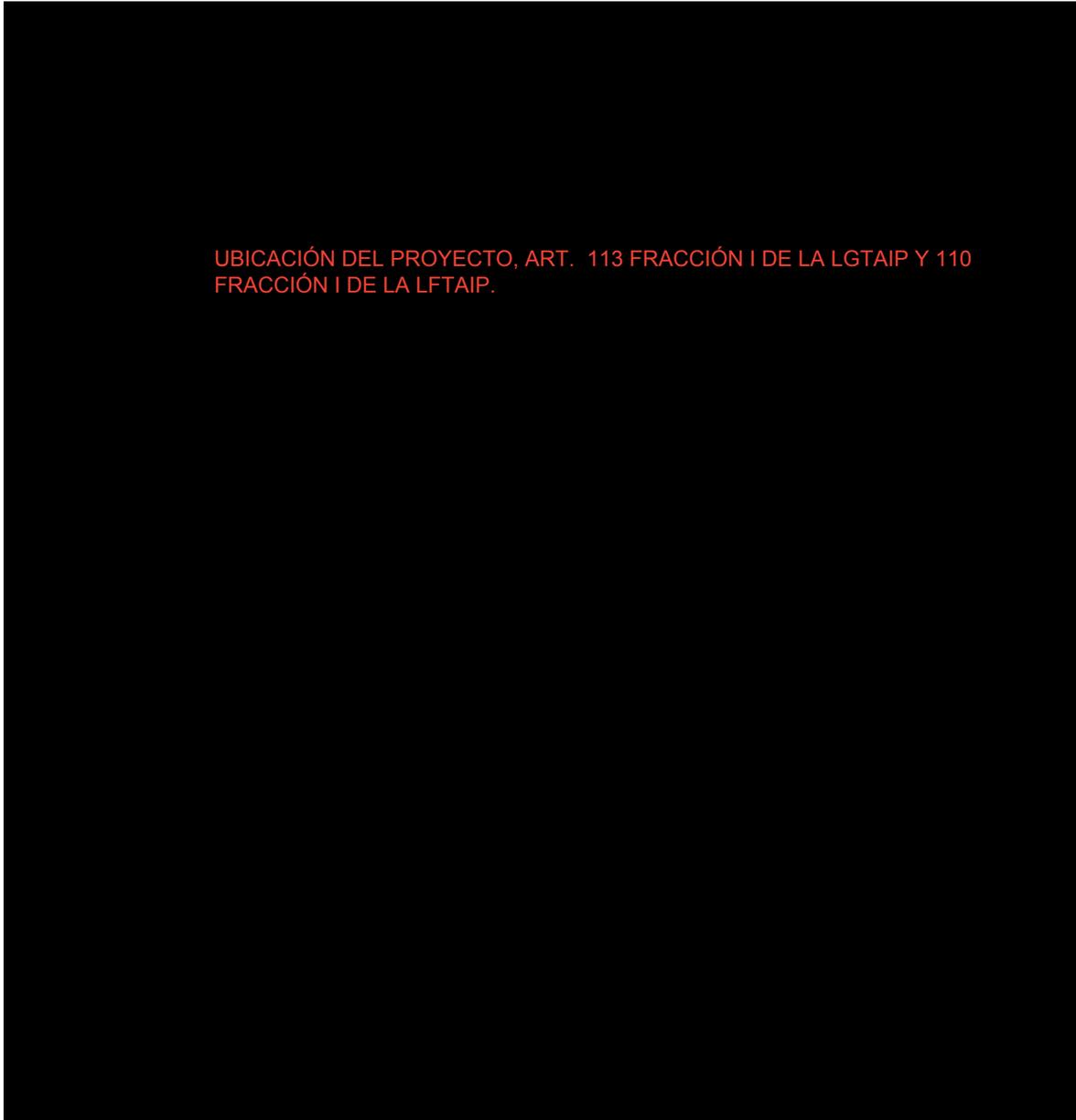
<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Costa acumulativa de isla barrera</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Costa de inundacion y/o intermarea</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF6347; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Costa erosiva-acumulativa (mixta)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #DDA0DD; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Costa estuario (lagunas, bocas, esteros)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #00008B; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Costa no diferenciada con playa</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #F0E68C; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Costa rocosa erosiva</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #228B22; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Elevaciones bajas y/o lomerios</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #8B4513; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Elevaciones bajas y/o lomerios de plegamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #800080; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Ladera modelada</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #00FFFF; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Montaña bloque</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #808000; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Premontaña</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF69B4; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Premontaña o elevaciones en bloque</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Rampa denudativa con procesos erosivos</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #6A5ACD; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Rampa erosiva con procesos de socavación</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF8C00; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Valle de aluvial con procesos de acumulación</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #32CD32; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Valle de amplio o planicie aluvial colmatado</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #4169E1; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Valle de intermontano con moderada erosión</li> </ul>
--	--	---	---



**Figura 5.21.** Grupos de geformas identificados en la superficie del proyecto, el área de influencia y el SAR.

## Origen geológico

 Cenozoico  Mesozoico



**Figura 5.22.** Origen geológico de la superficie del SAR, el área de influencia y la superficie del proyecto.

### Clase de rocas

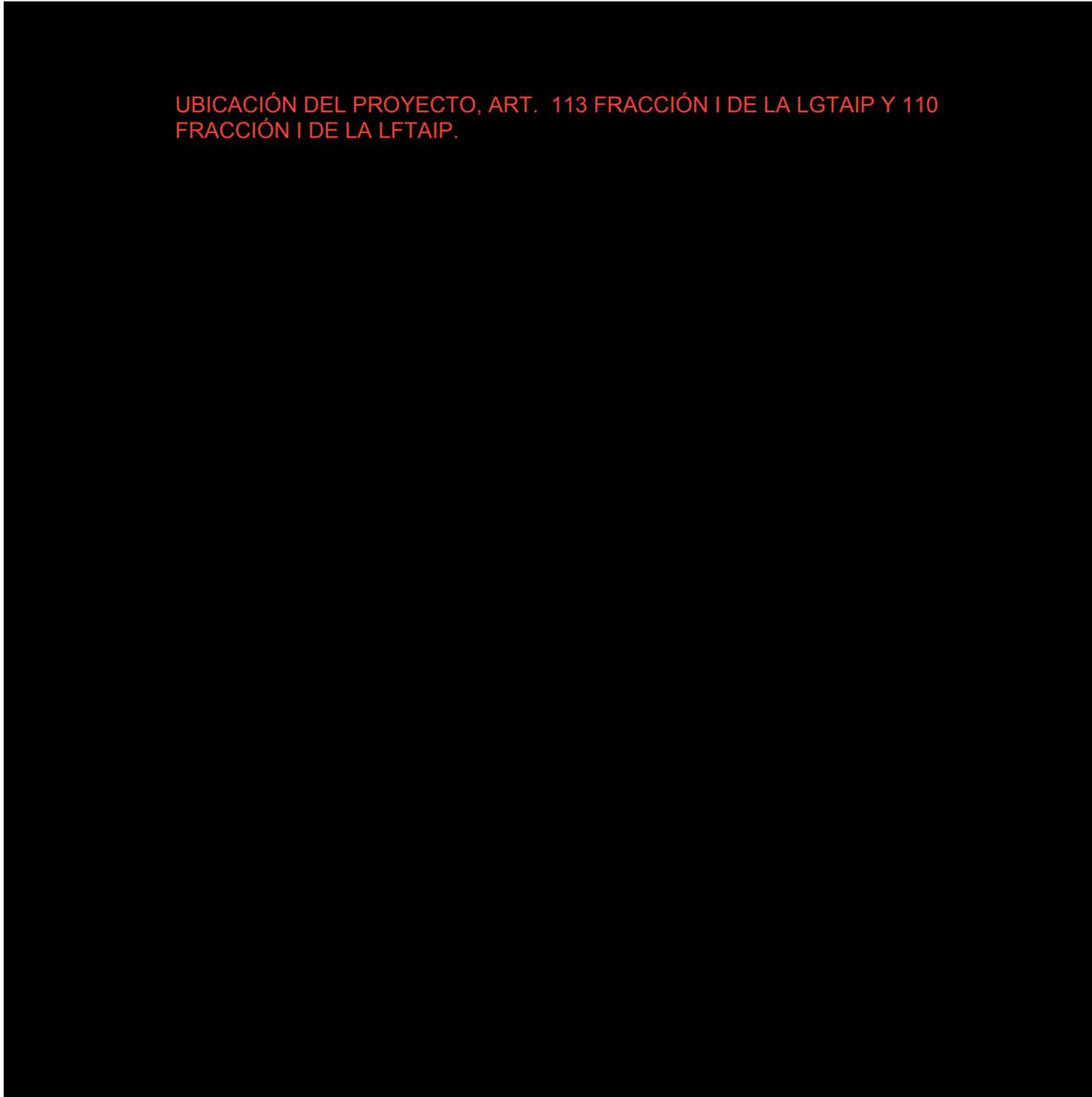
	Metamórfica		Sedimentaria		Ígnea intrusiva
	Conglomerado		Ígnea extrusiva		



**Figura 5.23.** Clases de roca presentes en el SAR, el área de influencia y el proyecto.

## Riesgo sísmico

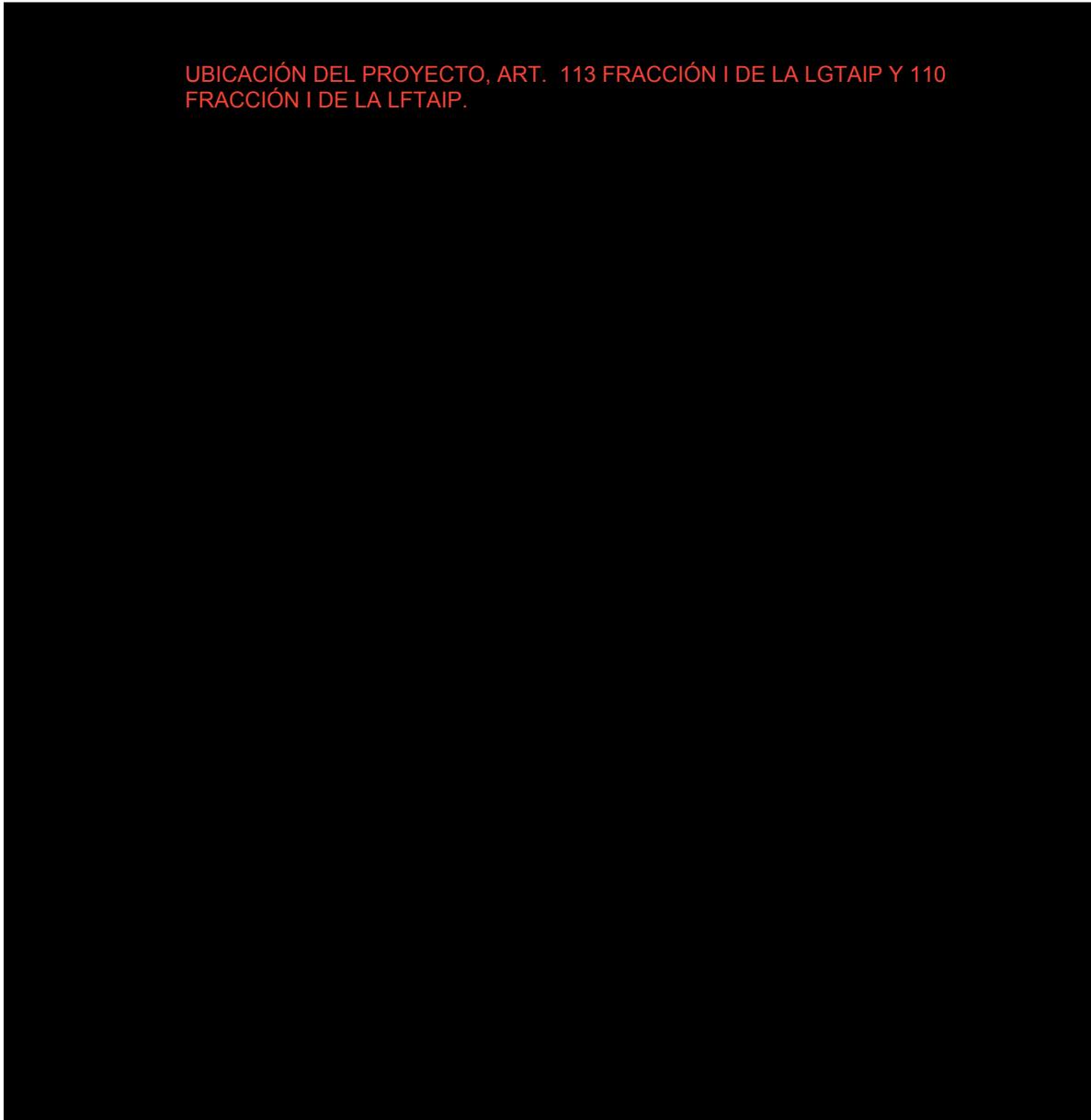
 Bajo



**Figura 5.24.** Clasificación de riesgo sísmico para la superficie del SAR, el área de influencia y el proyecto.

## Geología Estructural

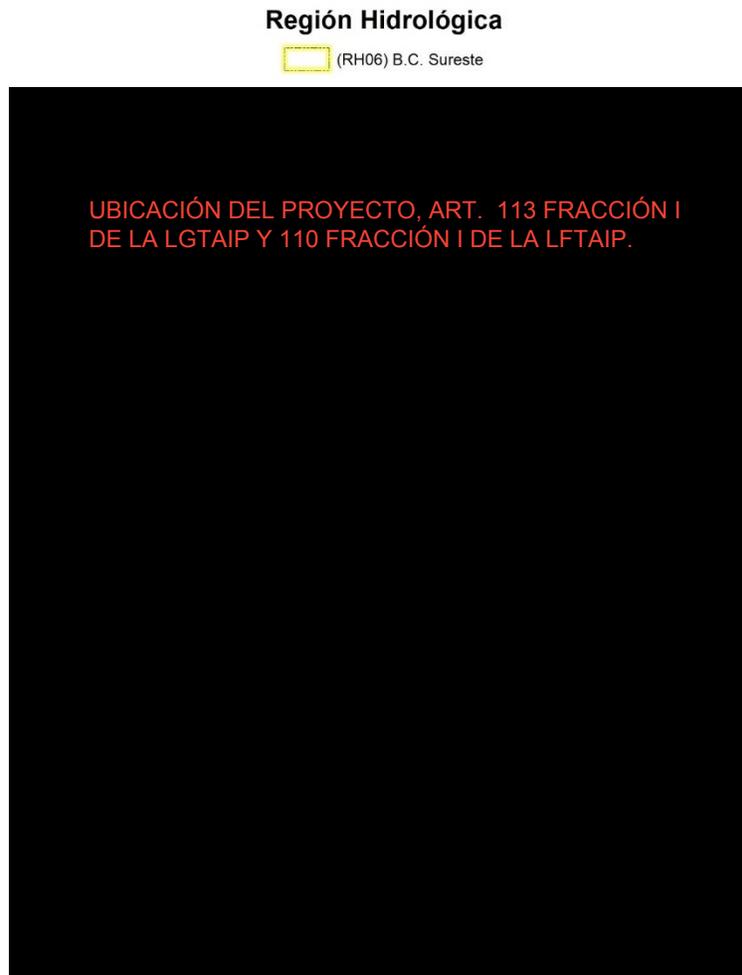
↔ Fallas (Sinestrales)



**Figura 5.25.** Clasificación de la Geología Estructural para la superficie del SAR, el área de influencia y el proyecto.

### 5.3.3.5. Hidrología.

El presente proyecto, el área de influencia y su SAR se ubican dentro de la **Región Hidrológica**: RH06 "Baja California Sureste" (Figura 5.26). A su vez el área de influencia, el proyecto y el SAR se ubican en la **Cuencas Hidrológicas**: RH06A "La Paz" (Figura 5.27). En lo que respecta a las **Subcuencas hidrológicas** RH06Ae "La Paz" (Figura 5.28). La **microcuenca** correspondiente al área de influencia, la superficie del proyecto y el SAR es la denominada "El Sargento la ventana" y "el progreso-diana-laura" y en el resto del SAR se presenta "tamales-calafia" estas se pueden observar en la Figura 5.29.



**Figura 5.26.** Región hidrológica en la que se ubica la superficie del proyecto, el área de influencia y el SAR.

## Cuenca hidrológica

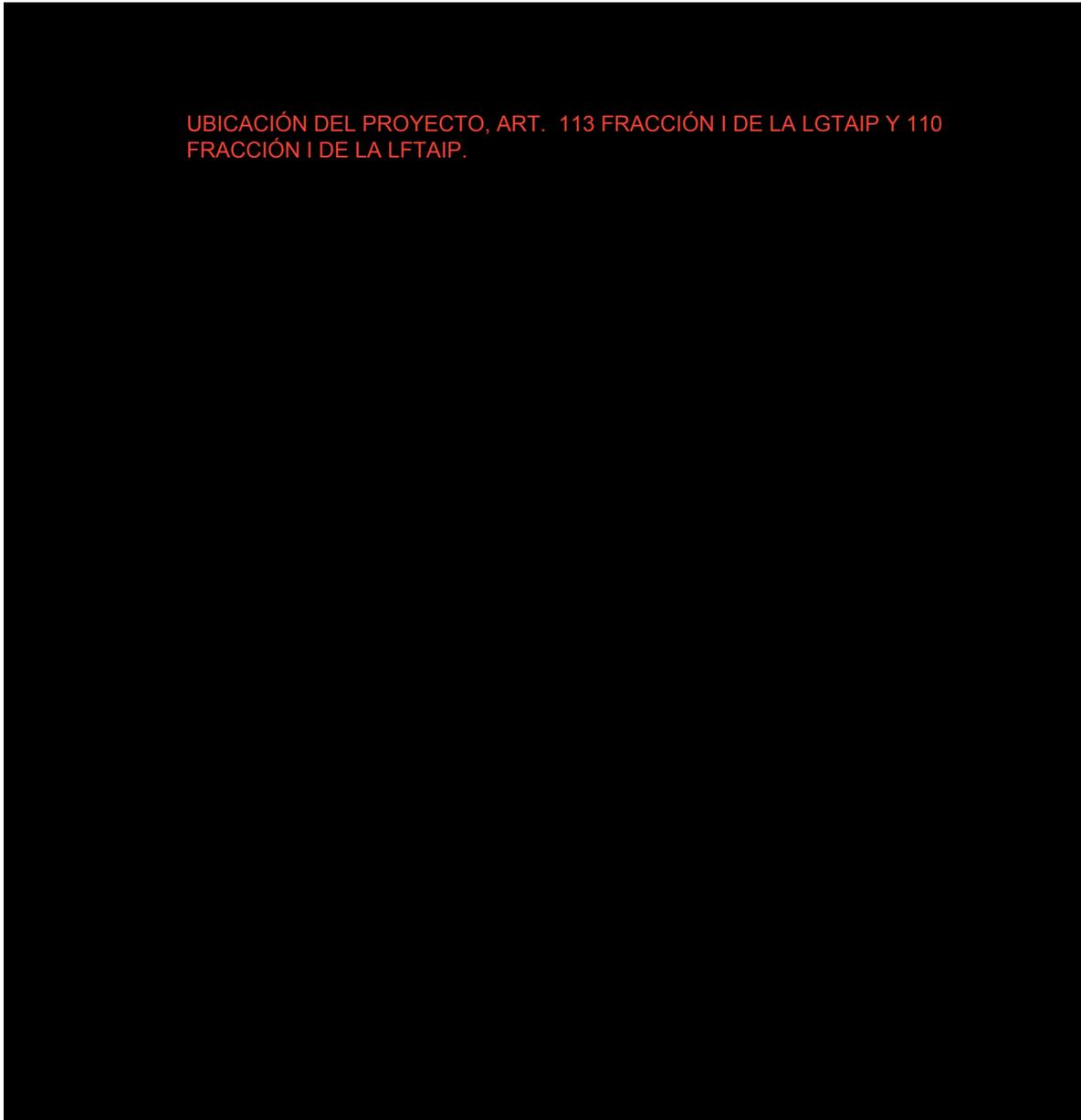
 (RH06A) Baja California Sureste (La Paz)

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

**Figura 5.27.** Cuenca hidrológica en la que se ubica la superficie del proyecto, el área de influencia y el SAR.

## Subcuenca

 (RH06Ae) Subcuenca La Paz



**Figura 5.28.** Subcuenca hidrológica en la que se ubica la superficie del proyecto, el área de influencia y el SAR.

## Microcuencas

 San Juan de los Planes	 el centenario	 el sargento la ventana	 tamales-calafia
 el ancon-los robles	 el progreso-diana laura	 las calabazas	 Álvaro Obregón



**Figura 5.29.** Microcuencas hidrológicas en la que se ubica la superficie del proyecto, el área de influencia y el SAR.

## Acuíferos

La superficie del área de influencia, el proyecto y una parte de la superficie del SAR se ubica sobre el **Acuífero "La Paz"** y en el resto del SAR se presenta "El Coyote" (Figura 5.30).

Así mismo el área de influencia, la superficie del proyecto, así como el SAR se encuentran dentro de un área de **Veda de acuíferos**, dictaminada por la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua); lo anterior puede observarse en la Figura 5.31.

En lo que respecta a **Áreas de concentración de pozos** el SAR, el área de influencia y la totalidad del área del proyecto se encuentra fuera de esta zona. Lo anterior se aprecia en la Figura 5.32.

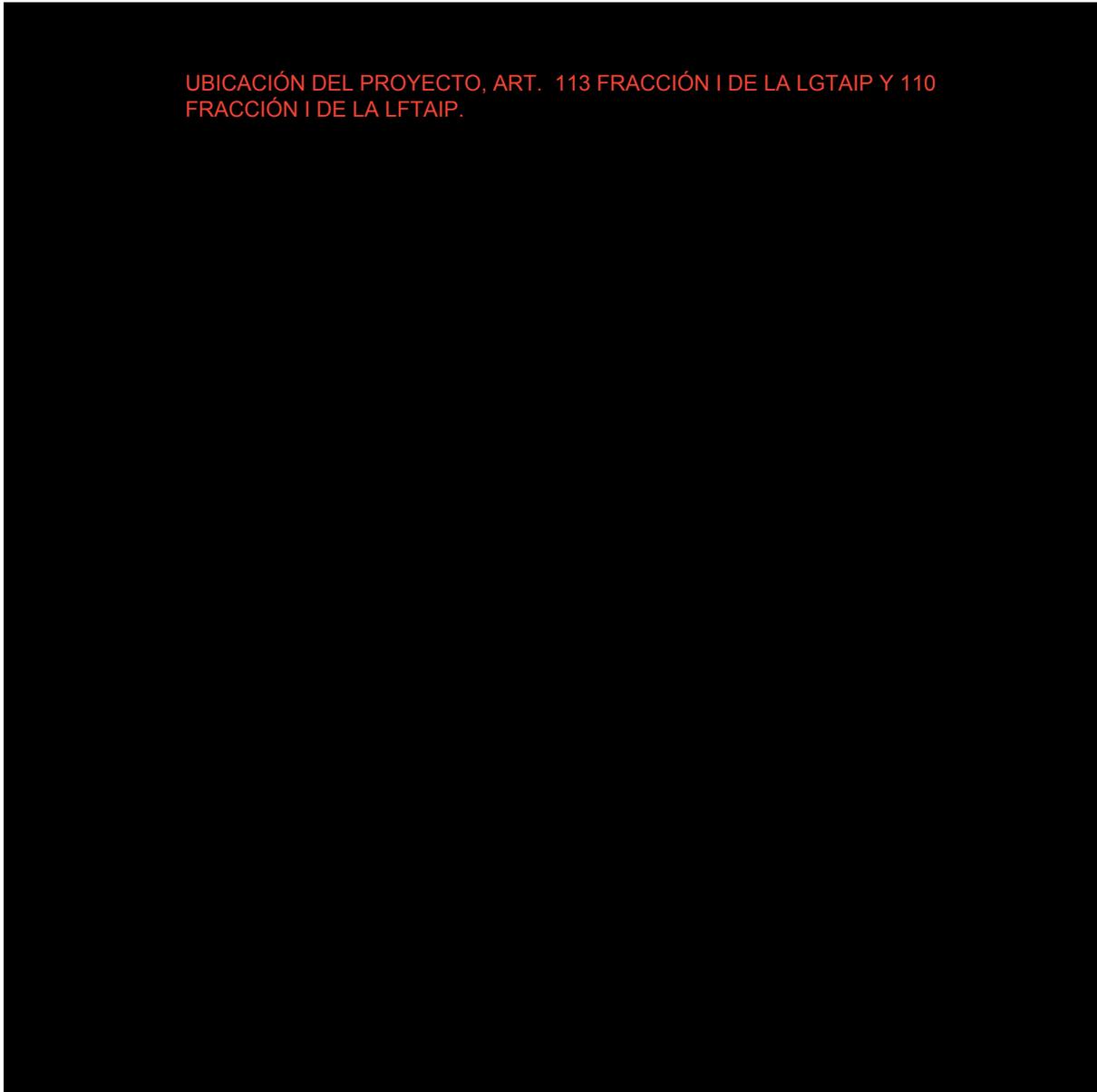
Por otra parte, en la mayor parte de la superficie del SAR, en el área de influencia y en la totalidad del área del proyecto las **unidades geohidrológicas** que se presentan son las clasificadas como "*Posibilidades bajas*" (Figura 5.33).

El **escurrimiento medio anual** en el SAR y en el área de influencia se presenta en rango de valores de 0 a 10 mm como en la totalidad del área del proyecto (Figura 5.34).

De acuerdo con la clasificación de arroyos del **método de Strahler**, se encuentran de 1er orden, 2º orden y 3er orden en el SAR, mientras que en el área de influencia y en la superficie del proyecto no se encuentra ninguno (Figura 5.35).

## Acuíferos

 El coyote  La Paz  Los Planes



**Figura 5.30.** Acuíferos en los que se ubica la superficie del Sistema Ambiental Regional.

## Área de veda de acuíferos

 Veda



**Figura 5.31.** Ubicación del SAR dentro de una zona de veda dictaminada por la CONAGUA.

## Área de concentración de pozos

 (Ninguno a los alrededores)



**Figura 5.32.** Áreas de concentración de pozos.

## Unidades geohidrológicas

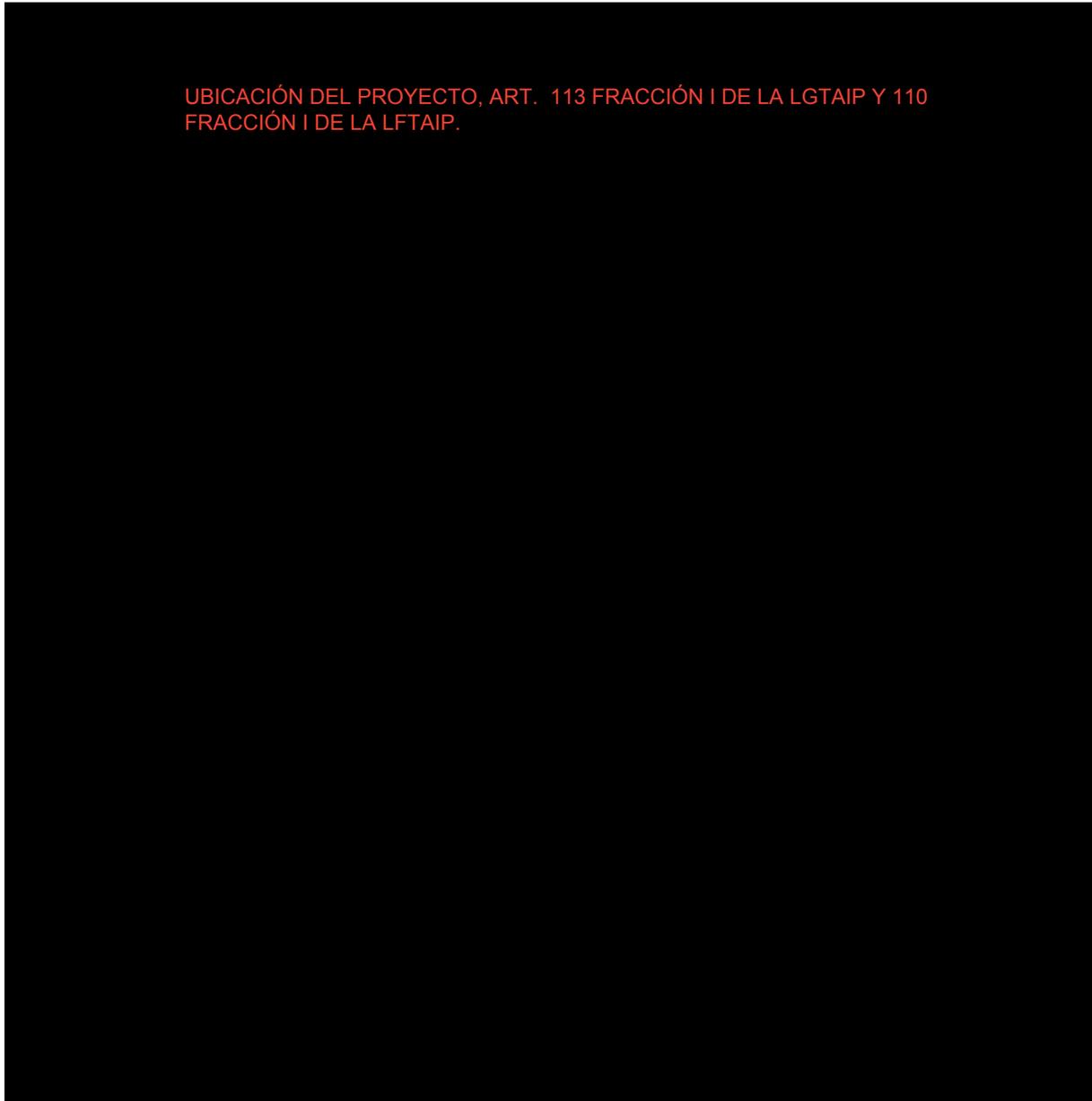
	Cuerpo de agua perenne		Material no consolidado con posibilidades altas
	Material consolidado con posibilidades bajas		Material no consolidado con posibilidades bajas
	Material consolidado con posibilidades medias		Material no consolidado con posibilidades medias



**Figura 5.33.** Ubicación del proyecto, el área de influencia y el SAR respecto a las unidades geohidrológicas.

## Escurrimiento medio anual

 0 a 10mm.



**Figura 5.34.** Rangos de escurrimiento medio anual en la superficie del proyecto, el área de influencia y el SAR.

## Magnitud de orden de escurrimientos

— 1er Orden — 2do Orden — 3er Orden — 4to Orden — 5to Orden



**Figura 5.35.** Magnitud de orden de los escurrimientos en el SAR.

En la Figura 5.36 se muestra la hidrología superficial presente en el área del proyecto, área de influencia y el SAR.

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

**Figura 5.36.** Esgurrimientos presentes en la superficie del predio del proyecto, área de influencia y el SAR.

### 5.3.3.6. Características climáticas.

#### Clima

La caracterización climática se realizó utilizando la metodología de Wladimir Köppen modificada por Enriqueta García para la República Mexicana (1973). A continuación, se presenta una breve descripción del clima, registrado el Sistema Ambiental Regional (SAR) como en el área de influencia y en el área del proyecto que corresponde a **BW(h)w**, además en el SAR se presenta **BS1kw**, **BSohw** y **BWhw** (Tabla 5.16 y Figura 5.37).

**Tabla 5.16.** Principales tipos de climas presentes en el SAR.

Clima	Descripción
<b>BW(h)w</b>	La temperatura media anual es superior a 18°C. Las precipitaciones son muy escasas. El porcentaje de lluvia corresponde de 5 a 10.2 % para lluvia de verano y < 36 para lluvia de invierno.
<b>BS1kw</b>	Semiárido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18° C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.
<b>BSohw</b>	Árido, semicálido, temperatura entre 18°C y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.
<b>BWhw</b>	Muy árido, semicálido, temperatura entre 18°C y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18° C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.

## Tipo de clima

BS1kw BSohw BW(h')w BWhw

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

Figura 5.37. Tipos de climas presentes en el proyecto, área de influencia y el SAR.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el área del proyecto y el área de influencia cuenta con rangos de **Isoyetas** que van de los 100 a 200 mm



(milímetros) a los 200 a 300mm, mientras que en el área del SAR se presentan los rangos anteriores además de los rangos de 300 a 400mm y 500 a 600mm como puede observarse en la Figura 5.38.

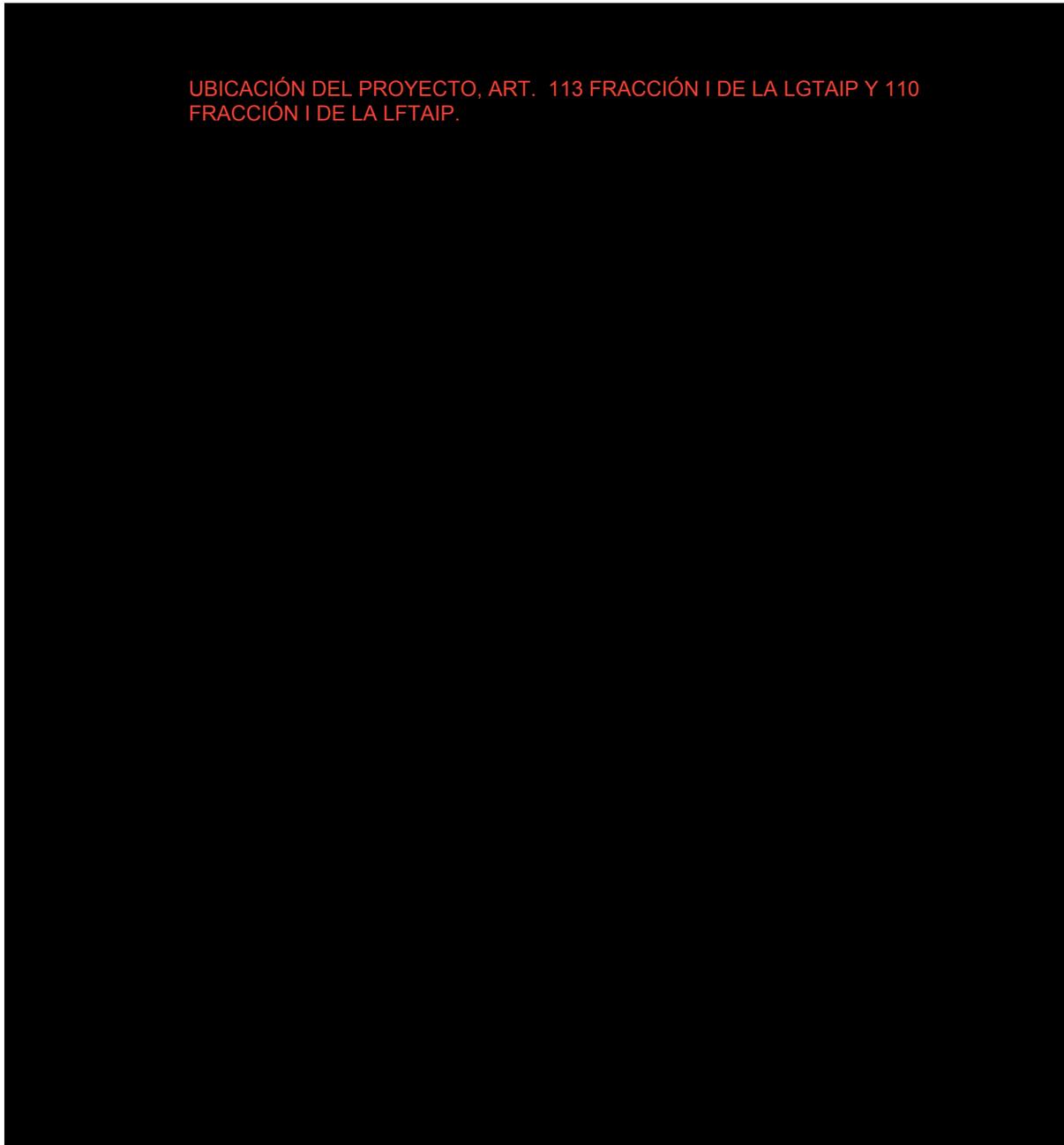
El **régimen de lluvias** que se presenta en la superficie del SAR tanto como en el área de influencia y en la superficie del proyecto es de tipo "De verano (PI entre 5.0 y 10.2%)" (Figura 5.39).

Por otro lado, la superficie del SAR, así como en el área de influencia y en la superficie del proyecto presenta valores de **meses con humedad en el suelo**, correspondientes a 0 meses. Lo anterior se observa en la Figura 5.40 para una mayor ilustración.

Según el INEGI, el proyecto y el área de influencia se encuentra en el rango de **Isotermas** entre 22 a 24°C (Celsius). En el área del SAR se registra este último además de los rangos que van de los 16 a 18 °C hasta los 20 a 22 °C. Lo anterior se observa en la Figura 5.41.

## Isoyetas

De 100 a 200 De 200 a 300 De 300 a 400 De 500 a 600



**Figura 5.38.** Valores de isoyetas medias anuales presentes en el proyecto, el área de influencia y su SAR

## Régimen de lluvias

 De verano (PI entre 5.0 y 10.2%)

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

**Figura 5.39.** Régimen de lluvia presente en la superficie del proyecto, el área de influencia y su SAR

## Meses con humedad en el suelo

 0 meses



**Figura 5.40.** Presencia de humedad en el suelo por meses en la superficie del proyecto, el área de influencia y su SAR

## Isotermas

De 16 a 18 De 18 a 20 De 20 a 22 De 22 a 24

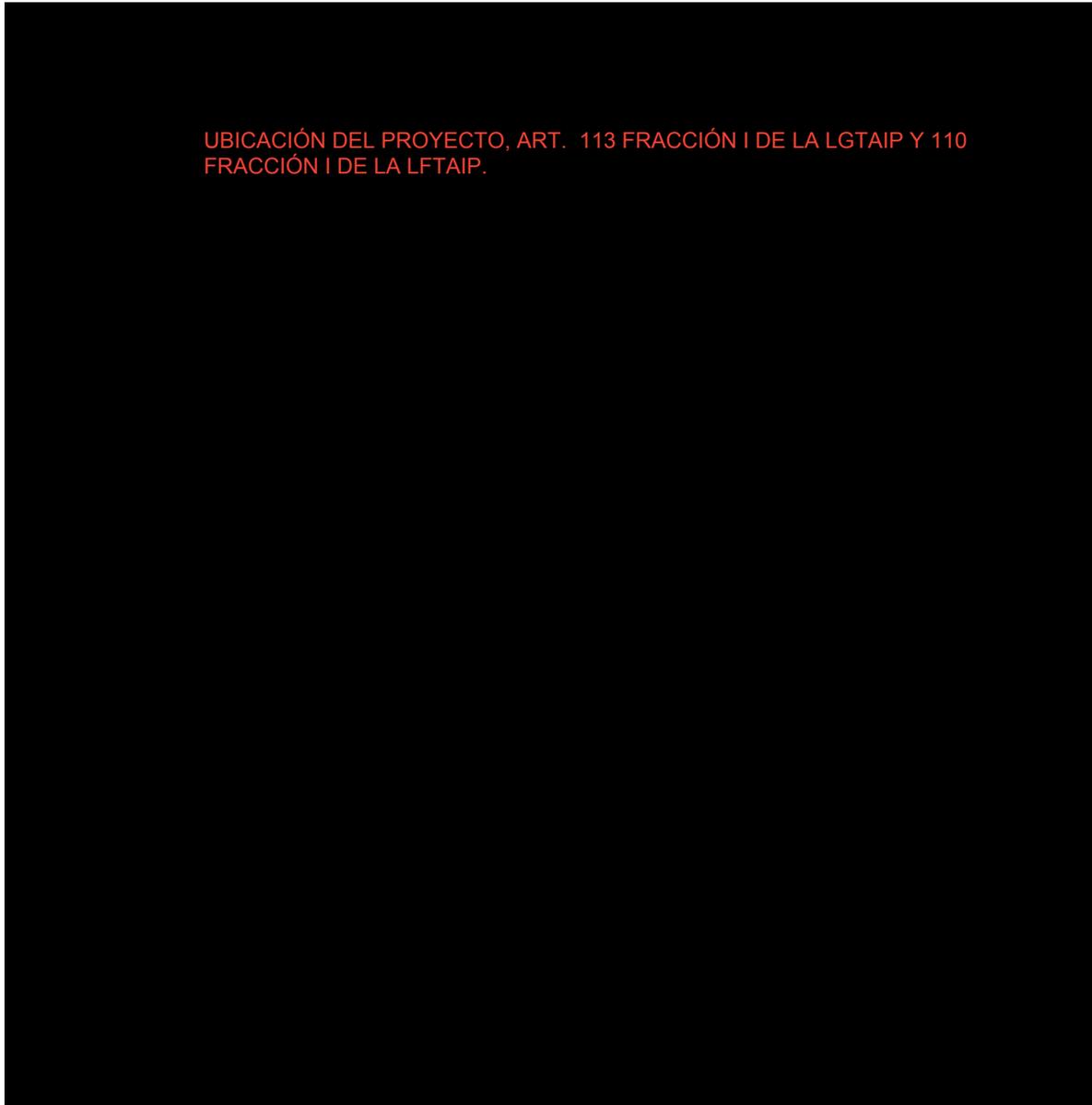


Figura 5.41. Temperatura media anual en el área del proyecto, el área de influencia y su SAR.

### Fenómenos climatológicos.

El país se divide en cuatro zonas que representan bandas de velocidad máxima de viento que ocurren en promedio una vez cada 50 años. De acuerdo con esta

zonificación eólica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), para las superficies del predio tanto como en el área de influencia y la totalidad del SAR se localizan en una zona de vientos máximos en un rango de 160 a 190 km/h (kilómetros por hora), tal y como puede apreciarse en la Figura 5.42.

### Zonificación de vientos máximos



**Figura 5.42.** Ubicación del proyecto, el área de influencia y el SAR de acuerdo con la zonificación de vientos máximos.

## **5.4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.**

Para la determinación de los riesgos ambientales que pudieran presentarse dentro de las instalaciones de la empresa se utilizaron los siguientes métodos de análisis de riesgos:

- Matriz de Identificación de Riesgos Potenciales (MIRP).
- Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP).

### ***5.4.1. Identificación de peligros y jerarquización de escenarios de riesgo.***

#### ***5.4.1.1. Análisis preliminar de peligros.***

##### **Matriz de Identificación de Riesgos Potenciales (MIRP).**

En este método se utiliza una matriz en la cual se identifican los riesgos potenciales presentes en la operación de la empresa; clasificándolas por áreas o procesos que representan al eje horizontal de la matriz, mientras que el eje vertical representa un inventario o listado de potencialidades de riesgo agrupado por:

- Fuego.
- Explosión.
- Escape de material tóxico.
- Radiación.
- Ambiental.

Cabe señalar que, como metodología de identificación de riesgos, es una herramienta útil y de fácil acceso que permite caracterizar de manera general los principales riesgos potenciales a manera de lista de verificación (check list).

Para el proyecto se verificaron los procesos mediante la aplicación de una matriz de identificación de condiciones que pueden derivar en situaciones de riesgo, se construyó una matriz para la operación del gasoducto en general.

A continuación, se presenta la Matriz de Identificación de Riesgos Potenciales para el gasoducto:

**Tabla 5.17.** Matriz de Identificación de Riesgos Potenciales para el gasoducto.

Riesgo	Distribución de Gas Natural.
<b>FUEGO</b>	
Flamables en proceso o atmósfera	Distribución de Gas Natural
Combustión en el proceso	
Materiales pirofóricos	
Eléctrico (corto circuito)	
<b>EXPLOSIÓN</b>	
Ruptura física (Sobrepresión en recipientes o tuberías)	Distribución de Gas Natural
Ruptura mecánica	Ruptura en válvulas.
Mezclas flamables en lugares cerrados	
Mezclas flamables de gran tamaño en la atmósfera	Distribución de Gas Natural
a) Explosión de nube de vapor no confinado	Distribución de Gas Natural
b) Explosión de líquido hirviendo y vapor en expansión	
Descomposiciones violentas	
Reacciones autoacelerantes	
Otras reacciones exotérmicas	
Detonación de material condensado	
Polvos o rocíos en la atmósfera	
<b>ESCAPE DE MATERIAL TÓXICO</b>	
Compuestos tóxicos	
Compuestos carcinogénicos y mutagénicos	
Material asfixiante	Distribución de Gas Natural
Material corrosivo	
<b>RADIACIÓN</b>	
Térmica (calor o frío)	
Electromagnética	
Nuclear	
<b>AMBIENTAL</b>	
Ruidos	
Olores	
Aguas residuales	
Descargas atmosféricas	Gases de combustión
Generación de residuos industriales	Distribución de Gas Natural



***5.4.1.2. Antecedentes de accidentes e incidentes de proyectos similares.***

Si bien no pudieron ser localizados accidentes recientes ocurridos en instalaciones de este tipo, de la investigación que se realizó vía internet, se encontraron notas periodísticas de accidentes que involucran gasoductos o el manejo de gas natural. En la siguiente tabla se presenta un compilado de los antecedentes de accidentes e incidentes relacionados:

**Tabla 5.18.** Antecedentes de Accidentes e Incidentes.

No.	Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia involucrada	Evento o Causa del Accidente o Incidente	Nivel de afectación (personal, medio ambiente, otros)	Acciones realizadas para su atención
1	15 de mayo de 2013.	Celaya, Guanajuato, México.	Gasoducto	Gas Natural	El operador de una retroexcavadora pico la tubería de gas ocasionando un flumazo que alcanzó a una cocina económica aledaña. <sup>1</sup>	Dejó tres personas heridas, dos de ellas de gravedad y provocó la evacuación de 300 personas de 85 viviendas en el fraccionamiento La Cantera.	Acudieron pick ups de la empresa Gas Natural, una ambulancia de la Cruz Roja y otra del Cuerpo de Rescate, además de máquinas del Cuerpo de Bomberos.
2	5 de marzo de 2014	Juárez, Chihuahua, México.	Gasoducto que corre por debajo de camellón de Av. Paseo de la Victoria y Jacarandas.	Gas Natural	Una de las máquinas retroexcavadoras que hacen trabajos del Plan de Movilidad Urbana rompió un trozo del gasoducto que corre por debajo del camellón en esa avenida. <sup>2</sup>	El peligro causó que las autoridades de protección civil cerraran a la circulación vehicular el tramo comprendido entre las avenidas Manuel Gómez Morín y Ejército Nacional.	Acudieron cuatro pick ups de la empresa Gas Natural, una ambulancia de la Cruz Roja y otra del Cuerpo de Rescate, además de máquinas del Cuerpo de Bomberos.

<sup>1</sup> Fuente: El Universal.

<sup>2</sup> Fuente: El Diario mx: [https://diario.mx/Local/2014-03-05\\_32c3df59/fuga-de-gas-provoca-cierre-de-paseo-de-la-victoria/](https://diario.mx/Local/2014-03-05_32c3df59/fuga-de-gas-provoca-cierre-de-paseo-de-la-victoria/)

No.	Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia involucrada	Evento o Causa del Accidente o Incidente	Nivel de afectación (personal, medio ambiente, otros)	Acciones realizadas para su atención
3	12 de agosto de 2015.	García, Nuevo León, México.	Gasoducto.	Gas Natural.	Se suscitó una explosión e incendio en el gasoducto Escobedo-Santa Catarina, sin determinar la causa, se comenzó un análisis técnico y científico riguroso sobre las causas y daños producidos por el accidente para determinar las acciones que correspondan en materia de seguridad industrial y operativa. <sup>3</sup>	Se confirmó el fallecimiento de cuatro trabajadores de la empresa particular que realizaba labores en la zona.	El incidente fue atendido por el equipo de Protección Civil del estado y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), así como por bomberos municipales, estatales y voluntarios de la Terminal de Abastecimiento y Reparto Santa Catarina de Pemex.
4	7 de marzo de 2018.	León, Guanajuato, México.	Gasoducto.	Gas Natural.	Explosión en un ducto de gas en el Boulevard Timoteo Lozano, en la colonia Portales de San Sebastián, en León, Guanajuato. El accidente ocurrió cuando se realizaban trabajos de repavimentación y una máquina retroexcavadora perforó el ducto por error, lo que ocasionó la explosión. <sup>4</sup>	El fuego alcanzó más de cinco metros de altura. Se tuvo un desalojo de ocho viviendas por el incidente en el perímetro y se desalojaron dos escuelas, dos primarias. Tres personas resultaron heridas	Al lugar llegaron elementos de Protección Civil y bomberos de León, quienes después de rescatar a los lesionados, cerraron las válvulas de conducción para controlar el siniestro. Los equipos de emergencia trabajaron durante dos horas para controlaron el fuego y esperaron para que el combustible almacenado en el ducto se consumiera en su totalidad.

<sup>3</sup> Fuente: Excélsior.

<sup>4</sup> Fuente: Noticieros Televisa: <https://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/explosion-gas-deja-tres-lesionados-leon-guanajuato/>



No.	Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia involucrada	Evento o Causa del Accidente o Incidente	Nivel de afectación (personal, medio ambiente, otros)	Acciones realizadas para su atención
5	25 de febrero de 2021.	Pénjamo, Guanajuato.	Gasoducto.	Gas Natural	Una fuga de gas en ducto de Pemex. Hasta el momento se desconocen las causas que originaron la fuga. <sup>5</sup>	Como medida preventiva, Guardia Nacional y SEDENA acordonaron el perímetro y Protección Civil cerró los caminos vecinales para garantizar la seguridad de la población. Se informó que solamente fueron evacuadas 30 personas de la comunidad de Los Olivos.	Para acelerar los trabajos de contención, Pemex decidió incendiar de manera controlada la fuga del combustible para que se consumiera lo antes posible y se iniciaran los trabajos de reparación del ducto.

<sup>5</sup> Fuente: Televisa News: <https://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/fuga-gas-ducto-pemex-movilizacion-penjamo-guanajuato/>



No.	Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia involucrada	Evento o Causa del Accidente o Incidente	Nivel de afectación (personal, medio ambiente, otros)	Acciones realizadas para su atención
6	2 de julio de 2021.	Golfo de México (aguas de la costa suroriental del Estado de Campeche).	Línea (gasoducto) submarina.	Gas Natural	Ruptura de una línea submarina de gas que provocó un incendio en el mar (ojo de fuego), propiedad de la compañía Pemex. <sup>6</sup>	Las llamas salieron a la superficie por el estallido en las profundidades marinas donde se sitúa el ducto de Pemex, a poco menos de 150 metros de una plataforma de perforación y el complejo petrolero Ku Maloob Zaap.	Se procedió al cierre de válvulas de interconexión en el ducto, extinguiéndose el fuego y la emanación de gas, quedando concluida la contingencia. El incendio pudo controlarse gracias a que la tripulación de la compañía "utilizó nitrógeno" sobre el oleoducto. Pemex aseguró que se restablecieron "las condiciones normales de operación" y que "no se reportaron lesionados ni evacuados", añadiendo que realizaría una investigación para analizar la causa del incidente.

<sup>6</sup> Fuente: France 24: <https://www.france24.com/es/medio-ambiente/20210703-medio-ambiente-golfo-mexico-fuga-gasoducto-pemex>

#### **5.4.1.3. Identificación de peligros y de escenarios de riesgo.**

Para realizar la identificación de los riesgos potenciales se seleccionó la metodología HAZOP ("HAZard and OPerability"), conocida también como Análisis de Operabilidad y Riesgos de los Procesos, la cual es una técnica que involucra la investigación de desviaciones del diseño o propósito de un proceso.

La técnica de Análisis de Operabilidad y Riesgo permite realizar una evaluación de forma estructurada e identificar un mayor número de problemas a través de un trabajo de grupo. A través de la participación de un equipo de trabajo, se pueden tomar en cuenta e incluir en múltiples puntos de vista. Esta metodología representa un método exhaustivo y obliga a la realización de varias sesiones para realizar la identificación de riesgos.

Debido a las ventajas que ofrece el Análisis de Operabilidad y Riesgo al proporcionar una técnica estructurada y facilitar el trabajo en equipo, el grupo de trabajo a cargo del presente estudio de riesgo la seleccionó para realizar la identificación de riesgos potenciales. Previo al inicio de su aplicación, se identificaron las situaciones que pudieran derivar en eventos de riesgo, a través de una matriz que permite revisar los procesos productivos a manera de una lista de verificación. Una vez desarrollada la matriz, el Análisis de Operabilidad y Riesgo fue desarrollado sobre aquellas operaciones en las que se identificaron condiciones que pudieran derivar en un riesgo.

La metodología consiste en utilizar un conjunto de palabras "guías" o "claves" (no, mayor, menor, etc.) con la finalidad de examinar desviaciones de las condiciones normales de un proceso en varios puntos clave (nodos) de todo el sistema. Dichas palabras "guías" se aplican a parámetros relevantes del proceso, tales como: flujo, temperatura, presión, composición, etc. para identificar las causas y consecuencias de desviaciones en estos parámetros de sus valores normales. Finalmente, la

identificación de las consecuencias resulta en recomendaciones para mejorar el proceso. Estas pueden indicar modificaciones en el diseño, requerimientos en los procedimientos operativos, modificaciones en la documentación, mayor investigación, etc.

### ***Palabras Clave.***

Un elemento esencial, en este proceso de cuestionamiento y análisis sistemático, es el uso de palabras guías o palabras claves para enfocar la atención del grupo sobre las desviaciones y sus posibles causas. Estas palabras "guías" se dividen en dos clases:

- Palabras primarias. Las cuales enfocan la atención en un proceso particular del intento de diseño o una condición o parámetro asociado con el proceso.
- Palabras secundarias. Las cuales al combinarse con las palabras primarias sugieren posibles desviaciones.

Las palabras primarias reflejan tanto el propósito, como aspectos operacionales. Palabras típicas orientadas al proceso, algunos ejemplos de ellas son los siguientes:

- |                    |                      |                  |
|--------------------|----------------------|------------------|
| • Flujo.           | • Corrosión/erosión. | • Muestreo.      |
| • Presión.         | • Temperatura.       | • Reducción.     |
| • Viscosidad.      | • Viscosidad.        | • Nivel.         |
| • Reacción.        | • Composición.       | • Composición.   |
| • Instrumentación. | • Adición.           | • Mezclado.      |
| • Separación.      | • Prueba.            | • Mantenimiento. |

Las palabras típicas que consideran los aspectos de operabilidad del proceso pudieran ser las siguientes:

- Aislamiento.
- Inspección.

- Purgado.
- Arranque.
- Drenaje.
- Ventilación.
- Mantenimiento.

Cuando las palabras secundarias se combinan con las primarias, sugieren desviaciones o problemas potenciales. Un listado estándar de las palabras utilizadas como secundarias se menciona a continuación en las siguientes tablas:

**Tabla 5.19.** Significado de palabras guías estándar.

Palabra	Significado
No/Ninguna	Negación del intento de diseño
Más	Incremento cuantitativo
Menos	Decremento cuantitativo
Además de	Incremento cualitativo
Parte de	Decremento cualitativo
Reversa	Opuesto lógico del intento
Otro que	Sustitución completa

**Tabla 5.20.** Significado de palabras guías para procedimientos.

Palabra	Significado
No	No realiza el paso u operación. Un paso u operación importante en el proceso se omite.
Más	Se hace más que lo especificado o requerido en un sentido cuantitativo (ej. se abre válvula completamente cuando se requiere sólo abrir parcialmente).
Menos	Se hace menos de lo especificado o requerido en un sentido cuantitativo (ej. purgar un depósito por 5 minutos en lugar de 10 minutos).
Además de	Se hace más de lo especificado en un sentido cualitativo. (ej. se abren las válvulas para varios tanques cuando sólo se requiere para una).
Parte de	Se realiza una parte de un paso en un sentido cualitativo (ej. se cierra solo una válvula cuando el procedimiento dice claramente que se cierran todo el grupo y se abra la válvula de sangrado).
Reversa	Se hace lo opuesto a lo especificado. (ej. se abre una válvula cuando el procedimiento dice que se debe de cerrar).
Otro que	Se hace algo diferente a lo requerido (ej. se abra la válvula equivocada).

El proceso de análisis HAZOP involucra aplicar de una manera sistemática, todas las combinaciones relevantes de palabras claves, al sistema o proceso bajo estudio, en un esfuerzo por descubrir problemas potenciales.

Los resultados se registran en un formato de tabla o matriz con los siguientes encabezados principales:

- Nodo/Paso.
- Parámetro.
- Guía.
- Desviación.
- Categoría –Causas.
- Categoría Consecuencias.
- Categoría-Salvaguarda.
- Categoría-Recomendación

### **Procedimiento de Aplicación.**

La secuencia que se utiliza es la siguiente:

- El proceso se secciona en nodos o pasos conforme a las actividades que se ven involucradas, (ejemplo: almacenamiento, bombeo, mezclado, enfriamiento, etc.)
- Se plantea una palabra clave primaria.
- Se plantea una palabra clave secundaria.
- Se plantea la desviación o problema derivado de la combinación de las palabras claves primarias y secundarias referentes al nodo en cuestión.
- Se plantean las causas potenciales que resultarían en la desviación. Para después agrupar las causas según su origen, estas pueden clasificarse conforme a las siguientes claves (categorías).

Como un ejemplo puede citarse "HUM – error en cálculo de capacidad del recipiente" (el factor humano fue causa para la desviación referida).

**Tabla 5.21.** Categorías de las causas.

Clave	Categoría
HUM	Error/Factor humano
EQP	Falla de equipo
EXT	Evento externo
DIS	Distribución de la planta
FSA	Falla de salvaguarda
PRV	Evento previo

- Siguiendo con la secuencia, se deben plantear las consecuencias potenciales que resultarían, tanto como efecto de la desviación, como por efecto de la causa misma. Para después agrupar las consecuencias de acuerdo a su nivel de afectación, estas pueden clasificarse conforme a las claves (categorías) que se mencionan a continuación:

**Tabla 5.27.** Categorías de las consecuencias.

Clave	Categoría
AMB	Afectación al Ambiente
PER	Afectación al Personal
PRP	Afectación a la Propiedad
OPE	Asuntos Operativos únicamente

Como un ejemplo puede citarse "AMB - derrame del producto al suelo natural" (afectación al medio ambiente).

- En este punto se puede registrar cualquier equipo, instrumento o dispositivo protector, ya sea que prevenga la causa o salvaguarde contra consecuencias adversas. Para después agrupar las Salvaguardas según su fundamento, estas pueden clasificarse conforme a las claves (categorías) de la siguiente tabla:

**Tabla 5.22.** Categorías de las salvaguardas.

Clave	Categoría
MNT	Mantenimiento
ADM	Administrativa
ING	Ingeniería

Como ejemplo, podemos citar "MNT- se aplica mantenimiento preventivo".

- Cuando una causa creíble resulte en una consecuencia negativa, se debe anotar una recomendación para tomar alguna acción al respecto. Las acciones deben ser tomadas para eliminar las causas o para mitigar o eliminar las consecuencias. Es en esta etapa, que se consideran las consecuencias y sus salvaguardas asociadas. Cuando las medidas de protección son las adecuadas, entonces no se requiere tomar ninguna acción y esto se indica en esta columna. Posteriormente, se procede a agrupar las recomendaciones según su fundamento, estas pueden clasificarse conforme a las siguientes claves (categorías):

**Tabla 5.23.** Categorías de las recomendaciones.

Clave	Categoría
ING	Ingeniería/Diseño
PRO	Procedimiento/Software
MNT	Mantenimiento
GER	Gerencia
SEG	Seguridad
ADM	Administración/capacitación

En la figura siguiente se ilustra el proceso de implementación de la metodología de HAZOP.

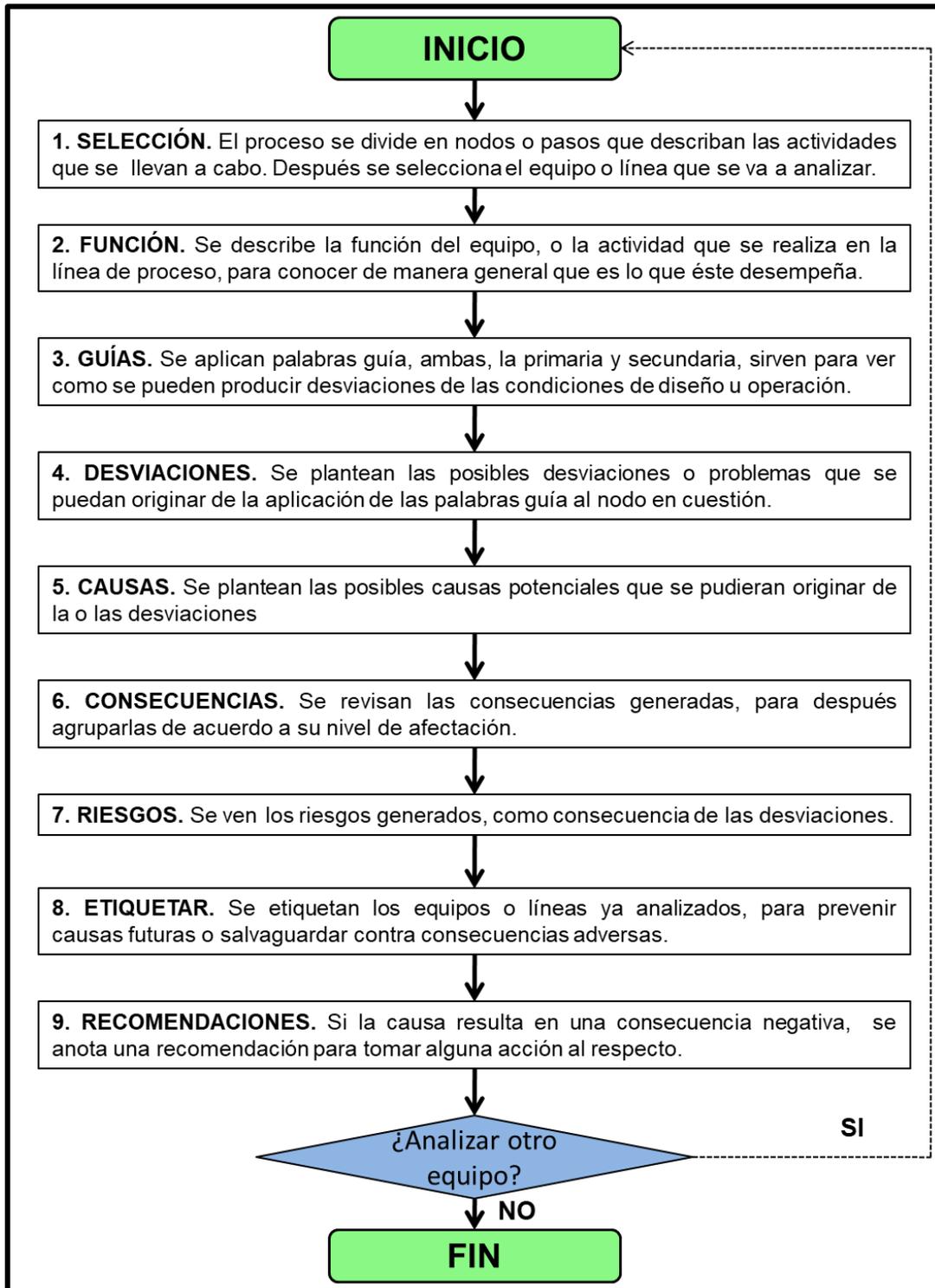


Figura 5.43. Diagrama de flujo del proceso de implementación del HAZOP.



Habiendo finalizado la identificación de riesgos a través de la matriz de identificación de riesgos potenciales, se procedió a identificar qué condiciones presentaban de forma común en las operaciones realizadas. El objetivo planteado por el grupo de trabajo para realizar esto, fue agrupar las áreas que presentan condiciones similares para simplificar la aplicación del Análisis de Operabilidad y Riesgos HAZOP, se determinó a partir de la Matriz de Identificación de Riesgo Potenciales (MIRP).

De acuerdo con la descripción realizada, el análisis HAZOP se aplicará sobre los siguientes sistemas:

1. Estación de Regulación y Medición (ERM "City Gate").
2. Estación de Regasificación.
3. Estación de Regulación y Medición ("ERM-01").
4. Estaciones de Regulación "ER".
5. Gasoducto (Gas Natural) en ductos de 10", 4", 3", 2" y 3/4".

De esta forma, el análisis que se presenta no pretende ser un análisis exhaustivo de riesgo, sino más bien sobre el comportamiento general de las operaciones donde se ve involucrado el trasvase de los combustibles.

Los resultados de la aplicación del análisis HAZOP se incluyen en la siguiente tabla que se presenta a continuación:

**Tabla 5.24.** Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP).

Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V. ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS								
<b>PROCESO:</b>		Gasoducto						
<b>SUSTANCIAS:</b>		Gas Natural			<b>ALCANCE:</b>		ERM "City Gate", "ERM-01", "ER", Gasoducto 10", 4", 3", 2" y 3/4".	
<b>OBJETIVOS:</b>		Transporte de gas natural.			<b>PLANOS:</b>		Diagramas de Tuberías e Instrumentación.	
No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guía	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación
1	1.- Estación de Regulación y Medición "City Gate", Válvula tipo bola de control de Flujo de 3".	PRESIÓN	MAS	Mayor presión del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición.	<b>AMB.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado. <b>OPE.</b> Sobrepresión de la línea.	<b>ING.</b> Válvula de cierre manual al inicio de la tubería. <b>ING.</b> Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	<b>MNT-</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a válvulas, reguladoras, conexiones e instrumentación. <b>ING</b> - Verificar la instalación de valculas de bloqueo y agregar en el plano. <b>SEG-</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
2		PRESIÓN	MENOS	Menor presión del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en la ERM.	<b>OPE.</b> Disminución de presión de gas con potencial interrupción del servicio.	<b>ING.</b> Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	<b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones.
3		PRESIÓN	NO	No hay presión del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición. <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en la ERM .	<b>OPE.</b> Falta de gas y potencial interrupción del servicio. <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	<b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones. <b>SEG-</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
4		FLUJO	MAS	Mayor flujo del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.)	<b>AMB- OPE.</b> Potencial sobrepresión de la línea. Potencial fuga, incendio ó explosión de gas natural liberado.	<b>ING.</b> Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING</b> - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. <b>SEG-</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.

**Tabla 5.24.** Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). (Continuación).

Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V. ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS								
5	1.- Estación de Regulación y Medición "City Gate", Válvula tipo bola de control de Flujo de 3".	FLUJO	MENOS	Menor flujo del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.). <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, etc.).	<b>OPE.</b> Falta de gas y potencial interrupción del servicio. <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING.</b> - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. <b>SEG.</b> - Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
6		FLUJO	NO	No hay flujo del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.). <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, etc.).	<b>OPE.</b> Falta de gas y potencial interrupción del servicio. <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING.</b> - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. <b>SEG.</b> - Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
7		CORROSIÓN	MAS	Mayor corrosión en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falta de mantenimiento, selección inadecuada de la tubería y/o accesorios y mala calidad del gas.	<b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Sistemas de protección, recubrimiento de protección. <b>MNT.</b> Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los programas de medición de espesores. <b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. <b>MNT-SEG.</b> Dar seguimiento al monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.
8		CORROSIÓN	ADEMÁS DE	Presencia de contaminantes en el gas natural.	<b>HUM.</b> Falla en la calidad del gas natural.	<b>OPE.</b> Potencial interrupción de la operación por problemas en calidad. <b>OPE.</b> Mayor desgaste en la tubería por presencia de sustancias corrosivas en el gas natural. <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado por mayor corrosión en tuberías.	<b>ING.</b> Sistemas de protección, recubrimiento de protección. <b>MNT.</b> Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los programas de medición de calidad del combustible y de los espesores de la tubería. <b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. <b>MNT-SEG.</b> Continuar con el monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.

**Tabla 5.24.** Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). (Continuación).

Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS								
9	2.- Gasoducto principal 10", ramales de 4", 3", 2" y 3/4".	PRESIÓN	MAS	Mayor presión del gas natural en tubería.	HUM-EQP. Falla en válvula. HUM. Ruptura de tubería por error humano.	AMB. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.  OPE. Sobrepresión de la línea.	ING. Válvula de cierre en la trayectoria del gasoducto.  ING. Indicadores de presión y temperatura en válvulas.	MNT- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a válvulas, reguladoras, conexiones e instrumentación. ING - Verificar la instalación de valculas de bloqueo y agregar en el plano. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
10		PRESIÓN	MEVOS	Menor presión del gas natural en tubería.	HUM-EQP. Falla en válvula de esfera de paso completo. HUM-PRV. Fuga de gas en el trayecto.	OPE. Disminución de presión de gas con potencial interrupción del servicio.	ING. Indicadores de presión y temperatura.	MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones.
11		PRESIÓN	NO	No hay presión del gas natural en tubería.	HUM-EQP. Falla en válvula de esfera de paso completo. HUM-PRV. Fuga de gas en el trayecto.	OPE. Falta de gas y potencial interrupción del servicio. AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Indicadores de presión y temperatura.	MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
12		FLUJO	MAS	Mayor flujo del gas natural en tubería.	HUM-EQP. Falla en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, válvulas, etc.)	AMB- OPE. Potencial sobrepresión de la línea. Potencial fuga, incendio ó explosión de gas natural liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	ING - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.

**Tabla 5.24.** Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). (Continuación).

Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V. ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS								
13	2.- Gasoducto principal 10", ramales de 4", 3", 2" y 3/4".	FLUJO	MENOS	Menor flujo del gas natural en tubería.	<b>HUM-EQP.</b> Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, válvulas, etc.) <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, etc.).	<b>OPE.</b> Potencial interrupción del suministro. <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING</b> - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. <b>SEG-</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
14		FLUJO	NO	No hay flujo del gas natural en tubería.	<b>HUM-EQP.</b> Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, válvulas, etc.) <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, etc.).	<b>OPE.</b> Potencial interrupción del suministro. <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING</b> - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. <b>SEG-</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
15		CORROSIÓN	MAS	Mayor corrosión en la tubería.	<b>HUM-EQP.</b> Falta de mantenimiento, selección inadecuada de la tubería y/o accesorios y mala calidad del gas.	<b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Sistemas de protección catódica. <b>MNT.</b> Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los programas de medición de espesores. <b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. <b>MNT-SEG.</b> Continuar con el monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.
16		CORROSIÓN	ADEMÁS DE	Presencia de contaminantes en el gas natural.	<b>HUM.</b> Falla en la calidad del gas natural.	<b>OPE-</b> Potencial interrupción de la operación por problemas en calidad. <b>OPE-</b> Mayor desgaste en la tubería por presencia de sustancias corrosivas en el gas natural. <b>AMB-PER-</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado por mayor corrosión en tuberías.	<b>ING.</b> Medición de la calidad del gas natural. <b>MNT.</b> Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los programas de medición de calidad del combustible y de los espesores de la tubería. <b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. <b>MNT-SEG.</b> Continuar con el monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.

**Tabla 5.24.** Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). (Continuación).

Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V. ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS								
17	3.- Estación de Regulación y Medición ("ERM-01"), Válvula tipo Mariposa de 4".	PRESIÓN	MAS	Mayor presión del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición.	AMB. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado. OPE. Sobrepresión de la línea.	ING. Válvula de cierre manual al inicio de la tubería. ING. Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	MNT- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a válvulas, reguladoras, conexiones e instrumentación. ING - Verificar la instalación de valculas de bloqueo y agregar en el plano. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
18		PRESIÓN	MEVOS	Menor presión del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición HUM-PRV. Fuga de gas en la ERM.	OPE. Disminución de presión de gas con potencial interrupción del servicio.	ING. Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones.
19		PRESIÓN	NO	No hay presión del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición. HUM-PRV. Fuga de gas en la ERM.	OPE. Falta de gas y potencial interrupción del servicio. AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
20		FLUJO	MAS	Mayor flujo del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.)	AMB- OPE. Potencial sobrepresión de la línea. Potencial fuga, incendio ó explosión de gas natural liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	ING - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.

**Tabla 5.24.** Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). (Continuación).

Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS								
21	3.- Estación de Regulación y Medición ("ERM-01"), Válvula tipo Mariposa de 4".	FLUJO	MENOS	Menor flujo del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.)  <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, etc.).	<b>OPE.</b> Falta de gas y potencial interrupción del servicio.  <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores.  <b>SEG.</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
22		FLUJO	NO	No hay flujo del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.)  <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, etc.).	<b>OPE.</b> Falta de gas y potencial interrupción del servicio.  <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores.  <b>SEG.</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
23		CORROSIÓN	MAS	Mayor corrosión en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falta de mantenimiento, selección inadecuada de la tubería y/o accesorios y mala calidad del gas.	<b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Sistemas de protección, recubrimiento de protección.  <b>MNT.</b> Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los programas de medición de espesores.  <b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios.  <b>MNT-SEG.</b> Dar seguimiento al monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.
24		CORROSIÓN	ADEMÁS DE	Presencia de contaminantes en el gas natural.	<b>HUM.</b> Falla en la calidad del gas natural.	<b>OPE.</b> Potencial interrupción de la operación por problemas en calidad.  <b>OPE.</b> Mayor desgaste en la tubería por presencia de sustancias corrosivas en el gas natural.  <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado por mayor corrosión en tuberías.	<b>ING.</b> Sistemas de protección, recubrimiento de protección.  <b>MNT.</b> Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los programas de medición de calidad del combustible y de los espesores de la tubería.  <b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios.  <b>MNT-SEG.</b> Continuar con el monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.

**Tabla 5.24.** Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). (Continuación).

Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V. ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS								
25	4.- Estación de Regulación ("ER"), Valvula tipo Esfera de paso completo en acero al carbón de 3".	PRESIÓN	MAS	Mayor presión del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición.	<b>AMB.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado. <b>OPE.</b> Sobrepresión de la línea.	ING. Válvula de cierre manual al inicio de la tubería. <b>ING.</b> Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	<b>MNT-</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a válvulas, reguladoras, conexiones e instrumentación. <b>ING</b> - Verificar la instalación de valculas de bloqueo y agregar en el plano. <b>SEG-</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
26		PRESIÓN	MENOS	Menor presión del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en la ERM.	<b>OPE.</b> Disminución de presión de gas con potencial interrupción del servicio.	<b>ING.</b> Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	<b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones.
27		PRESIÓN	NO	No hay presión del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición. <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en la ERM .	<b>OPE.</b> Falta de gas y potencial interrupción del servicio. <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	<b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones. <b>SEG-</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
28		FLUJO	MAS	Mayor flujo del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.)	<b>AMB- OPE.</b> Potencial sobrepresión de la línea. Potencial fuga, incendio ó explosión de gas natural liberado.	<b>ING.</b> Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING</b> - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. <b>SEG-</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.

**Tabla 5.24.** Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). (Continuación).

Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP).								
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ								
GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V								
ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS								
29	4.- Estación de Regulación ("ER"), Valvula tipo Esfera de paso completo en acero al carbón de 3".	FLUJO	MENOS	Menor flujo del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.)  <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, etc.).	<b>OPE.</b> Falta de gas y potencial interrupción del servicio.  <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores.  <b>SEG.</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
30		FLUJO	NO	No hay flujo del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.)  <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en el sistema de suministro de gas natural	<b>OPE.</b> Falta de gas y potencial interrupción del servicio.  <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores.  <b>SEG.</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
31		CORROSIÓN	MAS	Mayor corrosión en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falta de mantenimiento, selección inadecuada de la tubería y/o accesorios y mala calidad del gas.	<b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Sistemas de protección, recubrimiento de protección.  MNT. Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los programas de medición de espesores.  <b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios.  <b>MNT-SEG.</b> Dar seguimiento al monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.
32		CORROSIÓN	ADEMÁS DE	Presencia de contaminantes en el gas natural.	<b>HUM.</b> Falla en la calidad del gas natural.	<b>OPE.</b> Potencial interrupción de la operación por problemas en calidad.  <b>OPE.</b> Mayor desgaste en la tubería por presencia de sustancias corrosivas en el gas natural.  <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado por mayor corrosión en tuberías.	ING. Sistemas de protección, recubrimiento de protección.  MNT. Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los programas de medición de calidad del combustible y de los espesores de la tubería.  <b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios.  <b>MNT-SEG.</b> Continuar con el monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.

**Tabla 5.24.** Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). (Continuación).

Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS								
33	5.- Estación de Regasificación, Tanque de Almacenamiento de GNL de 315 m3 de capacidad.	PRESIÓN	MÁS	Mayor presión que la establecida para el tanque.	<p><b>HUM-EQP.</b> Sobre carga / Falla en el tanque de almacenamiento.</p> <p><b>HUM-PRV.</b> Daño mecánico en el tanque de gas durante labores a su alrededor.</p>	<p><b>AMB-PER-PRP.</b> Fuga y potencial incendio o explosión del gas liberado por ruptura o avería en el tanque de almacenamiento</p> <p><b>OPE</b> Interrupción del servicio.</p>	<p><b>ING.</b> Válvula de alivio, medidor de presión.</p> <p><b>ADM.</b> Señalización y procedimiento que prohíba la realización de actividades que involucren fumar, calentar, soldar, etc. cerca del área de almacenamiento de tanques.</p>	<p><b>PRO.</b> Dar seguimiento al correcto empleo de los procedimientos para el almacenamiento y uso del tanque.</p> <p><b>ADM.</b> Capacitar al personal encargado del manejo del tanque acerca de los riesgos inherentes y los procedimientos a seguir.</p> <p><b>SEG-</b> Implementar y dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.</p>
34		PRESIÓN	MENOS	Menor presión que la establecida para el tanque.	<p><b>HUM-EQP.</b> Falta de material / Falla en el tanque de almacenamiento</p> <p><b>HUM-EQP.</b> Daño mecánico y ruptura durante maniobras de mantenimiento o cerca del tanque</p>	<p><b>AMB-PER-PRP.</b> Fuga y potencial incendio o explosión del gas liberado por ruptura o avería en el tanque de almacenamiento</p> <p><b>OPE</b> Interrupción del servicio.</p>	<p><b>ING.</b> Válvula de alivio, medidor de presión.</p> <p><b>ADM.</b> Señalización y procedimiento que prohíba la realización de actividades que involucren fumar, calentar, soldar, etc. cerca del área de almacenamiento de tanques.</p>	<p><b>PRO.</b> Dar seguimiento al correcto empleo de los procedimientos para el almacenamiento y uso del tanque.</p> <p><b>ADM.</b> Capacitar al personal encargado del manejo del tanque acerca de los riesgos inherentes y los procedimientos a seguir.</p> <p><b>SEG-</b> Implementar y dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.</p>
35		PRESIÓN	NO	No hay presión en el tanque.	<p><b>HUM-EQP.</b> Falta de material / Falla en el tanque de almacenamiento</p> <p><b>HUM-PRV.</b> Fuga de material por ruptura o daño de tubería y/o algún accesorio.</p>	<p><b>AMB-PER-PRP.</b> Fuga y potencial incendio o explosión del gas liberado por ruptura o avería en el tanque de almacenamiento</p> <p><b>OPE</b> Interrupción del servicio.</p>	<p><b>ING.</b> Válvula de alivio, medidor de presión.</p>	<p><b>PRO.</b> Dar seguimiento al correcto empleo de los procedimientos para el almacenamiento y uso del tanque.</p> <p><b>ADM.</b> Capacitar al personal encargado del manejo del tanque de acerca de los riesgos inherentes y los procedimientos a seguir.</p> <p><b>SEG-</b> Implementar y dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.</p>
36		CORROSIÓN	MÁS	Mayor corrosión en el tanque.	<p><b>HUM-EQP.</b> Falta de mantenimiento, selección inadecuada de la tubería y/o accesorios y mala calidad del gas.</p>	<p><b>AMB-OPE-</b> Potencial fisura en el tanque, tuberías y accesorios. Derrame del material contenido en el tanque, lo que ocasionaría interrupción del suministro, así como un riesgo de incendio del material inflamable y la eventual acumulación de vapores volátiles.</p>	<p><b>MNT.</b> Programas de mantenimiento preventivo al tanque, tuberías y/o accesorios.</p>	<p><b>ADM.</b> Capacitar a personal encargado del manejo acerca de los riesgos inherentes y los procedimientos a seguir.</p> <p><b>SEG.</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.</p>

#### **5.4.1.4. Jerarquización de escenarios de riesgos.**

Una vez realizada la identificación de riesgos a través de la aplicación del análisis HAZOP, se procedió a jerarquizar aquellos eventos que pudieran derivar en un accidente de riesgo ambiental.

Para efectos de realizar la jerarquización, se utilizó una Matriz de Riesgos, la cual contempla los conceptos de Frecuencia y Severidad en las escalas que se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 5.25.** Valores de frecuencia y severidad utilizados en la Jerarquización.

Frecuencia (F)		Severidad (S)	
1	Una vez cada 50 años	1	Menor
2	Una vez cada 10 años	2	Apreciable
3	Una vez al año	3	Mayor
4	Una vez cada 6 meses	4	Severo
5	Una vez al mes	5	Catastrófico

Los eventos de riesgo que arrojaron consecuencias con afectación al medio ambiente (AMB) se analizan mediante las escalas asignadas para Frecuencia y Severidad aplicando la Calificación de Riesgos (Matriz de Riesgos) conforme a lo siguiente:

- Columna de Frecuencia (F). Se establece un valor del 1 al 5 para indicar la probabilidad potencial de ocurrencia de la desviación y sus consecuencias.
- Columna de Severidad (S). Se establece un valor del 1 al 5 para indicar la severidad potencial afectable por la desviación presentada y sus consecuencias. Para realizar esto se deben tomar en cuenta las características de peligrosidad del gas natural, así como las condiciones de su manejo.

- Columna de Riesgo (F X S). Este valor se obtiene al multiplicar los valores de Frecuencia y Severidad (magnitud del daño). A mayor resultado, mayor se considera el riesgo potencial presente.

En la siguiente tabla se incluye un ejemplo de la matriz de riesgos:

**Tabla 5.26.** Matriz de riesgos.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	
F6	6	12	18	24	30	36	Método de Cálculo
F5	5	10	15	20	25	30	Riesgo = F * S
F4	4	8	12	16	20	24	Rojo = No Tolerable
F3	3	6	9	12	15	18	Amarillo = ALARP
F2	2	4	6	8	10	12	Verde = Tolerable
F1	1	2	3	4	5	6	

Mediante el desarrollo de diferentes sesiones del grupo interdisciplinario de trabajo, se realizó la evaluación de cada uno de los eventos clasificados como de riesgo ambiental (AMB). El resultado se incluye en la Matriz de Jerarquización en la siguiente tabla:

**Tabla 5.27. Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos.**

Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP).												
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ												
GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V												
ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS												
<b>PROCESO:</b>		Gasoducto										
<b>SUSTANCIAS:</b>		Gas Natural				<b>ALCANCE:</b>		ERM "City Gate", "ERM-01", "ER", Gasoducto 10", 4", 3", 2" y 3/4".				
<b>OBJETIVOS:</b>		Transporte de gas natural.				<b>PLANOS:</b>		Diagramas de Tuberías e Instrumentación.				
No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guía	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación	F	S	Riesgo	
1	1- Estación de Regulación y Medición "City Gate", Válvula tipo bola de control de Flujo de 3".	PRESIÓN	MAS	Mayor presión del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición.	AMB. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado. OPE. Sobrepresión de la línea.	ING. Válvula de cierre manual al inicio de la tubería. ING. Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	MNT- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a válvulas, reguladoras, conexiones e instrumentación. ING - Verificar la instalación de valculas de bloqueo y agregar en el plano. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	6	6	
2		PRESIÓN	MENOS	Menor presión del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición HUM-PRV. Fuga de gas en la ERM	OPE. Disminución de presión de gas con potencial interrupción del servicio.	ING. Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones.	1	2	2	
3		PRESIÓN	NO	No hay presión del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición. HUM-PRV. Fuga de gas en la ERM.	OPE. Falta de gas y potencial interrupción del servicio. AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	2	2	
4		FLUJO	MAS	Mayor flujo del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.)	AMB- OPE. Potencial sobrepresión de la línea. Potencial fuga, incendio ó explosión de gas natural liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	ING - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	5	5	

**Tabla 5.27. Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos. (Continuación).**

<b>Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP).</b> <b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ</b> <b>GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V</b> <b>ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS</b>												
<b>PROCESO:</b>		Gasoducto										
<b>SUSTANCIAS:</b>		Gas Natural				<b>ALCANCE:</b>		ERM "City Gate", "ERM-01", "ER", Gasoducto 10", 4", 3", 2" y 3/4".				
<b>OBJETIVOS:</b>		Transporte de gas natural.				<b>PLANOS:</b>		Diagramas de Tuberías e Instrumentación.				
No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guía	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación	F	S	Riesgo	
5	1.- Estación de Regulación y Medición "City Gate", Válvula tipo bola de control de Flujo de 3".	FLUJO	MENOS	Menor flujo del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.) . <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, etc.).	<b>OPE.</b> Falta de gas y potencial interrupción del servicio. <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING</b> - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. <b>SEG-</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	2	2	
6		FLUJO	NO	No hay flujo del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.) . <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, etc.).	<b>OPE.</b> Falta de gas y potencial interrupción del servicio. <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING</b> - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. <b>SEG-</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	1	1	
7		CORROSIÓN	MAS	Mayor corrosión en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falta de mantenimiento, selección inadecuada de la tubería y/o accesorios y mala calidad del gas.	<b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Sistemas de protección, recubrimiento de protección. <b>MNT.</b> Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los programas de medición de espesores. <b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. <b>MNT-SEG.</b> Dar seguimiento al monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.	1	4	4	
8		CORROSIÓN	ADEMÁS DE	Presencia de contaminantes en el gas natural.	<b>HUM.</b> Falla en la calidad del gas natural.	<b>OPE-</b> Potencial interrupción de la operación por problemas en calidad. <b>OPE-</b> Mayor desgaste en la tubería por presencia de sustancias corrosivas en el gas natural. <b>AMB-PER.-</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado por mayor corrosión en tuberías.	<b>ING.</b> Sistemas de protección, recubrimiento de protección. <b>MNT.</b> Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los programas de medición de calidad del combustible y de los espesores de la tubería. <b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. <b>MNT-SEG.</b> Continuar con el monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.	1	3	3	

**Tabla 5.27. Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos. (Continuación).**

Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP).												
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ												
GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V												
ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS												
<b>PROCESO:</b>		Gasoducto										
<b>SUSTANCIAS:</b>		Gas Natural				<b>ALCANCE:</b>		ERM "City Gate", "ERM-01", "ER", Gasoducto 10", 4", 3", 2" y 3/4".				
<b>OBJETIVOS:</b>		Transporte de gas natural.				<b>PLANOS:</b>		Diagramas de Tuberías e Instrumentación.				
No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guía	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación	F	S	Riesgo	
9	2.- Gasoducto principal 10", ramales de 4", 3", 2" y 3/4".	PRESIÓN	MAS	Mayor presión del gas natural en tubería.	<b>HUM-EQP.</b> Falla en válvula. <b>HUM.</b> Ruptura de tubería por error humano.	<b>AMB.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado. <b>OPE.</b> Sobrepresión de la línea.	<b>ING.</b> Válvula de cierre en la trayectoria del gasoducto. <b>ING.</b> Indicadores de presión y temperatura en válvulas.	<b>MNT-</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a válvulas, reguladoras, conexiones e instrumentación. <b>ING -</b> Verificar la instalación de valculas de bloqueo y agregar en el plano. <b>SEG-</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	6	6	
10		PRESIÓN	MENOS	Menor presión del gas natural en tubería.	<b>HUM-EQP.</b> Falla en válvula de esfera de paso completo. <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en el trayecto.	<b>OPE.</b> Disminución de presión de gas con potencial interrupción del servicio.	<b>ING.</b> Indicadores de presión y temperatura.	<b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones.	1	6	6	
11		PRESIÓN	NO	No hay presión del gas natural en tubería.	<b>HUM-EQP.</b> Falla en válvula de esfera de paso completo. <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en el trayecto.	<b>OPE.</b> Falta de gas y potencial interrupción del servicio. <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Indicadores de presión y temperatura.	<b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones. <b>SEG-</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	2	2	
12		FLUJO	MAS	Mayor flujo del gas natural en tubería.	<b>HUM-EQP.</b> Falla en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, válvulas, etc.)	<b>AMB- OPE.</b> Potencial sobrepresión de la línea. Potencial fuga, incendio ó explosión de gas natural liberado.	<b>ING.</b> Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING -</b> Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. <b>SEG-</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	5	5	

**Tabla 5.27. Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos. (Continuación).**

<b>Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP).</b> <b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ</b> <b>GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V</b> <b>ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS</b>												
<b>PROCESO:</b>		Gasoducto										
<b>SUSTANCIAS:</b>		Gas Natural				<b>ALCANCE:</b>		ERM "City Gate", "ERM-01", "ER", Gasoducto 10", 4", 3", 2" y 3/4".				
<b>OBJETIVOS:</b>		Transporte de gas natural.				<b>PLANOS:</b>		Diagramas de Tuberías e Instrumentación.				
No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guía	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación	F	S	Riesgo	
13	2.- Gasoducto principal 10", ramales de 4", 3", 2" y 3/4".	FLUJO	MENOS	Menor flujo del gas natural en tubería.	<b>HUM-EQP.</b> Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, válvulas, etc.) <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, etc.).	<b>OPE.</b> Potencial interrupción del suministro. <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. <b>SEG.</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	2	2	
14		FLUJO	NO	No hay flujo del gas natural en tubería.	<b>HUM-EQP.</b> Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, válvulas, etc.) <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, etc.).	<b>OPE.</b> Potencial interrupción del suministro. <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. <b>SEG.</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	1	1	
15		CORROSIÓN	MAS	Mayor corrosión en la tubería.	<b>HUM-EQP.</b> Falta de mantenimiento, selección inadecuada de la tubería y/o accesorios y mala calidad del gas.	<b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Sistemas de protección catódica. <b>MNT.</b> Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los programas de medición de espesores. <b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. <b>MNT-SEG.</b> Continuar con el monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.	1	4	4	
16		CORROSIÓN	ADEMÁS DE	Presencia de contaminantes en el gas natural.	<b>HUM.</b> Falla en la calidad del gas natural.	<b>OPE.</b> Potencial interrupción de la operación por problemas en calidad. <b>OPE.</b> Mayor desgaste en la tubería por presencia de sustancias corrosivas en el gas natural. <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado por mayor corrosión en tuberías.	<b>ING.</b> Medición de la calidad del gas natural. <b>MNT.</b> Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los programas de medición de calidad del combustible y de los espesores de la tubería. <b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. <b>MNT-SEG.</b> Continuar con el monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.	1	3	3	

**Tabla 5.27. Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos. (Continuación).**

<b>Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP).</b> <b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ</b> <b>GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V</b> <b>ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS</b>											
<b>PROCESO:</b>		Gasoducto									
<b>SUSTANCIAS:</b>		Gas Natural			<b>ALCANCE:</b> ERM "City Gate", "ERM-01", "ER", Gasoducto 10", 4", 3", 2" y 3/4".						
<b>OBJETIVOS:</b>		Transporte de gas natural.			<b>PLANOS:</b> Diagramas de Tuberías e Instrumentación.						
No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guía	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación	F	S	Riesgo
17	3.- Estación de Regulación y Medición ("ERM-01"), Válvula tipo Mariposa de 4".	PRESIÓN	MAS	Mayor presión del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición.	AMB. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado. OPE. Sobrepresión de la línea.	ING. Válvula de cierre manual al inicio de la tubería. ING. Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	MNT- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a válvulas, reguladoras, conexiones e instrumentación. ING - Verificar la instalación de válvulas de bloqueo y agregar en el plano. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	6	6
18		PRESIÓN	MENOS	Menor presión del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición HUM-PRV. Fuga de gas en la ERM.	OPE. Disminución de presión de gas con potencial interrupción del servicio.	ING. Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones.	1	2	2
19		PRESIÓN	NO	No hay presión del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición. HUM-PRV. Fuga de gas en la ERM.	OPE. Falta de gas y potencial interrupción del servicio. AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	2	2
20		FLUJO	MAS	Mayor flujo del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.)	AMB- OPE. Potencial sobrepresión de la línea. Potencial fuga, incendio ó explosión de gas natural liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	ING - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	5	5

**Tabla 5.27. Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos. (Continuación).**

Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP).												
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ												
GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V												
ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS												
<b>PROCESO:</b>		Gasoducto										
<b>SUSTANCIAS:</b>		Gas Natural				<b>ALCANCE:</b>		ERM "City Gate", "ERM-01", "ER", Gasoducto 10", 4", 3", 2" y 3/4".				
<b>OBJETIVOS:</b>		Transporte de gas natural.				<b>PLANOS:</b>		Diagramas de Tuberías e Instrumentación.				
No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guía	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación	F	S	Riesgo	
21	3.- Estación de Regulación y Medición ("ERM-01"), Válvula tipo Mariposa de 4".	FLUJO	MENOS	Menor flujo del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.) . <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, etc.).	<b>OPE.</b> Falta de gas y potencial interrupción del servicio. <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. <b>SEG.</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	2	2	
22		FLUJO	NO	No hay flujo del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.) . <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, etc.).	<b>OPE.</b> Falta de gas y potencial interrupción del servicio. <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. <b>SEG.</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	1	1	
23		CORROSIÓN	MAS	Mayor corrosión en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falta de mantenimiento, selección inadecuada de la tubería y/o accesorios y mala calidad del gas.	<b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Sistemas de protección, recubrimiento de protección. <b>MNT.</b> Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los programas de medición de espesores. <b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. <b>MNT-SEG.</b> Dar seguimiento al monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.	1	4	4	
24		CORROSIÓN	ADEMÁS DE	Presencia de contaminantes en el gas natural.	<b>HUM.</b> Falla en la calidad del gas natural.	<b>OPE.</b> Potencial interrupción de la operación por problemas en calidad. <b>OPE.</b> Mayor desgaste en la tubería por presencia de sustancias corrosivas en el gas natural. <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado por mayor corrosión en tuberías.	<b>ING.</b> Sistemas de protección, recubrimiento de protección. <b>MNT.</b> Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los programas de medición de calidad del combustible y de los espesores de la tubería. <b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. <b>MNT-SEG.</b> Continuar con el monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.	1	3	3	

**Tabla 5.27.** Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos. (Continuación).

Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V. ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS												
<b>PROCESO:</b>		Gasoducto										
<b>SUSTANCIAS:</b>		Gas Natural				<b>ALCANCE:</b>		ERM "City Gate", "ERM-01", "ER", Gasoducto 10", 4", 3", 2" y 3/4".				
<b>OBJETIVOS:</b>		Transporte de gas natural.				<b>PLANOS:</b>		Diagramas de Tuberías e Instrumentación.				
No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guía	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación	F	S	Riesgo	
25	4.- Estación de Regulación ("ER"), Valvula tipo Esfera de paso completo en acero al carbón de 3".	PRESIÓN	MAS	Mayor presión del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición.	AMB. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado. OPE. Sobrepresión de la línea.	ING. Válvula de cierre manual al inicio de la tubería. ING. Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	MNT- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a válvulas, reguladoras, conexiones e instrumentación. ING - Verificar la instalación de valculas de bloqueo y agregar en el plano. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	6	6	
26		PRESIÓN	MENOS	Menor presión del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición HUM-PRV. Fuga de gas en la ERM.	OPE. Disminución de presión de gas con potencial interrupción del servicio.	ING. Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones.	1	2	2	
27		PRESIÓN	NO	No hay presión del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición. HUM-PRV. Fuga de gas en la ERM.	OPE. Falta de gas y potencial interrupción del servicio. AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	2	2	
28		FLUJO	MAS	Mayor flujo del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.)	AMB- OPE. Potencial sobrepresión de la línea. Potencial fuga, incendio ó explosión de gas natural liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	ING - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	5	5	

**Tabla 5.27. Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos. (Continuación).**

<b>Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP).</b> <b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ</b> <b>GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V</b> <b>ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS</b>											
<b>PROCESO:</b>		Gasoducto									
<b>SUSTANCIAS:</b>		Gas Natural				<b>ALCANCE:</b>		ERM "City Gate", "ERM-01", "ER", Gasoducto 10", 4", 3", 2" y 3/4".			
<b>OBJETIVOS:</b>		Transporte de gas natural.				<b>PLANOS:</b>		Diagramas de Tuberías e Instrumentación.			
No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guía	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación	F	S	Riesgo
29	4.- Estación de Regulación ("ER"), Valvula tipo Esfera de paso completo en acero al carbón de 3".	FLUJO	MENOS	Menor flujo del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.) . <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, etc.).	<b>OPE.</b> Falta de gas y potencial interrupción del servicio. <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING</b> - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. <b>SEG-</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	2	2
30		FLUJO	NO	No hay flujo del gas natural en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.) . <b>HUM-PRV.</b> Fuga de gas en en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, etc.).	<b>OPE.</b> Falta de gas y potencial interrupción del servicio. <b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Medidor de flujo y alarma de campo.	<b>ING</b> - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. <b>SEG-</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	1	1
31		CORROSIÓN	MAS	Mayor corrosión en válvula.	<b>HUM-EQP.</b> Falta de mantenimiento, selección inadecuada de la tubería y/o accesorios y mala calidad del gas.	<b>AMB-PER.</b> Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	<b>ING.</b> Sistemas de protección, recubrimiento de protección. <b>MNT.</b> Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los programas de medición de espesores. <b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. <b>MNT-SEG.</b> Dar seguimiento al monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.	1	4	4
32		CORROSIÓN	ADEMÁS DE	Presencia de contaminantes en el gas natural.	<b>HUM.</b> Falla en la calidad del gas natural.	<b>OPE-</b> Potencial interrupción de la operación por problemas en calidad. <b>OPE-</b> Mayor desgaste en la tubería por presencia de sustancias corrosivas en el gas natural. <b>AMB-PER.-</b> Fuga y potencial incendio ó explisión del gas liberad por mayor corrosión en tuberías.	<b>ING.</b> Sistemas de protección, recubrimiento de protección. <b>MNT.</b> Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	<b>ING.</b> Dar seguimiento a los programas de medición de calidad del combustible y de los espesores de la tubería. <b>MNT.</b> Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. <b>MNT-SEG.</b> Continuar con el monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.	1	3	3

**Tabla 5.27. Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos. (Continuación).**

<b>Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP).</b> <b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ</b> <b>GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V</b> <b>ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS</b>												
<b>PROCESO:</b>		Gasoducto										
<b>SUSTANCIAS:</b>		Gas Natural				<b>ALCANCE:</b> ERM "City Gate", "ERM-01", "ER", Gasoducto 10", 4", 3", 2" y 3/4".						
<b>OBJETIVOS:</b>		Transporte de gas natural.				<b>PLANOS:</b> Diagramas de Tuberías e Instrumentación.						
No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guía	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación	F	S	Riesgo	
33	5.- Estación de Regasificación, Tanque de Almacenamiento de GNL de 315 m3 de capacidad.	PRESIÓN	MÁS	Mayor presión que la establecida para el tanque.	<b>HUM-EQP.</b> Sobre carga / Falla en el tanque de almacenamiento.  <b>HUM-PRV.</b> Daño mecánico en el tanque de gas durante labores a su alrededor.	<b>AMB-PER-PRP.</b> Fuga y potencial incendio o explosión del gas liberado por ruptura o avería en el tanque de almacenamiento  <b>OPE.</b> Interrupción del servicio.	<b>ING.</b> Válvula de alivio, medidor de presión.  <b>ADM.</b> Señalización y procedimiento que prohíba la realización de actividades que involucren fumar, calentar, soldar, etc. cerca del área de almacenamiento de tanques.	<b>PRO.</b> Dar seguimiento al correcto empleo de los procedimientos para el almacenamiento y uso del tanque.  <b>ADM.</b> Capacitar al personal encargado del manejo del tanque acerca de los riesgos inherentes y los procedimientos a seguir.  <b>SEG-</b> Implementar y dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	2	3	6	
34		PRESIÓN	MENOS	Menor presión que la establecida para el tanque.	<b>HUM-EQP.</b> Falta de material / Falla en el tanque de almacenamiento  <b>HUM-EQP.</b> Daño mecánico y ruptura durante maniobras de mantenimiento o cerca del tanque	<b>AMB-PER-PRP.</b> Fuga y potencial incendio o explosión del gas liberado por ruptura o avería en el tanque de almacenamiento  <b>OPE.</b> Interrupción del servicio.	<b>ING.</b> Válvula de alivio, medidor de presión.  <b>ADM.</b> Señalización y procedimiento que prohíba la realización de actividades que involucren fumar, calentar, soldar, etc. cerca del área de almacenamiento de tanques.	<b>PRO.</b> Dar seguimiento al correcto empleo de los procedimientos para el almacenamiento y uso del tanque.  <b>ADM.</b> Capacitar al personal encargado del manejo del tanque acerca de los riesgos inherentes y los procedimientos a seguir.  <b>SEG-</b> Implementar y dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	2	2	4	
35		PRESIÓN	NO	No hay presión en el tanque.	<b>HUM-EQP.</b> Falta de material / Falla en el tanque de almacenamiento  <b>HUM-PRV.</b> Fuga de material por ruptura o daño de tubería y/o algún accesorio.	<b>AMB-PER-PRP.</b> Fuga y potencial incendio o explosión del gas liberado por ruptura o avería en el tanque de almacenamiento  <b>OPE.</b> Interrupción del servicio.	<b>ING.</b> Válvula de alivio, medidor de presión.	<b>PRO.</b> Dar seguimiento al correcto empleo de los procedimientos para el almacenamiento y uso del tanque.  <b>ADM.</b> Capacitar al personal encargado del manejo del tanque de acerca de los riesgos inherentes y los procedimientos a seguir.  <b>SEG-</b> Implementar y dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	2	2	4	
36		CORROSIÓN	MÁS	Mayor corrosión en el tanque.	<b>HUM-EQP.</b> Falta de mantenimiento, selección inadecuada de la tubería y/o accesorios y mala calidad del gas.	<b>AMB-OPE-</b> Potencial fisura en el tanque, tuberías y accesorios. Derrame del material contenido en el tanque, lo que ocasionaría interrupción del suministro, así como un riesgo de incendio del material inflamable y la eventual acumulación de vapores volátiles.	<b>MNT.</b> Programas de mantenimiento preventivo al tanque, tuberías y/o accesorios.	<b>ADM.</b> Capacitar a personal encargado del manejo acerca de los riesgos inherentes y los procedimientos a seguir.  <b>SEG.</b> Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	1	1	

De acuerdo con el análisis de riesgos y su jerarquización, todos los posibles escenarios identificados, son tolerables, en la siguiente tabla se presentan los escenarios de riesgo identificados a manejar, ordenados de mayor a menor nivel de riesgo.

**Tabla 5.28.** Escenarios de riesgo identificados.

No.	Descripción del riesgo identificado	Nivel de Riesgo	Identificación del nodo o sistema	Sustancia involucrada
1	Mayor presión de gas natural en válvula.	<b>ALARP</b>	Estación de Regulación y Medición "City Gate", Válvula tipo bola de control de Flujo de 3".	Metano (Gas Natural).
2	Menor presión de gas natural en válvula.	<b>Tolerable</b>	Estación de Regulación y Medición "City Gate", Válvula tipo bola de control de Flujo de 3".	Metano (Gas Natural).
3	No hay presión del gas natural en válvula.	<b>Tolerable</b>	Estación de Regulación y Medición "City Gate", Válvula tipo bola de control de Flujo de 3".	Metano (Gas Natural).
4	Mayor flujo de gas natural en válvula.	<b>Tolerable</b>	Estación de Regulación y Medición "City Gate", Válvula tipo bola de control de Flujo de 3".	Metano (Gas Natural).
5	Menor flujo de gas natural en válvula.	<b>Tolerable</b>	Estación de Regulación y Medición "City Gate", Válvula tipo bola de control de Flujo de 3".	Metano (Gas Natural).
6	No hay flujo de gas natural en válvula.	<b>Tolerable</b>	Estación de Regulación y Medición "City Gate", Válvula tipo bola de control de Flujo de 3".	Metano (Gas Natural).
7	Mayor corrosión en válvula.	<b>Tolerable</b>	Estación de Regulación y Medición "City Gate", Válvula tipo bola de control de Flujo de 3".	Metano (Gas Natural).
8	Presencia de contaminantes en el gas natural.	<b>Tolerable</b>	Estación de Regulación y Medición "City Gate", Válvula tipo bola de control de Flujo de 3".	Metano (Gas Natural).
9	Mayor presión de gas natural en tubería.	<b>ALARP</b>	Gasoducto principal 10", ramales de 4", 3", 2" y 3/4".	Metano (Gas Natural).
10	Menor presión de gas natural en tubería.	<b>ALARP</b>	Gasoducto principal 10", ramales de 4", 3", 2" y 3/4".	Metano (Gas Natural).
11	No hay presión del gas natural en tubería.	<b>Tolerable</b>	Gasoducto principal 10", ramales de 4", 3", 2" y 3/4".	Metano (Gas Natural).
12	Mayor flujo de gas natural en tubería.	<b>Tolerable</b>	Gasoducto principal 10", ramales de 4", 3", 2" y 3/4".	Metano (Gas Natural).
13	Menor flujo de gas natural en tubería.	<b>Tolerable</b>	Gasoducto principal 10", ramales de 4", 3", 2" y 3/4".	Metano (Gas Natural).
14	No hay flujo de gas natural en tubería.	<b>Tolerable</b>	Gasoducto principal 10", ramales de 4", 3", 2" y 3/4".	Metano (Gas Natural).
15	Mayor corrosión en tubería.	<b>Tolerable</b>	Gasoducto principal 10", ramales de 4", 3", 2" y 3/4".	Metano (Gas Natural).
16	Presencia de contaminantes en el gas natural.	<b>Tolerable</b>	Gasoducto principal 10", ramales de 4", 3", 2" y 3/4".	Metano (Gas Natural).



**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

No.	Descripción del riesgo identificado	Nivel de Riesgo	Identificación del nodo o sistema	Sustancia involucrada
17	Mayor presión de gas natural en válvula.	ALARP	Estación de Regulación y Medición ("ERM-01"), Válvula tipo Mariposa de 4".	Metano (Gas Natural).
18	Menor presión de gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición ("ERM-01"), Válvula tipo Mariposa de 4".	Metano (Gas Natural).
19	No hay presión del gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición ("ERM-01"), Válvula tipo Mariposa de 4".	Metano (Gas Natural).
20	Mayor flujo de gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición ("ERM-01"), Válvula tipo Mariposa de 4".	Metano (Gas Natural).
21	Menor flujo de gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición ("ERM-01"), Válvula tipo Mariposa de 4".	Metano (Gas Natural).
22	No hay flujo de gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición ("ERM-01"), Válvula tipo Mariposa de 4".	Metano (Gas Natural).
23	Mayor corrosión en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición ("ERM-01"), Válvula tipo Mariposa de 4".	Metano (Gas Natural).
24	Presencia de contaminantes en el gas natural.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición ("ERM-01"), Válvula tipo Mariposa de 4".	Metano (Gas Natural).
25	Mayor presión de gas natural en válvula.	ALARP	Estación de Regulación ("ER"), Válvula tipo Esfera de paso completo en acero al carbón de 3".	Metano (Gas Natural).
26	Menor presión de gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación ("ER"), Válvula tipo Esfera de paso completo en acero al carbón de 3".	Metano (Gas Natural).
27	No hay presión del gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación ("ER"), Válvula tipo Esfera de paso completo en acero al carbón de 3".	Metano (Gas Natural).
28	Mayor flujo de gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación ("ER"), Válvula tipo Esfera de paso completo en acero al carbón de 3".	Metano (Gas Natural).
29	Menor flujo de gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación ("ER"), Válvula tipo Esfera de paso completo en acero al carbón de 3".	Metano (Gas Natural).
30	No hay flujo de gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación ("ER"), Válvula tipo Esfera de paso completo en acero al carbón de 3".	Metano (Gas Natural).
31	Mayor corrosión en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación ("ER"), Válvula tipo Esfera de paso completo en acero al carbón de 3".	Metano (Gas Natural).
32	Presencia de contaminantes en el gas natural.	Tolerable	Estación de Regulación ("ER"), Válvula tipo Esfera de paso completo en acero al carbón de 3".	Metano (Gas Natural).
33	Mayor presión que la establecida para el tanque.	ALARP	Estación de Regasificación, Tanque de Almacenamiento de GNL de 315 m <sup>3</sup> de capacidad.	Metano (Gas Natural).
34	Menor presión que la establecida para el tanque.	Tolerable	Estación de Regasificación, Tanque de Almacenamiento de GNL de 315 m <sup>3</sup> de capacidad.	Metano (Gas Natural).



No.	Descripción del riesgo identificado	Nivel de Riesgo	Identificación del nodo o sistema	Sustancia involucrada
35	No hay presión en el tanque.	Tolerable	Estación de Regasificación, Tanque de Almacenamiento de GNL de 315 m <sup>3</sup> de capacidad.	Metano (Gas Natural).
36	Mayor corrosión en el tanque.	Tolerable	Estación de Regasificación, Tanque de Almacenamiento de GNL de 315 m <sup>3</sup> de capacidad.	Metano (Gas Natural).

#### **5.4.2. Análisis cuantitativo de riesgo.**

##### **5.4.2.1. Análisis de frecuencias.**

Se realizará un análisis detallado de frecuencias para aquellos Escenarios de Riesgo que se hayan identificado y ubicado en las regiones de Riesgo "no tolerable y/o ALARP", dichos escenarios se tienen que derivar de la identificación de Peligros y jerarquización de Escenarios de Riesgo (análisis cualitativo de Riesgo). Al respecto, podrá utilizar Análisis árbol de Fallas y/o Análisis árbol de Eventos, u otra metodología que se considere pertinente y aplicable, de conformidad con las características del Proyecto y/o Instalación, en cualquier caso, deberá sustentar los criterios técnicos utilizados para la aplicación de la metodología utilizada. Asimismo, indicará las referencias bibliográficas o bases de datos utilizadas para la obtención de las frecuencias.

##### **Árbol de Fallas.**

El árbol de fallas es una herramienta empleada para el análisis de cómo pueden llegar a ocurrir y de las posibles interrelaciones entre los eventos. Se trata de un proceso deductivo que permite determinar cómo puede tener lugar un suceso en particular apoyando en la cuantificación de los riesgos involucrados. El árbol de fallas descompone un accidente en sus elementos contribuyentes, ya sean éstos, fallas humanas o de equipos del proceso y sucesos externos, principalmente. El resultado es una representación lógica en la que aparecen cadenas de sucesos capaces de generar un suceso culminante que ocupa la cúspide del árbol. De manera sistemática y lógica se representan las combinaciones de las situaciones que pueden dar lugar a la producción del "evento a evitar", conformando niveles sucesivos de tal manera que cada suceso esté generado a partir de sucesos del

nivel inferior, siendo el nexo de unión entre niveles la existencia de "operadores o puertas lógicas (OR y AND)". El árbol se desarrolla en sus distintas ramas hasta alcanzar una serie de "sucesos básicos", denominados así porque no precisan de otros anteriores a ellos para ser explicados. También alguna rama puede terminar por alcanzar un "suceso no desarrollado" en otros, sea por falta de información o por la poca utilidad de analizar las causas que lo producen. La metodología empleada consiste en representar cada interrelación con un símbolo del álgebra de Boole.

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

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

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

### Probabilidad de ocurrencia en sistemas de transporte (ductos).

Para la determinación del valor de probabilidad en componentes del sistema de distribución por ductos y estación de regasificación se recurrió a un árbol de fallas, que contenga los elementos de mayor ponderación al riesgo, determinados en el análisis HAZOP. Mediante la asignación de probabilidades de cada evento que pueda tener participación en el riesgo, la probabilidad de su ocurrencia puede ser calculada. Una vez procesados los datos se obtiene la probabilidad de ocurrencia de un evento final. Las probabilidades pueden ser clasificadas de varias formas, como se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 5.29.** Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas

Frecuencia	Descripción	Valor
10 <sup>-1</sup>	Frecuentemente ocurre	0.1
10 <sup>-2</sup>	Comúnmente ocurre	0.01
10 <sup>-3</sup>	Ocasionalmente ocurre	0.001
10 <sup>-4</sup>	Raramente ocurre	0.0001
10 <sup>-5</sup>	Remotamente ocurre	0.00001

A continuación, se realizará un análisis detallado de frecuencias para aquellos Escenarios de Riesgo que se hayan identificado y ubicado en las regiones de Riesgo "no tolerable y/o ALARP", los cuales fueron los nodos 1 y 9 de acuerdo con el análisis Hazop y la Tabla 5.35 presentada anteriormente:

**Tabla 5.30.** Probabilidades de falla.

Nodo	Desviación	Falla/Causa	Probabilidad de Falla
1	Mayor presión del gas natural en válvula.	Falla en válvula bola 10" de diámetro en la ERM "City Gate".	1x10 <sup>-3</sup>
9	Mayor presión de gas natural en tubería.	Falla en válvula de gasoducto.	1x10 <sup>-3</sup>
10	Menor presión de gas natural en tubería.	Ruptura de tubería por error humano.	1x10 <sup>-3</sup>
17	Mayor presión de gas natural en válvula.	Estación de Filtración, Regulación y Medición (ERM), Válvula de 8" en la entrada a la ERM.	1x10 <sup>-3</sup>

#### **5.4.2.2. Análisis de consecuencias.**

##### **5.4.2.2.1. Eventos de Riesgo Modelados.**

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

1. Fuga de Gas Natural en tubería principal de 10" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
2. Fuga de Gas Natural en tubería (Acero al Carbón) principal de 10" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
3. Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 4" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
4. Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 4" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
5. Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
6. Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del

- diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
7. Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 2" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
  8. Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 2" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
  9. Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 4" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
  10. Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 4" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
  11. Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 3" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
  12. Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 3" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
  13. Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 2" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.

14. Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 2" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
15. Fuga de Gas Natural en la válvula tipo bola de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la Salida de la ERM "City Gate La Paz", debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
16. Fuga de Gas Natural en la válvula tipo mariposa de 4" de diámetro @4.5 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la Salida de la ERM-01, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
17. Fuga de Gas Natural en la válvula tipo esfera de 3" de diámetro @5 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM-01, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
18. Fuga de Gas Natural en la válvula tipo esfera de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ER, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
19. Fuga de Gas Natural en la válvula tipo mariposa de 4" de diámetro @7 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la salida de la ER, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
20. Fuga de Gas Natural Licuado en el Tanque de Almacenamiento "TH101" debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
21. Fuga de Gas Natural Licuado en el Tanque de Almacenamiento "TH102" debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.



22. Fuga de Gas Natural Licuado en el Autotank debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.

Para realizar la descripción de los Radios de Afectación se modeló los efectos esperados a partir de la ocurrencia de los Eventos de Riesgo identificados y jerarquizados en el Análisis de Riesgos descrito en las secciones anteriores del presente capítulo.

Las modelaciones de explosión fueron hechas utilizando el Software SCRI Modelos en su Versión 4.5 y los eventos de incendio fueron hechos utilizando el Software SCRI Fuego en su Versión 2.2.

El funcionamiento del paquete computacional que se presenta necesita de la alimentación de los datos meteorológicos y del escenario, los cuales a su vez son proporcionados por el usuario. Tomando con base estos datos, se desarrolla la estimación de los efectos que se pudieran generar por la dispersión de las nubes tóxicas, explosión o incendio, las cuales se originan accidentalmente de las liberaciones de los compuestos con características de riesgo. El software tiene diversas opciones para la utilización de los siguientes modelos.

- Modelos de dispersión y descarga.
- Modelos de inflamabilidad, incluyendo los efectos de radiación resultantes para los incendios de chorro "jet – fire", incendios de alberca y explosiones por la expansión de vapores de líquidos en ebullición "BLEVEs".
- Modelos de explosión para calcular la sobrepresión y los efectos generados por esta, a partir del método TNT.
- Modelos para el riesgo por la liberación de sustancias tóxicas.

Tomando como base los resultados que proporciona la aplicación de los modelos, podemos obtener las distancias máximas que puede traer consigo la afectación para las condiciones de interés. En la siguiente sección, podemos ver una descripción general de los eventos de riesgo considerados para este caso.

#### **5.4.2.2.2. Eventos de Incendio.**

En estos eventos, las principales afectaciones se deben a la radiación emitida por el fuego, produce daños desde leves hasta catastróficos, dependiendo de su intensidad.

En la siguiente tabla podemos ver el significado práctico de los niveles de radiación que establece la norma API 521, ésta contempla el valor de diseño permisible (K), así como las condiciones esperadas para el nivel de radiación equivalente a ese valor de diseño.

**Tabla 5.31.** Diseño sugerido para niveles de radiación de quemadores, excluyendo la radiación solar (API 521).

Nivel de diseño permisible (K)		Condiciones
BTU/hr-ft <sup>2</sup>	KW/m <sup>2</sup>	
5,000	15.77	Intensidad de calor en estructuras y áreas donde no se espera que los operadores realicen labores y haya protección contra calor radiante, por ejemplo, detrás de equipo.
3,000	9.46	Valor de K a la emisión de diseño en cualquier locación a la cual la gente tenga acceso (ejemplo: escalera bajo el quemador o en plataforma de servicio de una torre cercana). La exposición debe limitarse a pocos segundos, suficientes solo para retirarse de la zona.
2,000	6.31	Intensidad de calor en áreas donde puedan requerirse acciones de emergencia, por parte de personal sin protección, pero con ropa adecuada. Se considera que las acciones tengan una duración de hasta 1 minuto.
1,500	4.73	Intensidad de calor en áreas donde puedan necesitarse acciones de emergencia que mantengan duración de varios minutos. Dichas acciones se consideran que serán realizadas por personal sin protección, pero con ropa adecuada.

<b>Nivel de diseño permisible (K)</b>		<b>Condiciones</b>
<b>BTU/hr-ft<sup>2</sup></b>	<b>KW/m<sup>2</sup></b>	
500	1.58	Valor de K a la emisión de diseño en cualquier locación que el personal esté continuamente expuesto.

El Banco Mundial, nos proporciona reportes que declaran los efectos observados para diferentes niveles de radiación térmica. En la siguiente tabla se incluye esta información:

**Tabla 5.32.** Efectos de la radiación térmica (Banco Mundial).

<b>Efectos de radiación térmica (kW/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Efecto observado</b>
37.5	Suficiente para causar daño a equipo de proceso.
25	Energía mínima para encender la madera en exposiciones indefinidamente largas (sin piloto).
12.5	Energía mínima para encender la madera con piloto, fusión de tubería de plástico.
9.5	Umbral de dolor alcanzado después de 8 segundos: quemaduras de segundo grado después de 20 segundos.
4	Suficiente para causar dolor a personal que no se cubra en 20 segundos, es posible la formación de ampollas en la piel (quemaduras de segundo grado); 0 letalidad.
1.6	No causará incomodidad por exposición prolongada.

Tomando como referencia la información que se presentó anteriormente, podemos ver que las especies de flora o la vegetación aún presente en la zona, en caso de ocurrencia de un incendio podrían verse afectadas del punto en donde se genere el evento hasta la distancia en la que se encuentren 25 kW/m<sup>2</sup>, la cual representa la radiación a la cual se enciende la madera sin necesidad de tener presente un piloto.

En la norma API 521, nos mencionan la relación del tiempo durante el cual se experimenta la radiación y las consecuencias que puede sufrir la persona expuesta a ella. En la siguiente tabla se incluye el tiempo de exposición necesario para alcanzar el umbral de dolor.

**Tabla 33.** Tiempo de exposición necesario para alcanzar el umbral de dolor (API 521).

Intensidad de radiación (BTU/hr-ft <sup>2</sup> )	Intensidad de radiación (KW/m <sup>2</sup> )	Tiempo de umbral de dolor (segundos)
500	1.74	60
740	2.33	40
920	2.90	30
1,500	4.73	16
2,200	6.94	9
3,000	9.46	6
3,700	11.67	4
6,300	19.87	2

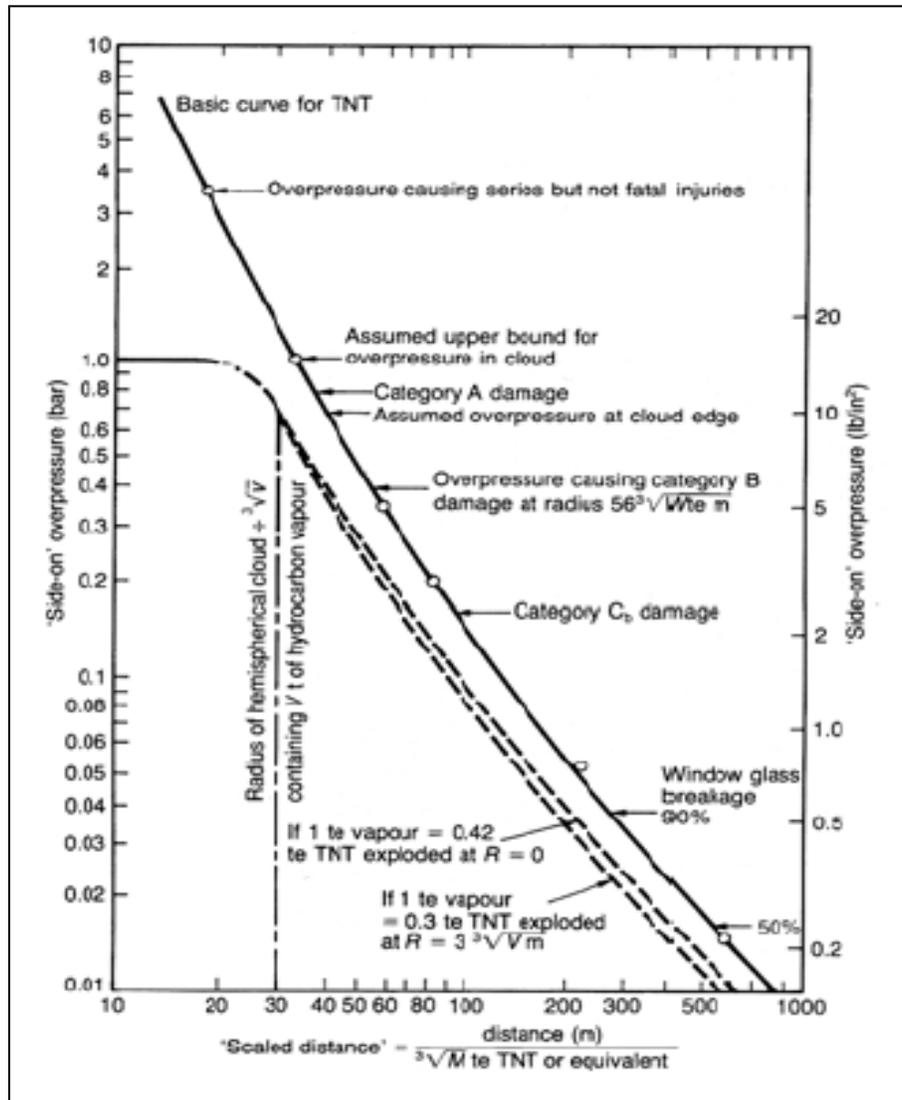
#### **5.4.2.2.3. Eventos de Explosión.**

En estos eventos, el efecto destructivo que se pueda ocasionar está dado por la formación de ondas de sobrepresión, éstas tienen un valor máximo en el punto donde se origina la explosión y disminuyen conforme nos alejamos de ese punto. Existe una relación en la magnitud de la explosión, ya que es directamente proporcional con la cantidad de material involucrado en la explosión. Podemos calcular las ondas de sobrepresión utilizando el modelo de explosión de TNT, el cual iguala la nube con una masa equivalente de TNT considerando la siguiente expresión:

$$m_{TNT} = \frac{m_A \times \Delta H_c}{1,120} \times f \quad \text{(Ecuación 5.1.)}$$

- Dónde:
- $m_{TNT}$  : masa equivalente de TNT (kg)
  - $m_A$  : masa del material presente en la explosión (kg)
  - $\Delta H_c$  : calor de combustión del material (kcal/kg)
  - f: fracción de masa del material que explota (1 a 10%)

El modelo que utiliza el SCRI, determina el valor de la sobrepresión a partir de la masa equivalente de TNT empleando una aproximación a la gráfica de Kingery and Bulmash publicadas en Lees, F. P., 1996, *Loss prevention in the process industries*, 2nd Edition. Esta curva se incluye en la Figura 5.44 para su consulta.



**Figura 5.44.** Gráfica para la sobrepresión de onda de choque ocasionada por la explosión de una nube de gas (Lees, F. P., 1996).

En la **Figura 5.44**, observamos una gráfica que permite obtener el valor de la distancia de referencia a partir de un valor de interés de la sobrepresión.

A partir de la distancia de referencia y de la masa equivalente de TNT podemos obtener el radio de la onda de sobrepresión desde la fuente de explosión, para lo cual se emplea la siguiente ecuación:

$$r = z \times m_{TNT}^{1/3} \quad \text{(Ecuación 5.2.)}$$

Dónde:            r: radio de sobrepresión (m)  
                      z: distancia de referencia (m)

En una onda de choque se genera la sobrepresión la cual produce efectos que pueden traducirse en un significado práctico, a partir de la estimación de las afectaciones que podrían generarse a partir de la detonación de un material. La tabla presentada más adelante nos arroja un listado que muestra el significado práctico de diferentes niveles de sobrepresión calculados.

En el tema de las ondas de sobrepresión, la zona de alto riesgo se encuentra definida por una onda de sobrepresión de 1 psi, la cual es suficiente para producir la demolición parcial de casas. En el caso de la zona de amortiguamiento, ésta es definida por una onda de sobrepresión de 0.5 psi con la capacidad de causar la ruptura de vidrios de las ventanas.

Si se presenta que diversas especies de fauna transitaran en la zona, puede mencionarse que una sobrepresión de 0.02 psig ocasionaría un ruido que pudiera tomarse como un factor de disturbio. En el caso de una sobrepresión de 0.04 psig, se considera la presencia de un ruido fuerte con capacidad de generar fallas en el vidrio.



**Tabla 5.34.** Significado práctico de los niveles de sobrepresión.

Presión (psig)	Daño producido
0.02	Ruido molesto (137 dB si es de baja frecuencia 10-15 Hz).
0.03	Ruptura ocasional de ventanas bajas que ya estén bajo tensión.
0.04	Ruido fuerte (143 dB), falla de vidrio por efecto sónico.
0.1	Ruptura de ventanas pequeñas bajo tensión.
0.15	Presión típica para ruptura de vidrio.
0.3	Distancia segura (probabilidad de 0.95 de que no haya daño serio después de este valor); límite de proyectiles; algún daño a techos de casas; 10% del vidrio de ventanas se rompe.
0.4	Daño estructural menor limitado.
0.5	Ventanas grandes y pequeñas se hacen añicos; daño ocasional a marcos de ventanas.
0.7	Daño menor a estructuras de casas.
1.0	Demolición parcial de casas, volviéndolas inhabitables.
1-2	Asbestos corrugados se hacen añicos; falla de sujetadores de paneles de aluminio o acero corrugado, después se doblan; sujetadores de paneles de madera (típicos en casas) fallan, los paneles se rompen.
1.3	Marcos de acero del revestimiento de edificios ligeramente distorsionados.
2	Colapso parcial de paredes y techos de casas.
2-3	Paredes de concreto o escoria, no reforzadas, se estrellan.
2.3	Límite inferior de daño estructural serio.
2.5	50% destrucción de la mampostería de casas.
3	Máquinas pesadas (3,000 lb) en edificios industriales sufrieron poco daño; edificio con marcos de acero distorsionado y arrancado de sus cimientos.
3-4	Demolición de edificio sin marcos o de paneles de acero; ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo.
4	Ruptura de revestimiento de edificios industriales ligeros.
5	Postes de madera para servicios partidos; prensa hidráulica alta (40,000 lb) en edificio ligeramente dañada.
5-7	Destrucción casi completa de casas.
7	Volcadura de vagones de ferrocarril cargados.
7-8	Paneles de ladrillo, 8-12 in de grosor, no reforzados, fallan por cizalla o flexión.
9	Vagón de ferrocarril cargado completamente demolido.
10-15	Probable destrucción total de edificios; máquinas herramienta pesadas (7,000 lb) desplazadas y dañadas seriamente, herramientas para maquinaria muy pesadas (12,000 lb) sobrevivieron.

#### **5.4.2.2.4. Planteamiento de Escenarios y Modelos empleados.**

A continuación, podemos ver las modelaciones de los eventos de riesgo que fueron identificados de acuerdo al análisis de riesgo aplicado a través del HAZOP y la posterior jerarquización de eventos. El método utilizado para la obtención de la cantidad de gas liberado para una de las rupturas planteadas se muestra a continuación, este procedimiento de cálculo fue aplicado al resto de los casos:

**Tabla 5.35.** Planteamiento de Escenarios y Modelos empleados.

No. Caso	Clave del Escenario	Descripción
1	1A-FUGA-10IN-50%	Fuga de Gas Natural en tubería principal de 10" de diámetro @21 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
2	1B-FUGA-10IN-100%	Fuga de Gas Natural en tubería (Acero al Carbón) principal de 10" de diámetro @21 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
3	2A-FUGA-4IN-50%	Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 4" de diámetro @21 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
4	2B-FUGA-4IN-100%	Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 4" de diámetro @21 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
5	3A-FUGA-3IN-50%	Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 3" de diámetro @21 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
6	3B-FUGA-3IN-100%	Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 3" de diámetro @21 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
7	4A-FUGA-2IN-50%	Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 2" de diámetro @21 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
8	4B-FUGA-2IN-100%	Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 2" de diámetro @21 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
9	5A-FUGA-4IN-PE-50%	Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 4" de diámetro @7.025 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
10	5B-FUGA-4IN-PE-100%	Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 4" de diámetro @7.025 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.



No. Caso	Clave del Escenario	Descripción
11	6A-FUGA-3IN-PE-50%	Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 3" de diámetro @7.025 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
12	6B-FUGA-3IN-PE-100%	Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 3" de diámetro @7.025 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
13	7A-FUGA-2IN-PE-50%	Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 2" de diámetro @7.025 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
14	7B-FUGA-2IN-PE-100%	Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 2" de diámetro @7.025 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
15	8A-VAL-BOLA-3IN-100%	Fuga de Gas Natural en la válvula tipo bola de 3" de diámetro @21 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la Salida de la ERM "City Gate La Paz", debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
16	9A-VAL-MRP-4IN-100%	Fuga de Gas Natural en la válvula tipo mariposa de 4" de diámetro @4.5 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la Salida de la ERM-01, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
17	10A-VAL-ESF-3IN-100%	Fuga de Gas Natural en la válvula tipo esfera de 3" de diámetro @5 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM-01, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
18	11A-VAL-ESF-3IN-100%	Fuga de Gas Natural en la válvula tipo esfera de 3" de diámetro @21 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ER, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
19	12A-VAL-MRP-4IN-100%	Fuga de Gas Natural en la válvula tipo mariposa de 4" de diámetro @7 kgf/cm <sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la salida de la ER, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
20	13A-TH101-GNL	Fuga de Gas Natural Licuado en el Tanque de Almacenamiento "TH101" debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
21	14A-TH102-GNL	Fuga de Gas Natural Licuado en el Tanque de Almacenamiento "TH102" debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
22	15A-AT-GNL	Fuga de Gas Natural Licuado en el Autotanque debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.

### Ruptura total de la línea de gas natural.

Para este caso se modeló una ruptura catastrófica del ducto de conducción de gas natural, siendo el primer paso calcular la masa de gas liberado a partir de las condiciones a las cuales se transporta el combustible.

El flujo de gas liberado a través de un orificio en una línea de conducción puede obtenerse mediante la siguiente expresión:

$$\dot{m} = C_D A P_1 \sqrt{\frac{2g_c M}{R_g T_1} \cdot \frac{k}{k-1} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{2/k} - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{k-1/k} \right]}$$

- Dónde:
- $\dot{m}$  = flujo de masa a través del orificio (masa/tiempo)
  - $C_D$  = coeficiente de descarga (adimensional)
  - $A$  = área del orificio de descarga ( $m^2$ )
  - $P_1$  = presión en la línea antes de la descarga (fuerza/área)
  - $g_c$  = constante de gravitacional (fuerza/masa-aceleración)
  - $M$  = peso molecular el gas (masa/moles)
  - $k$  = relación de capacidad calorífica  $C_p/C_v$ (adimensional)
  - $R_g$  = constante del gas ideal
  - $T_1$  = temperatura dentro de la línea de gas ( $^{\circ}K$ )
  - $P_2$  = presión en la línea después de la descarga

A medida que la presión  $P_1$  va decreciendo observamos que el flujo alcanza un valor máximo, éste ocurre cuando la velocidad de la descarga de gas alcanza la velocidad del sonido. En este punto el flujo se vuelve independiente de la caída de presión y depende solamente de la presión que tiene el gas dentro de la línea. Por lo que la Ecuación 5.3 se transforma en la siguiente ecuación:

$$\dot{m} = C_D A P_1 \sqrt{\frac{k g_c M}{R_g T_1} \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{(k+1)}{(k-1)}}$$

El peso molecular del gas natural se obtuvo considerando la siguiente composición molar reportada en la hoja de seguridad que se incluye en el **Anexo 5**.

**Tabla 5.36.** Composición del gas natural.

Material	% molar	Peso molecular (kg/mol)
Nitrógeno	0.2112	28.0135
Metano	93.1825	16.0428
Dióxido de carbono	1.0693	44.0098
Etano	3.7239	30.0696
Propano	1.0586	44.0965
Butano	0.755	58.1234

La masa molecular M de una mezcla gaseosa se obtiene mediante la expresión:

$$M = \sum x_i M_i$$

donde  $M_i$  y  $x_i$  son los pesos moleculares y la fracción de cada componente del gas natural mostrados en la tabla anterior. Sustituyendo los parámetros se tiene:

$$M = (0.002112)(28.0135) + (0.931825)(16.0428) + (0.010693)(44.0098) + (0.037239)(30.0696) + (0.010586)(44.0965) + (0.00755)(58.1234) = 17.5042427 \text{ kg/kmol}$$

Por otro lado, la relación de capacidad calorífica  $k$  se obtuvo de acuerdo a su definición:

$$k = \frac{C_p}{C_v} = \frac{C_p}{C_p - R_g}$$

En la **Tabla 5.37** se incluyen los valores de capacidades caloríficas reportadas en la literatura, considerando una temperatura de 25°C.

**Tabla 5.37.** Constantes para la determinación del Cp del gas natural

Componente	Cp=J/mol°C
Nitrógeno	29.126
Metano	35.679
Dióxido de carbono	37.243
Etano	52.390
Propano	73.466
Butano	98.345

Tomando como datos los cálculos de las capacidades caloríficas y la composición, se evaluó la capacidad calorífica del gas natural mediante la siguiente expresión:

$$C_p = \sum x_i C_{p_i}$$

donde  $C_{p_i}$  y  $x_i$  son el peso molecular y fracción molar de cada componente del gas natural, al sustituirse estos parámetros se obtuvo el  $C_p = 37.1775 \text{ J/mol}^\circ\text{C}$ .

Con el valor obtenido de la capacidad calorífica y utilizando la constante de los gases ideales en la ecuación de la relación de capacidad calorífica se obtuvo que  $k = 1.29$ .

Para el caso de una ruptura total del gasoducto obtendríamos el área del orificio con la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

donde D es el diámetro del orificio (m).

En la tabla que a continuación se presenta, se muestra un resumen con los valores de las variables involucradas en el cálculo del flujo de descarga de gas natural.

**Tabla 5.38.** Variables involucradas en el cálculo del flujo de descarga de gas.

Símbolo	Valor	Unidades	Descripción
K	1.29	Adimensional	Relación de capacidad calorífica ( $C_p/C_v$ )
$C_D$	0.63	Adimensional	Coefficiente de descarga
$g_c$	1	kg m/ N s <sup>2</sup>	Constante gravitacional
M	17.5	kg/mol	Peso molecular del gas
$R_g$	8,314.73	Pa m <sup>3</sup> / kmol K	Constante del gas ideal
$T_1$	298.15	K	Temperatura en la línea de gas
$P_1$	980,880.93	Pa	Presión en la línea de gas
A	0.01824	m <sup>2</sup>	Área del orificio de descarga (6" diámetro)

Tomando en cuenta un suministro continuo de gas natural en el gasoducto, la masa total liberada en una fuga estaría determinada por el flujo de descarga a través del orificio producido y por el tiempo de duración del evento.

En todas las modelaciones realizadas se empleó un tiempo de 5 minutos (300 segundos), tomando en cuenta que este valor representaría el tiempo máximo en el cual se controlaría la fuga ya que las válvulas cuentan con ese tiempo de respuesta al detectar un cambio de presión significativa. El personal a cargo del estudio de riesgo considera que, de acuerdo a los dispositivos de control de las instalaciones de las estaciones y las válvulas, este tiempo (5 minutos) sería suficiente para controlar una liberación extraordinaria de gas natural.

La masa de gas liberada se calculó a partir de la siguiente expresión:

$$m_{GN} = \dot{m} \cdot t$$

Escenarios a modelar y datos de alimentación al simulador (Gas Natural).



Para cada caso se calculó el flujo y la masa de gas que se liberaría debido a la fuga para un tiempo de respuesta de 5 min, en la siguiente tabla se presentan los valores obtenidos para los diferentes casos analizados:

**Tabla 5.39.** Masa de gas liberada debido a una ruptura en sistema de distribución.

Caso	Clave del Escenario	Ruptura	Diámetro de tubería		Diámetro del orificio		Temperatura interna (°C)	Presión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flujo de descarga (kg/s)	Masa descargada en 5 min (kg)
			Nominal (in)	Interior (m)	(in)	(m)				
1	1A-FUGA-10IN-50%	50%	10	0.254	5	0.127	18	21	28.2302	8,469.05
2	1B-FUGA-10IN-100%	100%	10	0.254	10	0.254	18	21	112.9206	33,876.18
3	2A-FUGA-4IN-50%	50%	4	0.1016	2	0.0508	18	21	4.5168	1,355.04
4	2B-FUGA-4IN-100%	100%	4	0.1016	4	0.1016	18	21	18.0673	5,420.19
5	3A-FUGA-3IN-50%	50%	3	0.0762	1.5	0.0381	18	21	2.5407	762.21
6	3B-FUGA-3IN-100%	100%	3	0.0762	3	0.0762	18	21	10.1628	3048.84
7	4A-FUGA-2IN-50%	50%	2	0.0508	1	0.0254	18	21	1.1292	338.76
8	4B-FUGA-2IN-100%	100%	2	0.0508	2	0.0508	18	21	4.5168	1355.04
9	5A-FUGA-4IN-PE-50%	50%	4	0.1016	2	0.0508	18	7.025	1.5109	453.27
10	5B-FUGA-4IN-PE-100%	100%	4	0.1016	4	0.1016	18	7.025	6.0439	1813.17
11	6A-FUGA-3IN-PE-50%	50%	3	0.0762	1.5	0.0381	18	7.025	0.8499	254.97
12	6B-FUGA-3IN-PE-100%	100%	3	0.0762	3	0.0762	18	7.025	3.3997	1019.91
13	7A-FUGA-2IN-PE-50%	50%	2	0.0508	1	0.0254	18	7.025	0.3777	113.31
14	7B-FUGA-2IN-PE-100%	100%	2	0.0508	2	0.0508	18	7.025	1.5109	453.27
15	8A-VAL-BOLA-3IN-100%	100%	3	0.0762	3	0.0762	18	21	10.1628	3048.84
16	9A-VAL-MRP-4IN-100%	100%	4	0.1016	4	0.1016	18	4.5	3.8715	1161.45
17	10A-VAL-ESF-3IN-100%	100%	3	0.0762	3	0.0762	18	5	2.4197	725.91
18	11A-VAL-ESF-3IN-100%	100%	3	0.0762	3	0.0762	18	21	10.1628	3048.84



GAS NATURAL  
DEL NOROESTE

**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO  
DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

Caso	Clave del Escenario	Ruptura	Diámetro de tubería		Diámetro del orificio		Temperatura interna (°C)	Presión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flujo de descarga (kg/s)	Masa descargada en 5 min (kg)
			Nominal (in)	Interior (m)	(in)	(m)				
19	12A-VAL-MRP-4IN-100%	100%	4	0.1016	4	0.1016	18	7	6.0224	1806.72
20	13A-TH101-GNL	-	-	-	2	0.0508	-162	0.8296	-	-
21	14A-TH102-GNL	-	-	-	2	0.0508	-162	0.8296	-	-
22	15A-AT-GNL	-	-	-	2	0.0508	-162	8.44	2.938	881.4

Para llevar a cabo las simulaciones de los eventos fue necesario tomar ciertas consideraciones. A continuación, se presentan aquellas que permanecen constantes, en caso de aplicar en el modelo de simulación respectivo:

- Las características físicas y químicas del fluido permanecen constantes respecto al tiempo y están descritas en las Hojas de Seguridad de cada sustancia (**Anexo 5**).
- Para los datos climatológicos, se obtuvieron los datos de la página web <https://www.meteored.mx/la-paz/histórico> cuyos datos fueron tomados de la estación meteorológica cercana al Aeropuerto Internacional General Manuel Márquez de León. Se utilizó una temperatura ambiente máxima promedio de 25.9° C; una humedad relativa promedio de 73.49% y una velocidad del viento promedio de 26 km/h (7.2 m/s) con dirección predominante al Noreste. En la siguiente tabla se presentan los datos de alimentación al simulador:

**Tabla 5.40.** Datos de Alimentación al Simulador para los Eventos de Riesgo Identificados.

Evento	Parámetro	Datos
Condiciones climatológicas	Velocidad de vientos:	26 km/h = 7.2 m/s
	Temperatura ambiente:	24.15 °C.
	Humedad relativa:	73.49 %
		Estabilidad: Pasquill A (Muy Inestable)
		Día
Incendio	Coeficiente de descarga:	0.63
	Radiación de interés:	25 kW/m <sup>2</sup> , Zona de Alto Riesgo (energía mínima para encender la madera en exposiciones indefinidamente largas (sin piloto).
		5 kW/m <sup>2</sup> , Zona de Amortiguamiento (suficiente para causar quemaduras de segundo grado).
	1.4 kW/m <sup>2</sup> , (No se espera alcanzar el umbral de dolor).	



Evento	Parámetro	Datos
Explosión	Factor de eficiencia de explosividad:	0.03
	Sobrepresión de interés	3 psig (máquinas pesadas (3,000 lb) en edificios industriales sufrieron poco daño; edificio con marcos de acero distorsionado y arrancado de sus cimientos). 1 psig (ocasiona ruido y daños estructurales). 0.5 psig (ocasiona ruido y ruptura de ventanas).

**5.4.2.2.5. Resultados de las Modelaciones.**

En el siguiente apartado se muestran los resultados de las modelaciones utilizando el Software SCRI Modelos en su Versión 4.5 y SCRI Fuego en su Versión 2.2, de la empresa Dinámica Heurística.

**Caso 1.**

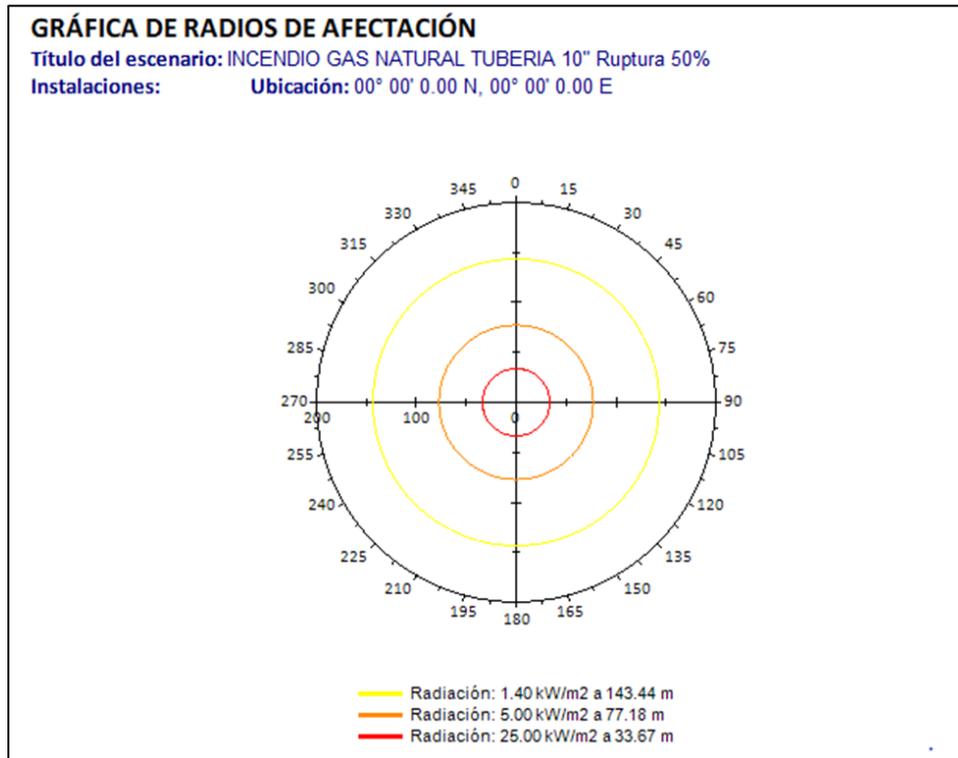
**Clave de Escenario. 1A-FUGA-10IN-50%**

***Fuga de Gas Natural en tubería principal de 10" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 27 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 33.67 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 77.18 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 143.44 m a partir del punto en que

se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

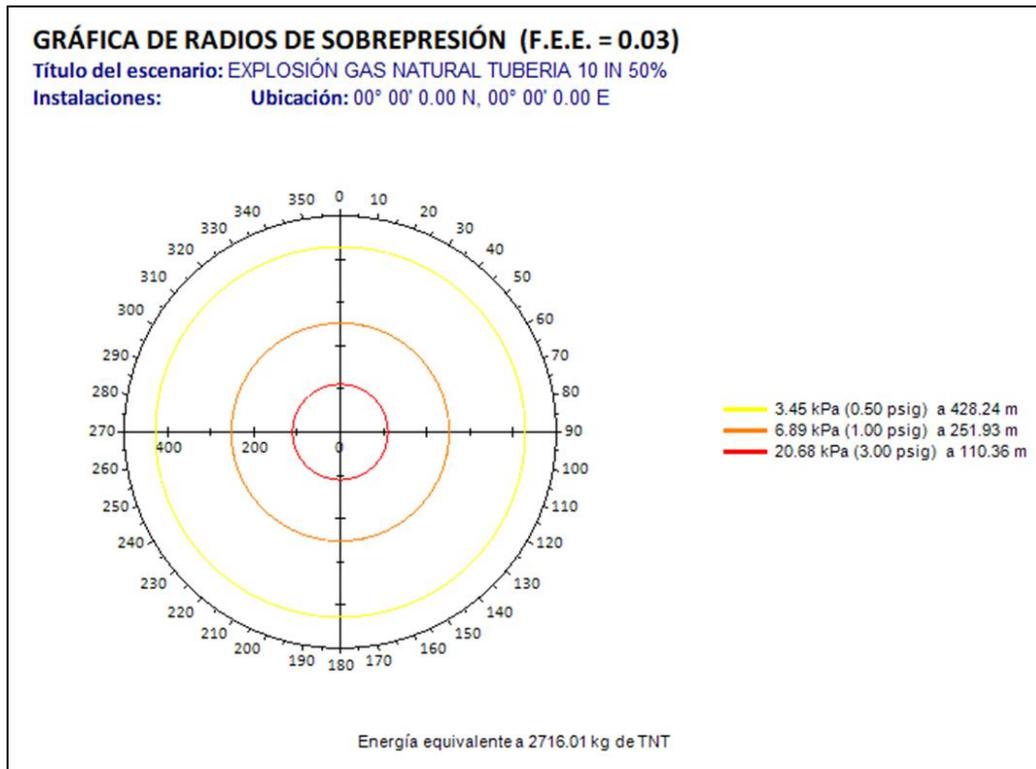


**Figura 5.45.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería (Acero al Carbón) de 10" @ 21 kgf/cm<sup>2</sup>.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 110.4 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 251.9 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de

428.2 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.46.** Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería (Acero al Carbón) de 10" @21 kgf/cm<sup>2</sup>.

## Caso 2.

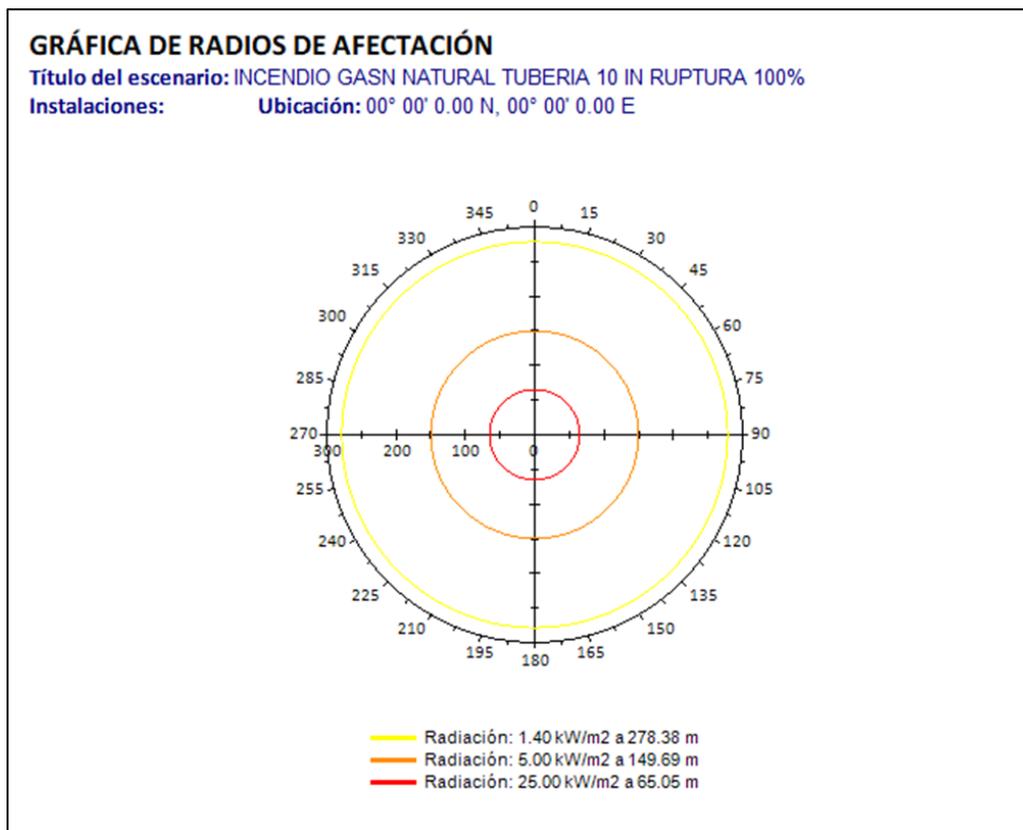
### Clave de Escenario. 1B-FUGA-10IN-100%

**Fuga de Gas Natural en tubería (Acero al Carbón) principal de 10" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

### Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 53.9 m, a partir de la cual se generaría

una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de  $25 \text{ kW/m}^2$  a una distancia máxima de afectación de 65.05 m, se generaría una radiación de  $5 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 149.69 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de  $1.4 \text{ kW/m}^2$ , se daría a una distancia máxima de 279.38 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

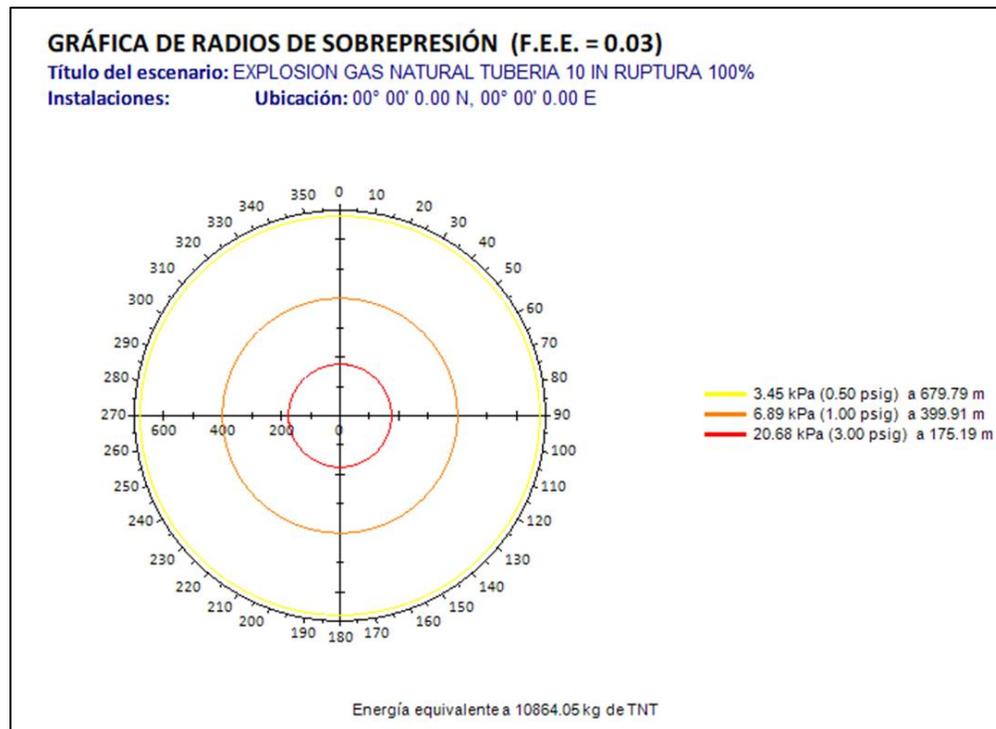


**Figura 5.47.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 100% de la tubería (Acero al Carbón) de 10" @  $21 \text{ kgf/cm}^2$ .

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una

sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 175.2 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 399.9 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 679.8 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.48.** Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 100% de la tubería (Acero al Carbón) de 10" @21 kgf/cm<sup>2</sup>.

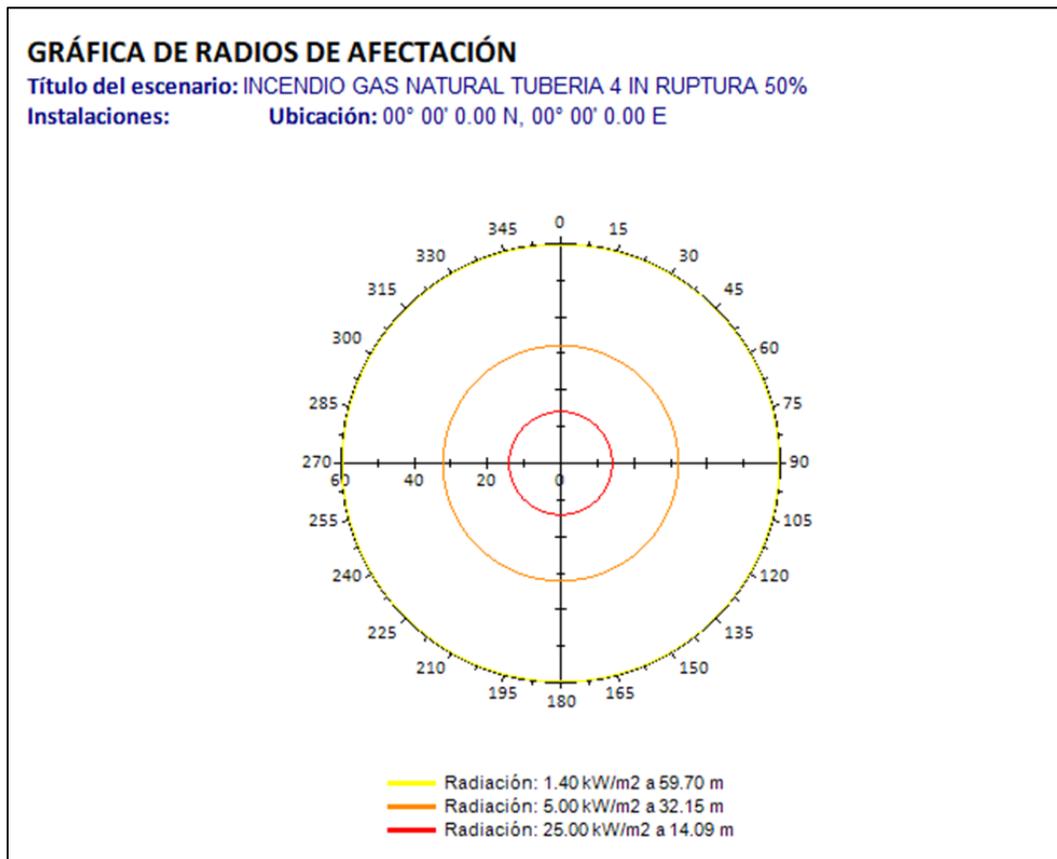
### **Caso 3.**

#### **Clave de Escenario. 2A-FUGA-4IN-50%**

***Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 4" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

#### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 10.8 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 14.09 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 32.15 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 59.70 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

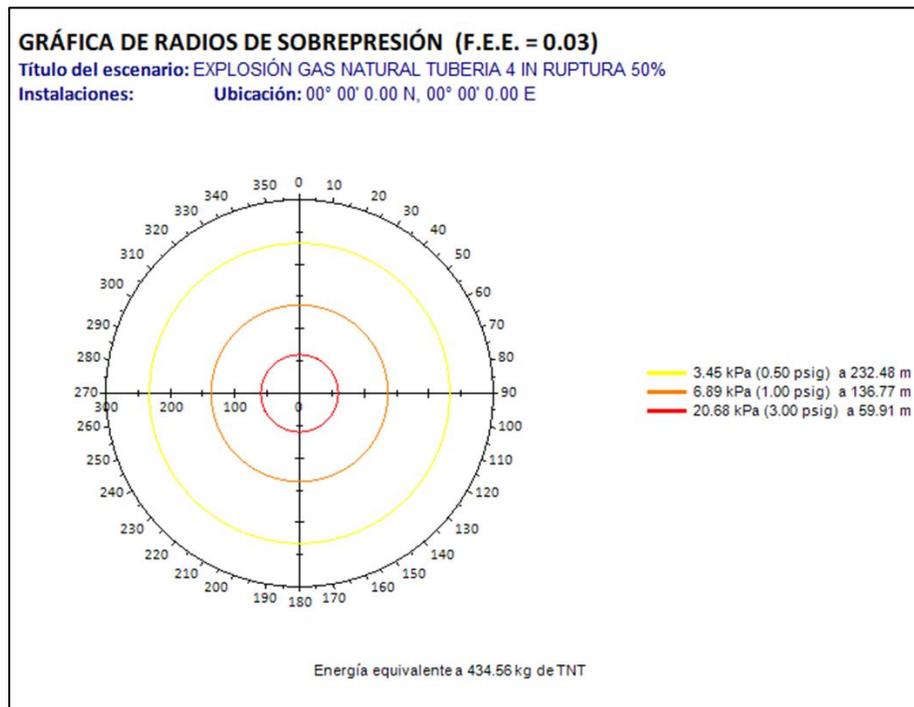


**Figura 5.49.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería (Acero al Carbón) de 4" @ 21 kgf/cm<sup>2</sup>.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 59.9 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 136.8 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de

232.5 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.50.** Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería (Acero al Carbón) de 4" @21 kgf/cm<sup>2</sup>.

#### **Caso 4.**

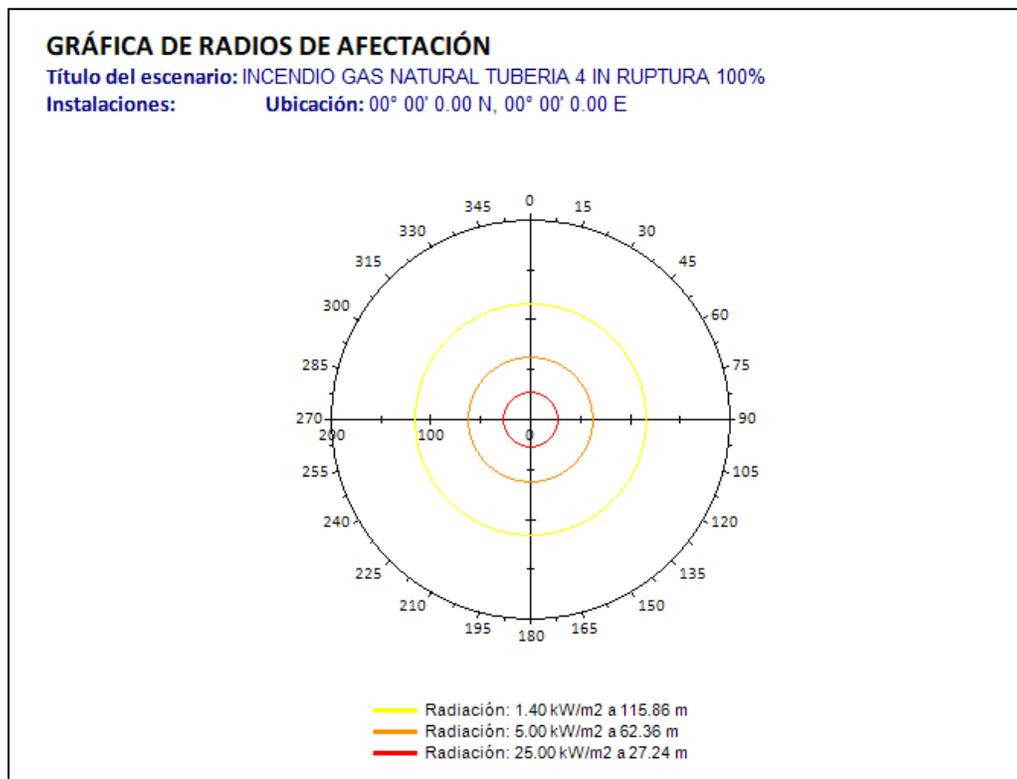
**Clave de Escenario. 2B-FUGA-4IN-100%.**

**Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 4" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

#### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 21.6 m, a partir de la cual se generaría

una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de  $25 \text{ kW/m}^2$  a una distancia máxima de afectación de 27.24 m, se generaría una radiación de  $5 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 62.36 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de  $1.4 \text{ kW/m}^2$ , se daría a una distancia máxima de 115.86 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

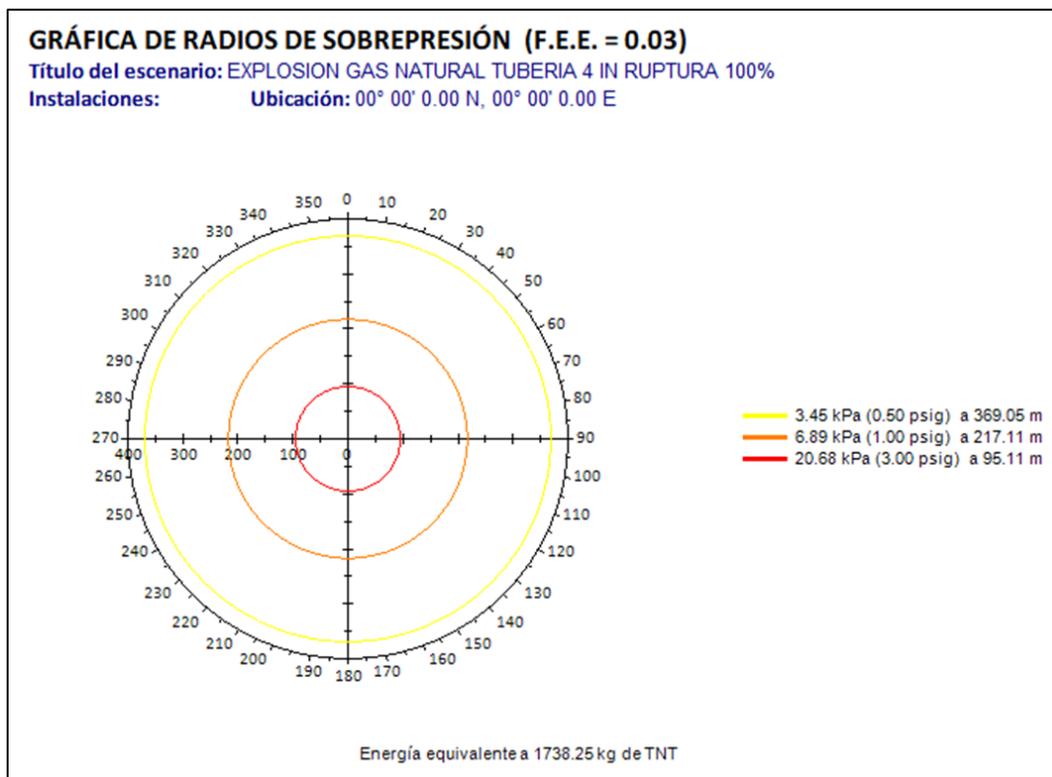


**Figura 5.51.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 100% de la tubería (Acero al Carbón) de 4" @  $21 \text{ kgf/cm}^2$ .

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una

sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 95.11 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 217.11 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 369.05 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.52.** Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 100% de la tubería (Acero al Carbón) de 4" @21 kgf/cm<sup>2</sup>.

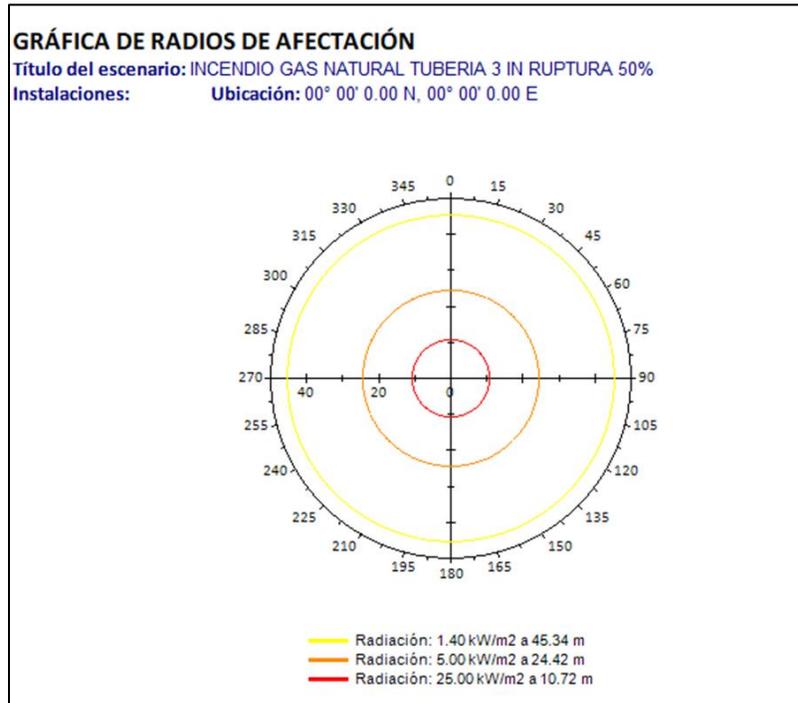
### **Caso 5.**

#### **Clave de Escenario. 3A-FUGA-3IN-50%**

***Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

#### **Incendio.**

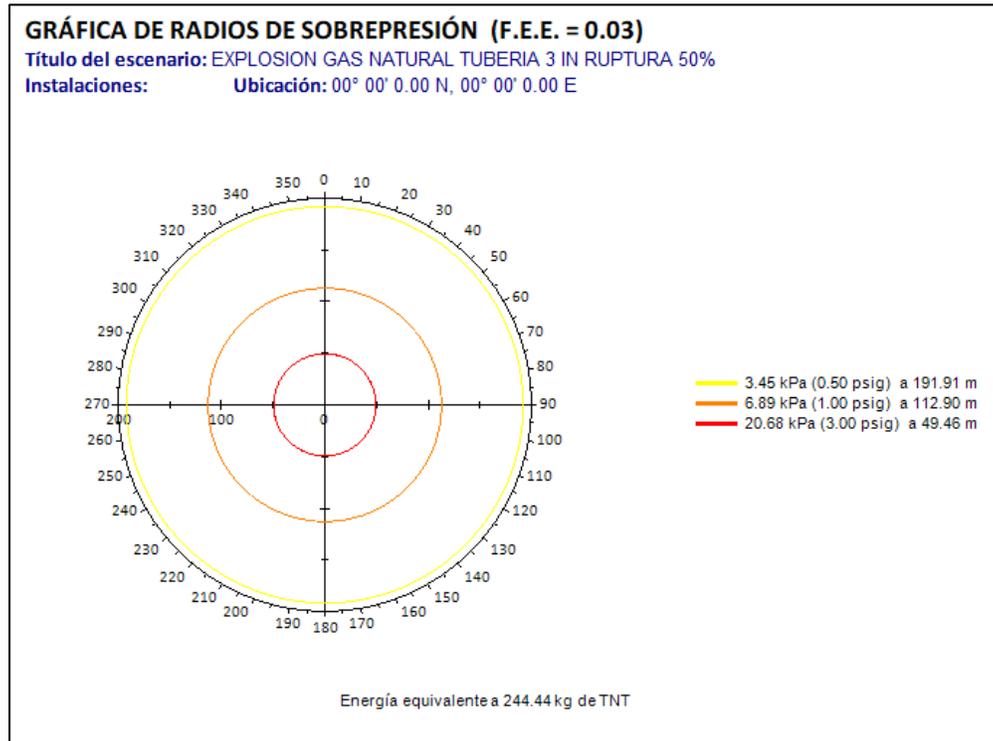
Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 8.1 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 10.72 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 24.42 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 45.34 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.



**Figura 5.53.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería (Acero al Carbón) de 3" @ 21 kgf/cm<sup>2</sup>.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 49.46 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 112.9 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 191.91 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.54.** Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería (Acero al Carbón) de 3" @21 kgf/cm<sup>2</sup>.

### Caso 6.

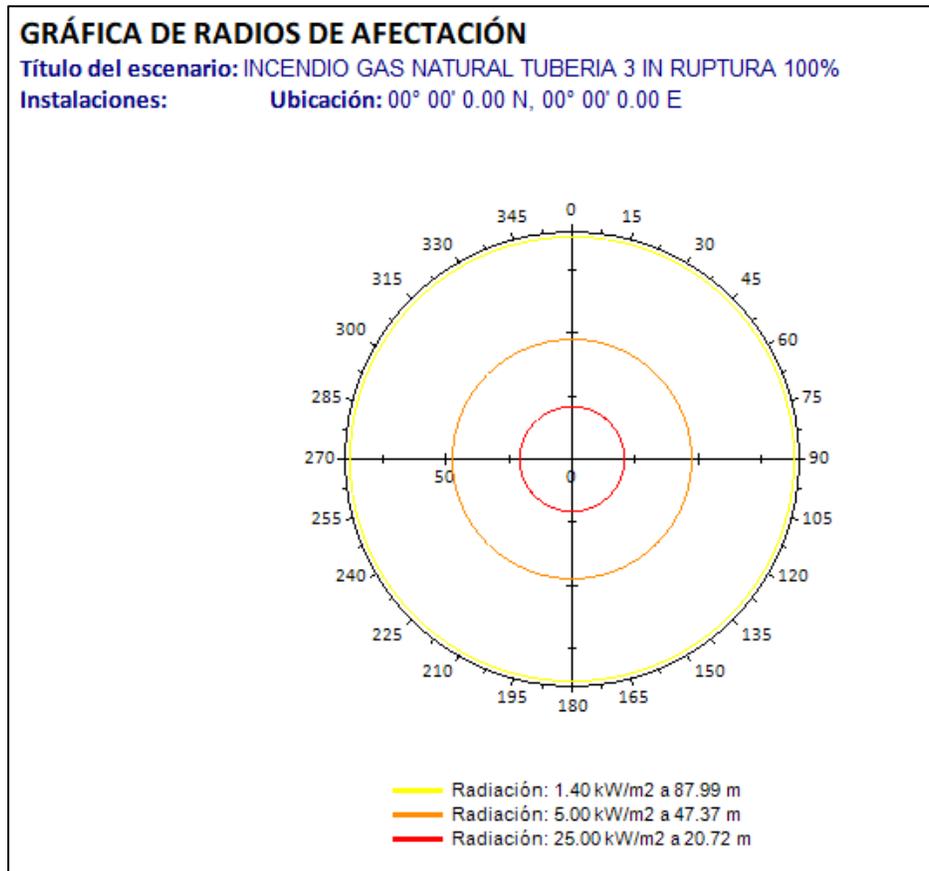
#### **Clave de Escenario. 3B-FUGA-3IN-100%**

**Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

#### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 16.2 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 20.72 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 47.37 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de

1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 87.99 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

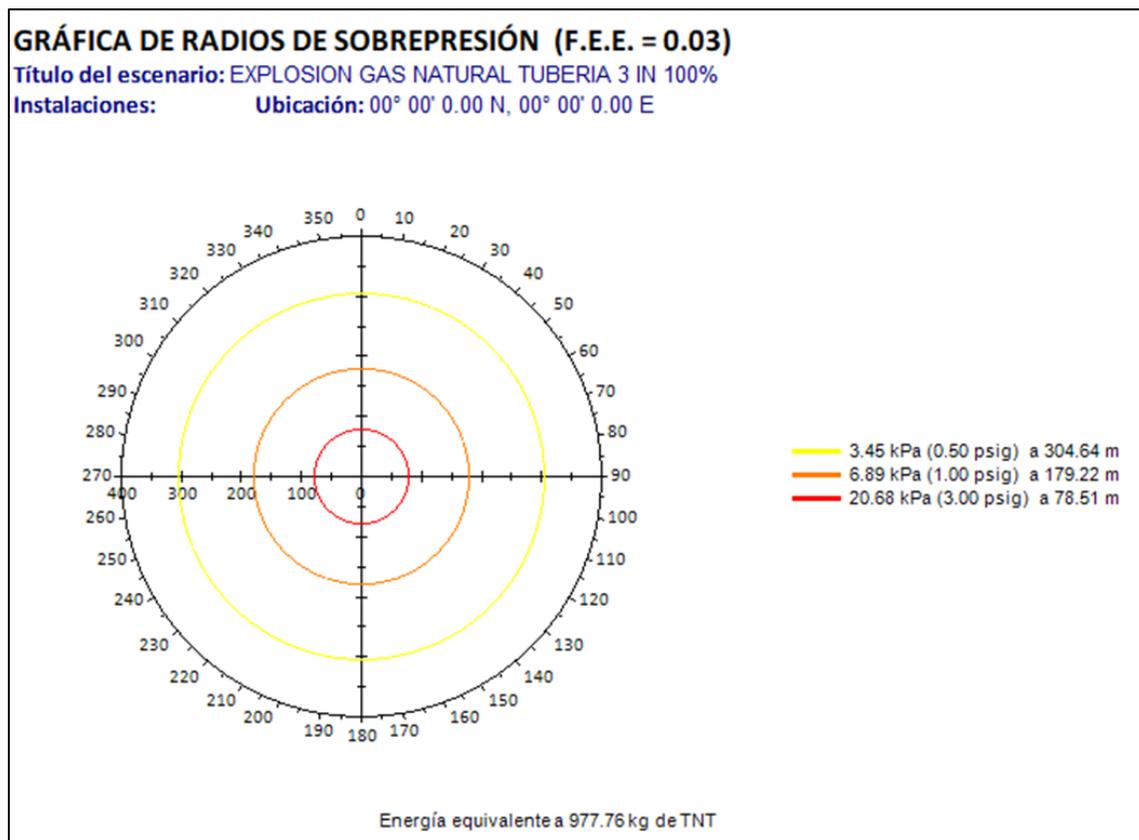


**Figura 5.55.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 100% de la tubería (Acero al Carbón) de 3" @ 21 kgf/cm<sup>2</sup>.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 78.51 m; alcanzaría una sobrepresión de 1

psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 179.22 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 304.64 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.56.** Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 100% de la tubería (Acero al Carbón) de 3" @21 kgf/cm<sup>2</sup>.

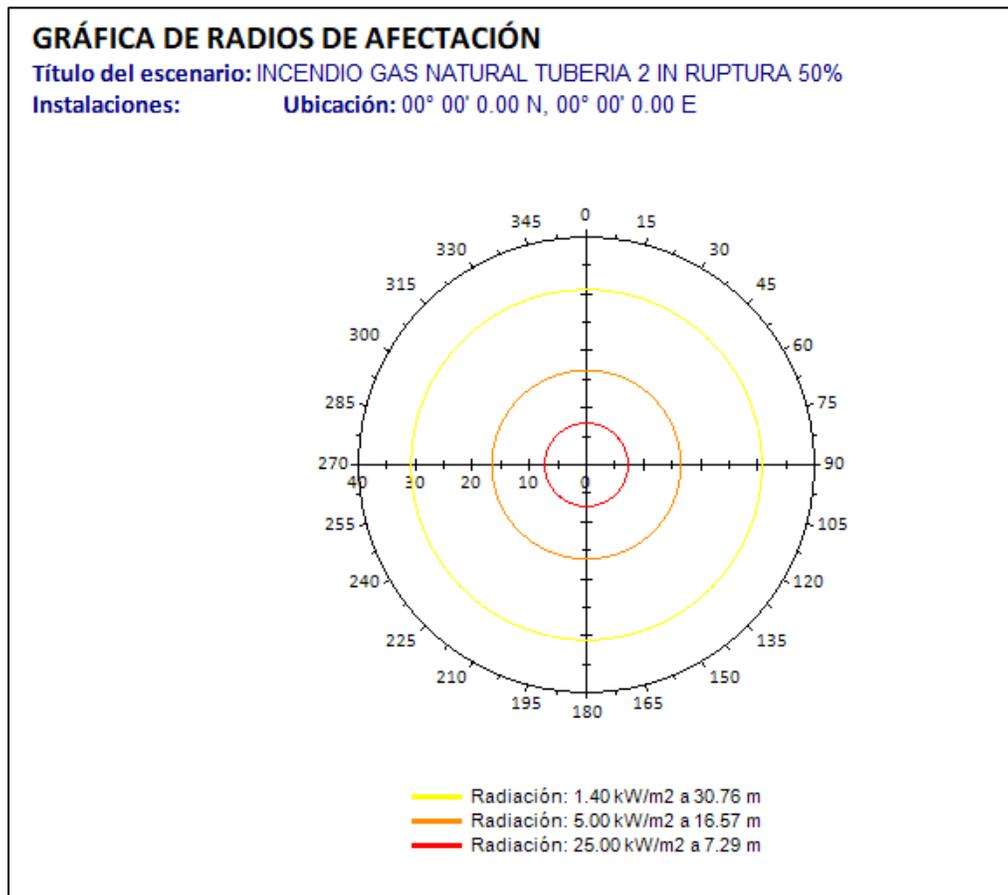
### **Caso 7.**

#### **Clave de Escenario. 4A-FUGA-2IN-50%**

***Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 2" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

#### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 5.4 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 7.29 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 16.57 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 30.76 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

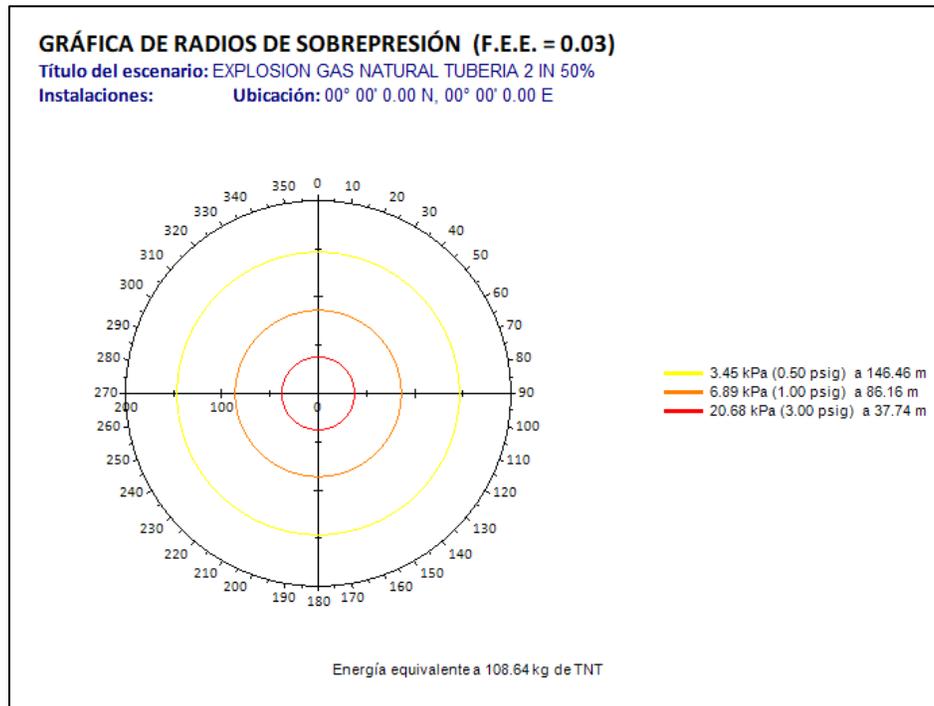


**Figura 5.57.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería (Acero al Carbón) de 2" @ 21 kgf/cm<sup>2</sup>.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 37.74 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 86.16 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de

146.46 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.58.** Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería (Acero al Carbón) de 2" @21 kgf/cm<sup>2</sup>.

### Caso 8.

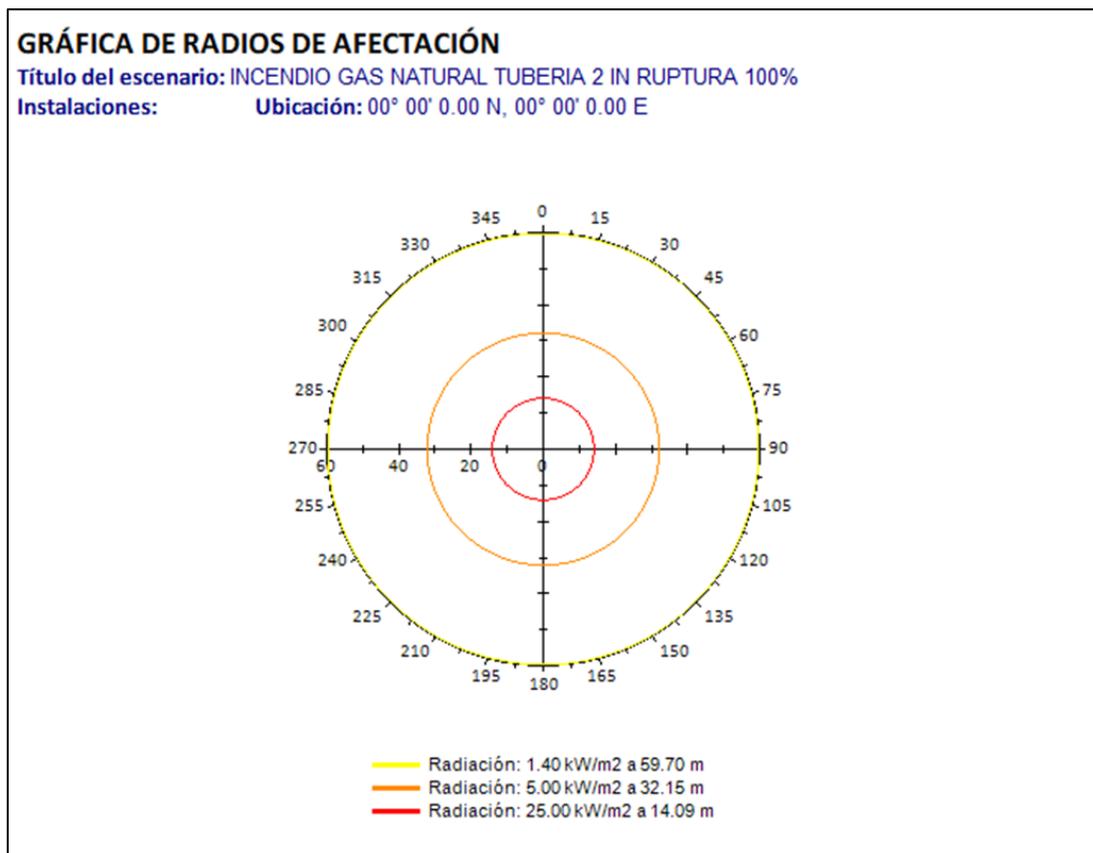
#### Clave de Escenario. 4B-FUGA-2IN-100%

**Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 2" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

#### Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 10.8 m, a partir de la cual se generaría

una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de  $25 \text{ kW/m}^2$  a una distancia máxima de afectación de 14.09 m, se generaría una radiación de  $5 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 32.15 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de  $1.4 \text{ kW/m}^2$ , se daría a una distancia máxima de 59.7 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

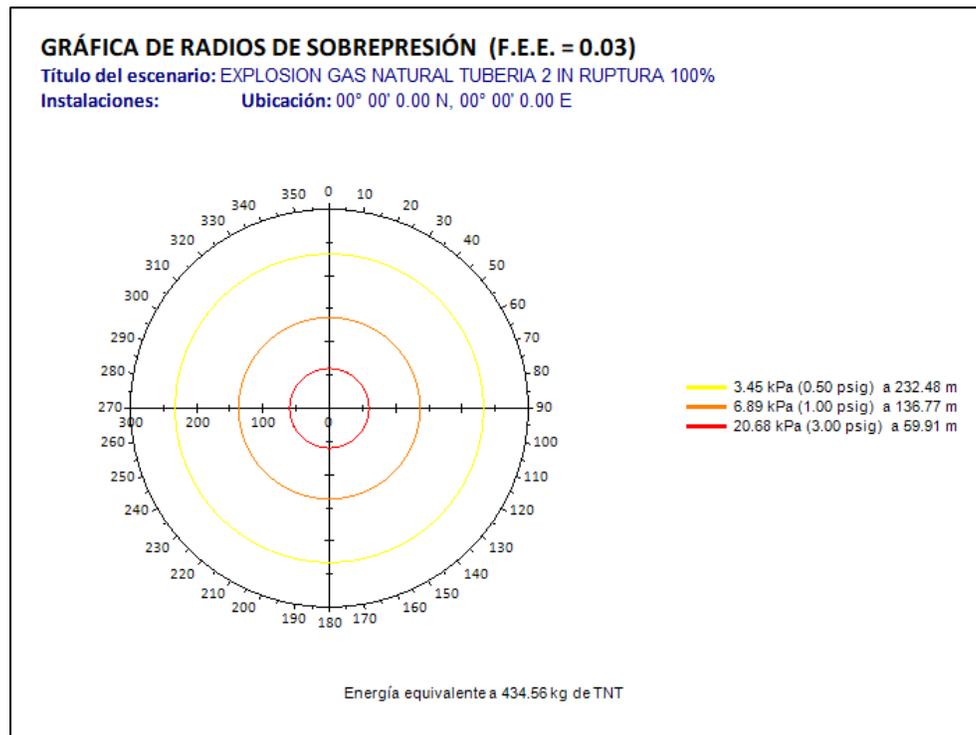


**Figura 5.59.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 100% de la tubería (Acero al Carbón) de 2" @ 21 kgf/cm<sup>2</sup>.

### Explosión.

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados

obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 59.91 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 136.77 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 232.48 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.60.** Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 100% de la tubería (Acero al Carbón) de 2" @21 kgf/cm<sup>2</sup>.

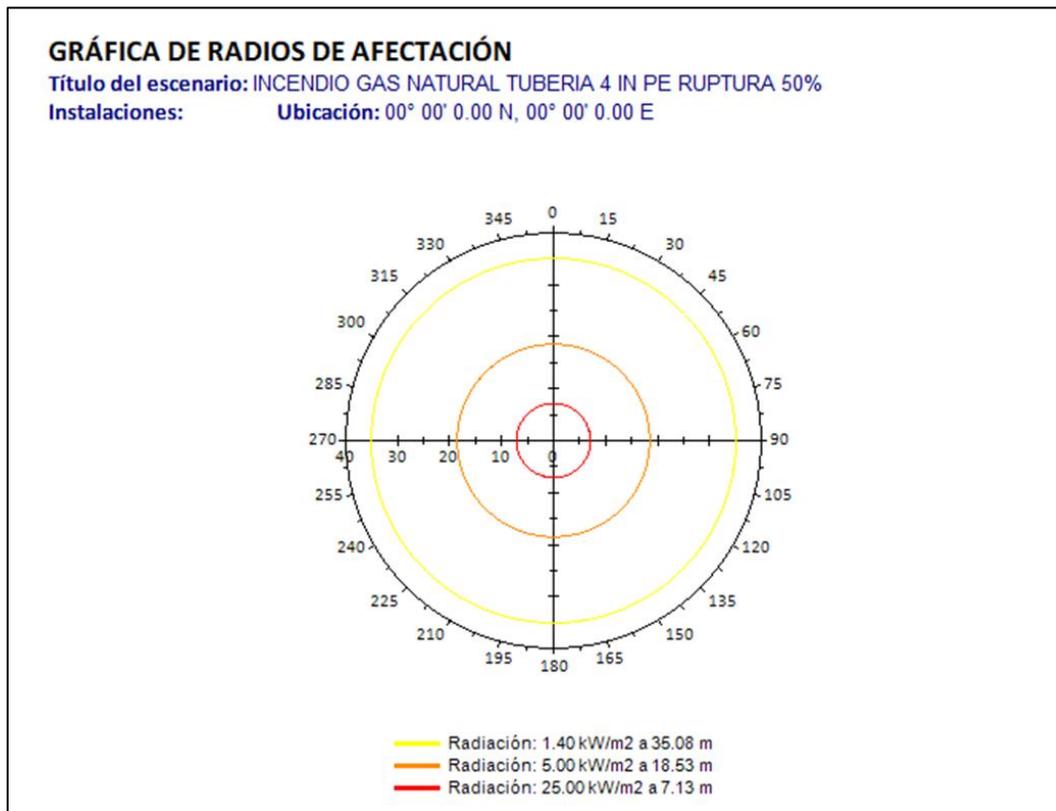
### **Caso 9.**

#### **Clave de Escenario. 5A-FUGA-4IN-PE-50%**

***Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 4" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

#### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 10.8 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 7.13 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 18.53 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 35.08 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

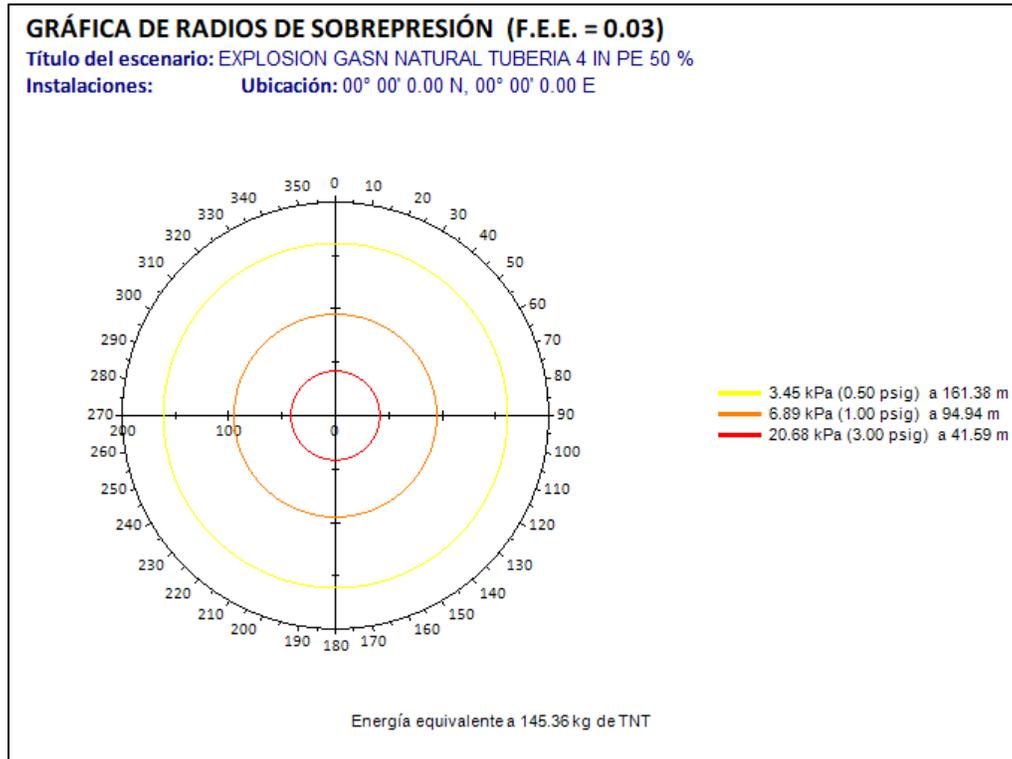


**Figura 5.61.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería (Polietileno) de 4" @ 7.025 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 41.59 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 94.94 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 161.38 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se

incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.62.** Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería (Polietileno) de 4" @7.025 kgf/cm<sup>2</sup>.

### **Caso 10.**

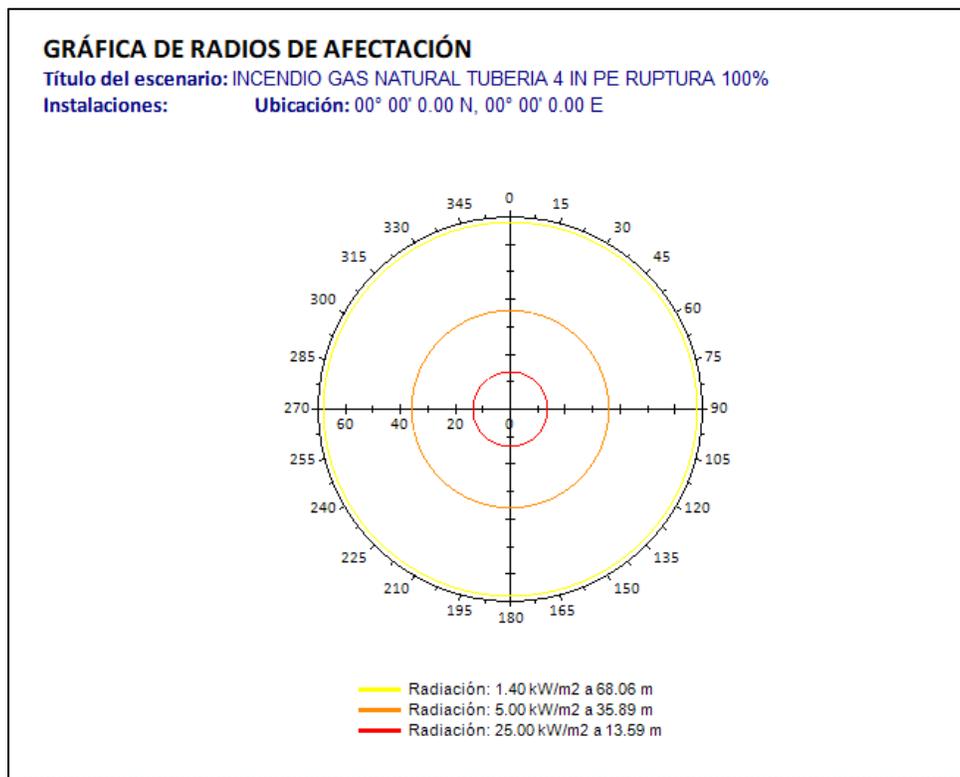
#### **Clave de Escenario. 5B-FUGA-4IN-PE-100%**

**Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 4" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

#### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 21.6 m, a partir de la cual se generaría

una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de  $25 \text{ kW/m}^2$  a una distancia máxima de afectación de 13.59 m, se generaría una radiación de  $5 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 35.89 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de  $1.4 \text{ kW/m}^2$ , se daría a una distancia máxima de 68.06 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

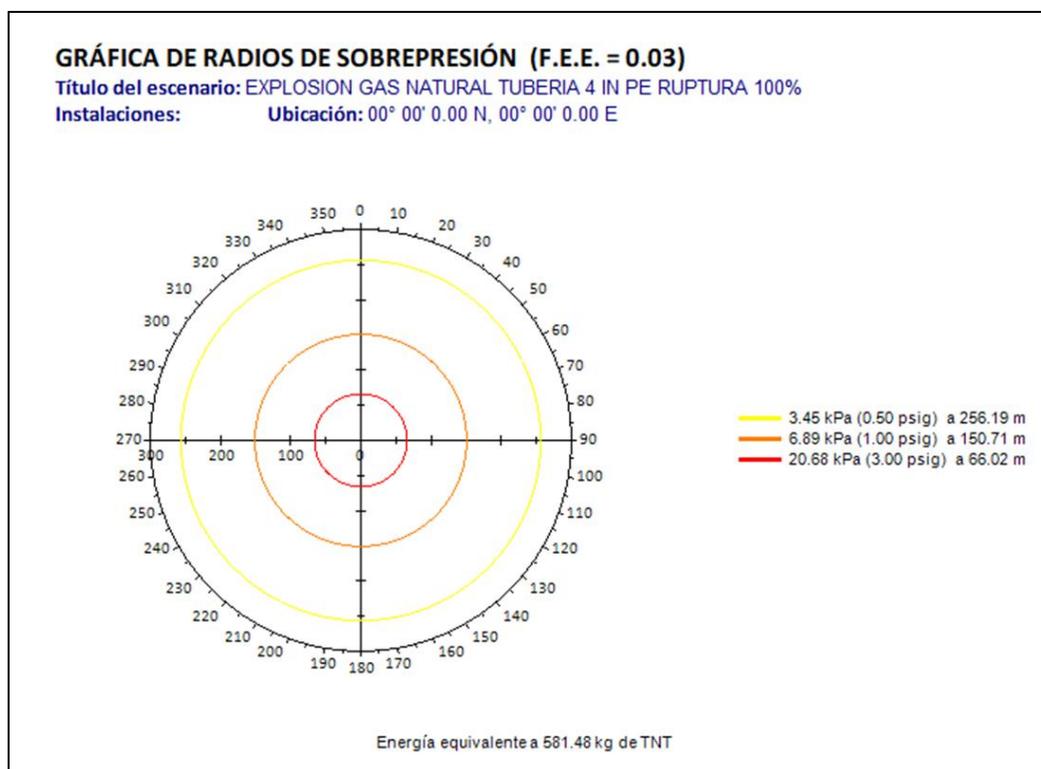


**Figura 5.63.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 100% de la tubería (Polietileno) de 4" @  $7.025 \text{ kgf/cm}^2$ .

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones

industriales, a una distancia máxima de 66.02 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 150.71 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 256.19 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.64.** Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 100% de la tubería (Polietileno) de 4" @7.025 kgf/cm<sup>2</sup>.

### Caso 11.

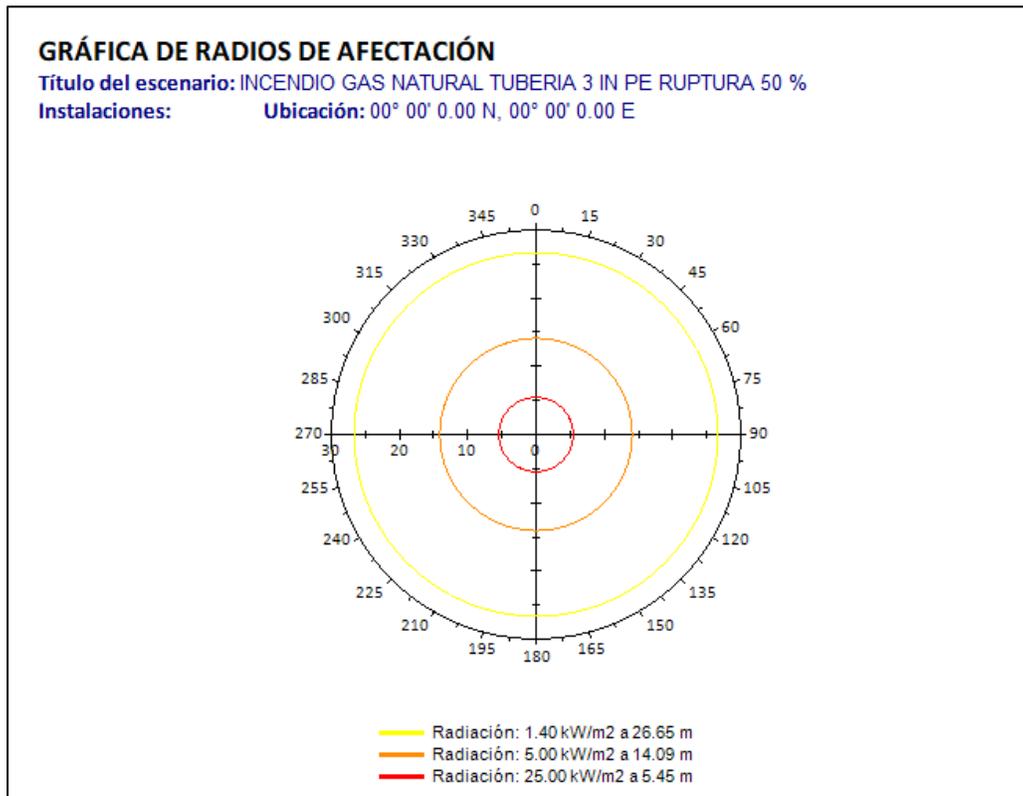
#### **Clave de Escenario. 6A-FUGA-3IN-PE-50%**

**Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 3" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la**

**tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

### **Incendio.**

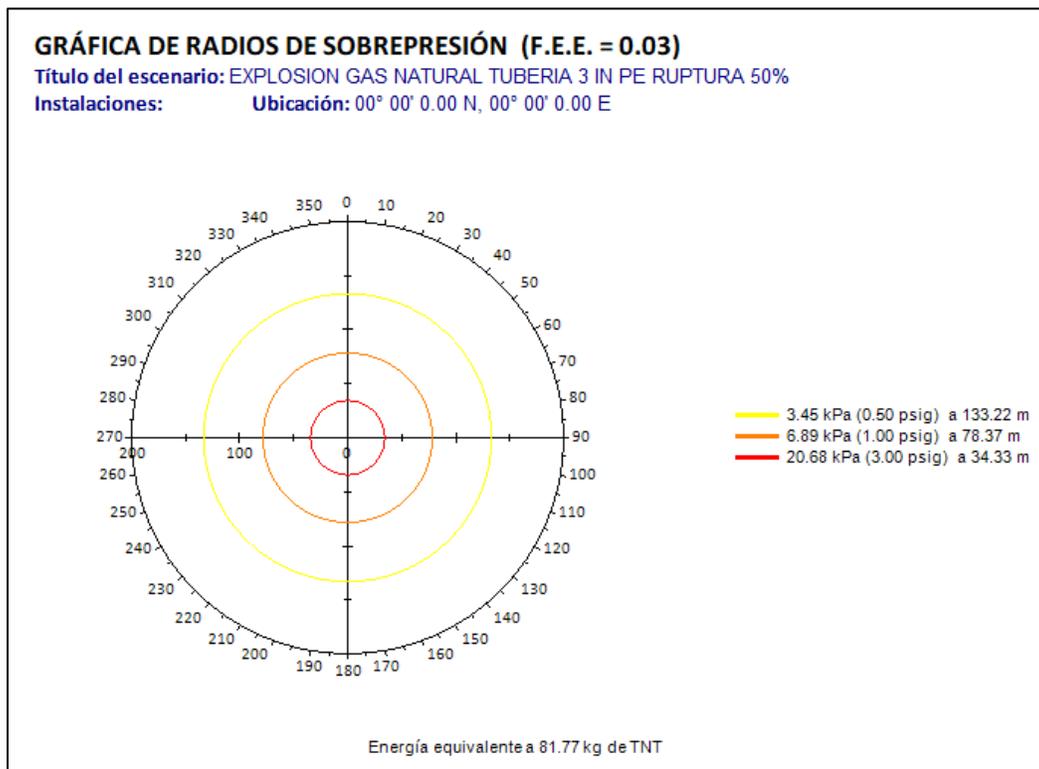
Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 8.1 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 5.45 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 14.09 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 26.65 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.



**Figura 5.65.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería (Polietileno) de 3" @ 7.025 kgf/cm<sup>2</sup>.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 34.33 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 78.37 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 133.22 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.66.** Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería (Polietileno) de 3" @7.025 kgf/cm<sup>2</sup>.

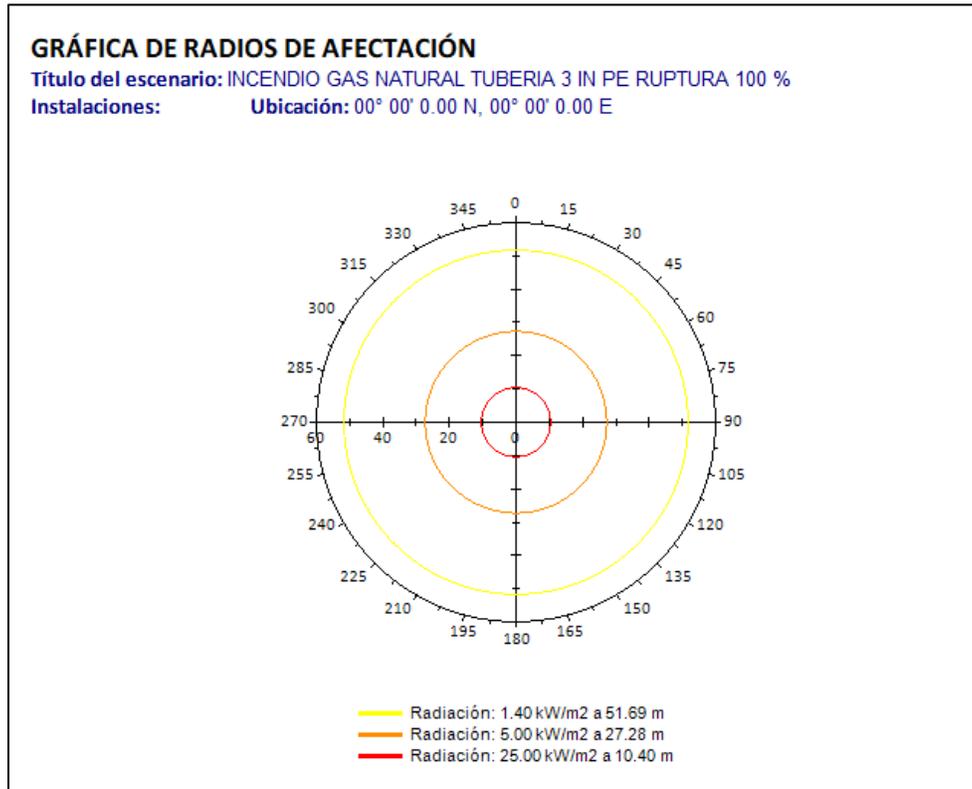
## **Caso 12.**

### **Clave de Escenario. 6B-FUGA-3IN-PE-100%**

**Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 3" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

### **Incendio.**

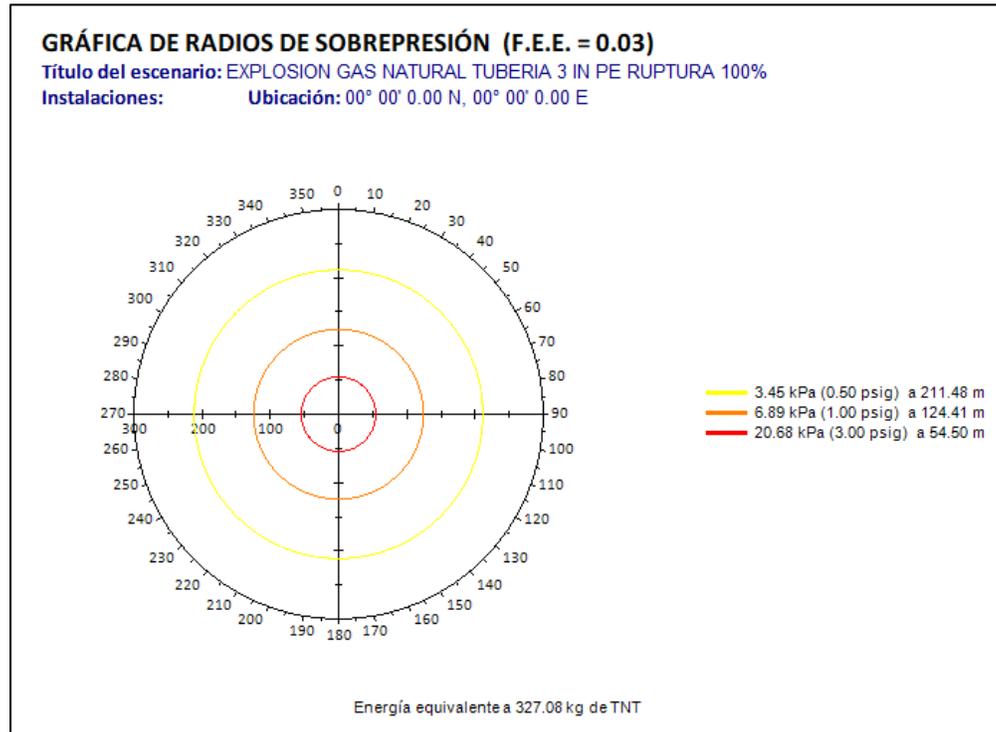
Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 16.2 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 10.4 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 27.28 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 51.69 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.



**Figura 5.67.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 100% de la tubería (Polietileno) de 3" @ 7.025 kgf/cm<sup>2</sup>.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 54.5 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 124.41 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 211.48 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.68.** Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 100% de la tubería (Polietileno) de 3" @7.025 kgf/cm<sup>2</sup>.

### **Caso 13.**

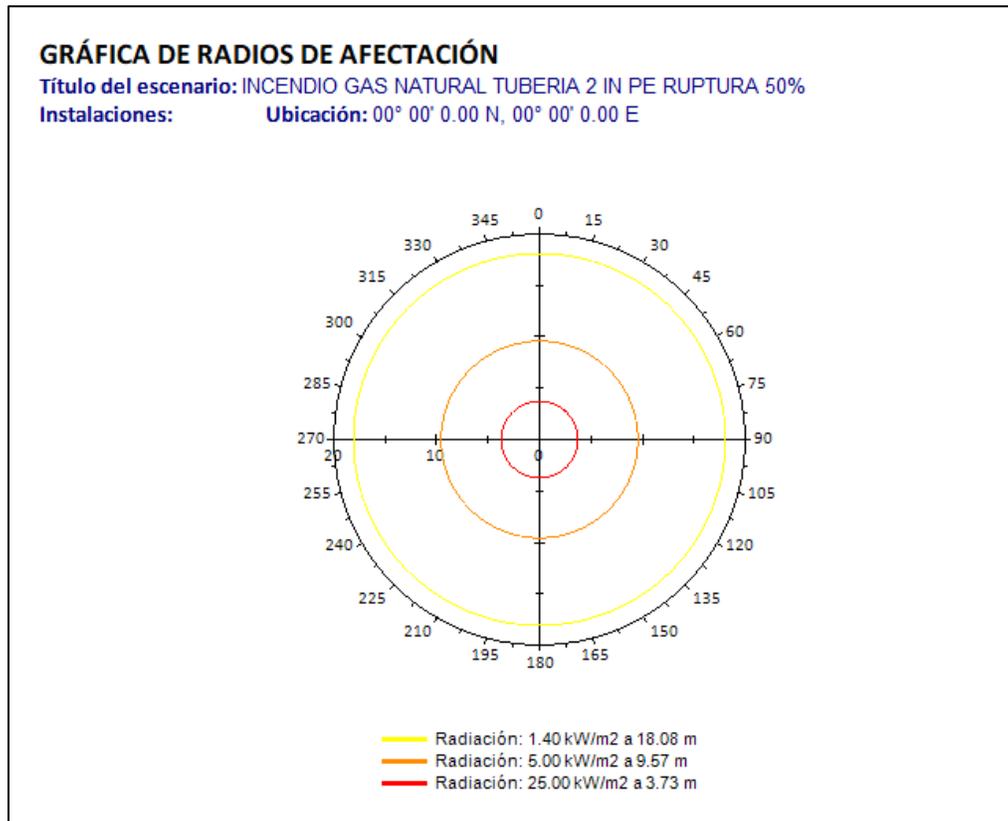
#### **Clave de Escenario. 7A-FUGA-2IN-PE-50%**

**Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 2" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

#### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 5.4 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 3.73 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 9.57 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4

$\text{kW/m}^2$ , se daría a una distancia máxima de 18.08 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

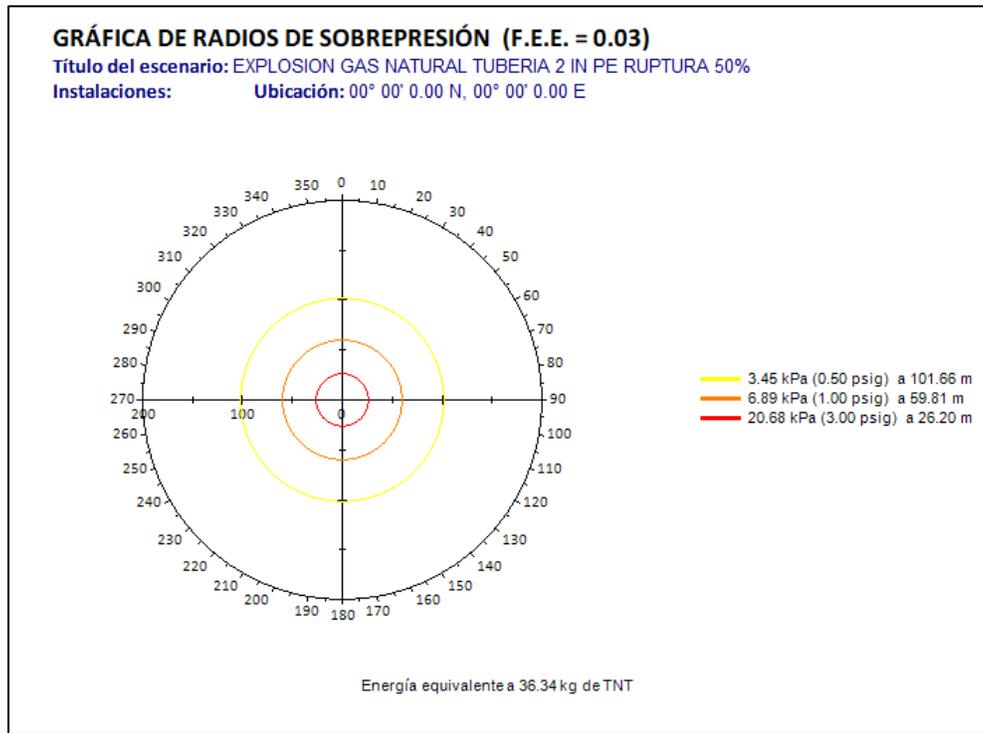


**Figura 5.69.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería (Polietileno) de 2" @ 7.025  $\text{kgf/cm}^2$ .

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 26.2 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 59.81 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas

inhabitables; y una distancia máxima de 101.66 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.70.** Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería (Polietileno) de 2" @7.025 kgf/cm<sup>2</sup>.

#### **Caso 14.**

##### **Clave de Escenario. 7B-FUGA-2IN-PE-100%**

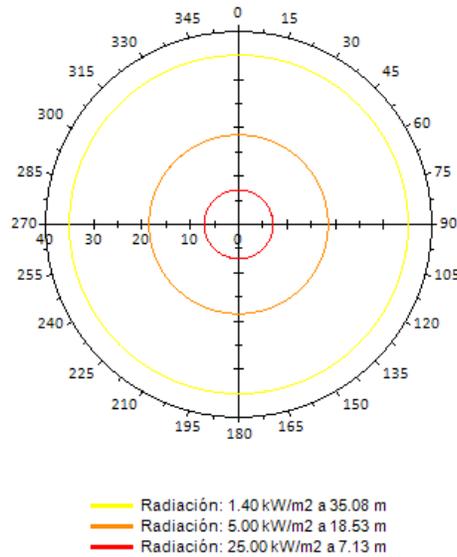
***Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 2" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

##### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 10.8 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 7.13 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 18.53 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 35.08 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

**GRÁFICA DE RADIOS DE AFECTACIÓN**

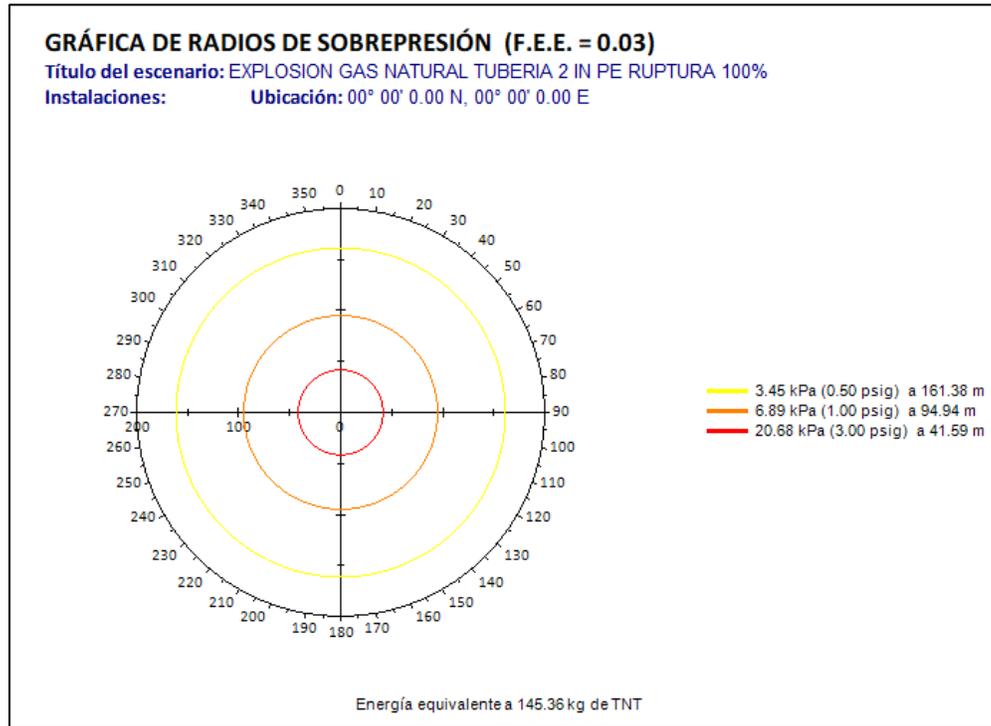
Título del escenario: INCENDIO GAS NATURAL TUBERIA 2 IN PE RUPTURA 100%  
Instalaciones: Ubicación: 00° 00' 0.00 N, 00° 00' 0.00 E



**Figura 5.71.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 100% de la tubería (Polietileno) de 2" @ 7.025 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 41.59 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 94.94 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 161.38 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.72.** Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 100% de la tubería (Polietileno) de 2" @7.025 kgf/cm<sup>2</sup>.

### **Caso 15.**

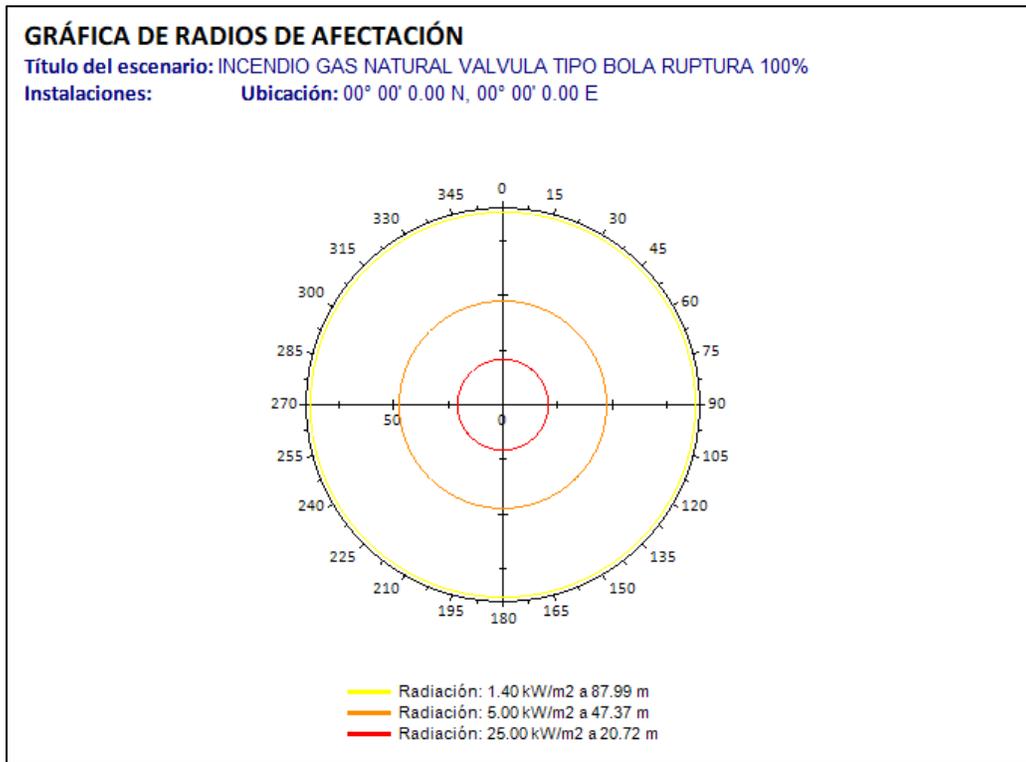
#### **Clave de Escenario. 8A-VAL-BOLA-3IN-100%**

**Fuga de Gas Natural en la válvula tipo bola de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la Salida de la ERM "City Gate La Paz", debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

#### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 16.2 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 20.72 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 47.37 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de

1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 87.99 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

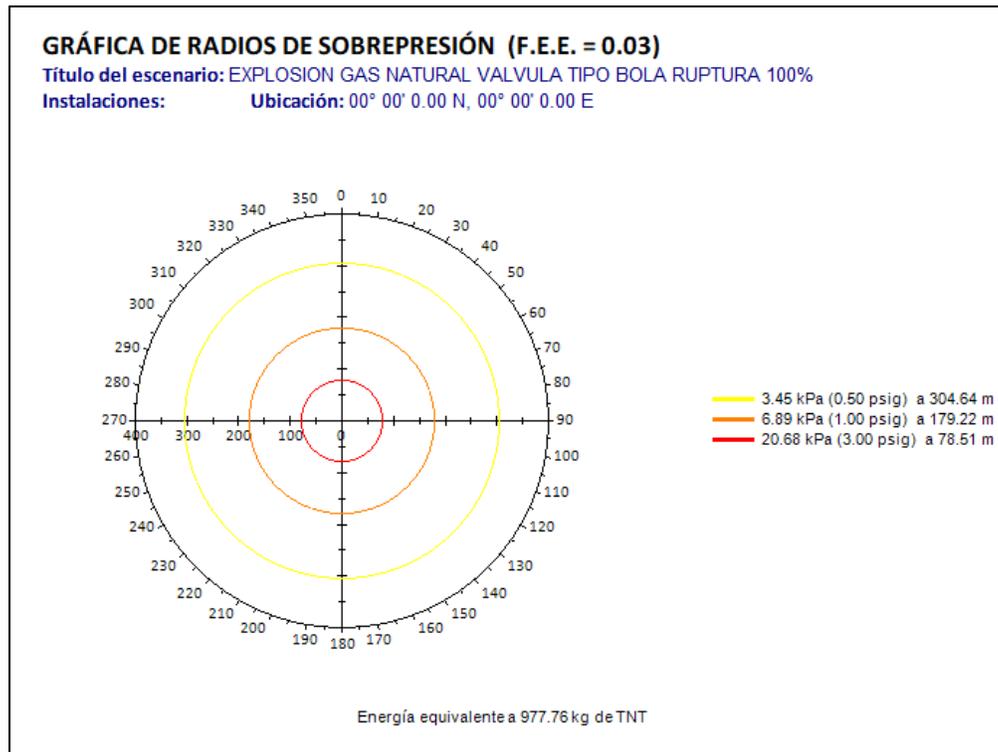


**Figura 5.73.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura de la válvula tipo bola de 3" @21 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 78.51 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 179.22 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 304.64 m a partir del punto en el que se

genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.74.** Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión de gas natural originada por una fuga de gas natural por la ruptura de la válvula tipo bola de 3" @21 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Caso 16.**

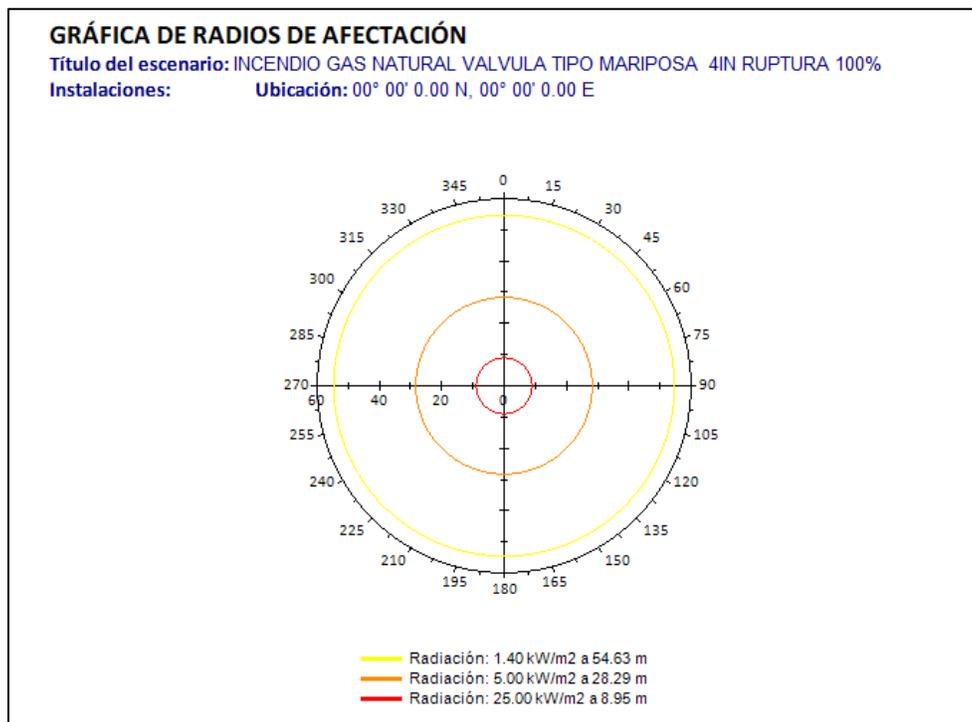
**Clave de Escenario. 9A-VAL-MRP-4IN-100%**

**Fuga de Gas Natural en la válvula tipo mariposa de 4" de diámetro @4.5 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la Salida de la ERM-01, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 21.16 m, a partir de la cual se generaría

una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de  $25 \text{ kW/m}^2$  a una distancia máxima de afectación de 8.95 m, se generaría una radiación de  $5 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 28.29 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de  $1.4 \text{ kW/m}^2$ , se daría a una distancia máxima de 54.63 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

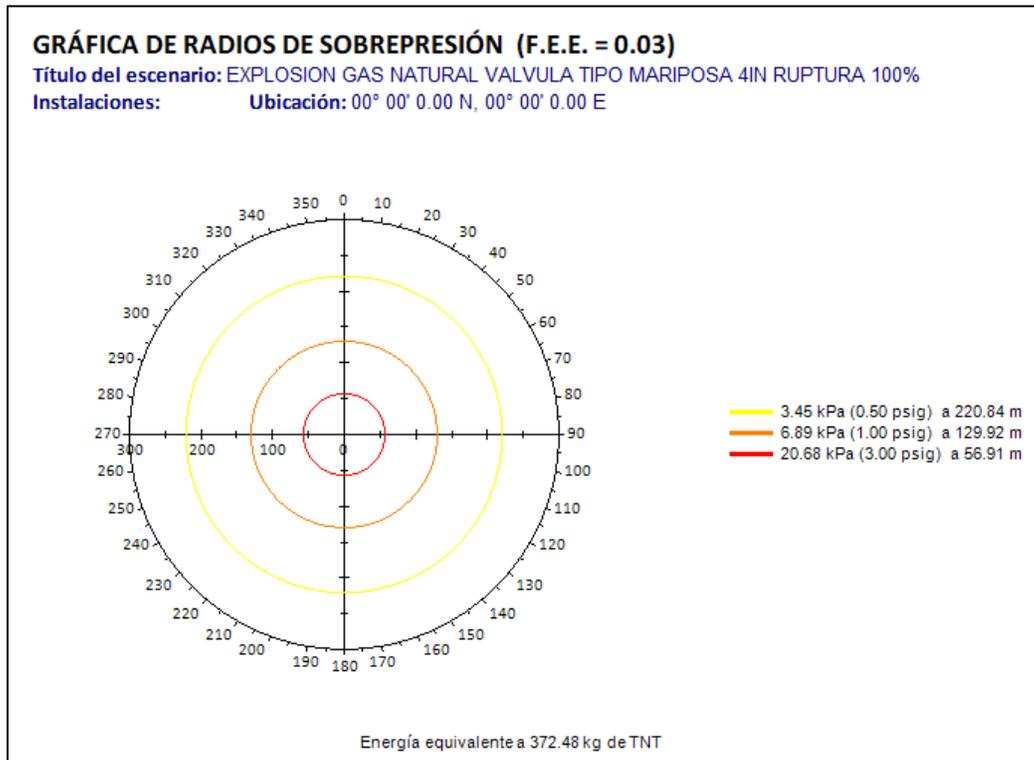


**Figura 5.75.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura de la válvula tipo mariposa de 4" @ $4.5 \text{ kg/cm}^2$ .

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 56.91 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 129.92 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig,

suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 220.84 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.76.** Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión de gas natural originada por una fuga de gas natural por la ruptura de la válvula tipo mariposa de 4" @4.5 kg/cm<sup>2</sup>.

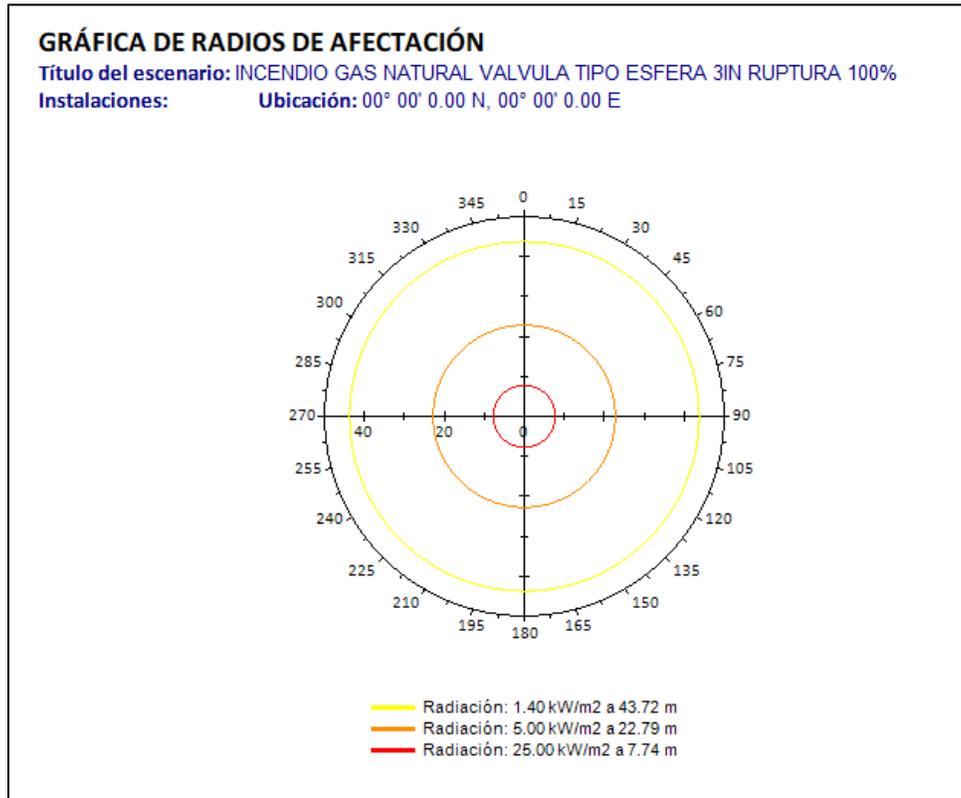
**Caso 17.**

**Clave de Escenario. 10A-VAL-ESF-3IN-100%**

***Fuga de Gas Natural en la válvula tipo esfera de 3" de diámetro @5 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM-01, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

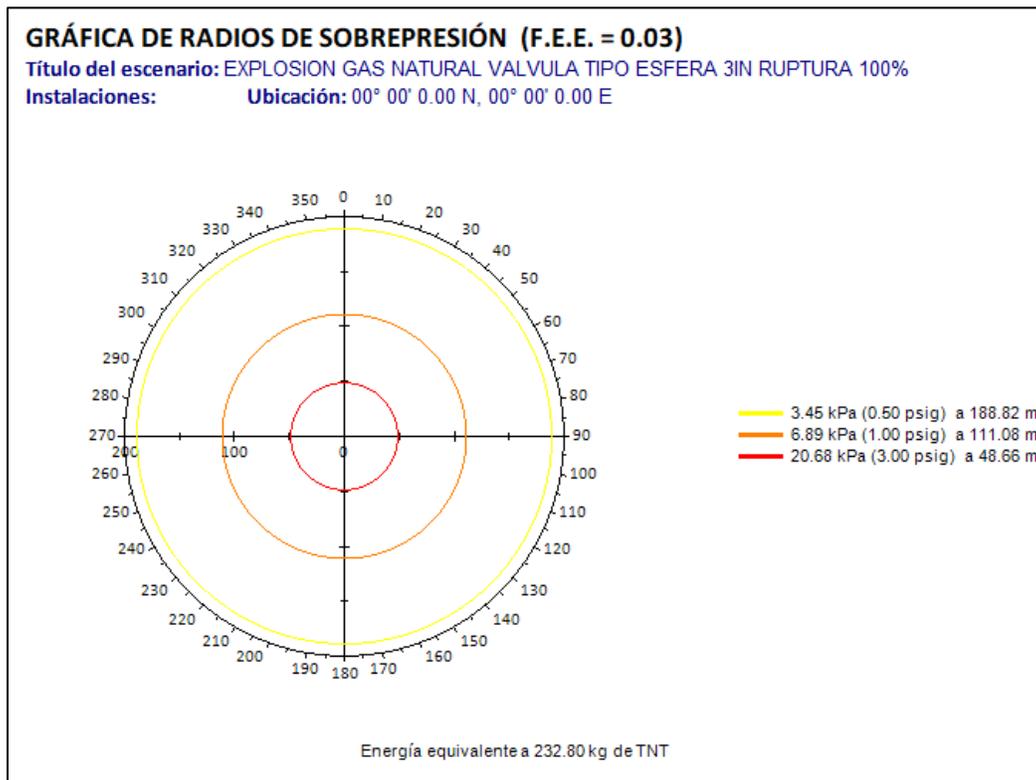
Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 16.2 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 7.74 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 22.79 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 43.72 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.



**Figura 5.77.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura de la válvula tipo esfera de 3" @5 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 48.66 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 111.08 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 188.82 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.78.** Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión de gas natural originada por una fuga de gas natural por la ruptura de la válvula tipo esfera de 3" @5 kg/cm<sup>2</sup>.

### Caso 18.

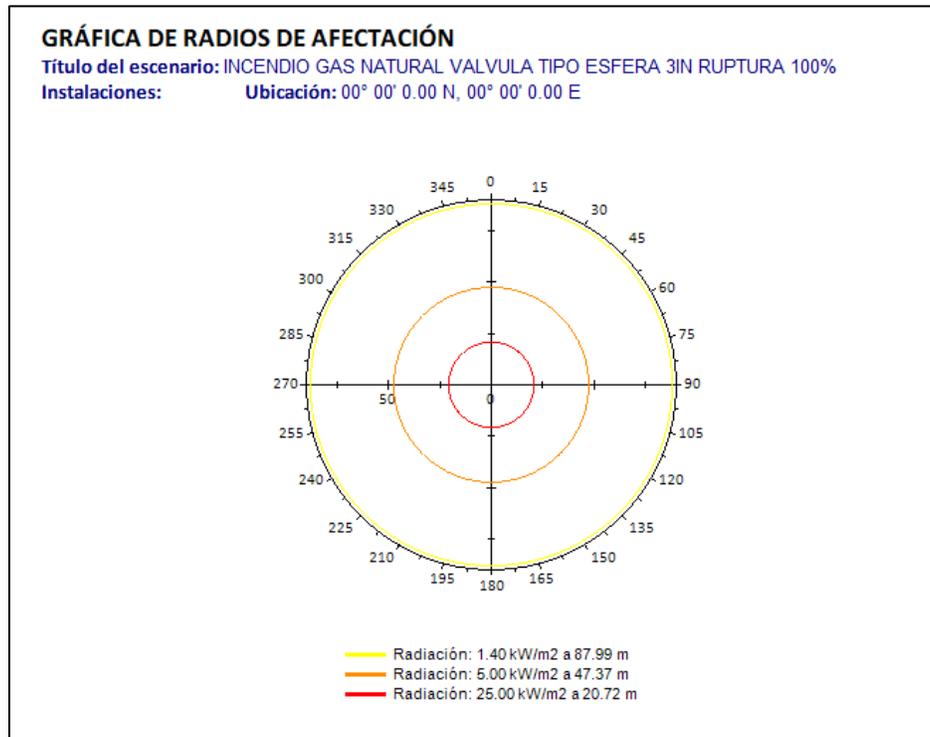
**Clave de Escenario.** 11A-VAL-ESF-3IN-100%.

**Fuga de Gas Natural en la válvula tipo esfera de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ER, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

### Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 16.2 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 20.72 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una

distancia de 47.37 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 87.99 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.



**Figura 5.79.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura de la válvula tipo esfera de 3" @21 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 78.51 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 179.22 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas

inhabitables; y una distancia máxima de 304.64 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.

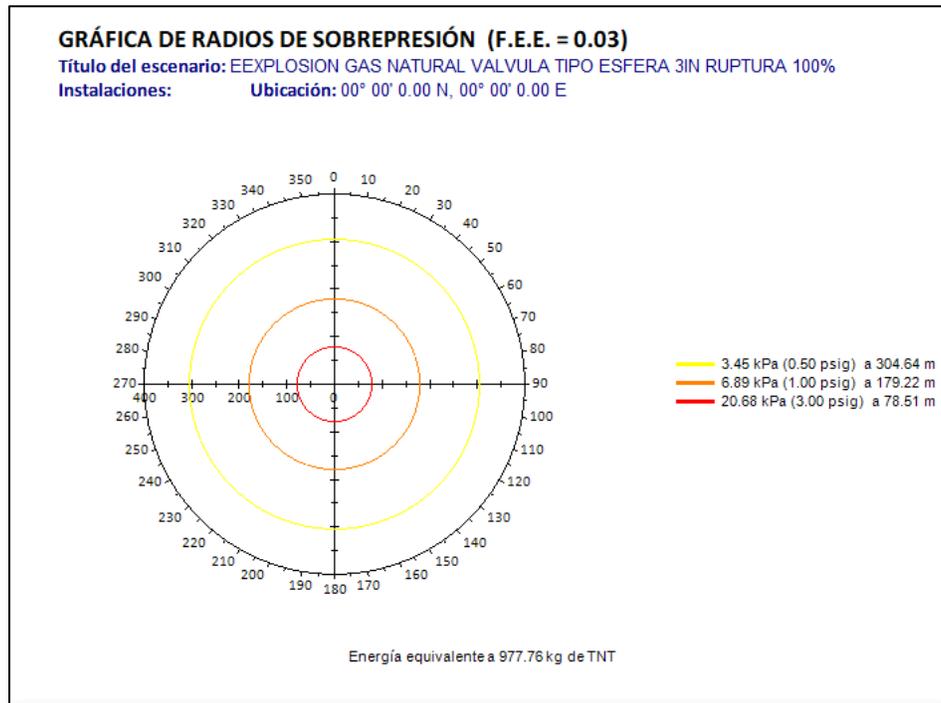


Figura 5.80. Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión de gas natural originada por una fuga de gas natural por la ruptura de la válvula tipo esfera de 3" @21 kg/cm<sup>2</sup>.

### Caso 19.

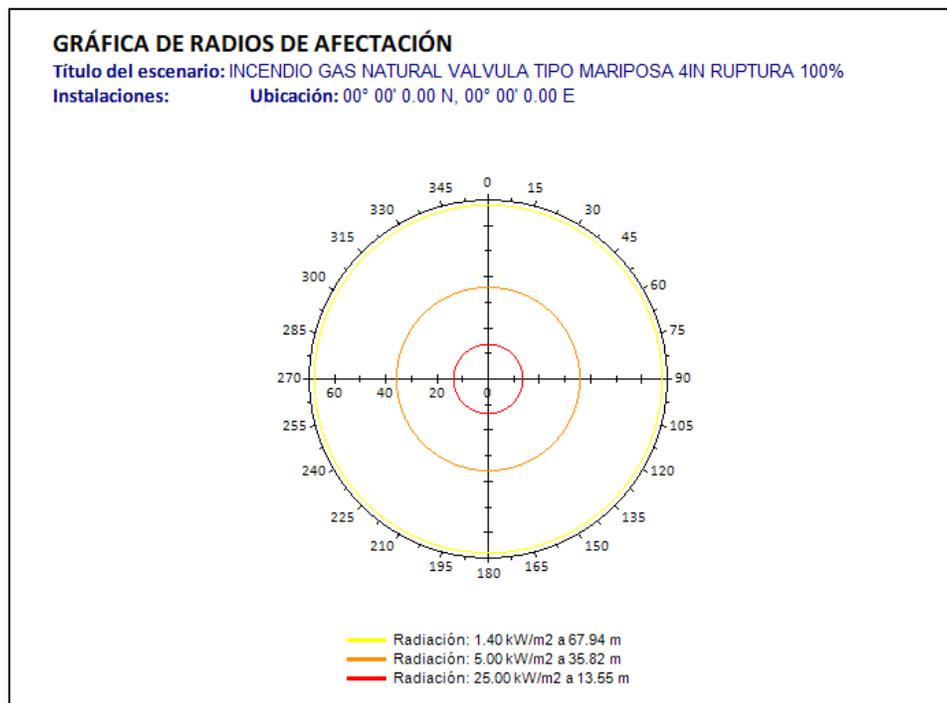
**Clave de Escenario. 12A-VAL-MRP-4IN-100%**

**Fuga de Gas Natural en la válvula tipo mariposa de 4" de diámetro @7 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la salida de la ER, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

### Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 21.6 m, a partir de la cual se generaría

una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de  $25 \text{ kW/m}^2$  a una distancia máxima de afectación de 13.55 m, se generaría una radiación de  $5 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 35.82 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de  $1.4 \text{ kW/m}^2$ , se daría a una distancia máxima de 67.94 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

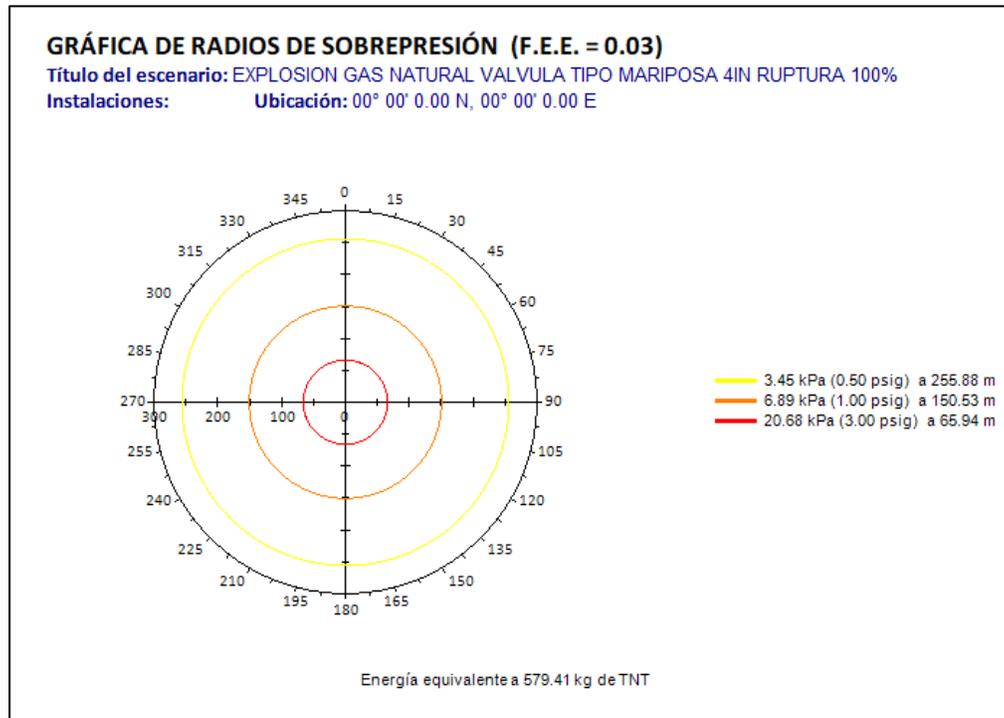


**Figura 5.81.** Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura de la válvula tipo mariposa de 4" @7 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 65.94 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 150.53 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig,

suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 255.88 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.82.** Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión de gas natural originada por una fuga de gas natural por la ruptura de la válvula tipo mariposa de 4" @7 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Caso 20.**

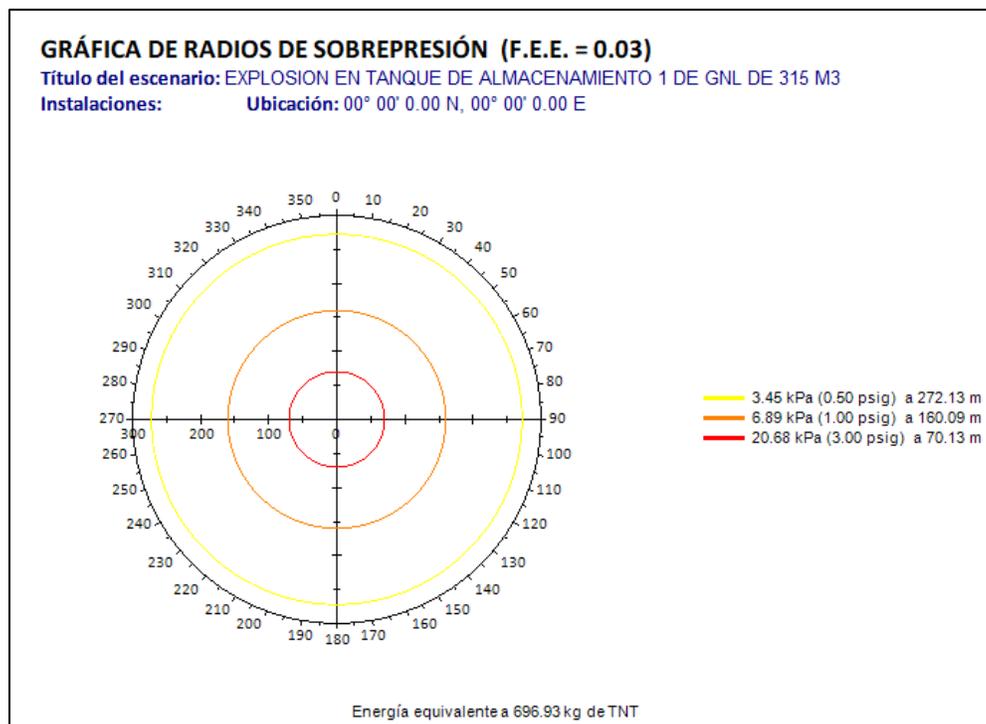
#### **Clave de Escenario. 13A-TH101-GNL**

***Fuga de Gas Natural Licuado en el Tanque de Almacenamiento "TH101" debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

#### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de

respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 70.13 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 160.09 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 272.13 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.

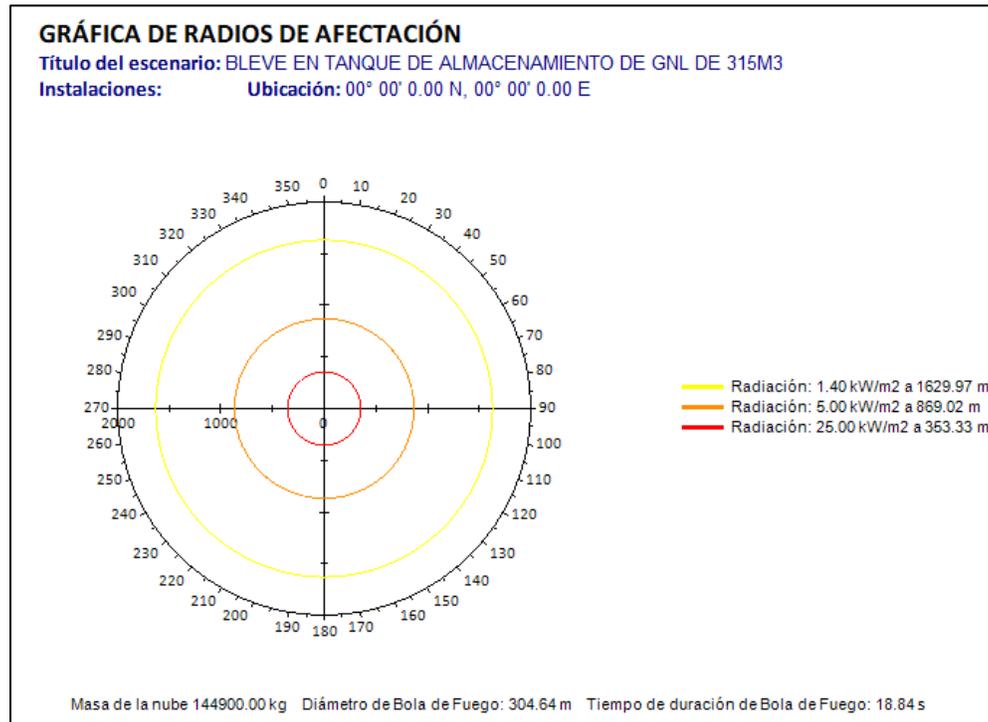


**Figura 5.83.** Gráfica de ondas de sobrepresión ocasionadas por la detonación de una nube explosiva por fuga de Gas Natural Licuado del Tanque de Almacenamiento de 315 m<sup>3</sup>.

### **BLEVE.**

El otro escenario se trata de una Bleve (explosión por la expansión de vapores) de Gas Natural Licuado en el tanque de almacenamiento, debido a un incendio en el exterior el cual sobrecalienta al tanque, lo presuriza y produce una fisura o ruptura

del mismo. Los resultados de modelación de la explosión por expansión de vapores de Gas Natural Licuado consideran el total de la masa contenida en el tanque, lo cual da como resultado la formación de una bola de fuego con diámetro de 304.64 m y una duración 18.8 s, generando una radiación equivalente de 25 KW/m<sup>2</sup> en una distancia máxima de 353.33 m, una Zona de Alta Riesgo de 869.02 m donde se presentará una radiación equivalente de 5 KW/m<sup>2</sup> y una Zona de Amortiguamiento de 1629.97 m donde se presentaría una radiación equivalente de 1.4 KW/m<sup>2</sup>. En la siguiente figura se incluye la gráfica que muestra las ondas de sobrepresión que se generarían.



**Figura 5.84.** Gráfica de las ondas de radiación derivadas de la explosión por la expansión de vapores en tanque de Gas Natural Licuado.



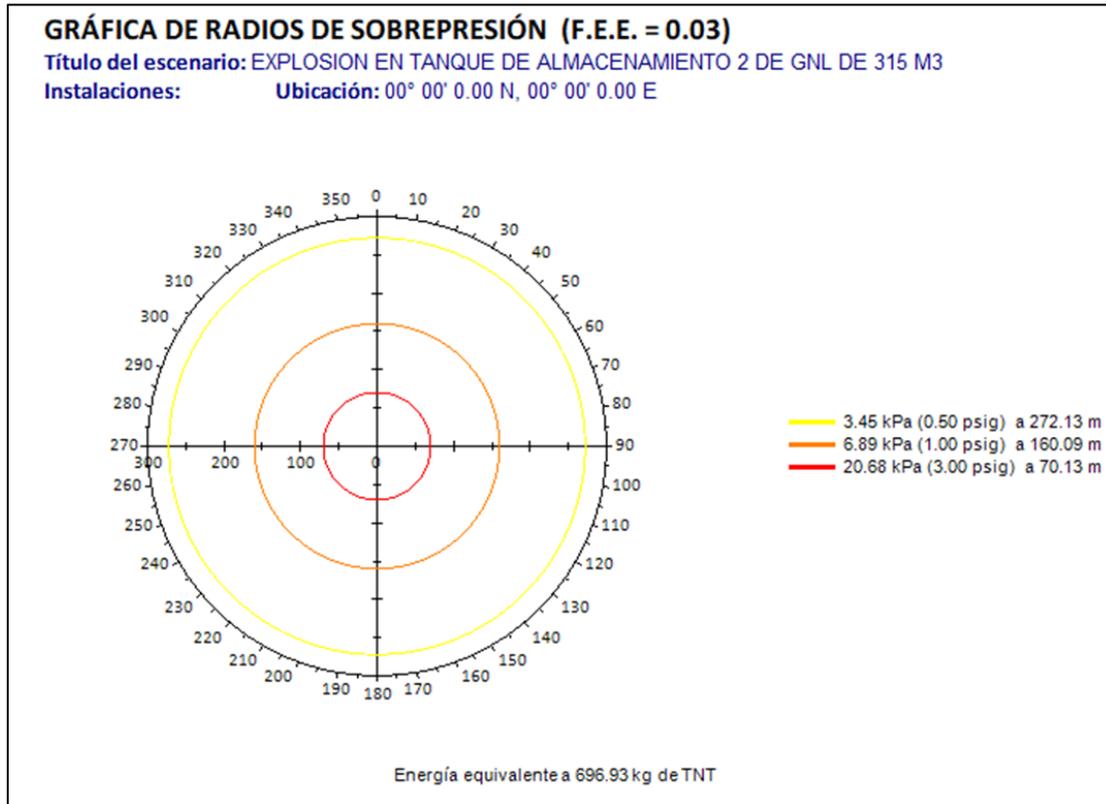
### **Caso 21.**

#### **Clave de Escenario. 14A-TH102-GNL**

***Fuga de Gas Natural Licuado en el Tanque de Almacenamiento "TH102" debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

#### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 70.13 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 160.09 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 272.13 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.



**Figura 5.85.** Gráfica de ondas de sobrepresión ocasionadas por la detonación de una nube explosiva por fuga de Gas Natural Licuado del Tanque de Almacenamiento de 315 m<sup>3</sup>.

### **BLEVE.**

El otro escenario se trata de una Bleve (explosión por la expansión de vapores) de Gas Natural Licuado. en el tanque de almacenamiento, debido a un incendio en el exterior el cual sobrecalienta al tanque, lo presuriza y produce una fisura o ruptura del mismo. Los resultados de modelación de la explosión por expansión de vapores de Gas Natural Licuado. consideran el total de la masa contenida en el tanque, lo cual da como resultado la formación de una bola de fuego con diámetro de 304.64 m y una duración 18.8 s, generando una radiación equivalente de 25 KW/m<sup>2</sup> en una distancia máxima de 353.33 m, una Zona de Alta Riesgo de 869.02 m donde se presentará una radiación equivalente de 5 KW/m<sup>2</sup> y una Zona de Amortiguamiento de 1629.97 m donde se presentaría una radiación equivalente de 1.4 KW/m<sup>2</sup>. En la

siguiente figura se incluye la gráfica que muestra las ondas de sobrepresión que se generarían.

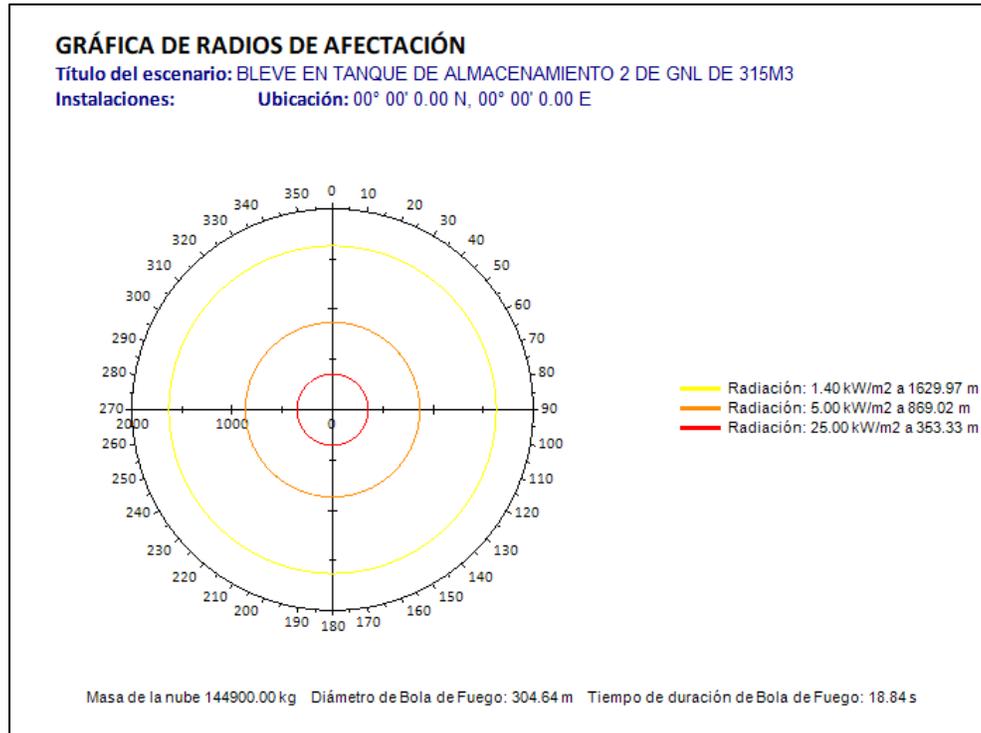


Figura 5.86. Gráfica de las ondas de radiación derivadas de la explosión por la expansión de vapores en tanque de Gas Natural Licuado.

## Caso 22.

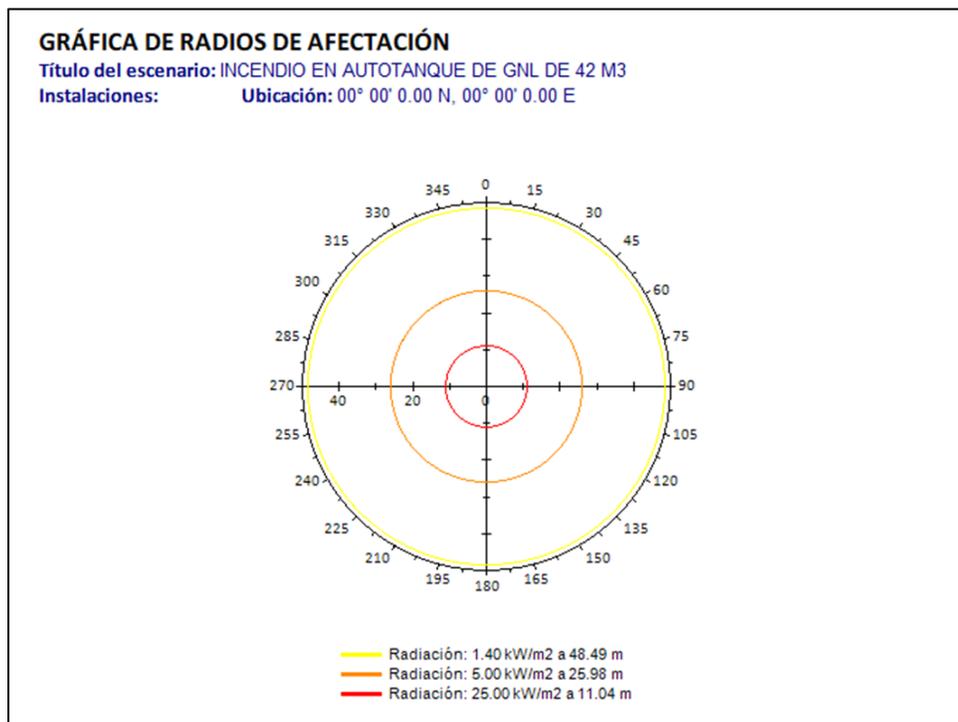
### Clave de Escenario. 15A-AT-GNL

**Fuga de Gas Natural Licuado en el Autotanque debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

### Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 10.8 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia

máxima de afectación de 11.04 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 25.98 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 48.49 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

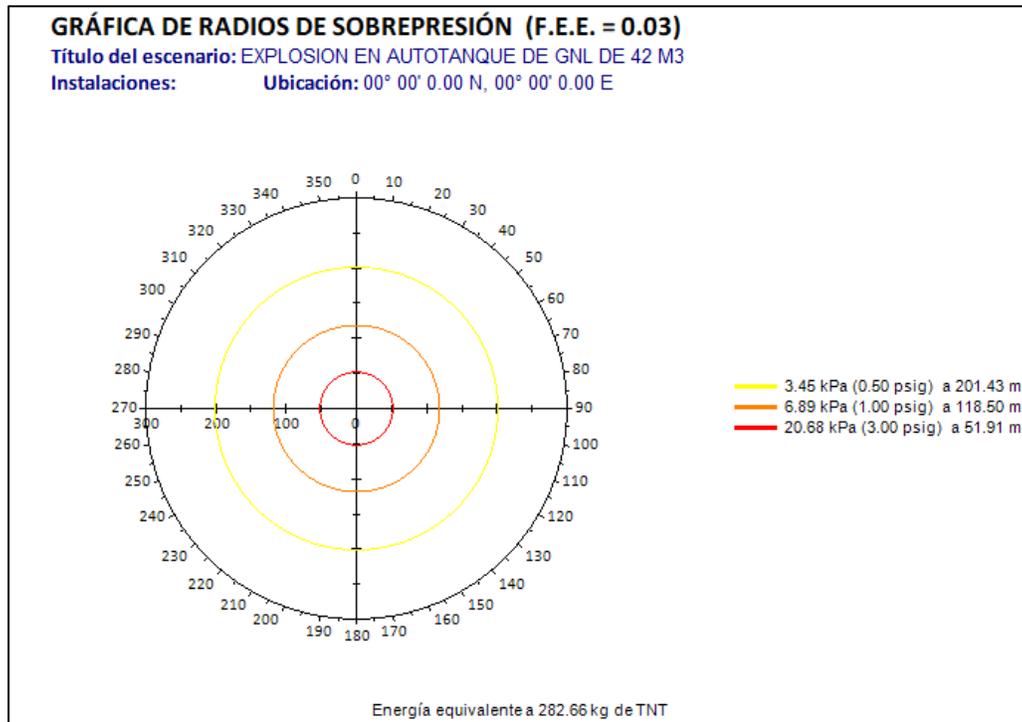


**Figura 5.87.** Gráfica de los radios de afectación generador por un incendio derivado a la fuga de Gas Natural Licuado del Autotank de 42 m<sup>3</sup>.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 51.91 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 118.5 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas

inhabitables; y una distancia máxima de 201.43 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.

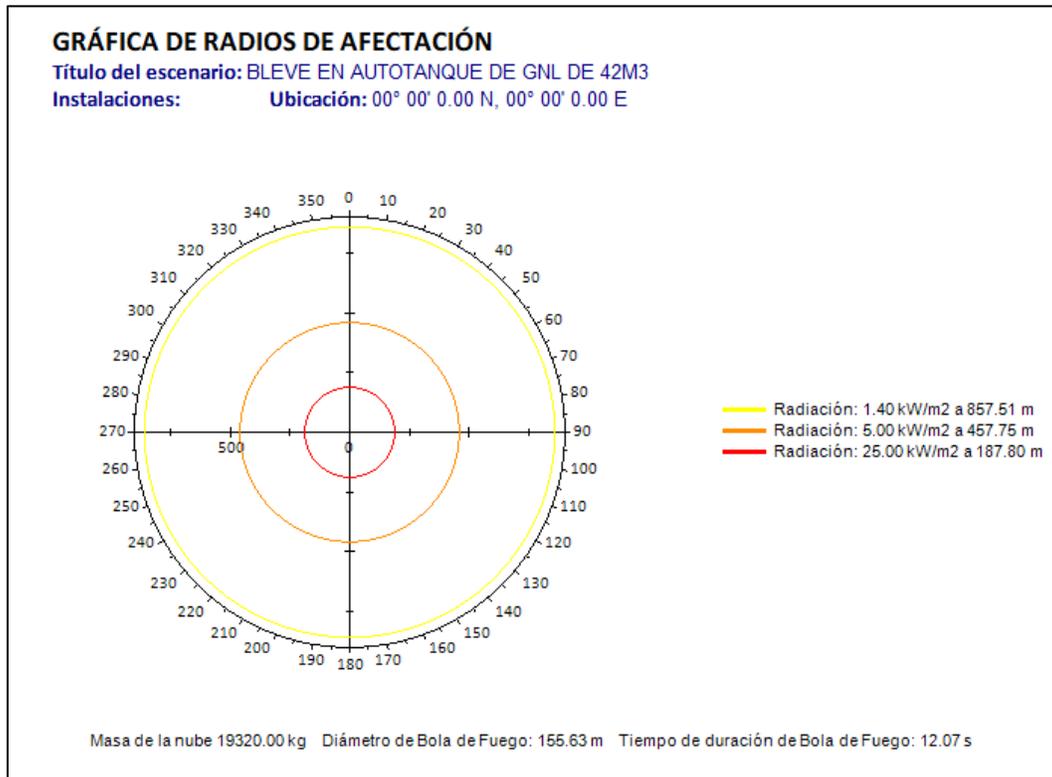


**Figura 5.88.** Gráfica de ondas de sobrepresión ocasionadas por la detonación de una nube explosiva por fuga de Gas Natural Licuado del Autotanque de 42 m<sup>3</sup>.

### **BLEVE.**

El otro escenario se trata de una Bleve (explosión por la expansión de vapores) de Gas Natural Licuado en el tanque de almacenamiento, debido a un incendio en el exterior el cual sobrecalienta al tanque, lo presuriza y produce una fisura o ruptura del mismo. Los resultados de modelación de la explosión por expansión de vapores de Gas Natural Licuado consideran el total de la masa contenida en el tanque, lo cual da como resultado la formación de una bola de fuego con diámetro de 155.63 m y una duración 12.1 s, generando una radiación equivalente de 25 KW/m<sup>2</sup> en una distancia máxima de 187.8 m, una Zona de Alta Riesgo de 427.75 m donde se

presentará una radiación equivalente de  $5 \text{ kW/m}^2$  y una Zona de Amortiguamiento de 857.51 m donde se presentaría una radiación equivalente de  $1.4 \text{ kW/m}^2$ . En la siguiente figura se incluye la gráfica que muestra las ondas de sobrepresión que se generarían.



**Figura 5.89.** Gráfica de las ondas de radiación derivadas de la explosión por la expansión de vapores en tanque de Gas Natural Licuado.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de resultados de las Simulaciones de Eventos de Riesgo:

**Tabla 5.41.** Resumen de resultados de las simulaciones de eventos de riesgo.

Caso	Clave del Escenario	Ruptura	Diámetro de tubería		Diámetro del orificio		Temperatura interna (°C)	Presión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flujo de descarga (kg/s)	Masa descargada en 5 min (kg)	Incendio			Explosión			
			Nominal (in)	Interior (m)	(in)	(m)					Longitud de la flama	25 kW/m <sup>2</sup>	5 kW/m <sup>2</sup>	1.4 kW/m <sup>2</sup>	3 psi	1 psi	0.5 psi
			Distancia Máxima (m)														
1	1A-FUGA-10IN-50%	50%	10	0.254	5	0.127	18	21	28.2302	8,469.05	27.0	33.67	77.18	143.44	110.4	251.9	428.2
2	1B-FUGA-10IN-100%	100%	10	0.254	10	0.254	18	21	112.9206	33,876.18	53.9	65.05	149.69	279.38	175.2	399.9	679.8
3	2A-FUGA-4IN-50%	50%	4	0.1016	2	0.0508	18	21	4.5168	1,355.04	10.8	14.09	32.15	59.70	59.9	136.8	232.5
4	2B-FUGA-4IN-100%	100%	4	0.1016	4	0.1016	18	21	18.0673	5,420.19	21.6	27.24	62.36	115.86	95.11	217.11	369.05
5	3A-FUGA-3IN-50%	50%	3	0.0762	1.5	0.0381	18	21	2.5407	762.21	8.1	10.72	24.42	45.34	49.46	112.9	191.91
6	3B-FUGA-3IN-100%	100%	3	0.0762	3	0.0762	18	21	10.1628	3048.84	16.2	20.72	47.37	87.99	78.51	179.22	304.64
7	4A-FUGA-2IN-50%	50%	2	0.0508	1	0.0254	18	21	1.1292	338.76	5.4	7.29	16.57	30.76	37.74	86.16	146.46
8	4B-FUGA-2IN-100%	100%	2	0.0508	2	0.0508	18	21	4.5168	1355.04	10.8	14.09	32.15	59.7	59.91	136.77	232.48
9	5A-FUGA-4IN-PE-50%	50%	4	0.1016	2	0.0508	18	7.025	1.5109	453.27	10.8	7.13	18.53	35.08	41.59	94.94	161.38
10	5B-FUGA-4IN-PE-100%	100%	4	0.1016	4	0.1016	18	7.025	6.0439	1813.17	21.6	13.59	35.89	68.06	66.02	150.71	256.19
11	6A-FUGA-3IN-PE-50%	50%	3	0.0762	1.5	0.0381	18	7.025	0.8499	254.97	8.1	5.45	14.09	26.65	34.33	78.37	133.22
12	6B-FUGA-3IN-PE-100%	100%	3	0.0762	3	0.0762	18	7.025	3.3997	1019.91	16.2	10.4	27.28	51.69	54.5	124.41	211.48
13	7A-FUGA-2IN-PE-50%	50%	2	0.0508	1	0.0254	18	7.025	0.3777	113.31	5.4	3.73	9.57	18.08	26.2	59.81	101.66



## ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

Caso	Clave del Escenario	Ruptura	Diámetro de tubería		Diámetro del orificio		Temperatura interna (°C)	Presión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flujo de descarga (kg/s)	Masa descargada en 5 min (kg)	Incendio				Explosión		
			Nominal (in)	Interior (m)	(in)	(m)					Longitud de la flama	25 kW/m <sup>2</sup>	5 kW/m <sup>2</sup>	1.4 kW/m <sup>2</sup>	3 psi	1 psi	0.5 psi
			Distancia Máxima (m)														
14	7B-FUGA-2IN-PE-100%	100%	2	0.0508	2	0.0508	18	7.025	1.5109	453.27	10.8	7.13	18.53	35.08	41.59	94.94	161.38
15	8A-VAL-BOLA-3IN-100%	100%	3	0.0762	3	0.0762	18	21	10.1628	3048.84	16.2	20.72	47.37	87.99	78.51	179.22	304.64
16	9A-VAL-MRP-4IN-100%	100%	4	0.1016	4	0.1016	18	4.5	3.8715	1161.45	21.6	8.95	28.29	54.63	56.91	129.92	220.84
17	10A-VAL-ESF-3IN-100%	100%	3	0.0762	3	0.0762	18	5	2.4197	725.91	16.2	7.74	22.79	43.72	48.66	111.08	188.82
18	11A-VAL-ESF-3IN-100%	100%	3	0.0762	3	0.0762	18	21	10.1628	3048.84	16.2	20.72	47.37	87.99	78.51	179.22	304.64
19	12A-VAL-MRP-4IN-100%	100%	4	0.1016	4	0.1016	18	7	6.0224	1806.72	21.6	13.55	35.82	67.94	65.94	150.53	255.88

**Tabla 5.42.** Resumen de resultados de las simulaciones de eventos de riesgo de los tanques de almacenamiento de Gas Natural Licuado.

Caso	Clave del Escenario	Diámetro del orificio		Temperatura interna (°C)	Presión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Explosión			BLEVE				
		(in)	(m)			3 psi	1 psi	0.5 psi	Diámetro Bola de Fuego (m)	Duración de Bola de Fuego (s)	25 kW/m <sup>2</sup>	5 kW/m <sup>2</sup>	1.4 kW/m <sup>2</sup>
		Distancia Máxima (m)						Distancia Máxima (m)					
20	13A-TH101-GNL	2	0.0508	-162	0.8296	70.13	160.09	272.13	304.64	18.8	353.33	869.02	1629.97
21	14A-TH102-GNL	2	0.0508	-162	0.8296	70.13	160.09	272.13	304.64	18.8	353.33	869.02	1629.97

**Tabla 5.43.** Resumen de resultados de las simulaciones de eventos de riesgo del Autotanque de almacenamiento de Gas Natural Licuado.

Caso	Clave del Escenario	Diámetro del orificio		Temperatura interna (°C)	Presión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Incendio				Explosión			BLEVE				
						Longitud de la flama	25 kW/m <sup>2</sup>	5 kW/m <sup>2</sup>	1.4 kW/m <sup>2</sup>	3 psi	1 psi	0.5 psi	Diámetro Bola de Fuego (m)	Duración de Bola de Fuego (s)	25 kW/m <sup>2</sup>	5 kW/m <sup>2</sup>	1.4 kW/m <sup>2</sup>
		(in)	(m)				Distancia Máxima (m)								Distancia Máxima (m)		
22	15A-AT-GNL	2	0.0508	-162	8.44	10.8	11.04	25.98	48.49	51.91	118.5	201.43	155.63	12.1	187.8	457.75	857.51

En el **Anexo 6** se presentan los reportes de los resultados de todas las simulaciones efectuadas y en el **Anexo 7** se presentan los planos correspondientes a las áreas de afectación descritas para los eventos de riesgo simulados.



## **5.5. REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE CONSECUENCIA (RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN).**

En el **Anexo 7** se adjuntan los planos de radios de afectación, en base a los resultados de las simulaciones realizadas en el punto anterior.

## **5.6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO.**

### ***5.6.1. Análisis de Vulnerabilidad.***

En la siguiente tabla se describe, para las Zonas de Alto Riesgo y de Amortiguamiento de sobrepresión y radiación, las posibles afectaciones a los receptores de Riesgo:

**Tabla 5.44.** Afectaciones a los receptores de riesgo en las zonas de alto riesgo y amortiguamiento de los radios de afectación

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
1A-FUGA-10IN-50%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas comerciales.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia.
		Alto Riesgo	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales.		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales.		



Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
1B-FUGA-10IN-100%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales.		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales.		



**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
2A-FUGA-4IN-50%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales, además de lotes baldíos	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales, además de lotes baldíos		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales, además de lotes baldíos		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales, además de lotes baldíos		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales, además de lotes baldíos		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales, además de lotes baldíos		



**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
2B-FUGA-4IN-100%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales, además de lotes baldíos	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales, además de lotes baldíos		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales, además de lotes baldíos		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales, además de lotes baldíos		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales, además de lotes baldíos		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas comerciales y zonas residenciales, además de lotes baldíos		



Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
3A-FUGA-3IN-50%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas residenciales e industriales.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas residenciales e industriales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas residenciales e industriales.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas residenciales e industriales.		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas residenciales e industriales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas residenciales e industriales.		



Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
3B-FUGA-3IN-100%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas residenciales e industriales.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas residenciales e industriales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas residenciales e industriales.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas residenciales e industriales.		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas residenciales e industriales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades, zonas residenciales e industriales.		



Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
4A-FUGA-2IN-50%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas comerciales	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas comerciales		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas comerciales		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas comerciales		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas comerciales		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas comerciales		



Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
4B-FUGA-2IN-100%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas comerciales	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas comerciales		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas comerciales		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas comerciales		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas comerciales		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas comerciales		



Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
5A-FUGA-4IN-PE-50%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		



**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
5B-FUGA-4IN-PE-100%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		



**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
6A-FUGA-3IN-PE-50%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		



**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
6B-FUGA-3IN-PE-100%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		



Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
7A-FUGA-2IN-PE-50%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		



Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
7B-FUGA-2IN-PE-100%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores por donde pasa el gasoducto, tales como vialidades y zonas residenciales.		



Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
8A-VAL-BOLA-3IN-100%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores de la ERM "City Gate La Paz" y la Estación de Regasificación además de la vialidad y predios cercanos a la ERM.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores de la ERM "City Gate La Paz" y la Estación de Regasificación además de la vialidad y predios cercanos a la ERM.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores de la ERM "City Gate La Paz" y la Estación de Regasificación además de la vialidad y predios cercanos a la ERM.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la ERM "City Gate La Paz" y la Estación de Regasificación además de la vialidad y predios cercanos a la ERM.		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la ERM "City Gate La Paz" y la Estación de Regasificación además de la vialidad y predios cercanos a la ERM.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la ERM "City Gate La Paz" y la Estación de Regasificación además de la vialidad y predios cercanos a la ERM.		



**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
9A-VAL-MRP-4IN-100%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores de la ERM-01 y además a las vialidades cercanas y zonas industriales que están alrededor de la ERM-01.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores de la ERM-01 y además a las vialidades cercanas y zonas industriales que están alrededor de la ERM-01.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores de la ERM-01 y además a las vialidades cercanas y zonas industriales que están alrededor de la ERM-01.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la ERM-01 y además a las vialidades cercanas y zonas industriales que están alrededor de la ERM-01.		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la ERM-01 y además a las vialidades cercanas y zonas industriales que están alrededor de la ERM-01.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la ERM-01 y además a las vialidades cercanas y zonas industriales que están alrededor de la ERM-01.		



Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
10A-VAL-ESF-3IN-100%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores de la ERM-01 y además a las vialidades cercanas y zonas industriales que están alrededor de la ERM-01.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores de la ERM-01 y además a las vialidades cercanas y zonas industriales que están alrededor de la ERM-01.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores de la ERM-01 y además a las vialidades cercanas y zonas industriales que están alrededor de la ERM-01.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la ERM-01 y además a las vialidades cercanas y zonas industriales que están alrededor de la ERM-01.		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la ERM-01 y además a las vialidades cercanas y zonas industriales que están alrededor de la ERM-01.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la ERM-01 y además a las vialidades cercanas y zonas industriales que están alrededor de la ERM-01.		



**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
11A-VAL-ESF-3IN-100%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores de la ER y además en zonas comerciales, residenciales y las vialidades que se encuentren alrededor de la ER.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores de la ER y además en zonas comerciales, residenciales y las vialidades que se encuentren alrededor de la ER.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores de la ER y además en zonas comerciales, residenciales y las vialidades que se encuentren alrededor de la ER.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la ER y además en zonas comerciales, residenciales y las vialidades que se encuentren alrededor de la ER.		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la ER y además en zonas comerciales, residenciales y las vialidades que se encuentren alrededor de la ER.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la ER y además en zonas comerciales, residenciales y las vialidades que se encuentren alrededor de la ER.		



**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
12A-VAL-MRP-4IN-100%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores de la ER y además en zonas comerciales, residenciales y las vialidades que se encuentren alrededor de la ER.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores de la ER y además en zonas comerciales, residenciales y las vialidades que se encuentren alrededor de la ER.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (incendio) causaría afectaciones a los alrededores de la ER y además en zonas comerciales, residenciales y las vialidades que se encuentren alrededor de la ER.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la ER y además en zonas comerciales, residenciales y las vialidades que se encuentren alrededor de la ER.		
		Alto Riesgo	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la ER y además en zonas comerciales, residenciales y las vialidades que se encuentren alrededor de la ER.		
		Amortiguamiento	La fuga de GN (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la ER y además en zonas comerciales, residenciales y las vialidades que se encuentren alrededor de la ER.		



**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
13A-TH101-GNL	Radiación	Alto Riesgo para equipos	El evento de BLEVE, causaría afectaciones a los alrededores de la estación de regasificación además de la ERM "City Gate La Paz". También causaría afectaciones en predios que están alrededor de la estación.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	El evento de BLEVE, causaría afectaciones a los alrededores de la estación de regasificación además de la ERM "City Gate La Paz". También causaría afectaciones en predios y zonas comerciales que están alrededor de la estación.		
		Amortiguamiento	El evento de BLEVE, causaría afectaciones a los alrededores de la estación de regasificación además de la ERM "City Gate La Paz". También causaría afectaciones en predios, zonas comerciales y residenciales que están alrededor de la estación.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GNL (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la estación de regasificación además de la ERM "City Gate La Paz" y a las vialidades.		
		Alto Riesgo	La fuga de GNL (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la estación de regasificación además de la ERM "City Gate La Paz", a las vialidades y predios.		
		Amortiguamiento	La fuga de GNL (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la estación de regasificación además de la ERM "City Gate La Paz", a las vialidades, zonas comerciales y predios.		



Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
14A-TH102-GNL	Radiación	Alto Riesgo para equipos	El evento de BLEVE, causaría afectaciones a los alrededores de la estación de regasificación además de la ERM "City Gate La Paz". También causaría afectaciones en predios que están alrededor de la estación.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	El evento de BLEVE, causaría afectaciones a los alrededores de la estación de regasificación además de la ERM "City Gate La Paz". También causaría afectaciones en predios y zonas comerciales que están alrededor de la estación.		
		Amortiguamiento	El evento de BLEVE, causaría afectaciones a los alrededores de la estación de regasificación además de la ERM "City Gate La Paz". También causaría afectaciones en predios, zonas comerciales y residenciales que están alrededor de la estación.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GNL (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la estación de regasificación además de la ERM "City Gate La Paz" y a las vialidades.		
		Alto Riesgo	La fuga de GNL (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la estación de regasificación además de la ERM "City Gate La Paz", a las vialidades y predios.		
		Amortiguamiento	La fuga de GNL (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la estación de regasificación además de la ERM "City Gate La Paz", a las vialidades, zonas comerciales y predios.		

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
15A-AT-GNL	Radiación	Alto Riesgo para equipos	El evento de BLEVE, causaría afectaciones a los alrededores de la estación de regasificación además de la ERM "City Gate La Paz". También causaría afectaciones en predios que están alrededor de la estación. La fuga de GNL (Incendio) causaría afectaciones dentro del predio de la estación de regasificación.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
		Alto Riesgo	El evento de BLEVE, causaría afectaciones a los alrededores de la estación de regasificación además de la ERM "City Gate La Paz". También causaría afectaciones en predios y zonas comerciales que están alrededor de la estación. La fuga de GNL (Incendio) causaría afectaciones dentro del predio de la estación de regasificación.		
		Amortiguamiento	El evento de BLEVE, causaría afectaciones a los alrededores de la estación de regasificación además de la ERM "City Gate La Paz". También causaría afectaciones en predios, zonas comerciales y residenciales que están alrededor de la estación. La fuga de GNL (Incendio) causaría afectaciones dentro del predio de la estación de regasificación.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La fuga de GNL (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la estación de regasificación además de la ERM "City Gate La Paz" y a las vialidades.		
		Alto Riesgo	La fuga de GNL (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la estación de regasificación además de la ERM "City Gate La Paz", a las vialidades y predios.		
		Amortiguamiento	La fuga de GNL (explosión) causaría afectaciones a los alrededores de la estación de regasificación además de la ERM "City Gate La Paz", a las vialidades, zonas comerciales y predios.		

### 5.6.2. Interacciones de riesgo.

En la siguiente tabla se describen las instalaciones que podrían ser potencialmente afectadas, ya que se encuentran en los radios de afectación de Zonas de Alto Riesgo de los escenarios de riesgo simulados para el proyecto:

**Tabla 5.45.** Instalaciones que podrían ser potencialmente afectadas por encontrarse en las zonas de alto riesgo de los radios de afectación.

Clave del Escenario	Coordenadas UTM donde se presenta la fuga simulada		Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación (m)	Equipos o instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancias de los equipos o instalaciones al punto de fuga (m)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
	X	Y							
1A-FUGA-10IN-50%	569589	2670291	Alto Riesgo	Radiación	33.67	Zona Comercial	12	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
				Sobrepresión	110.4	Zona Comercial	12		
1B-FUGA-10IN-100%	569589	2670291	Alto Riesgo	Radiación	65.05	Zona Comercial	12	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
				Sobrepresión	175.2	Zona Comercial	12		



GAS NATURAL  
DEL NOROESTE

## ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

Clave del Escenario	Coordenadas UTM donde se presenta la fuga simulada		Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación (m)	Equipos o instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancias de los equipos o instalaciones al punto de fuga (m)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
	X	Y							
2A-FUGA-4IN-50%	571332	2678273	Alto Riesgo	Radiación	14.09	Ninguno	N.A.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
				Sobrepresión	59.9	Zona Comercial	57		
2B-FUGA-4IN-100%	571332	2678273	Alto Riesgo	Radiación	27.24	Ninguno	N.A.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
				Sobrepresión	95.11	Zona Comercial	57		
3A-FUGA-3IN-50%	570979	2667959	Alto Riesgo	Radiación	10.72	Ninguno	N.A.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
				Sobrepresión	49.46	Zona Residencial	27		



GAS NATURAL  
DEL NOROESTE

## ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

Clave del Escenario	Coordenadas UTM donde se presenta la fuga simulada		Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación (m)	Equipos o instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancias de los equipos o instalaciones al punto de fuga (m)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
	X	Y							
3B-FUGA-3IN-100%	570979	2667959	Alto Riesgo	Radiación	20.72	Ninguno	N.A.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
				Sobrepresión	78.51	Zona Residencial	27		
4A-FUGA-2IN-50%	569804	2668137	Alto Riesgo	Radiación	7.29	Ninguno	N.A.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
				Sobrepresión	37.74	Zona Comercial	13		
4B-FUGA-2IN-100%	569804	2668137	Alto Riesgo	Radiación	14.09	Zona Comercial	13	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
				Sobrepresión	59.91	Zona Comercial	13		



Clave del Escenario	Coordenadas UTM donde se presenta la fuga simulada		Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación (m)	Equipos o instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancias de los equipos o instalaciones al punto de fuga (m)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
	X	Y							
5A-FUGA-4IN-PE-50%	569003	2670883	Alto Riesgo	Radiación	7.13	Ninguno	N.A.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
				Sobrepresión	41.51	Zona Residencial	10		
5B-FUGA-4IN-PE-100%	569003	2670883	Alto Riesgo	Radiación	13.59	Zona Residencial	10	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
				Sobrepresión	68.02	Zona Residencial	10		
6A-FUGA-3IN-PE-50%	567197	2668283	Alto Riesgo	Radiación	5.45	Ninguno	N.A.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
				Sobrepresión	34.33	Zona Residencial	7		



Clave del Escenario	Coordenadas UTM donde se presenta la fuga simulada		Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación (m)	Equipos o instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancias de los equipos o instalaciones al punto de fuga (m)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
	X	Y							
6B-FUGA-3IN-PE-100%	567197	2668283	Alto Riesgo	Radiación	10.4	Ninguno	N.A.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
				Sobrepresión	54.5	Zona Residencial	7		
7A-FUGA-2IN-PE-50%	567228	2670101	Alto Riesgo	Radiación	3.73	Ninguno	N.A.	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
				Sobrepresión	26.2	Zona Residencial	7		
7B-FUGA-2IN-PE-100%	567228	2670101	Alto Riesgo	Radiación	7.13	Zona Residencial	7	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
				Sobrepresión	41.59	Zona Residencial	7		



GAS NATURAL  
DEL NOROESTE

## ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO  
DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

Clave del Escenario	Coordenadas UTM donde se presenta la fuga simulada		Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación (m)	Equipos o instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancias de los equipos o instalaciones al punto de fuga (m)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
	X	Y							
8A-VAL-BOLA-3IN-100%	571995	2679232	Alto Riesgo	Radiación	20.72	Edificio	17	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
				Sobrepresión	78.51	Edificio	17		
						Tanques de Almacenamiento de GNL	53		
9A-VAL-MRP-4IN-100%	569223	2660982	Alto Riesgo	Radiación	8.95	Válvula tipo esfera de 3 "	1.5	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
						Zona Industrial	8		
				Sobrepresión	56.91	Válvula tipo mariposa de 4 "	1.5		
						Zona Industrial	8		



**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

Clave del Escenario	Coordenadas UTM donde se presenta la fuga simulada		Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación (m)	Equipos o instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancias de los equipos o instalaciones al punto de fuga (m)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
	X	Y							
10A-VAL-ESF-3IN-100%	569224	2660981	Alto Riesgo	Radiación	7.74	Válvula tipo mariposa de 4 "	1.5	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
						Zona Industrial	8		
				Sobrepresión	48.66	Válvula tipo mariposa de 4 "	1.5		
						Zona Industrial	8		
11A-VAL-ESF-3IN-100%	567223	2669488	Alto Riesgo	Radiación	20.72	Válvula tipo mariposa de 4 "	1	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
						Zona Comercial	19		
				Sobrepresión	78.51	Válvula tipo mariposa de 4 "	1		
						Zona Comercial	19		
12A-VAL-MRP-4IN-100%	567226	2669488	Alto Riesgo	Radiación	13.55	Válvula tipo esfera de 3"	1	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de
				Sobrepresión	65.94	Válvula tipo esfera de 3"	1		
						Zona Comercial	19		



Clave del Escenario	Coordenadas UTM donde se presenta la fuga simulada		Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación (m)	Equipos o instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancias de los equipos o instalaciones al punto de fuga (m)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
	X	Y							
13A-TH101-GNL	571995	2679164	Alto Riesgo	Radiación	353.33	Edificio	46	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
						TH102	6		
						ERM "City Gate La Paz"	69		
				Sobrepresión	70.13	Edificio	46		
						TH102	6		
						ERM "City Gate La Paz"	69		
14A-TH102-GNL	572002	2679168	Alto Riesgo	Radiación	353.33	Edificio	46	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
						TH101	6		
						ERM "City Gate La Paz"	69		
				Sobrepresión	70.13	Edificio	46		
						TH101	6		
						ERM "City Gate La Paz"	69		



**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

Clave del Escenario	Coordenadas UTM donde se presenta la fuga simulada		Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación (m)	Equipos o instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancias de los equipos o instalaciones al punto de fuga (m)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
	X	Y							
15A-AT-GNL	572018	2679140	Alto Riesgo	Radiación (Incendio)	11.04	Bomba de Descarga	6	Medidor de flujo tipo turbina, transductor de baja presión, transductor de alta presión, bypass general, tren de medición.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia
						Regasificador	5		
				Radiación (BLEVE)	187.8	Bomba de Descarga	6		
						Regasificador	5		
						TH101	14		
						TH102	14		
						ERM "City Gate La Paz"	91		
				Sobrepresión	51.91	Edificio	72		
						Bomba de Descarga	6		
						Regasificador	5		
						TH101	14		

## 5.7. REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGO.

No Aplica esta sección para el gasoducto.

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

### 5.8.1. Sistemas de seguridad.

#### Sistema de distribución

Los sistemas de seguridad con los que se contará en el sistema de distribución de gas natural son los especificados a continuación:

- SCADA. Se tendrá un sistema que permite monitorear vía remota el comportamiento de la presión en la ERM "City Gate".
- Válvulas de seccionamiento.
- Medidores de presión en las Estaciones de Regulación y Medición.
- Equipos de seguridad, los especificados en el siguiente inventario de equipo de emergencias:

**Tabla 5.46.** Inventario de Equipo de Emergencias.

No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
1	Exposímetro	RKI	NP. 204	1	PZ
2	Detector de Gas	HUBERG	METREX 3	1	PZ
3	Generador eléctrico	HONDA	No.PM0601100	1	PZ
4	Motobomba	TECUMSEH POWER	0H195EA	1	PZ
5	Carpa (con toldo y estructura)	CANOPI FACTORY	120648	1	PZ
6	Lámparas de mano	TRIPLE CROWN	606	4	PZ
7	Reflectores	SURTEK	136122	4	PZ
8	Máquina de electrofusión	CENTRAL	TERMOPLAST	1	PZ
9	Prensas hidráulicas de 8 a 6	FOOTAGE TOOLS	N.D.	2	PZ
10	Prensas hidráulicas de 6 a 4	CONECTRA	N.D.	2	PZ
11	Prensas manuales de 4 a 2	CONECTRA	MANUAL	2	PZ



**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
12	Guillotinas de 8	REED MFG	N.D.	1	PZ
13	Guillotinas de 4	REED MFG	N.D.	1	PZ
14	Extensiones eléctricas de 120 v	URREA	N.D.	2	PZ
15	Juego de cables pasa corriente	AUTOZONE	N.D.	2	PZ
16	Varillas de cobre	N.D.	N.D.	4	PZ
17	Tripie o soportaría	N.D.	N.D.	1	PZ
18	Carrucha	YALE	COLUMBUS	1	PZ
19	Eslingas o sogas	N.D.	N.D.	4	PZ
20	Banderas trafico	N.D.	N.D.	4	PZ
21	Conos de señalamiento	TRUPER	N.D.	6	PZ
22	Cintas de advertencia	URREA	N.D.	5	PZ
23	Extintores para KIT	N.D.	N.D.	3	PZ
24	Juego de llaves para válvulas	N.D.	N.D.	2	PZ
25	Mangueras para motobomba	N.D.	N.D.	2	PZ
26	Marro de goma	N.D.	N.D.	1	PZ
27	Raspador de tubería	N.D.	N.D.	1	PZ
28	Machete	N.D.	N.D.	1	PZ
29	SERRUCHO	TRUPER	N.D.	1	PZ
30	Palas laguneras	TRUPER	N.D.	4	PZ
31	Palas cuadradas	TRUPER	N.D.	4	PZ
32	Picos	TRUPER	N.D.	2	PZ
33	Barra	N.D.	N.D.	1	PZ
34	Impermeables	URREA	N.D.	6	PZ
35	Cascos	MSD	N.D.	6	PZ
36	Lentes	MSD	N.D.	6	PZ
37	Guantes	N.D.	N.D.	6	PZ
38	Casacas	N.D.	N.D.	6	PZ
39	Tapones auditivos	N.D.	N.D.	10	PZ
40	Botas de hule	URREA	N.D.	6	PZ
41	Botas industriales	CLIFF	N.D.	2	PZ
42	Equipo de Aire Autónomo	MCA	N.D.	1	PZ



**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
43	Respiradores Faciales	N.D.	N.D.	5	PZ
44	Traje tyvex	N.D.	N.D.	10	PZ
45	Alcohol isopropílico (litros)	N.D.	N.D.	3	PZ
46	Agua garrafón 20 lts.	SIERRA AZUL	N.D.	2	PZ
47	Papel (paquetes) toallas azules	SCOTT SHOP	N.D.	10	PZ
48	Jabón (Kg.)	BLANCA NIEVES	N.D.	1	PZ
49	Codo 2" Ø x 90° PE	CENTRAL	N.D.	4	PZ
50	Codo 4" Ø x 90°	CENTRAL	N.D.	4	PZ
51	Codo 8" Ø x 90°	CENTRAL	N.D.	2	PZ
52	Codo 4" Ø x 45°	CENTRAL	N.D.	2	PZ
53	Codo 8" Ø x 45°	CENTRAL	N.D.	2	PZ
54	Tapón 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
55	Tapón 4" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
56	Tapón 8" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
57	Válvulas 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
58	Válvulas 4" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
59	Válvulas 8" Ø	CENTRAL	N.D.	1	PZ
60	Tee 2" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
61	Tee 4" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
62	Tee 8" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
63	Reducción 3" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
64	Reducción 4" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
65	Reducción 8" Ø x 6" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
66	Tap tee 2" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
67	Tap tee 4" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
68	Tap tee 8" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
69	Coples de electrofusión 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	JGO
70	Coples de electrofusión 4" Ø	CENTRAL	N.D.	4	JGO
71	Coples de electrofusión 8" Ø	CENTRAL	N.D.	4	JGO
72	Tubería 2" Ø PE-3408 (rollo)	N.D.	N.D.	1	PZ
73	Tubería 4" Ø PE-3408 (tramo)	N.D.	N.D.	1	PZ



No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
74	Tubería 8" Ø PE-3408 (tramo)	N.D.	N.D.	1	PZ
75	Split-Sleeve de 2" Ø (grapa)	FURMANITE	IPSCO	1	PZ
76	Split-Sleeve de 4" Ø (grapa)	FURMANITE	IPSCO	1	PZ
77	Split-Sleeve de 8" Ø (grapa)	PLIDTO	No. 2870315	2	PZ
78	Termofusionadora 2" a 4"	N.D.	N.D.	1	PZ
79	Alineador de tapping tee 2X2"	N.D.	N.D.	1	PZ
80	Alineador de tubería de 2 y 4"	N.D.	N.D.	1	PZ
81	Caja con herramienta antichispa diversa	AMPCO	BRONCE	2	PZ
82	Marro antichispa	AMPCO	N.D.	1	PZ
83	Juego de cuñas num. del 1 al 8	AMPCO	N.D.	1	PZ
84	Pericas antichispa no. 12	AMPCO	N.D.	2	PZ
85	Stilson antichispa no. 12	AMPCO	N.D.	2	PZ

### Estación de Regasificación

Los sistemas de seguridad con los que se contará en el sistema de distribución de gas natural son los especificados a continuación:

- Dispositivos de relevo:

Todos los tanques deben estar equipados con dispositivos de relevo de presión y vacío de acuerdo a la Normatividad Aplicable. Los dispositivos de relevo deben comunicarse directamente con la atmosfera. Cada válvula de relevo de presión o de vacío de los tanques de GNL debe poder aislarse del tanque para mantenimiento de las mismas, por medio de una válvula manual de cierre de tipo paso completo.

- Sistema de detección de gas y fuego:

Se contará con un Sistema de Gas y Fuego (SDGF) que permitirá la detección oportuna de fuego para activar los sistemas para mitigación de fuego en las áreas de Tanques de Transferencia, y áreas de trasiego. El SDGF incluye una serie de dispositivos de iniciación:

- Detectores de fuego
- Detectores de gas combustible
- Estaciones manuales de Alarma
- Instrumentación de sistemas de diluvio

- Alarmas audibles, alarmas visibles y generador de tonos

En general, el Panel de Control de Fuego y Gas activará los sistemas de apagado de la planta, emitiendo un comando de apagado remoto y estará localizado en el Cuarto de Tableros del Edificio Administrativo.

- Drenaje Pluvial:

El drenaje pluvial debe tener la capacidad de conducir las aguas recuperadas a un separador, a un sistema de tratamiento o bien conducir las a un punto de descarga autorizado (drenaje municipal o pozo de absorción). Debe ser controlado para evitar la libre entrada a los cuerpos naturales de agua, alcantarillas o drenajes públicos.

- La capacidad del drenaje pluvial se debe calcular en función al mayor volumen que resulte de la cantidad de agua recolectada de las áreas clasificadas como pluviales o de áreas libres de contaminación, durante la máxima precipitación, las áreas de retención deben ser construidas de manera que drenen completamente el agua para evitar que se acumule. Adicionalmente se puede contar con bombas y tubería para extraer el agua de lluvia que se deposite en el cárcamo de confinamiento.

- Sistema de monitoreo operativo:

La operación de esta planta será monitoreada a través de estaciones de trabajo que se ubican en el cuarto de control, de manera local en los equipos y en el área de recibo de producto. Se tendrá la capacidad de monitorear en tiempo real la operación de la planta, así como llevar el balance de entradas, salida de producto y el inventario.

En cuanto a las medidas de seguridad, se tendrá el cumplimiento de las siguientes normas STPS:

- NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
- NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.

- NOM-019-STPS-2011, Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene
- NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
- Se realizarán dos simulacros por año : Simulacro de gabinete y simulacro mayor
- Se contará con un programa de capacitación en materia de seguridad.
- Toma de parámetros de operación del City Gate.
- Patrullaje de la franja de desarrollo del sistema.
- Descargo de información en el City Gate para promedios de medición.
- Inspección, verificación y prueba de válvula registro de interconexión.
- Inspección y verificación de equipos e instrumentos del City Gate.
- Inspección y verificación de equipos e instrumentos de la ERM.
- Inspección y verificación de equipos e instrumentos de los registros de seccionamiento.
- Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones del cuarto de interconexión.
- Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones del City Gate.
- Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones de la ERM.
- Monitoreo de emanaciones de gas natural en el interior de los registros de seccionamiento.
- Monitoreo de porcentaje de odorización en el sistema.
- Monitoreo de emanaciones de gas natural sobre la franja de desarrollo del sistema.
- Inspección en el incremento de la clase de localización.

### **5.8.2. Medidas preventivas.**

Dentro de las medidas preventivas se consideran las siguientes capas de protección:

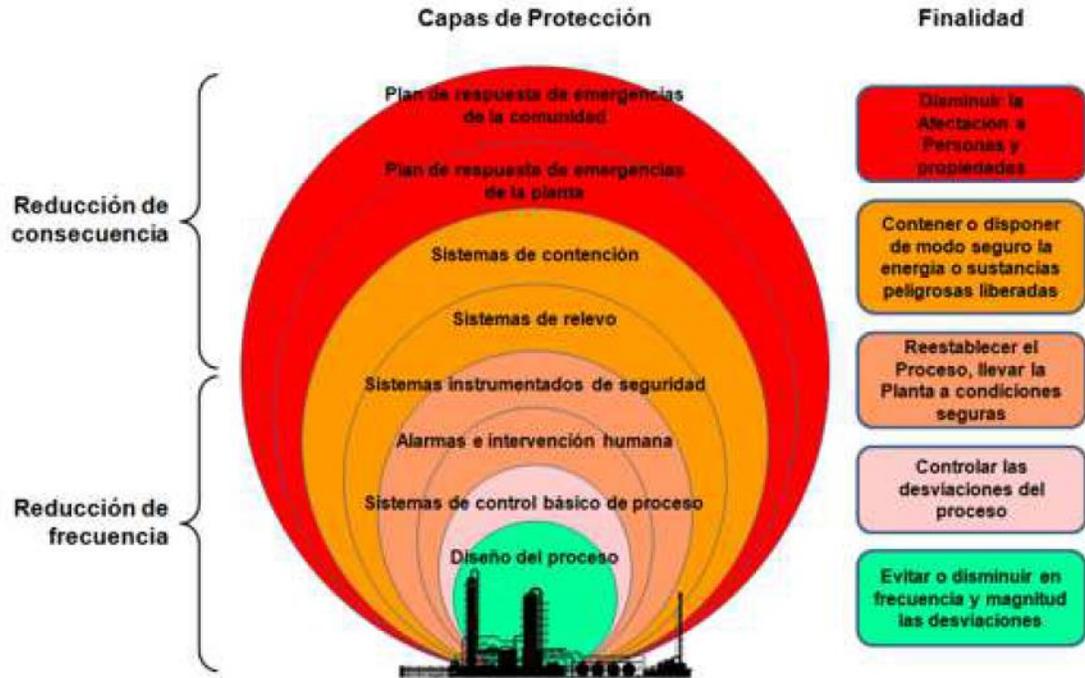


Figura 5.90. Capas de Protección (Medidas preventivas).

Con base al diagrama anterior, pueden clasificarse las salvaguardas con base en lo siguiente:

- Activas o pasivas.
- Preventivas (pre-release o antes de que la liberación del material ocurra).
- Mitigantes (post-release o después de que la liberación del material ocurra).

La empresa ha desarrollado una serie de procedimientos para la atención de emergencias y de procedimientos de seguridad, los cuales son descritos a continuación:

- Procedimientos de Emergencia:
  - PG-SYS-GEN-01, Plan de Respuesta a Emergencia.

Desarrollado como un plan de administración de crisis para regresar a condiciones normales y seguras de operación, evaluando el tiempo estimado para dos tipos de eventos: control de falla y reparación de falla.

- PO-SYS-GEN-06, Activación del Plan Integral de Seguridad.  
Permite al personal, tener conocimiento de cómo actuar en caso de alguna situación de emergencia, de manera oportuna y segura, con la finalidad de minimizar y corregir las condiciones que representan un riesgo para la comunidad y la operación.
- PO-SYS-SGS-14, Procedimiento de Prevención y Combate de Incendios.  
Permite al personal, tener conocimiento de cómo actuar ante una situación de emergencia de incendio, como prevenirlo de manera oportuna y segura, con la finalidad de minimizar y corregir las condiciones que representen un riesgo para el personal y sus instalaciones.
- PO-SYS-SGS-18, Plan Integral de Seguridad.  
Establece los lineamientos para identificar los riesgos asociados a un sistema de distribución y/o transporte de gas natural, incluyendo la instalación del usuario final. Así mismo, establece el plan de prevención de riesgos, así como la metodología inherente al monitoreo y control de fugas de gas natural.
- PT-SYS-SGS-08, Plan de Emergencias en Obra.  
Establece las directrices que permitan dar una respuesta oportuna y adecuada ante las situaciones de emergencia que se presenten durante las actividades de construcción.
- Procedimientos de Seguridad:
  - PG-SYS-SGS-01, Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos.  
Establece la metodología para identificar, evaluar, controlar y minimizar los peligros y riesgos a los que están expuestos los trabajadores al realizar sus actividades laborales en los diferentes centros de trabajo.
  - PG-SYS-SGS-02, Investigación y Análisis de Accidentes e Incidentes.

Establece la metodología a implementar para llevar a cabo la investigación de accidentes e incidentes que ocurran en las instalaciones y/o frentes de trabajo, con el fin de reducir su ocurrencia.

- PO-SYS-SGS-16, Procedimiento: Búsqueda, Rescate y Clasificación de Lesionados.

Proporcionar a todo el personal que desarrolle actividades en las instalaciones, conocimientos necesarios para realizar la búsqueda y rescate de lesionados, que se pudieran presentar debido a una emergencia. Así mismo, se presentarán los criterios para que en caso de que una emergencia presente múltiples lesionados, se brinde atención de manera prioritaria a quien más lo amerite.

- PO-SYS-SGS-24, Revisión de Seguridad en la Operación.

Establece los requerimientos en materia de seguridad, previo al inicio y durante la operación del sistema de transporte o distribución de gas natural, para dar cumplimiento a las disposiciones señaladas por las diferentes dependencias, así como del sistema integral de gestión.

- PT-SYS-SGS-09, Manejo de Sustancias Químicas Peligrosas.

Establece los lineamientos para la identificación, almacenamiento, manejo y trasvase de las sustancias químicas peligrosas utilizadas en las actividades, instalaciones y servicios de la empresa.

- PT-SYS-SGS-10, Trabajos de Alto Riesgo.

Establece los lineamientos de seguridad a considerar para ejecutar trabajos de alto riesgo de los centros de trabajo.

- PT-SYS-SGS-13, Comisión de Seguridad e Higiene.

Establece los mecanismos para la integración, funcionamiento y responsabilidades de la Comisión de Seguridad e Higiene en los diferentes centros de trabajo de la empresa.

Una copia de todos estos procedimientos se adjuntan en el **Anexo 8**.

### ***Medidas de Restauración y Mitigación.***

En el Plan de Contingencias en materia de Protección Civil/Atención a Emergencias que se realice para el establecimiento, también se deberá contemplar incluir las actividades y medidas tendientes a la restauración de las áreas y zonas afectadas (en caso de algún evento), en el apartado de recuperación después de terminada la emergencia, así como el retorno a condiciones normales de operación, donde se describan las acciones de:

- Limpieza y retiro de escombros, interna y externa, si fuera el caso.
- Disposición adecuada de todos los residuos que se generen de la limpieza.
- Reacomodo y restauración o reposición de maquinaria, equipo e instalaciones.
- Recuento de los daños en el exterior, para su restauración en coordinación con la autoridad competente.
- Reposición de los equipos y sistemas de emergencia que se hayan dañado.
- Evaluación del daño total causado por el evento, y en su caso, la reingeniería de las instalaciones con las adecuaciones y mejoras correspondientes.

### ***5.8.3. Recomendaciones técnico – operativas.***

En esta sección se indicarán claramente las recomendaciones técnico-operativas (que incluyan equipos, dispositivos, Sistemas de Seguridad y medidas preventivas) identificadas como oportunidades de mejora para reducir el Nivel de Riesgo, derivadas de la aplicación de la(s) metodología(s) para el Análisis y Evaluación de Riesgos (identificación de peligros y de Escenarios de Riesgo, jerarquización de Escenarios de Riesgo, análisis de frecuencias y consecuencias), a continuación se enlistan las principales recomendaciones derivadas:

- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a válvulas, reguladoras, conexiones e instrumentación.
- Verificar la instalación de válvulas de bloqueo y agregar en el plano.
- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones.
- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.

- Dar seguimiento a los programas de medición de espesores.
- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios.
- Dar seguimiento al monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.
- Dar seguimiento a los programas de medición de calidad del combustible y de los espesores de la tubería.
- Estación de Regasificación:
  - Realizar las pruebas de hermeticidad a los tanques de almacenamiento de GNL bajo las Normas Aplicables para comprobar que los tanques no presenten fugas.
  - Todos los tanques deben estar equipados con dispositivos de relevo de presión y vacío de acuerdo a la Normatividad Aplicable.
  - Asegurar el correcto funcionamiento del Sistema de Gas y Fuego (SDGF) que permitirá la detección oportuna de fuego para activar los sistemas para mitigación de fuego en las áreas de Tanques de Transferencia, y áreas de trasiego.

## 5.9. CONCLUSIONES.

Una vez realizados los estudios de campo, la recopilación de información, la evaluación y análisis de riesgos y finalmente la simulación de los eventos de riesgo, el personal a cargo del presente estudio concluye que:

El Proyecto lleva por nombre: "**SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ**", el proyecto contempla instalar un sistema de distribución de gas natural por medio de ductos, ubicado en La Paz, Baja California Sur, el cual contempla instalar un sistema de distribución de gas natural por medio de ductos, ubicado en La Paz, Baja California Sur, que constará de 1 Estación de Regulación y Medición "City Gate"; 1 Estación de Regasificación, 1 Estación de Regulación y Medición "ERM-01", 10



Estaciones de Regulación "ER" y un gasoducto principal que tendrá un total de 92,497.95 metros lineales compuesto por una tubería de 10" de diámetro, con ramales de 4", 3", 2" y 3/4".

El proyecto es presentado por la empresa **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, y proyectado en el municipio de La Paz, Baja California Sur; apegado a la Norma NOM-003-ASEA-2016, que rige y estipula todo lo referente a los sistemas de distribución de gas natural.

Se realizó la identificación de los riesgos potenciales y posteriormente para la evaluación se seleccionó la metodología HAZOP ("HAZard and OPerability"), conocida también como Análisis de Operabilidad y Riesgos de los Procesos.

Una vez realizada la identificación de riesgos a través de la aplicación del análisis HAZOP, se procedió a jerarquizar aquellos eventos que pudieran derivar en un accidente de riesgo ambiental. Para efectos de realizar la jerarquización, se utilizó una Matriz de Riesgos, la cual contempla los conceptos de Frecuencia y Severidad.

Una vez realizada la identificación de los riesgos potenciales por la metodología HAZOP y de hacer la debida jerarquización, se detectó que los eventos con mayor probabilidad de ocurrencia ocurrían al tener una falla en el sistema de trasvase, ya sea por daño mecánico de algún componente o por error humano al no realizar adecuadamente las conexiones; posteriormente se identificaron los siguientes casos de eventos de riesgo:

1. Fuga de Gas Natural en tubería principal de 10" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.

2. Fuga de Gas Natural en tubería (Acero al Carbón) principal de 10" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
3. Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 4" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
4. Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 4" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
5. Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
6. Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
7. Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 2" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
8. Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 2" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
9. Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 4" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la

- tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
10. Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 4" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
  11. Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 3" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
  12. Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 3" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
  13. Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 2" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
  14. Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 2" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
  15. Fuga de Gas Natural en la válvula tipo bola de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la Salida de la ERM "City Gate La Paz", debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
  16. Fuga de Gas Natural en la válvula tipo mariposa de 4" de diámetro @4.5 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la Salida de la ERM-01, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.

17. Fuga de Gas Natural en la válvula tipo esfera de 3" de diámetro @5 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM-01, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
18. Fuga de Gas Natural en la válvula tipo esfera de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ER, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
19. Fuga de Gas Natural en la válvula tipo mariposa de 4" de diámetro @7 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la salida de la ER, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
20. Fuga de Gas Natural Licuado en el Tanque de Almacenamiento "TH101" debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
21. Fuga de Gas Natural Licuado en el Tanque de Almacenamiento "TH102" debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
22. Fuga de Gas Natural Licuado en el Autotanque debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.

Se realizó el Análisis Detallado de consecuencias, por medio de las modelaciones de incendio y explosión, las cuales fueron hechas utilizando el Software SCRI Modelos en su Versión 4.5 y SCRI Fuego en su Versión 2.2, donde se obtuvieron los siguientes resultados:



- **Caso 1.**

**Clave de Escenario. 1A-FUGA-10IN-50%**

***Fuga de Gas Natural en tubería principal de 10" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 27 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 33.67 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 77.18 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 143.44 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 110.4 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 251.9 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 428.2 m a partir del punto en el que se genere la fuga.



- **Caso 2.**

**Clave de Escenario. 1B-FUGA-10IN-100%**

***Fuga de Gas Natural en tubería (Acero al Carbón) principal de 10" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 53.9 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 65.05 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 149.69 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 279.38 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 175.2 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 399.9 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 679.8 m a partir del punto en el que se genere la fuga.



- **Caso 3.**

**Clave de Escenario. 2A-FUGA-4IN-50%**

***Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 4" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 10.8 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 14.09 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 32.15 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 59.70 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 59.9 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 136.8 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 232.5 m a partir del punto en el que se genere la fuga.



- **Caso 4.**

**Clave de Escenario. 2B-FUGA-4IN-100%.**

***Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 4" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 21.6 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 27.24 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 62.36 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 115.86 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 95.11 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 217.11 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 369.05 m a partir del punto en el que se genere la fuga.



- **Caso 5.**

**Clave de Escenario. 3A-FUGA-3IN-50%**

***Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 8.1 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 10.72 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 24.42 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 45.34 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 49.46 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 112.9 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 191.91 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 6.**

**Clave de Escenario. 3B-FUGA-3IN-100%**

***Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 16.2 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 20.72 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 47.37 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 87.99 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 78.51 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 179.22 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 304.64 m a partir del punto en el que se genere la fuga.



- **Caso 7.**

**Clave de Escenario. 4A-FUGA-2IN-50%**

***Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 2" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 5.4 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 7.29 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 16.57 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 30.76 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 37.74 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 86.16 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 146.46 m a partir del punto en el que se genere la fuga.



- **Caso 8.**

**Clave de Escenario. 4B-FUGA-2IN-100%**

***Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 2" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 10.8 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 14.09 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 32.15 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 59.7 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 59.91 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 136.77 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 232.48 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 9.**

**Clave de Escenario. 5A-FUGA-4IN-PE-50%**

***Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 4" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 10.8 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 7.13 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 18.53 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 35.08 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 41.59 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 94.94 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 161.38 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 10.**

**Clave de Escenario. 5B-FUGA-4IN-PE-100%**

***Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 4" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 21.6 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 13.59 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 35.89 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 68.06 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 66.02 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 150.71 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 256.19 m a partir del punto en el que se genere la fuga.



- **Caso 11.**

**Clave de Escenario. 6A-FUGA-3IN-PE-50%**

***Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 3" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 8.1 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 5.45 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 14.09 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 26.65 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 34.33 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 78.37 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 133.22 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 12.**

**Clave de Escenario. 6B-FUGA-3IN-PE-100%**

***Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 3" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 16.2 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 10.4 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 27.28 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 51.69 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 54.5 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 124.41 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 211.48 m a partir del punto en el que se genere la fuga.



- **Caso 13.**

**Clave de Escenario. 7A-FUGA-2IN-PE-50%**

***Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 2" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 5.4 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 3.73 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 9.57 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 18.08 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 26.2 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 59.81 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 101.66 m a partir del punto en el que se genere la fuga.



- **Caso 14.**

**Clave de Escenario. 7B-FUGA-2IN-PE-100%**

**Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 2" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 10.8 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 7.13 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 18.53 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 35.08 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 41.59 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 94.94 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 161.38 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 15.**

**Clave de Escenario. 8A-VAL-BOLA-3IN-100%**

***Fuga de Gas Natural en la válvula tipo bola de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la Salida de la ERM "City Gate La Paz", debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 16.2 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 20.72 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 47.37 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 87.99 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 78.51 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 179.22 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 304.64 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 16.**

**Clave de Escenario. 9A-VAL-MRP-4IN-100%**

***Fuga de Gas Natural en la válvula tipo mariposa de 4" de diámetro @4.5 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la Salida de la ERM-01, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 21.16 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 8.95 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 28.29 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 54.63 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 56.91 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 129.92 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 220.84 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 17.**

**Clave de Escenario. 10A-VAL-ESF-3IN-100%**

***Fuga de Gas Natural en la válvula tipo esfera de 3" de diámetro @5 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM-01, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 16.2 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 7.74 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 22.79 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 43.72 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 48.66 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 111.08 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 188.82 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 18.**

**Clave de Escenario. 11A-VAL-ESF-3IN-100%.**

***Fuga de Gas Natural en la válvula tipo esfera de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ER, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 16.2 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 20.72 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 47.37 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 87.99 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 78.51 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 179.22 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 304.64 m a partir del punto en el que se genere la fuga.



- **Caso 19.**

**Clave de Escenario. 12A-VAL-MRP-4IN-100%**

***Fuga de Gas Natural en la válvula tipo mariposa de 4" de diámetro @7 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la salida de la ER, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 21.6 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 13.55 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 35.82 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 67.94 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 65.94 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 150.53 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 255.88 m a partir del punto en el que se genere la fuga.



- **Caso 20.**

**Clave de Escenario. 13A-TH101-GNL**

***Fuga de Gas Natural Licuado en el Tanque de Almacenamiento "TH101" debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 70.13 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 160.09 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 272.13 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

**BLEVE.**

El otro escenario se trata de una Bleve (explosión por la expansión de vapores) de Gas Natural Licuado. en el tanque de almacenamiento, debido a un incendio en el exterior el cual sobrecalienta al tanque, lo presuriza y produce una fisura o ruptura del mismo. Los resultados de modelación de la explosión por expansión de vapores de Gas Natural Licuado. consideran el total de la masa contenida en el tanque, lo cual da como resultado la formación de una bola de fuego con diámetro de 304.64 m y una duración 18.8 s, generando una radiación equivalente de 25 KW/m<sup>2</sup> en una distancia máxima de 353.33 m, una Zona de Alta Riesgo de 869.02 m donde se presentará una radiación equivalente de 5 KW/m<sup>2</sup> y una Zona de Amortiguamiento de 1629.97 m donde se presentaría una radiación equivalente de 1.4 KW/m<sup>2</sup>.



- **Caso 21.**

**Clave de Escenario. 14A-TH102-GNL**

***Fuga de Gas Natural Licuado en el Tanque de Almacenamiento "TH102" debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 70.13 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 160.09 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 272.13 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

**BLEVE.**

El otro escenario se trata de una Bleve (explosión por la expansión de vapores) de Gas Natural Licuado en el tanque de almacenamiento, debido a un incendio en el exterior el cual sobrecalienta al tanque, lo presuriza y produce una fisura o ruptura del mismo. Los resultados de modelación de la explosión por expansión de vapores de Gas Natural Licuado consideran el total de la masa contenida en el tanque, lo cual da como resultado la formación de una bola de fuego con diámetro de 304.64 m y una duración 18.8 s, generando una radiación equivalente de 25 KW/m<sup>2</sup> en una distancia máxima de 353.33 m, una Zona de Alta Riesgo de 869.02 m donde se presentará una radiación equivalente de 5 KW/m<sup>2</sup> y una Zona de Amortiguamiento de 1629.97 m donde se presentaría una radiación equivalente de 1.4 KW/m<sup>2</sup>.



- **Caso 22.**

**Clave de Escenario. 15A-AT-GNL**

***Fuga de Gas Natural Licuado en el Autotanque debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 10.8 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 11.04 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 25.98 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 48.49 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 51.91 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 118.5 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 201.43 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

**BLEVE.**

El otro escenario se trata de una Bleve (explosión por la expansión de vapores) de Gas Natural Licuado en el tanque de almacenamiento, debido a un incendio en el exterior el cual sobrecalienta al tanque, lo presuriza y produce una fisura o ruptura

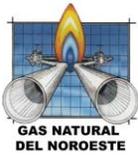


del mismo. Los resultados de modelación de la explosión por expansión de vapores de Gas Natural Licuado consideran el total de la masa contenida en el tanque, lo cual da como resultado la formación de una bola de fuego con diámetro de 155.63 m y una duración 12.1 s, generando una radiación equivalente de 25 KW/m<sup>2</sup> en una distancia máxima de 187.8 m, una Zona de Alta Riesgo de 427.75 m donde se presentará una radiación equivalente de 5 KW/m<sup>2</sup> y una Zona de Amortiguamiento de 857.51 m donde se presentaría una radiación equivalente de 1.4 KW/m<sup>2</sup>.

En base a los resultados obtenidos, se pudo observar que los escenarios más catastróficos serían el Caso 20 y/o Caso 21, que corresponde a una Blevé (explosión por la expansión de vapores) de Gas Natural Licuado en el tanque de almacenamiento de 315 m<sup>2</sup> de capacidad, esto debido a un incendio en el exterior el cual sobrecalienta al tanque, lo presuriza y produce una fisura o ruptura del mismo. Los resultados de modelación de la explosión por expansión de vapores de Gas Natural Licuado consideran el total de la masa contenida en el tanque, lo cual da como resultado la formación de una bola de fuego con diámetro de 304.64 m y una duración 18.8 s, generando una radiación equivalente de 25 KW/m<sup>2</sup> en una distancia máxima de 353.33 m, una Zona de Alta Riesgo de 869.02 m donde se presentará una radiación equivalente de 5 KW/m<sup>2</sup> y una Zona de Amortiguamiento de 1629.97 m donde se presentaría una radiación equivalente de 1.4 KW/m<sup>2</sup>.

También, en base a los resultados de las modelaciones de los eventos de riesgo considerados, se realizó la representación en planos de los radios potenciales de afectación, en donde se aprecian las interacciones de riesgo con las colindancias más próximas.

El Proyecto también contará con medidas preventivas para administrar los escenarios de riesgo, tales como: medidas preventivas en sistemas de control básico de proceso, alarmas de intervención humana, sistemas instrumentados de seguridad, señalización y Plan de Contingencias en materia de Protección Civil.



El efectuar las recomendaciones técnico-operativas ayudará a reducir la posibilidad de que se presenten cualquiera de los eventos de riesgo identificados, así como mitigar en algunos casos las posibles consecuencias derivadas de la ocurrencia del evento extraordinario.

En general, se considera que el Proyecto contará con los recursos administrativos, tecnológicos y humanos para prevenir los eventos de riesgo identificados, por lo que deberán mantener todos los sistemas y dispositivos de seguridad, programas de mantenimiento, procedimientos de emergencia y reforzar los programas de capacitación destinados a la prevención y control de los eventos de riesgo.

Adicionalmente a lo anterior, es necesario que los recursos metodológico-administrativos anteriores, sean actualizados y mejorados de acuerdo con las recomendaciones presentadas en este análisis, para que sean aún más funcionales.

## 5.10. RESUMEN EJECUTIVO.

El Proyecto “**SISTEMA DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ**”, el proyecto contempla instalar un sistema de distribución de gas natural por medio de ductos, ubicado en La Paz, Baja California Sur, el cual contempla instalar un sistema de distribución de gas natural por medio de ductos, ubicado en La Paz, Baja California Sur, que constará de 1 Estación de Regulación y Medición “City Gate”; 1 Estación de Regasificación, 1 Estación de Regulación y Medición “ERM-01”, 10 Estaciones de Regulación “ER” y un gasoducto principal que tendrá un total de 92,497.95 metros lineales compuesto por una tubería de 10” de diámetro, con ramales de 4”, 3”, 2” y 3/4”.

El proyecto es presentado por la empresa **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, y proyectado en el municipio de La Paz, Baja California Sur; apegado a la Norma NOM-003-ASEA-2016, que rige y estipula todo lo referente a los sistemas de distribución de gas natural.

Para la determinación de los riesgos ambientales que pudieran presentarse dentro de las instalaciones de la empresa se utilizaron los siguientes métodos de análisis de riesgos:

- Matriz de Identificación de Riesgos Potenciales (MIRP).
- Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP).

Habiendo finalizado la identificación de riesgos a través de la matriz de identificación de riesgos potenciales, se procedió a identificar qué condiciones presentaban de forma común en las operaciones realizadas. El objetivo planteado por el grupo de trabajo para realizar esto, fue agrupar las áreas que presentan condiciones similares para simplificar la aplicación del Análisis de Operabilidad y Riesgos HAZOP, se determinó a partir de la Matriz de Identificación de Riesgo Potenciales (MIRP).

De acuerdo con la descripción realizada, el análisis HAZOP se aplicará sobre los siguientes sistemas:

1. Estación de Regulación y Medición (ERM "City Gate").
2. Estación de Regasificación.
3. Estación de Regulación y Medición ("ERM-01").
4. Estaciones de Regulación "ER".
5. Gasoducto (Gas Natural) en ductos de 10", 4", 3", 2" y 3/4".

De esta forma, el análisis que se presenta no pretende ser un análisis exhaustivo de riesgo, sino más bien sobre el comportamiento general de las operaciones donde se ve involucrado el trasvase de los combustibles.

Una vez realizada la identificación de riesgos a través de la aplicación del análisis HAZOP, se procedió a jerarquizar aquellos eventos que pudieran derivar en un accidente de riesgo ambiental.

Para efectos de realizar la jerarquización, se utilizó una Matriz de Riesgos, la cual contempla los conceptos de Frecuencia y Severidad.

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

1. Fuga de Gas Natural en tubería principal de 10" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.

2. Fuga de Gas Natural en tubería (Acero al Carbón) principal de 10" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
3. Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 4" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
4. Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 4" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
5. Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
6. Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
7. Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 2" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
8. Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 2" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
9. Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 4" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la

- tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
10. Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 4" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
  11. Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 3" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
  12. Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 3" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
  13. Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 2" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
  14. Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 2" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
  15. Fuga de Gas Natural en la válvula tipo bola de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la Salida de la ERM "City Gate La Paz", debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
  16. Fuga de Gas Natural en la válvula tipo mariposa de 4" de diámetro @4.5 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la Salida de la ERM-01, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.

17. Fuga de Gas Natural en la válvula tipo esfera de 3" de diámetro @5 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM-01, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
18. Fuga de Gas Natural en la válvula tipo esfera de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ER, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
19. Fuga de Gas Natural en la válvula tipo mariposa de 4" de diámetro @7 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la salida de la ER, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
20. Fuga de Gas Natural Licuado en el Tanque de Almacenamiento "TH101" debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
21. Fuga de Gas Natural Licuado en el Tanque de Almacenamiento "TH102" debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.
22. Fuga de Gas Natural Licuado en el Autotanque debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.

Para realizar la descripción de los Radios de Afectación se modeló los efectos esperados a partir de la ocurrencia de los Eventos de Riesgo identificados y jerarquizados en el Análisis de Riesgos descrito en las secciones anteriores del presente capítulo. Las modelaciones de explosión fueron hechas utilizando el Software SCRI Modelos en su Versión 4.5 y los eventos de incendio fueron hechos utilizando el Software SCRI Fuego en su Versión 2.2. Resultando los siguientes resultados:

- **Caso 1.**

**Clave de Escenario. 1A-FUGA-10IN-50%**

**Fuga de Gas Natural en tubería principal de 10" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 27 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 33.67 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 77.18 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 143.44 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 110.4 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 251.9 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 428.2 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 2.**

**Clave de Escenario. 1B-FUGA-10IN-100%**

***Fuga de Gas Natural en tubería (Acero al Carbón) principal de 10" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 53.9 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 65.05 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 149.69 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 279.38 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 175.2 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 399.9 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 679.8 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 3.**

***Clave de Escenario. 2A-FUGA-4IN-50%***

***Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 4" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del***

***diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 10.8 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 14.09 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 32.15 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 59.70 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 59.9 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 136.8 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 232.5 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 4.**

***Clave de Escenario. 2B-FUGA-4IN-100%.***

***Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 4" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 21.6 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 27.24 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 62.36 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 115.86 m a partir del punto en que se genere la flama.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 95.11 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 217.11 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 369.05 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 5.**

**Clave de Escenario. 3A-FUGA-3IN-50%**

**Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 8.1 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 10.72 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 24.42 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 45.34 m a partir del punto en que se genere la flama.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 49.46 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 112.9 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 191.91 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 6.**

**Clave de Escenario. 3B-FUGA-3IN-100%**

**Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 16.2 m, a partir de la

cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 20.72 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 47.37 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 87.99 m a partir del punto en que se genere la flama.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 78.51 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 179.22 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 304.64 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 7.**

**Clave de Escenario. 4A-FUGA-2IN-50%**

**Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 2" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 5.4 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 7.29 m, se generaría una

radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 16.57 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 30.76 m a partir del punto en que se genere la flama.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 37.74 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 86.16 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 146.46 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 8.**

**Clave de Escenario. 4B-FUGA-2IN-100%**

**Fuga de Gas Natural en ramal (Acero al Carbón) de 2" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 10.8 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 14.09 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 32.15 m y la zona de

amortiguamiento definida por una radiación de  $1.4 \text{ kW/m}^2$ , se daría a una distancia máxima de 59.7 m a partir del punto en que se genere la flama.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 59.91 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 136.77 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 232.48 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 9.**

**Clave de Escenario. 5A-FUGA-4IN-PE-50%**

**Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 4" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 10.8 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de  $25 \text{ kW/m}^2$  a una distancia máxima de afectación de 7.13 m, se generaría una radiación de  $5 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 18.53 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de  $1.4 \text{ kW/m}^2$ , se daría a una distancia máxima de 35.08 m a partir del punto en que se genere la flama.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 41.59 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 94.94 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 161.38 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 10.**

**Clave de Escenario. 5B-FUGA-4IN-PE-100%**

**Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 4" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 21.6 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 13.59 m, se generaría una radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 35.89 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 68.06 m a partir del punto en que se genere la flama.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una sobrepresión de 3 psig, suficiente para causar daños a maquinaria en instalaciones industriales, a una distancia máxima de 66.02 m; alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables, a una distancia máxima de 150.71 m; y la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 256.19 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 11.**

**Clave de Escenario. 6A-FUGA-3IN-PE-50%**

**Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 3" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.**

### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 8.1 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 5.45 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 14.09 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 26.65 m a partir del punto en que se genere la flama.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 34.33 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 78.37 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 133.22 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 12.**

***Clave de Escenario. 6B-FUGA-3IN-PE-100%***

***Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 3" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 16.2 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 10.4 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 27.28 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 51.69 m a partir del punto en que se genere la flama.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que

es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 54.5 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 124.41 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 211.48 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 13.**

***Clave de Escenario. 7A-FUGA-2IN-PE-50%***

***Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 2" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 5.4 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 3.73 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 9.57 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 18.08 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 26.2 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 59.81 m hasta

la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 101.66 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 14.**

**Clave de Escenario. 7B-FUGA-2IN-PE-100%**

***Fuga de Gas Natural en ramal (Polietileno) de 2" de diámetro @7.025 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 10.8 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 7.13 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 18.53 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 35.08 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 41.59 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 94.94 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 161.38 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 15.**

**Clave de Escenario. 8A-VAL-BOLA-3IN-100%**

***Fuga de Gas Natural en la válvula tipo bola de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la Salida de la ERM "City Gate La Paz", debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 16.2 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 20.72 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 47.37 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 87.99 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 78.51 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 179.22 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 304.64 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 16.**

**Clave de Escenario. 9A-VAL-MRP-4IN-100%**

***Fuga de Gas Natural en la válvula tipo mariposa de 4" de diámetro @4.5 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la Salida de la ERM-01, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 21.16 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 8.95 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 28.29 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 54.63 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 56.91 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 129.92 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 220.84 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 17.**

**Clave de Escenario. 10A-VAL-ESF-3IN-100%**

***Fuga de Gas Natural en la válvula tipo esfera de 3" de diámetro @5 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM-01, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

**Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 16.2 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 7.74 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 22.79 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 43.72 m a partir del punto en que se genere la flama.

**Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 48.66 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 111.08 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 188.82 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 18.**

***Clave de Escenario. 11A-VAL-ESF-3IN-100%.***

***Fuga de Gas Natural en la válvula tipo esfera de 3" de diámetro @21 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ER, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 16.2 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 20.72 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 47.37 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 87.99 m a partir del punto en que se genere la flama.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 78.51 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 179.22 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 304.64 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 19.**

**Clave de Escenario. 12A-VAL-MRP-4IN-100%**

***Fuga de Gas Natural en la válvula tipo mariposa de 4" de diámetro @7 kgf/cm<sup>2</sup> (presión máxima de llegada), por falla de la válvula, lo que ocasiona ruptura total, localizada en la salida de la ER, debido a golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 21.6 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de

25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 13.55 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 35.82 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 67.94 m a partir del punto en que se genere la flama.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 65.94 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 150.53 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 255.88 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- **Caso 20.**

#### **Clave de Escenario. 13A-TH101-GNL**

***Fuga de Gas Natural Licuado en el Tanque de Almacenamiento "TH101" debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 70.13 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 160.09 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños

estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 272.13 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

### **BLEVE.**

El otro escenario se trata de una Blevé (explosión por la expansión de vapores) de Gas Natural Licuado. en el tanque de almacenamiento, debido a un incendio en el exterior el cual sobrecalienta al tanque, lo presuriza y produce una fisura o ruptura del mismo. Los resultados de modelación de la explosión por expansión de vapores de Gas Natural Licuado. consideran el total de la masa contenida en el tanque, lo cual da como resultado la formación de una bola de fuego con diámetro de 304.64 m y una duración 18.8 s, generando una radiación equivalente de 25 KW/m<sup>2</sup> en una distancia máxima de 353.33 m, una Zona de Alta Riesgo de 869.02 m donde se presentará una radiación equivalente de 5 KW/m<sup>2</sup> y una Zona de Amortiguamiento de 1629.97 m donde se presentaría una radiación equivalente de 1.4 KW/m<sup>2</sup>.

- **Caso 21.**

**Clave de Escenario. 14A-TH102-GNL**

***Fuga de Gas Natural Licuado en el Tanque de Almacenamiento "TH102" debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 70.13 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 160.09 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños

estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 272.13 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

### **BLEVE.**

El otro escenario se trata de una Blevé (explosión por la expansión de vapores) de Gas Natural Licuado en el tanque de almacenamiento, debido a un incendio en el exterior el cual sobrecalienta al tanque, lo presuriza y produce una fisura o ruptura del mismo. Los resultados de modelación de la explosión por expansión de vapores de Gas Natural Licuado consideran el total de la masa contenida en el tanque, lo cual da como resultado la formación de una bola de fuego con diámetro de 304.64 m y una duración 18.8 s, generando una radiación equivalente de 25 KW/m<sup>2</sup> en una distancia máxima de 353.33 m, una Zona de Alta Riesgo de 869.02 m donde se presentará una radiación equivalente de 5 KW/m<sup>2</sup> y una Zona de Amortiguamiento de 1629.97 m donde se presentaría una radiación equivalente de 1.4 KW/m<sup>2</sup>.

- **Caso 22.**

***Clave de Escenario. 15A-AT-GNL***

***Fuga de Gas Natural Licuado en el Autotanque debido a una ruptura de 2" de diámetro del tanque, debido al golpe con maquinaria pesada por obras en el área circundante.***

### **Incendio.**

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 10.8 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m<sup>2</sup> a una distancia máxima de afectación de 11.04 m, se generaría una radiación de 5 kw/m<sup>2</sup> a una distancia de 25.98 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup>, se daría a una distancia máxima de 48.49 m a partir del punto en que se genere la flama.

### **Explosión.**

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia de afectación de 51.91 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 3 psig; una distancia de 118.5 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; y una distancia máxima de 201.43 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

### **BLEVE.**

El otro escenario se trata de una Bleve (explosión por la expansión de vapores) de Gas Natural Licuado en el tanque de almacenamiento, debido a un incendio en el exterior el cual sobrecalienta al tanque, lo presuriza y produce una fisura o ruptura del mismo. Los resultados de modelación de la explosión por expansión de vapores de Gas Natural Licuado consideran el total de la masa contenida en el tanque, lo cual da como resultado la formación de una bola de fuego con diámetro de 155.63 m y una duración 12.1 s, generando una radiación equivalente de 25 KW/m<sup>2</sup> en una distancia máxima de 187.8 m, una Zona de Alta Riesgo de 427.75 m donde se presentará una radiación equivalente de 5 KW/m<sup>2</sup> y una Zona de Amortiguamiento de 857.51 m donde se presentaría una radiación equivalente de 1.4 KW/m<sup>2</sup>.

En base a los resultados obtenidos, se pudo observar que los escenarios más catastróficos serían el Caso 20 y/o Caso 21, que corresponde a una Bleve (explosión por la expansión de vapores) de Gas Natural Licuado en el tanque de almacenamiento de 315 m<sup>2</sup> de capacidad, esto debido a un incendio en el exterior

el cual sobrecalienta al tanque, lo presuriza y produce una fisura o ruptura del mismo. Los resultados de modelación de la explosión por expansión de vapores de Gas Natural Licuado consideran el total de la masa contenida en el tanque, lo cual da como resultado la formación de una bola de fuego con diámetro de 304.64 m y una duración 18.8 s, generando una radiación equivalente de 25 KW/m<sup>2</sup> en una distancia máxima de 353.33 m, una Zona de Alta Riesgo de 869.02 m donde se presentará una radiación equivalente de 5 KW/m<sup>2</sup> y una Zona de Amortiguamiento de 1629.97 m donde se presentaría una radiación equivalente de 1.4 KW/m<sup>2</sup>.

## SISTEMAS DE SEGURIDAD.

### Sistema de distribución

Los sistemas de seguridad con los que se contará en el sistema de distribución de gas natural son los especificados a continuación:

- SCADA. Se tendrá un sistema que permite monitorear vía remota el comportamiento de la presión en la ERM "City Gate".
- Válvulas de seccionamiento.
- Medidores de presión en las Estaciones de Regulación y Medición.
- Equipos de seguridad, los especificados en el siguiente inventario de equipo de emergencias:

**Tabla 5.47.** Inventario de Equipo de Emergencias.

No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
1	Exposímetro	RKI	NP. 204	1	PZ
2	Detector de Gas	HUBERG	METREX 3	1	PZ
3	Generador eléctrico	HONDA	No.PM0601100	1	PZ
4	Motobomba	TECUMSEH POWER	0H195EA	1	PZ
5	Carpa (con toldo y estructura)	CANOPI FACTORY	120648	1	PZ
6	Lámparas de mano	TRIPLE CROWN	606	4	PZ
7	Reflectores	SURTEK	136122	4	PZ



No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
8	Máquina de electrofusión	CENTRAL	TERMOPLAST	1	PZ
9	Prensas hidráulicas de 8 a 6	FOOTAGE TOOLS	N.D.	2	PZ
10	Prensas hidráulicas de 6 a 4	CONECTRA	N.D.	2	PZ
11	Prensas manuales de 4 a 2	CONECTRA	MANUAL	2	PZ
12	Guillotinas de 8	REED MFG	N.D.	1	PZ
13	Guillotinas de 4	REED MFG	N.D.	1	PZ
14	Extensiones eléctricas de 120 v	URREA	N.D.	2	PZ
15	Juego de cables pasa corriente	AUTOZONE	N.D.	2	PZ
16	Varillas de cobre	N.D.	N.D.	4	PZ
17	Tripie o soportaría	N.D.	N.D.	1	PZ
18	Carrucha	YALE	COLUMBUS	1	PZ
19	Eslingas o sogas	N.D.	N.D.	4	PZ
20	Banderas trafico	N.D.	N.D.	4	PZ
21	Conos de señalamiento	TRUPER	N.D.	6	PZ
22	Cintas de advertencia	URREA	N.D.	5	PZ
23	Extintores para KIT	N.D.	N.D.	3	PZ
24	Juego de llaves para válvulas	N.D.	N.D.	2	PZ
25	Mangueras para motobomba	N.D.	N.D.	2	PZ
26	Marro de goma	N.D.	N.D.	1	PZ
27	Raspador de tubería	N.D.	N.D.	1	PZ
28	Machete	N.D.	N.D.	1	PZ
29	Serrucho	TRUPER	N.D.	1	PZ
30	Palas laguneras	TRUPER	N.D.	4	PZ
31	Palas cuadradas	TRUPER	N.D.	4	PZ



**ANÁLISIS DE RIESGO  
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**

Proyecto: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL POR MEDIO  
DE DUCTOS EN LA ZONA GEOGRÁFICA ÚNICA: LA PAZ"  
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.

No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
32	Picos	TRUPER	N.D.	2	PZ
33	Barra	N.D.	N.D.	1	PZ
34	Impermeables	URREA	N.D.	6	PZ
35	Cascos	MSD	N.D.	6	PZ
36	Lentes	MSD	N.D.	6	PZ
37	Guantes	N.D.	N.D.	6	PZ
38	Casacas	N.D.	N.D.	6	PZ
39	Tapones auditivos	N.D.	N.D.	10	PZ
40	Botas de hule	URREA	N.D.	6	PZ
41	Botas industriales	CLIFF	N.D.	2	PZ
42	Equipo de Aire Autónimo	MCA	N.D.	1	PZ
43	Respiradores Faciales	N.D.	N.D.	5	PZ
44	Traje tyvex	N.D.	N.D.	10	PZ
45	Alcohol isopropílico (litros)	N.D.	N.D.	3	PZ
46	Agua garrafón 20 lts.	SIERRA AZUL	N.D.	2	PZ
47	Papel (paquetes) toallas azules	SCOTT SHOP	N.D.	10	PZ
48	Jabón (Kg.)	BLANCA NIEVES	N.D.	1	PZ
49	Codo 2" Ø x 90° PE	CENTRAL	N.D.	4	PZ
50	Codo 4" Ø x 90°	CENTRAL	N.D.	4	PZ
51	Codo 8" Ø x 90°	CENTRAL	N.D.	2	PZ
52	Codo 4" Ø x 45°	CENTRAL	N.D.	2	PZ
53	Codo 8" Ø x 45°	CENTRAL	N.D.	2	PZ
54	Tapón 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
55	Tapón 4" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
56	Tapón 8" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
57	Válvulas 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
58	Válvulas 4" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
59	Válvulas 8" Ø	CENTRAL	N.D.	1	PZ
60	Tee 2" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ



No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
61	Tee 4" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
62	Tee 8" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
63	Reducción 3" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
64	Reducción 4" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
65	Reducción 8" Ø x 6" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
66	Tap tee 2" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
67	Tap tee 4" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
68	Tap tee 8" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
69	Coples de electrofusión 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	JGO
70	Coples de electrofusión 4" Ø	CENTRAL	N.D.	4	JGO
71	Coples de electrofusión 8" Ø	CENTRAL	N.D.	4	JGO
72	Tubería 2" Ø PE-3408 (rollo)	N.D.	N.D.	1	PZ
73	Tubería 4" Ø PE-3408 (tramo)	N.D.	N.D.	1	PZ
74	Tubería 8" Ø PE-3408 (tramo)	N.D.	N.D.	1	PZ
75	Split-Sleeve de 2" Ø (grapa)	FURMANITE	IPSCO	1	PZ
76	Split-Sleeve de 4" Ø (grapa)	FURMANITE	IPSCO	1	PZ
77	Split-Sleeve de 8" Ø (grapa)	PLIDTO	No. 2870315	2	PZ
78	Termofusionadora 2" a 4"	N.D.	N.D.	1	PZ
79	Alineador de taping tee 2X2"	N.D.	N.D.	1	PZ
80	Alineador de tubería de 2 y 4"	N.D.	N.D.	1	PZ

No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
81	Caja con herramienta antichispa diversa	AMPCO	BRONCE	2	PZ
82	Marro antichispa	AMPCO	N.D.	1	PZ
83	Juego de cuñas num. del 1 al 8	AMPCO	N.D.	1	PZ
84	Pericas antichispa no. 12	AMPCO	N.D.	2	PZ
85	Stilson antichispa no. 12	AMPCO	N.D.	2	PZ

### Estación de Regasificación

Los sistemas de seguridad con los que se contará en el sistema de distribución de gas natural son los especificados a continuación:

- Dispositivos de relevo:

Todos los tanques deben estar equipados con dispositivos de relevo de presión y vacío de acuerdo a la Normatividad Aplicable. Los dispositivos de relevo deben comunicarse directamente con la atmósfera. Cada válvula de relevo de presión o de vacío de los tanques de GNL debe poder aislarse del tanque para mantenimiento de las mismas, por medio de una válvula manual de cierre de tipo paso completo.

- Sistema de detección de gas y fuego:

Se contará con un Sistema de Gas y Fuego (SDGF) que permitirá la detección oportuna de fuego para activar los sistemas para mitigación de fuego en las áreas de Tanques de Transferencia, y áreas de trasiego. El SDGF incluye una serie de dispositivos de iniciación:

- Detectores de fuego
- Detectores de gas combustible
- Estaciones manuales de Alarma
- Instrumentación de sistemas de diluvio
- Alarmas audibles, alarmas visibles y generador de tonos.

En general, el Panel de Control de Fuego y Gas activará los sistemas de apagado de la planta, emitiendo un comando de apagado remoto y estará localizado en el Cuarto de Tableros del Edificio Administrativo.

- **Drenaje Pluvial:**

El drenaje pluvial debe tener la capacidad de conducir las aguas recuperadas a un separador, a un sistema de tratamiento o bien conducir las a un punto de descarga autorizado (drenaje municipal o pozo de absorción). Debe ser controlado para evitar la libre entrada a los cuerpos naturales de agua, alcantarillas o drenajes públicos.

- La capacidad del drenaje pluvial se debe calcular en función al mayor volumen que resulte de la cantidad de agua recolectada de las áreas clasificadas como pluviales o de áreas libres de contaminación, durante la máxima precipitación, las áreas de retención deben ser construidas de manera que drenen completamente el agua para evitar que se acumule. Adicionalmente se puede contar con bombas y tubería para extraer el agua de lluvia que se deposite en el cárcamo de confinamiento.

- **Sistema de monitoreo operativo:**

La operación de esta planta será monitoreada a través de estaciones de trabajo que se ubican en el cuarto de control, de manera local en los equipos y en el área de recibo de producto. Se tendrá la capacidad de monitorear en tiempo real la operación de la planta, así como llevar el balance de entradas, salida de producto y el inventario.

En cuanto a las medidas de seguridad, se tendrá el cumplimiento de las siguientes normas STPS:

- NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
- NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.

- NOM-019-STPS-2011, Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene
- NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
- Se realizarán dos simulacros por año : Simulacro de gabinete y simulacro mayor
- Se contará con un programa de capacitación en materia de seguridad.
- Toma de parámetros de operación del City Gate.
- Patrullaje de la franja de desarrollo del sistema.
- Descargo de información en el City Gate para promedios de medición.
- Inspección, verificación y prueba de válvula registro de interconexión.
- Inspección y verificación de equipos e instrumentos del City Gate.
- Inspección y verificación de equipos e instrumentos de la ERM.
- Inspección y verificación de equipos e instrumentos de los registros de seccionamiento.
- Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones del cuarto de interconexión.
- Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones del City Gate.
- Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones de la ERM.
- Monitoreo de emanaciones de gas natural en el interior de los registros de seccionamiento.
- Monitoreo de porcentaje de odorización en el sistema.
- Monitoreo de emanaciones de gas natural sobre la franja de desarrollo del sistema.
- Inspección en el incremento de la clase de localización.

### **MEDIDAS PREVENTIVAS.**

La empresa ha desarrollado una serie de procedimientos para la atención de emergencias y de procedimientos de seguridad, los cuales son descritos a continuación:

- **Procedimientos de Emergencia:**
  - PG-SYS-GEN-01, Plan de Respuesta a Emergencia.  
Desarrollado como un plan de administración de crisis para regresar a condiciones normales y seguras de operación, evaluando el tiempo estimado para dos tipos de eventos: control de falla y reparación de falla.
  - PO-SYS-GEN-06, Activación del Plan Integral de Seguridad.  
Permite al personal, tener conocimiento de cómo actuar en caso de alguna situación de emergencia, de manera oportuna y segura, con la finalidad de minimizar y corregir las condiciones que representan un riesgo para la comunidad y la operación.
  - PO-SYS-SGS-14, Procedimiento de Prevención y Combate de Incendios.  
Permite al personal, tener conocimiento de cómo actuar ante una situación de emergencia de incendio, como prevenirlo de manera oportuna y segura, con la finalidad de minimizar y corregir las condiciones que representen un riesgo para el personal y sus instalaciones.
  - PO-SYS-SGS-18, Plan Integral de Seguridad.  
Establece los lineamientos para identificar los riesgos asociados a un sistema de distribución y/o transporte de gas natural, incluyendo la instalación del usuario final. Así mismo, establece el plan de prevención de riesgos, así como la metodología inherente al monitoreo y control de fugas de gas natural.
  - PT-SYS-SGS-08, Plan de Emergencias en Obra.  
Establece las directrices que permitan dar una respuesta oportuna y adecuada ante las situaciones de emergencia que se presenten durante las actividades de construcción.
  
- **Procedimientos de Seguridad:**
  - PG-SYS-SGS-01, Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos.

Establece la metodología para identificar, evaluar, controlar y minimizar los peligros y riesgos a los que están expuestos los trabajadores al realizar sus actividades laborales en los diferentes centros de trabajo.

- PG-SYS-SGS-02, Investigación y Análisis de Accidentes e Incidentes.

Establece la metodología a implementar para llevar a cabo la investigación de accidentes e incidentes que ocurran en las instalaciones y/o frentes de trabajo, con el fin de reducir su ocurrencia.

- PO-SYS-SGS-16, Procedimiento: Búsqueda, Rescate y Clasificación de Lesionados.

Proporcionar a todo el personal que desarrolle actividades en las instalaciones, conocimientos necesarios para realizar la búsqueda y rescate de lesionados, que se pudieran presentar debido a una emergencia. Así mismo, se presentarán los criterios para que en caso de que una emergencia presente múltiples lesionados, se brinde atención de manera prioritaria a quien más lo amerite.

- PO-SYS-SGS-24, Revisión de Seguridad en la Operación.

Establece los requerimientos en materia de seguridad, previo al inicio y durante la operación del sistema de transporte o distribución de gas natural, para dar cumplimiento a las disposiciones señaladas por las diferentes dependencias, así como del sistema integral de gestión.

- PT-SYS-SGS-09, Manejo de Sustancias Químicas Peligrosas.

Establece los lineamientos para la identificación, almacenamiento, manejo y trasvase de las sustancias químicas peligrosas utilizadas en las actividades, instalaciones y servicios de la empresa.

- PT-SYS-SGS-10, Trabajos de Alto Riesgo.

Establece los lineamientos de seguridad a considerar para ejecutar trabajos de alto riesgo de los centros de trabajo.

- PT-SYS-SGS-13, Comisión de Seguridad e Higiene.

Establece los mecanismos para la integración, funcionamiento y responsabilidades de la Comisión de Seguridad e Higiene en los diferentes centros de trabajo de la empresa.

### **RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS.**

Las recomendaciones técnico-operativas (que incluyan equipos, dispositivos, Sistemas de Seguridad y medidas preventivas) identificadas como oportunidades de mejora para reducir el Nivel de Riesgo, derivadas de la aplicación de la(s) metodología(s) para el Análisis y Evaluación de Riesgos (identificación de peligros y de Escenarios de Riesgo, jerarquización de Escenarios de Riesgo, análisis de frecuencias y consecuencias), a continuación, se enlistan las principales recomendaciones derivadas:

- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a válvulas, reguladoras, conexiones e instrumentación.
- Verificar la instalación de válvulas de bloqueo y agregar en el plano.
- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones.
- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
- Dar seguimiento a los programas de medición de espesores.
- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios.
- Dar seguimiento al monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.
- Dar seguimiento a los programas de medición de calidad del combustible y de los espesores de la tubería.

Se presenta el **Anexo 9** el Informe técnico del presente Análisis de Riesgos.



## **6. LISTADO DE ANEXOS.**

A continuación, se enlistan los Anexos mencionados en el presente documento, así como los que sustentan la información presentada:

- Anexo 1.** Documentación legal de la empresa.
- Anexo 2.** Documentos del responsable técnico de la elaboración del estudio.
- Anexo 3.** Planos y DTI's.
- Anexo 4.** Memoria de cálculo de la capacidad máxima de almacenamiento del gasoducto.
- Anexo 5.** Hojas de Seguridad del Gas Natural.
- Anexo 6.** Reportes SCRI de las simulaciones de los escenarios de riesgo.
- Anexo 7.** Planos de Radios de Afectación.
- Anexo 8.** Procedimientos de emergencia y de seguridad.
- Anexo 9.** Informe Técnico del Análisis de Riesgo.