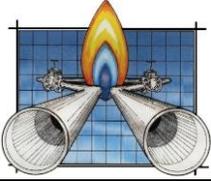
	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>I</b>
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	<b>FECHA</b>	Febrero del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 1 de 38

## Índice

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO .....	2
I.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE .....	2
I.2 BASES DE DISEÑO.....	4
I.2.1 Especificaciones Técnicas y Cálculos del Sistema para Transporte de Gas Natural. ....	6
I.2.2 Trazo y Perfil del Ducto. ....	10
I.3 HOJAS DE SEGURIDAD.....	10
I.4 CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	12
I.4.1 Operación.....	12
I.4.2 Pruebas de verificación. ....	16
I.5 PROCEDIMIENTOS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD .....	17
I.6 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	19
I.6.1 Antecedentes de accidentes e incidentes .....	19
I.6.2 Metodologías de identificación y jerarquización .....	26

## Índice de Tablas

Tabla I. 1 Características de los gasoductos que conforman el STGN.....	2
Tabla I. 2 Características de las EMRs.....	3
Tabla I. 3 Válvulas de Seccionamiento.....	3
Tabla I. 4 Condiciones de operación del Sistema para Transporte de gas natural.....	12
Tabla I. 5 Programa de Actividades de Seguridad.....	17
Tabla I. 6 Actividades de mantenimiento.....	18
Tabla I. 7 Identificación de diagramas de tubería e instrumentación utilizados.....	29
Tabla I. 8 Nodos Seleccionados en el Sistema para transporte de gas natural.....	30
Tabla I. 9 Consecuencias (en forma descriptiva).....	31
Tabla I. 10 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.....	32
Tabla I. 11 Matriz de riesgos.....	33
Tabla I. 12 Matriz de Riesgo considerando los resultados del HAZOP.....	34
Tabla I. 13 Descripción de fallas de mayor riesgo en los Nodos del HAZOP.....	35
Tabla I. 14 Fallas con probable fuga de gas natural.....	36
Tabla I. 15 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.....	37
Tabla I. 16 Probabilidades de falla.....	38
Tabla I. 17 Escenarios de Riesgo.....	38

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	FECHA	Febrero del 2018
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	HOJA:	Pág. 2 de 38

## I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

### I.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

#### A. Alcance e instalaciones que conforman el proyecto.

El alcance del presente proyecto es la instalación de un Sistema para Transporte de Gas Natural (STGN) de acceso abierto, con la finalidad de suministrar gas natural principalmente a las nuevas instalaciones de Grupo Modelo que se construyen actualmente en el municipio de Apan, Hgo., así como a las demás naves industriales que conformarán el Parque Industrial Nuevo Sahagún actualmente en construcción.

#### B. Origen y destino.

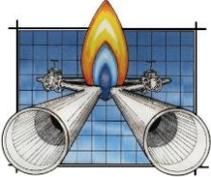
El sistema para transporte de gas natural tendrá como origen el punto de interconexión con el gasoducto de 48" Cempoala – Venta de Carpio, administrado por el CENAGAS, quien será el proveedor del energético; posterior al registro de interconexión se realizará la instalación de una Estación de Regulación y Medición (City Gate) en la que se recibirá el gas natural para su filtración, regulación y medición y posteriormente entregarlo al Sistema para Transporte de Gas Natural (STGN) que a la salida de la City Gate estará conformado por tubería en acero al carbón de 12" D.N. (gasoducto principal especificación API 5L Grado X52) el cual se proyectará por la parte Oeste del Parque Industrial Nuevo Sahagún de donde se interconectarán los ductos de 8" D.N. y 6" D.N. (especificación API 5L Grado X42) para dar suministro a las Estaciones de Regulación y Medición (ERMs) de los clientes.

#### C. Número de líneas, diámetro, longitud.

El STGN estará compuesto por una línea principal de acero al carbón de 12" D.N. y ramales en acero al carbón de 8" y 6" D.N.. En las tablas siguientes se indican las características de los gasoductos a instalar, así como la infraestructura complementaria que conformará el STGN, que corresponde a la City Gate, ERMs y Válvulas de Seccionamiento.

**Tabla I. 1 Características de los gasoductos que conforman el STGN.**

Diámetro	Longitud (m)	Especificación de material	Presión de Diseño (psi)	Presión de Operación (psi)	Temperatura de Diseño (°C)
12"	3 675.61	API 5L Grado X52	500	300	20
8"	5 499.44	API 5L Grado X42			
6"	3 133.86				

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>  <b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 3 de 38

**Tabla I. 2 Características de las EMRs.**

Nomenclatura	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas UTM Zona 14	
			X	Y
CG1	City Gate	0+000.00	546292.53	2176739.65
C. 01 (Grupo Modelo)	ERM 1	2+780.11	548146.61	2178513.49
C. 02	ERM 2	0+179.18	546525.83	2177092.02
C. 03	ERM 3	0+444.64	546682.34	2176878.22
C. 04	ERM 4	0+549.83	547127.36	2176479.53
C. 05	ERM 5	0+801.36	547319.69	2176319.14
C. 06	ERM 6	1+404.11	547797.29	2176342.02
C. 07	ERM 7	0+075.35	547163.04	2177276.76
C. 08	ERM 8	1+657.30	547510.52	2176805.90
C. 09	ERM 9	1+740.95	547560.15	2176738.66
C. 10	ERM 10	1+609.47	547843.83	2177533.38

**Tabla I. 3 Válvulas de Seccionamiento.**

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas	
			X	Y
1	VS 1	0+633.30	546424.7961	2177235.6669
2	VS 2	2+784.00	548149.5822	2178516.8851
3	VS 3	5+499.44	548874.9571	2179030.5348
4	VS 4	3+700.00	549104.1186	2177704.4703
5	VS 5	1+878.02	547637.3402	2176636.3298

Para mayor detalle se incluyen los planos del STGN. **Ver Anexo 1.**

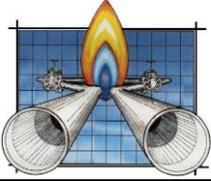
Para conocer las coordenadas puntos de inflexión de todo el sistema para transporte de gas natural.

**Ver Anexo 2.**

Las Memorias Técnico Descriptivas y Filosofías de operación de la City Gate y ERM del grupo Modelo se incluyen en el **Anexo 3.**

#### **D. Inversión.**

La inversión del presente proyecto es de \$7 500 000 M.N. (Siete millones quinientos mil pesos).

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>  <b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>I</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Febrero del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 4 de 38</b>

### **E. Vida útil.**

En base a la experiencia acumulada de la empresa promotora, diseñó el proyecto y realizará la construcción del sistema para transporte de gas natural para una vida útil de al menos 30 años en estado de operación, sin embargo este periodo de tiempo puede ser modificado hacia una vida mayor considerando el mantenimiento predictivo, preventivo y en su caso correctivo de la infraestructura a instalar.

### **F. Flujo.**

El flujo máximo que será manejado a la salida de la City Gate es de 61.18 MMSCFD (millones de pies cúbicos estándar por día).

## **I.2 BASES DE DISEÑO**

Considerando que las instalaciones para el transporte de Gas Natural están regidas por normas, códigos y estándares; la fase de diseño contempla aspectos necesarios para dar seguridad física al sistema conformado en su totalidad por tubería en Acero Carbón.

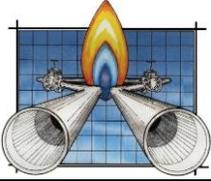
El diseño de las tuberías que conforman el sistema de transporte, además de la instrumentación considerada para el control y seguridad del mismo, se encuentran de acuerdo a lo especificado en el código **ASME B 31.8** - Edición 2007 "Sistemas de Transmisión y Distribución de Gas por Tuberías", el cual es un estándar internacional establecido por la industria de los Estados Unidos de América (EUA).

Aunado a lo anterior el sistema para transporte de Gas Natural está diseñado y será construido con estricto apego a la **NOM-007-SECRE-2010** "Transporte de Gas Natural", principal regulación aplicada en el desarrollo de los sistemas para transporte de gas natural por ductos. Cabe mencionar, que para dar cumplimiento a dicha norma, Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., deberá ser auditada por una Unidad de Verificación en materia de Gas Natural, misma que evaluará las condiciones de operación del sistema para transporte y ERMs, para dar cumplimiento a las normas establecidas por la Comisión Reguladora de Energía.

El diseño bajo el cual será construido el sistema para transporte de gas natural, así como las ERMs a cargo de la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., involucra los siguientes aspectos:

### **1. Cargas estáticas a las que esté sometida la tubería.**

Se considera la no afectación por cargas externas originadas por suelos inestables, vibraciones mecánicas o sónicas y adición de pesos adicionales a la tubería, como lo son estructuras y edificaciones, principalmente.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>I</b>
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	<b>FECHA</b>	<b>Febrero del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 5 de 38</b>

## 2. Cargas dinámicas que afectan al sistema.

Se consideran a aquellos cruces especiales por donde pasará el gasoducto, tales como: cruces carreteros y caminos rurales, los cuales no se verán afectados ni tampoco representarán un riesgo para la integridad física del gasoducto.

## 3. Presión a que están sujetas las tuberías.

El cálculo del espesor necesario para soportar la presión de operación de la red, fue determinado con la fórmula de Barlow, utilizando factores para la clase de localización 4, en el caso de tuberías metálicas.

## 4. Corrosión.

La tubería que se instalará en las ERMs, estará cumpliendo con los requisitos de seguridad y operación establecidos en la **NOM-007-SECRE-2010**.

## 5. Esfuerzos debidos a afectaciones exteriores.

Estos factores están considerados por la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., en los procedimientos de diseño utilizados por la empresa en el ducto que conforma el sistema para transporte de gas natural.

Además de lo indicado anteriormente, en el diseño de la construcción de la tubería, fueron considerados factores, tales como expansión y contracción térmica de la tubería, vibración, fatiga, cruzamientos y condiciones de cargas especiales, sismos y efectos provocados por los cambios de estación, lluvias, inundaciones y deslaves, principalmente.

Así mismo, los materiales utilizados en este proyecto, cumplen con las siguientes especificaciones:

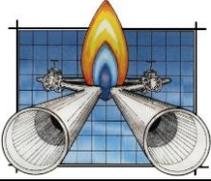
- Tubería de transporte y la utilizada dentro de las estaciones: **API 5L ó ASTM A53**,
- Válvulas de bloqueo y de operación: **API 6D** y partes 192 y 193 del **DOT 49**,
- Bridas y conexiones: **ASME B16.6 y B16.9**,

La tubería metálica de las estaciones de regulación deberá cumplir con los requisitos de la **NOM-007-SECRE-2010**, así mismo concuerda con los estándares **ASME-B 31.8 2007** y **DOT 49 CFR** en su parte 192.

Las instalaciones como casetas de regulación y medición de los asociados estarán debidamente resguardadas de agentes externos, mediante bardas perimetrales y/o cercas metálicas con acceso restringido, permitiendo la entrada sólo al personal de la empresa.

Aunado a lo anterior, dentro del diseño del presente proyecto fueron considerados los siguientes estándares:

- NOM-001-SECRE 2010.- Especificaciones del GN.
- NOM-007-SECRE 2010.- Transporte de Gas Natural.
- ASME B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping Systems

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	FECHA	Febrero del 2018
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	HOJA:	Pág. 6 de 38

- American Petroleum Institute (API-5L)
- American Gas Association (AGA)
- Reporte AGA-5
- Reporte AGA-8
- Reporte AGA-9
- Gas Processors Association (GPA)
- American Petroleum Institute (API)

### I.2.1 Especificaciones Técnicas y Cálculos del Sistema para Transporte de Gas Natural.

#### A) CALCULO PARA TUBERÍA 12" Ø AC (GASODUCTO PRINCIPAL).

El espesor mínimo de pared del tubo se calcula de acuerdo a la NOM-007-SECRE-2010. Transporte de Gas Natural, de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

Dónde:

t = Espesor mínimo de la tubería

P= Presión manométrica de diseño

D= diámetro exterior de la tubería.

S= Resistencia mínima a la cedencia.

F= Factor de diseño por densidad de población.

E= Eficiencia de la junta longitudinal de la tubería.

T= Factor de corrección por temperatura del gas.

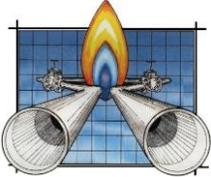
T= 1 si la temperatura del gas es igual o menor a 400° K.

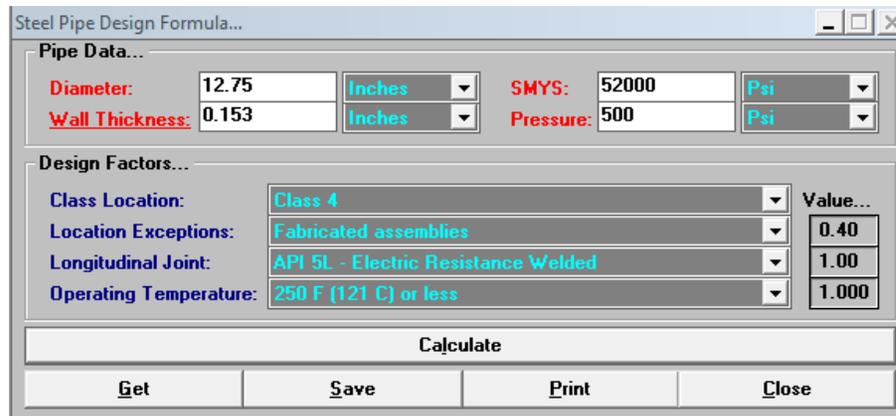
Utilizando tubería de acero al carbón con costura especificación **API 5L GRADO X52**, se obtiene el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería. **S=52 000 Psi**

#### Especificaciones de la tubería del gasoducto principal de 12" D.N.

Presión de prueba	750 Psi (52.73 Kg/cm <sup>2</sup> )
Presión de diseño:	500 Psi (35.15 Kg/cm <sup>2</sup> )
Presión de operación:	298.68 Psi (21.00 Kg/cm <sup>2</sup> )
Presión mínima:	227.57 Psi (16.00 Kg/cm <sup>2</sup> )
Clase de localización:	Clase 4 en toda su trayectoria.

Considerando una presión de diseño de **500.00 PSI** se procede a establecer el espesor mínimo requerido para la tubería de **12" A.C. API 5L GRADO X52 esp. 7/32**, cuyo diámetro exterior es de **12.750"**.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	FECHA	Febrero del 2018
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	HOJA:	Pág. 7 de 38



De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de 12" de diámetro tenga un espesor mínimo de **0.153"**.

Al espesor calculado se adiciona un 20% por corrosión y 15% por fallas en la construcción dando un total de espesor requerido de **0.207"**

Con esto se comprueba que la tubería de **12" A/C API 5L GRADO X52 esp. 7/32** que se empleara para este proyecto cumplirá satisfactoriamente puesto que tendrá un espesor de **0.219"**.

## B) CALCULO PARA TUBERÍA 8" Ø AC (RAMAL PRINCIPAL).

El espesor mínimo de pared del tubo se calcula de acuerdo a la NOM-007-SECRE-2010. Transporte de Gas Natural, de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

Dónde:

t = Espesor mínimo de la tubería

P= Presión manométrica de diseño

D= diámetro exterior de la tubería.

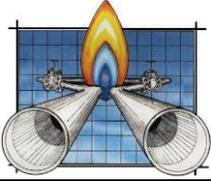
S= Resistencia mínima a la cedencia.

F= Factor de diseño por densidad de población.

E= Eficiencia de la junta longitudinal de la tubería.

T= Factor de corrección por temperatura del gas.

T= 1 si la temperatura del gas es igual o menor a 400° K.

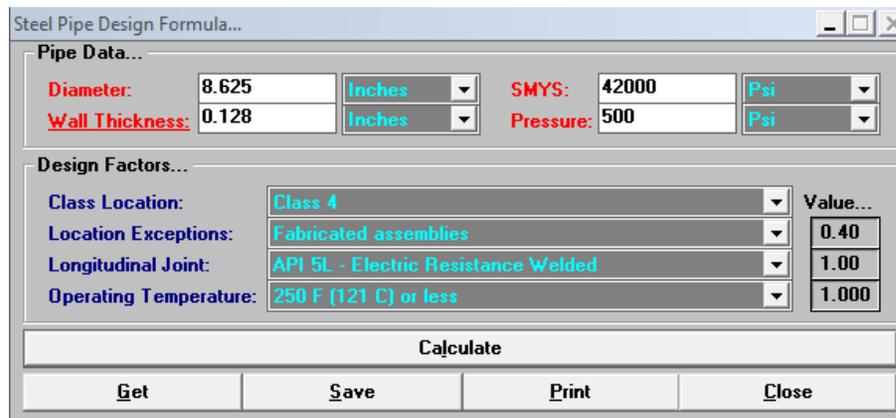
	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	FECHA	Febrero del 2018
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	HOJA:	Pág. 8 de 38

Utilizando tubería de acero al carbón con costura especificación **API 5L GRADO X42 esp. 7/32**, se obtiene el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería. **S=42 000 Psi**

#### Especificaciones de la tubería del gasoducto principal de 8" D.N

Presión de prueba	750 Psi (52.73 Kg/cm <sup>2</sup> )
Presión de diseño:	500 Psi (35.15 Kg/cm <sup>2</sup> )
Presión de operación:	298.68 Psi (21.00 Kg/cm <sup>2</sup> )
Presión mínima:	227.57 Psi (16.00 Kg/cm <sup>2</sup> )
Clase de localización:	Clase 4 en toda su trayectoria.

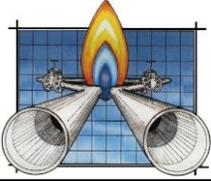
Considerando una presión de diseño de **500.00 PSI** se procede a establecer el espesor mínimo requerido para la tubería de **8" A.C. API 5L GRADO X42 esp. 7/32**, cuyo diámetro exterior es de 8.650".



De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de 8" de diámetro tenga un espesor mínimo de **0.128**.

Al espesor calculado se adiciona un 30% por corrosión y 15% por fallas en la construcción dando un total de espesor requerido de **0.186"**

Con esto se comprueba que la tubería de **8" A/C API 5L GRADO X42 esp. 7/32** que se empleara para este proyecto cumplirá satisfactoriamente puesto que tendrá un espesor de **0.219"**.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	FECHA	Febrero del 2018
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	HOJA:	Pág. 9 de 38

### C) CALCULO PARA TUBERÍA 6" Ø AC (RAMAL SECUNDARIO).

El espesor mínimo de pared del tubo se calcula de acuerdo a la NOM-007-SECRE-2010. Transporte de Gas Natural, de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

Dónde:

t = Espesor mínimo de la tubería

P= Presión manométrica de diseño

D= diámetro exterior de la tubería.

S= Resistencia mínima a la cedencia.

F= Factor de diseño por densidad de población.

E= Eficiencia de la junta longitudinal de la tubería.

T= Factor de corrección por temperatura del gas.

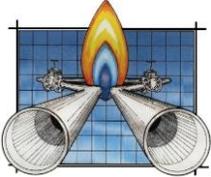
T= 1 si la temperatura del gas es igual o menor a 400° K.

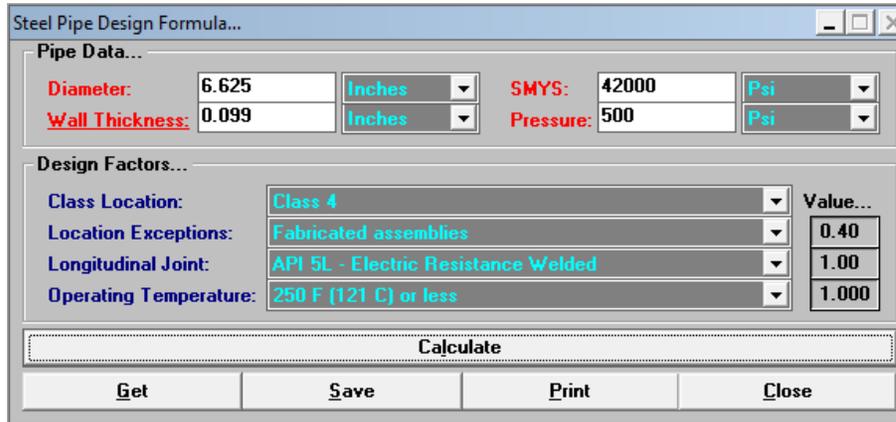
Utilizando tubería de acero al carbón con costura especificación **API 5L GRADO X42 esp. 7/32**, se obtiene el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería. **S=42 000 Psi**

#### Especificaciones de la tubería del gasoducto principal de 6" D.N.

Presión de prueba	750 Psi (52.73 Kg/cm <sup>2</sup> )
Presión de diseño:	500 Psi (35.15 Kg/cm <sup>2</sup> )
Presión de operación:	298.68 Psi (21.00 Kg/cm <sup>2</sup> )
Presión mínima:	227.57 Psi (16.00 Kg/cm <sup>2</sup> )
Clase de localización:	Clase 4 en toda su trayectoria.

Considerando una presión de diseño de **500.00 PSI** se procede a establecer el espesor mínimo requerido para la tubería de **6" A.C. API 5L GRADO X42 esp. 7/32**, cuyo diámetro exterior es de 6.625".

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 10 de 38



De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de 6" de diámetro tenga un espesor mínimo de **0.099**.

Al espesor calculado se adiciona un 30% por corrosión y 15% por fallas en la construcción dando un total de espesor requerido de **0.186"**

Con esto se comprueba que la tubería de **6" A/C API 5L GRADO X42 esp. 7/32** que se empleara para este proyecto cumplirá satisfactoriamente puesto que tendrá un espesor de **0.144"**.

### I.2.2 Trazo y Perfil del Ducto.

El perfil de la zona donde se ubicará el sistema para transporte de gas natural, muestra una topografía en donde la altitud mínima es de 2 469 metros sobre el nivel medio del mar (msnm) en la zona donde se ubicará la ERM del grupo Modelo, y como altitud máxima 2 483 msnm cerca en el área donde se localizará la City Gate. La diferencia en la elevación es de 14 m entre la altitud mínima y la altitud máxima del Sistema para Transporte de Gas Natural (STGN), por lo que este cambio de altitud no es significativo para cuestiones constructivas y de operación del proyecto.

Los planos del trazo y perfil del sistema para transporte de gas natural se incluyen en el **Anexo 4**.

### I.3 HOJAS DE SEGURIDAD

La sustancia química peligrosa involucrada en la etapa de operación del proyecto, es el Gas Natural, por lo que a continuación se describen algunas de las características de esta sustancia.

**Nombre:** Gas Natural - Gas Metano,

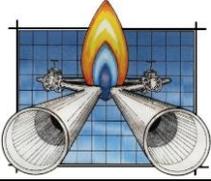
**Familia química:** Hidrocarburo parafínico,

**Peso molecular:** 16,042,

**Estado físico, color y olor:** Gas incoloro, inodoro e insípido,

**Punto de fusión (760 mm Hg):** - 182,50 °C,

**Punto de ebullición (760 mm Hg):** - 161,50 °C,

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	FECHA	Febrero del 2018
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	HOJA:	Pág. 11 de 38

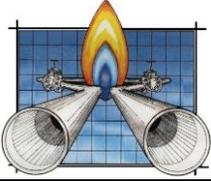
**Temperatura crítica:** - 82,50°C,  
**Calor específico:** 1,308 Kcal/Kg,  
**Calor de fusión:** 14 Kcal/Kg,  
**Calor de vaporización:** 122 Kcal/Kg,  
**Presión crítica:** 45,8 atm,  
**Densidad crítica:** 0,162,  
**Densidad del vapor (760 mm Hg):** 0,554,  
**Densidad específica (aire= 1):** 0,68,  
**Temperatura de auto ignición:** Entre 5 370 y 6 510°C  
**Volumen crítico:** 0,098 m<sup>3</sup>/Kg/mol,  
**Solubilidad en agua:** 0,4 – 20 microgramos/100 cm<sup>3</sup>,  
**Punto de inflamación:** 5 370 °C,  
**Límite inferior de explosividad:** 5 % gas en el aire,  
**Límite superior de explosividad:** 15 % gas en el aire,  
**M<sup>3</sup> de aire para quemar 1 m<sup>3</sup> gas:** 9,53.

El gas natural es incoloro, inodoro, insípido, sin forma particular y más ligero que el aire. Se presenta en su forma gaseosa por debajo de los -161 °C. Por razones de seguridad, se le añade mercaptano, un agente químico que le da un olor a huevo podrido, con el propósito de detectar fugas de esta sustancia.

Es una mezcla de hidrocarburos ligeros, compuesto principalmente de metano, etano, propano, butanos y pentanos; además de lo anterior, cuenta con otros componentes tales como el CO<sub>2</sub>, el helio, el sulfuro de hidrógeno y el nitrógeno, su composición nunca es constante, sin embargo, se puede decir que su componente principal es el metano (mínimo 90%). Posee una estructura de hidrocarburo simple, compuesto por un átomo de carbono y cuatro de hidrógeno (CH<sub>4</sub>). Cabe mencionar, que el metano es altamente inflamable, se quema fácilmente y emite muy poca contaminación. Por lo anterior el Gas Natural no es ni corrosivo ni tóxico, su temperatura de combustión es elevada y posee un estrecho intervalo de inflamabilidad, lo que hace de él un combustible fósil seguro en comparación con otras fuentes de energía; es más ligero que el aire y a pesar de sus altos niveles de inflamabilidad y explosividad las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas en el aire. Esta característica permite su preferencia y explica su uso cada vez más generalizado en instalaciones domésticas e industriales y como carburante en motores de combustión interna. Además presenta ventajas ecológicas, ya que al quemarse produce bajos índices de contaminación, en comparación con otros combustibles.

Así mismo el gas natural, es un asfixiante simple que no tiene propiedades peligrosas inherentes, ni presenta efectos tóxicos específicos, pero que actúa como excluyente del oxígeno para los pulmones. El efecto de los gases asfixiantes simples es proporcional al grado en que disminuye el oxígeno en el aire que se respira; por lo que en altas concentraciones puede producir asfixia.

**Ver Anexo 5. HDS del Gas Natural.**

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	FECHA	Febrero del 2018
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	HOJA:	Pág. 12 de 38

## I.4 CONDICIONES DE OPERACIÓN

### I.4.1 Operación

La sustancia manejada en el Sistema para Transporte será el Gas Natural, el cual se distribuirá en estado gaseoso, desde la salida de la City Gate hasta las instalaciones de los socios comerciales.

A continuación se muestran los datos de operación del sistema para transporte de gas natural. (Ver Tabla I.4).

**Tabla I. 4 Condiciones de operación del Sistema para Transporte de gas natural.**

<b>Sistema</b>	Transporte de Gas Natural
<b>Longitud</b>	12 308.91 m
<b>Diámetro</b>	12", 8" y 6" AC
<b>Profundidad</b>	1.5 m
<b>Presión máxima de trabajo</b>	298.68 psi (21.00 kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Presión mínima de trabajo</b>	227.57 psi (16.00 kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Flujo</b>	5.07 MMSCFD (mínimo) 61.18 MMSCFD (máximo)
<b>Temperatura</b>	18°C

### **1. CONDICIONES DE OPERACIÓN ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN (CITY GATE).**

Para la siguiente filosofía de operación se tomaron en cuenta las siguientes condiciones operativas y de diseño:

Presiones de trabajo del gasoducto de 48" D.N. Cempoala – Venta de Carpio, en el sitio Carretera Calpulalpan - Pachuca, el cual estará conectada la estación de medición y regulación (City Gate).

Presión máxima: **1 095.00 psi (76.98 kg/cm<sup>2</sup>)**

Presión normal: **1 023.00 psi (71.92 kg/cm<sup>2</sup>)**

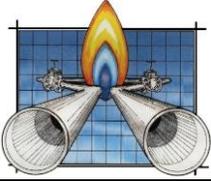
Presión mínima: **710.00 psi (49.91 kg/cm<sup>2</sup>)**

Presión de diseño **1 219.00 Psi (85.70 kg/cm<sup>2</sup>)**

Presión máxima de salida de la City Gate **300 Psi (21.00 kg/cm<sup>2</sup>)**

Presión mínima de salida de la City Gate **227.57 Psi (16.00 Kg/cm<sup>2</sup>)**

Los consumos establecidos para el diseño de la estación de regulación y medición (City Gate) son los siguientes

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	FECHA	Febrero del 2018
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	HOJA:	Pág. 13 de 38

Consumos	SCMD	MMSCFD	SCMH	SCFH
Consumo mínimo inicial	143 640.00	5.07	5 985.00	211 358.47
Consumo máximo	1 730 640.00	61.18	72 110.00	2 546 543.02

## 2. CONDICIONES DE OPERACIÓN GASODUCTO PRINCIPAL 12" Ø AC.

Para la siguiente filosofía de operación del gasoducto principal se tomaron en cuenta las siguientes condiciones operativas y de diseño:

Presiones de trabajo del gasoducto del 12" DN API 5L X52 Grupo Modelo, el cual estará conectado a la salida de la estación de regulación y medición (City Gate) para distribuir el gas dentro del parque industrial "Nuevo Sahagún".

Presión de prueba: **750.00 psi (52.73 kg/cm<sup>2</sup>)**

Presión normal: **298.68 psi (21.00 kg/cm<sup>2</sup>)**

Presión mínima: **227.57 psi (16.00 kg/cm<sup>2</sup>)**

Presión de diseño **500.00 psi (35.15 kg/cm<sup>2</sup>)**

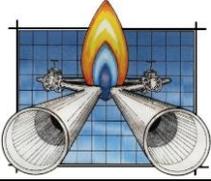
### Condiciones Generales de Operación y Mantenimiento

Los manuales de operación y mantenimiento son preparados de acuerdo con los códigos aplicables, estándares como API, ASME B31.8, en base a la parte 192 del título 49 del Código Federal de Regulaciones de los Estados Unidos de América, las leyes y regulaciones mexicanas han sido base para el diseño del sistema para transporte de gas natural propiedad de la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.. Estos manuales estarán disponibles desde el primer año de operación del sistema para transporte de gas natural. Serán revisados anualmente y modificados y corregidos con base a los principios de ingeniería y experiencia. El conocimiento del sistema permitirá en el futuro, mejorar consideraciones y condiciones de operación en el sistema, avances tecnológicos serán también considerados para su aplicación.

### Emergencias en el gasoducto y estación de regulación y medición de gas natural

Los procedimientos de emergencia son establecidos para operación segura del sistema para transporte y paro total del sistema y/o estaciones de regulación y medición de gas natural. También para la seguridad e integridad del personal tanto en el sitio de emergencia como en los alrededores y el entorno ecológico, en caso de falla del sistema o cualquier otra situación de emergencia. Estos procedimientos incluyen:

- Procedimientos de notificación.
- Para movilización de personal que tenga instrucción directa y maneje las situaciones de

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>I</b>
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	<b>FECHA</b>	Febrero del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 14 de 38

emergencia. Esto incluye notificación al personal adecuado de la compañía y a las autoridades locales (si procede) como policía, bomberos y hospitales.

### **Guías de seguridad para el personal**

Se incluyen los procedimientos para asegurar el sitio de la emergencia y evaluación, procedimientos para la estación de gas y otros lugares de trabajo o de comunidades cercanas.

### **Procedimientos de identificación y aislamiento**

Para identificar el origen del peligro, aislar la zona lo más pronto posible y minimizar los daños lo más que se pueda.

### **Procedimientos de restauración y reparación**

Para ofrecer guía en la agilización de las reparaciones de las instalaciones, así como los servicios de orden crítico que deberán ser reparados con prioridad, y/o la restitución del entorno que requiera reparación con la mayor rapidez.

### **Prevención y control de la contaminación**

Medidas de control y prevención de la contaminación serán establecidas para minimizar el efecto de la construcción, instalación y operación del sistema para transporte de gas natural. Temas de consideración en estos procedimientos incluirán lo siguiente:

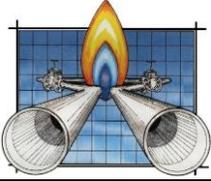
La fase de construcción del sistema es analizada y se establecen los posibles impactos al medio durante el tendido de tuberías, definiendo su magnitud y presencia en cada fase del programa de instalación. Derivado de lo anterior se presentan las medidas preventivas y de mitigación para reducir su magnitud y se declaran los indicadores de seguimiento para asegurar su éxito.

Durante la operación y mantenimiento del proyecto, el posible impacto al medio ambiente es mínimo, resultando ser el más riesgoso las posibles fugas del gas con sus consecuencias de afectación por incendio o explosión.

### **Detección de fugas.**

Procedimientos que son incluidos en el manual informan el método de detección por medio de explosímetro, donde personal calificado efectúa recorridos frecuentes sobre el derecho de vía, siguiendo la trayectoria del sistema y usando el equipo de detección, estos procedimientos tienen lo siguiente en consideración:

- Áreas de densa población deben ser inspeccionadas con mayor frecuencia.
- Caminos más frecuentados, cruzamientos y válvulas serán inspeccionadas en forma regular.
- Las ERMs serán detectadas con mayor frecuencia.
- Otras áreas urbanas y no pobladas pueden ser inspeccionadas con menor frecuencia.

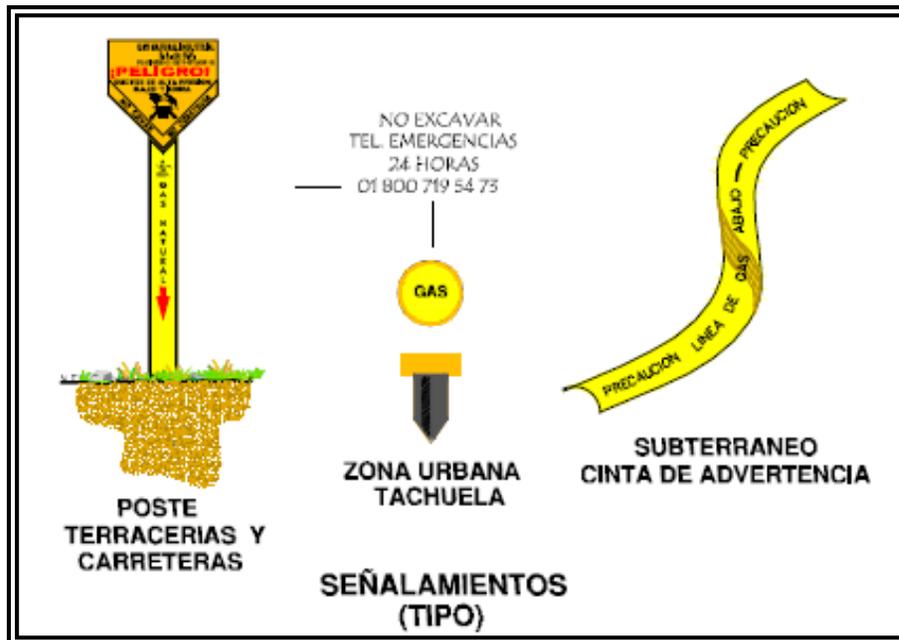
	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	FECHA	Febrero del 2018
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	HOJA:	Pág. 15 de 38

### Identificación de instalaciones y señalización.

Procedimientos de diseño y adecuación de simbología y señalización que permiten identificar y localizar la tubería, son implementados con la finalidad de reducir la probabilidad de siniestro o daños ocasionados por terceros a las instalaciones del sistema para transporte. Estos procedimientos consideran lo siguiente:

#### Diseño de letreros de identificación.

Aquí se toma en cuenta el incluir toda la información pertinente que tenga relación con números de emergencia, autoridades o áreas a quien informar, enunciados indicando la presencia de tubería de gas a presión enterrada para evitar excavaciones y alguna otra información relacionada a la seguridad, identificación, información de la presencia del tubo y localización.

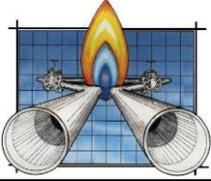


**Figura I. 1 Letreros de señalización a instalar en el derecho de vía del sistema para transporte de gas natural.**

#### Localización de letreros y anuncios

Los avisos son colocados a lo largo de la trayectoria del sistema para transporte, sobre el derecho de vía y lo más visible que sea posible, considerando las zonas estratégicas conforme a continuación se indica:

- Caminos, carreteras y cruzamientos del derecho de vía,
- Corredores de servicio,
- Zonas de urbanización probable,
- Actividades de construcción.
- Sistemas de drenaje,

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>I</b>
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	<b>FECHA</b>	<b>Febrero del 2018</b>
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 16 de 38</b>

- Sistemas de irrigación,
- Cruzamientos direccionales,
- Otros de ser necesario.

#### Montaje de anuncios y letreros

Los postes y signos son inspeccionados periódicamente para asegurar con mantenimiento que sean siempre visibles y legibles, debiendo localizarse conforme a lo establecido en el diseño de colocación.

La operación de los gasoductos es continua y permanente, ajustándose los flujos a los requerimientos del energético de sus asociados en el área.

Para el funcionamiento del sistema para transporte de gas natural de la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., no se requieren recursos o materia auxiliar para sus actividades de operación, no genera residuos, ni emisiones contaminantes a la atmósfera y el balance de agua es cero.

#### **I.4.2 Pruebas de verificación.**

Las verificaciones realizadas por las Unidades de Verificación, contemplan el diseño, los materiales y equipos, la construcción y pruebas, la operación, el mantenimiento y la seguridad del sistema para transporte.

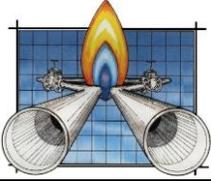
La obligatoriedad de la realización de verificaciones a cumplimiento de la normatividad que aplica a los sistemas para transporte de gas natural, emana del título de permiso con que cuenta el transportista otorgado por la Comisión Reguladora de Energía. En dicho título se obliga al regulado a la inspección y verificación de sus actividades de operación y mantenimiento a través de una Unidad de Verificación acreditada y de la misma forma todas las adiciones, cambios o reposiciones de la red deben de contar con un dictamen de una Unidad de Verificación acreditada previo a la puesta en operación de cada modificación a la instalación.

La revisión sobre el diseño abarca la memoria de cálculo del proyecto, la determinación de espesores y diámetros de tubería en función de los niveles de presión de la estación y las caídas de presión a demanda máxima.

La verificación de materiales y equipos utilizados comprueba que éstos sean aprobados por las normas y se ratifica que sus especificaciones concuerden con las condiciones a que estarán sometidos durante la operación del sistema.

Durante la construcción del gasoducto, la verificación abarca la vigilancia de los requisitos estipulados en el diseño, el cumplimiento de profundidades, cruces especiales, y radiografiado de la red, principalmente, y la realización de todas las pruebas que las propias normas aplicables estipulan en esta fase.

En el **Anexo 6**, se incluyen los procedimientos para la realización de pruebas de verificación previo arranque del sistema para transporte de gas natural.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>  <b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>I</b>
		<b>FECHA</b>	Febrero del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 17 de 38

## I.5 PROCEDIMIENTOS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

La promovente cuenta con procedimientos técnicos operativos, mismos que se encuentran actualizados y serán aplicados por parte del personal al momento de presentarse una situación de emergencia. Dichos procedimientos se indican a continuación:

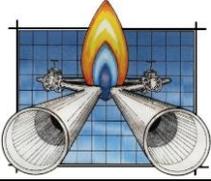
- PR-SYS-SGS-01 Programa Anual de Capacitación de Seguridad
- PR-SYS-SGS-02 Programa Anual de Simulacros
- PR-SYS-SGS-06 Programa Anual de Platicas a la Comunidad
- PO-SYS-SGS-18. Plan Integral de Seguridad (PIS)
- PO-SYS-SGS-19. Programa de Auxilio
- PO-SYS-SGS-20. Programa de Prevención de Daños
- PO-SYS-SGS-21. Programa de Recuperación
- PO-SYS-GEN-06. Activación del Plan Integral de Seguridad PIS (ITO-000)
- Programa Anual de Capacitación Técnica
- Programa Anual de Mantenimiento y Operación

**Ver en Anexo 7.** Procedimientos y Programas de seguridad

Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., cuenta con un programa de seguridad, del cual se deriva una serie de actividades preventivas-correctivas para la eficiente operación de la red de gas natural, las cuales se indican en la siguiente tabla:

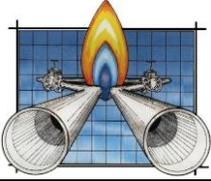
**Tabla I. 5 Programa de Actividades de Seguridad.**

Actividades de Seguridad	Frecuencia
Patrullaje de la franja de desarrollo del sistema.	Diario
Descargo de información en el sistema para promedios de medición de facturación.	Quincenal
Inspección, verificación y prueba de válvula registro de interconexión.	Mensual
Inspección y verificación de equipos e instrumentos de las ERMs.	
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 de las ERMs.	
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.	Trimestral
Inspección en el incremento de la clase de localización.	Anual

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>  <b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	<b>CAPITULO</b>	I
		<b>FECHA</b>	Febrero del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 18 de 38

**Tabla I. 6 Actividades de mantenimiento.**

Actividades de Mantenimiento	Frecuencia
<b>Mantenimiento instrumentación.</b>	
Calibración de manómetros en las ERMs.	Semestral
<b>Mantenimiento eléctrico.</b>	
Levantamiento de potenciales del sistema.	Mensual
Toma de resistividad del suelo donde se aloja el gasoducto.	Anual
Medición de tierras físicas.	
<b>Mantenimiento mecánico.</b>	
Mantenimiento y prueba en registros de válvulas de seccionamiento y disparos del sistema.	Bimestral
Mantenimiento preventivo de los filtros en las ERMs.	Semestral
Mantenimiento preventivo, calibración y ajuste a las válvulas reguladoras de las ERMs.	Anual
Mantenimiento preventivo, calibración y ajuste a las válvulas de seguridad de las ERMs.	Semestral
Aplicación de recubrimiento en la interconexión.	
Aplicación de recubrimiento en las ERMs.	
Aplicación de recubrimiento en los registros de seccionamiento.	
Medición de espesores en instalaciones superficiales.	Anual
Mantenimiento al equipo de motorización.	
<b>Servicios generales.</b>	
Limpieza y aseo general de las instalaciones del cuarto de interconexión.	Mensual
Limpieza y aseo general de las instalaciones de las ERMs.	
Limpieza y aseo general de las instalaciones de los registros de seccionamiento.	
Limpieza y desazolve de la señalización tipo "4" y tipo "R".	Trimestral
Aplicación de pintura a la señalización tipo "4" y tipo "R" en el sistema.	
Limpieza y desazolve de la franja de desarrollo del sistema.	Cuatrimestral

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	FECHA	Febrero del 2018
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	HOJA:	Pág. 19 de 38

## I.6 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

### I.6.1 Antecedentes de accidentes e incidentes

En el manejo y operación de gasoductos utilizados para la conducción de gas natural, se propone una metodología de análisis de riesgo operativo, debido a los daños causados por fallas mecánicas y debido a terceras partes originadas por la extracción descontrolada de gas natural en tomas no autorizadas (tomas clandestinas), en los ductos de conducción de gas natural de las diferentes compañías abastecedoras de gas y principalmente, en ductos a cargo de PEMEX-GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA (PGPB).

De los estudios y análisis realizados por dependencias con gran experiencia dentro del ramo (tal es el caso de PEMEX), se concluye que el factor de riesgo con mayor probabilidad de ocurrencia en gasoductos, es debido principalmente por daños de terceras partes, seguido de los daños por corrosión.

En años recientes, algunas causas fundamentales del incremento de accidentes en los gasoductos de PEMEX han sido, la inadecuada evaluación de los mismos y la falta de gestión para erradicar esta problemática, adicionalmente no hay una base de datos histórica de accidentes en ductos de transporte de hidrocarburos disponible de manera oficial en el país, estas circunstancias repercuten negativamente en la funcionalidad de los ductos en México.

**Fuente: Estudio del Riesgo en Ductos de transporte de gasolina y diesel en México. Instituto Politécnico Nacional.**

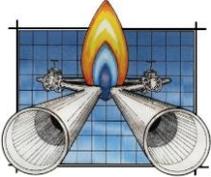
Como datos históricos, se presenta a continuación la descripción de casos ocurridos en México, relacionados con fugas de gas natural en gasoductos de diferentes partes del país.

#### Explosión en gasoducto en San Pedro Garza García, Nuevo León.

Una explosión e incendio en una tubería de gas natural en una construcción cercana a la zona comercial y hotelera en el municipio de San Pedro Garza García movilizó a elementos de Protección Civil, Bomberos de Nuevo León y unidades de las cruces Roja y Verde.

El incendio se originó luego de una fuga de agua la que reblandeció la tierra, lo que ocasionó la caída de un poste de energía eléctrica sobre un ducto de gas de 12 pulgadas, lo que ocasionó la conflagración.

El incendio se originó alrededor de las 10:00 horas, a causa del rompimiento de la tubería de gas, lo que ocasionó la explosión e incendio sobre la lateral de la avenida Lázaro Cárdenas y Diego Rivera, en el citado municipio, sin que se presenten personas lesionadas.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>I</b>
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	<b>FECHA</b>	Febrero del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 20 de 38



**Foto I.1** Daños generados por la explosión.

*Explosión en gasoducto de PEMEX en el estado de Tabasco.*

Una explosión se registró el 06 de Abril del 2013, en un gasoducto de 16”Ø, a la altura del rancho “Aguiles Serdán”, en la localidad La Venta, municipio de Huimanguillo, Tabasco, con saldo de tres heridos, reportaron Pemex y autoridades locales.

La paraestatal, precisó que el incendio se presentó en el gasoducto de 16”Ø Cinco Presidentes, del complejo procesador de gas La Venta, a la altura de la carretera vecinal a Villa La Venta, en el municipio referido.

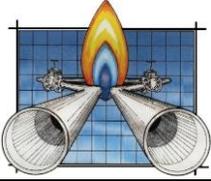
La explosión, fue ocasionada por el **golpe de una retroexcavadora** de la empresa privada FIRESA.

Como consecuencia de este hecho, resultaron lesionados tres trabajadores de la compañía privada, de los cuales en un principio uno de ellos permanecía desaparecido, pero fue hallado sin mayores consecuencias.

Así mismo, confirmó que una retroexcavadora, una motocicleta y un vehículo resultaron quemados como consecuencia de la explosión.

Por su lado, personal de operación de pozos e instalaciones de Petróleos Mexicanos (PEMEX) procedió a bloquear las válvulas de seccionamiento La Venta 80 y Margen Derecha del Río Chicozapote, y a suspender el bombeo de las Baterías de Separación Cinco Presidentes 1, 2 y Rodador, indicó la empresa petrolera.

Protección Civil evacuó a personas cercanas al lugar de la explosión para trasladarlas a un lugar seguro. El incendio fue controlado totalmente antes del mediodía.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>  <b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>I</b>
		<b>FECHA</b>	Febrero del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 21 de 38

Por separado, autoridades locales de Huimanguillo informaron antes que la paraestatal que el accidente fue causado por una retroexcavadora que realizaba trabajos en el lugar, y que los heridos fueron trasladados por una ambulancia de servicios comunitarios a una clínica de dicho municipio colindante con Veracruz.

El flamazo dañó aproximadamente 80 m<sup>2</sup> de pastizales y como medida preventiva Pemex acordonó el sitio donde se registró la conflagración, en un operativo en que participaron militares y personal de Seguridad Física de Pemex, Protección Civil y Tránsito Municipal.



**Foto I.2** Chorro de fuego a causa de la fuga de gas natural en el municipio de Huimanguillo, Tabasco.

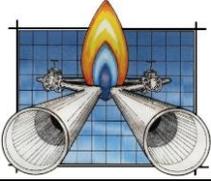
Fuente: [La Crónica.com.mx](http://LaCrónica.com.mx). 07 de Abril del 2013

*Fuga de Gas e incendio en el municipio de Zapotlanejo, Jalisco.*

La fuga de gas natural fue ocasionada por el golpe de una retroexcavadora de la empresa Cobra Construcciones, que realizaba trabajos en el área, sin el permiso de Pemex, indicó la paraestatal en un comunicado emitido posterior al evento.

El funcionario precisó que a poco más de 24 horas del incidente, el riesgo comenzó a ceder, ya que la presión de salida de gas bajó de 36 kg/cm<sup>2</sup> a 10 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el tamaño de la flama pasó de 30 metros de altura a 4 m.

El incidente, ocurrió alrededor de las 18:30 horas, pero el flamazo se dio a las 23:00 horas. Un bombero y un empleado de la compañía Infraestructura Carretera quedaron con heridas leves.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 22 de 38

Luego del estallido, las autoridades evacuaron la comunidad de Corralillos y cerraron la autopista México-Morelia, a la altura del kilómetro 461. Los evacuados fueron llevados a la Casa de la Cultura del municipio de Zapotlanejo.

En tanto, Pemex informó que personal especializado atendió el incendio ocasionado por la ruptura del ducto de 14"Ø (35 cm).

Pemex anunció que el abasto de combustible estuvo garantizado en todo momento, ya que solo se suspendió el flujo en el tramo Abasolo-Guadalajara, mientras que continuó en operación otro gasoducto que va de Cactus, Chiapas, a Abasolo, Guanajuato, ya que la única terminal de distribución de Pemex-Gas afectada fue la de Guadalajara, pero ésta cuenta con suficiente producto almacenado para cumplir con su programa de distribución.



**Fotos I.3 y I.4** Incendio en el municipio de Zapotlanejo, Jalisco, debido a una fuga de gas natural.

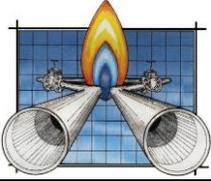
Fuente: [CNN México. 19 de Octubre del 2012.](#)

*Explosión en Gasoductos de PEMEX, en el municipio de Pedro Escobedo, Estado de Querétaro.*

Seis trabajadores de PEMEX resultaron heridos al ocurrir una explosión mientras trabajaban controlando la fuga de un gasoducto en el municipio de Pedro Escobedo.

La fuga fue detectada a la altura de la comunidad Las Postas, en un ducto de 14"Ø correspondiente al tramo Cactus-Guadalajara, tras un percance ocasionado por una retroexcavadora que operaba en el lugar instalando equipo de riego.

Unos 200 pobladores de la localidad fueron evacuados y concentrados en un albergue habilitado en el auditorio municipal de Pedro Escobedo, además de que fueron cerradas las Válvulas de Seccionamiento (V.S.), que permiten la circulación del gas por ese tramo y personal del sector Ductos de Salamanca y de Petroquímica acudieron a efectuar las reparaciones necesarias, según informó la paraestatal.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	FECHA	Febrero del 2018
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	HOJA:	Pág. 23 de 38

Dos días después se reportó la situación bajo control y la gente volvió a sus actividades normales. Sin embargo, más tarde un grupo de trabajadores permanecía efectuando tareas para concluir con la reparación del gasoducto, cuando se produjo el flamazo, aparentemente por un error de los mismos técnicos.

En un comunicado, Pemex confirmó que ya no existe riesgo para la población de la zona según los monitoreos efectuados, pero adjudicó a una falta de seguridad y errores de protocolo el percance ocurrido a los trabajadores.

**Fuente: [Proceso.com.mx](http://Proceso.com.mx). 28 de Marzo del 2013.**

*Fuga de Gas Natural en Gasoductos de PEMEX, en el Estado de Veracruz.*

Petróleos Mexicanos (PEMEX) informó que a las 2:00 a.m. del día 10 de Septiembre del 2007, el sistema SCADA detectó una pérdida de presión inusual en seis puntos de diferentes ductos en el estado de Veracruz ocasionados por actos premeditados, por lo que de inmediato suspendió el suministro de gas natural en dichas líneas. La baja de presión fue ocasionada por explosiones en los siguientes puntos:

Válvula de Seccionamiento (V.S.), del gasoducto de cuarenta y ocho pulgadas de diámetro (48"Φ), que coincide con Gas Natural de Cactus - San Fernando, a la altura del municipio La Antigua, sin que se presentara incendio. Sin embargo, por motivos de seguridad, Protección Civil estatal realizó la evacuación de los habitantes que se encontraban cerca del evento,

Válvula de Seccionamiento (V.S.), en el mismo gasoducto de 48"Φ, a la altura del Río Actopan, en el cual se registró un incendio,

Trampa de diablos del gasoducto de 48"Φ, Cempoala - Santa Ana, a la altura de Delicias, Tlaxcala., en la cual no se presentó incendio,

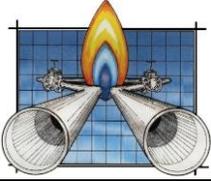
Válvula de Seccionamiento (V.S.), en el gasoducto de 30"Φ, de Minatitlán Veracruz - México D.F. y en el ducto de 24"Φ Cactus, Chiapas – Guadalajara, Jalisco.

Válvula de Seccionamiento (V.S.), en el mismo gasoducto de 30" (Minatitlán, Veracruz – México, D.F.), además del ducto de 24"Φ (Cactus – Guadalajara), poliducto de 12"Φ y oleoducto de 24"Φ en el Municipio La Balastrea, donde se presentaron incendios debidos a las fugas.

Cruce aéreo Algodonera en el gasoducto de 30"Φ, Minatitlán – México, D.F., poliducto de 12"Φ y Oleoducto de 30"Φ, en los cuales se presentó incendio.

Sin embargo, cabe mencionar que cada una de las situaciones de emergencia fue controlada oportunamente por personal de la paraestatal, además de protección civil estatal y municipal.

**Fuente: [Frente de Trabajadores de la Energía de México](http://Frente de Trabajadores de la Energía de México). FTE México Energía.**

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>I</b>
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	<b>FECHA</b>	Febrero del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 24 de 38

*Fuga de Gas natural en Gasoducto ubicado en Ecatepec, Estado de México.*

Una fuga de gas natural se registró frente al centro comercial Las Américas el día 05 de Septiembre del 2011, por lo que se evacuaron a huéspedes y personal de dicho centro comercial y un hotel ubicado dentro del perímetro de afectación.

De acuerdo con los primeros reportes generados, una de las máquinas que son utilizadas para la construcción de un puente peatonal, ubicado sobre la avenida Central, rompió uno de los ductos que conducen gas natural, propiedad y administrado por la empresa MAXIGAS, así lo indicó el gobierno municipal de Ecatepec, estado de México.

Para evitar riesgos mayores las autoridades cerraron la circulación de la avenida Central frente al centro comercial Las Américas.

Al lugar acudieron de inmediato elementos del cuerpo de bomberos y Protección Civil, así como de la policía estatal y municipal para tratar de reparar la fuga en uno de los tubos de conducción del gas natural.

**Fuente: Periódico El Universal, 06 de Septiembre del 2011**

*Fuga en Gasoducto ubicado en el Distrito Federal.*

El día 10 de Mayo del 2009, elementos del Cuerpo de Bomberos controlaron una fuga de gas natural que se presentó en el perímetro de la colonia CTM Culhuacán sección V, la cual provocó alerta entre los vecinos del lugar.

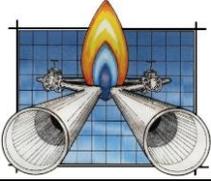
Reportes de Secretaría de Seguridad Pública del Distrito Federal (SSPDF) indican que los hechos tuvieron lugar en la zona que se ubica sobre la avenida Santa Ana, casi al cruce con Rosa María Sequeira, en la referida colonia de la delegación Coyoacán.

Fueron vecinos y peatones los que reportaron un olor a gas en la zona, por lo que al sitio se movilizaron bomberos y personal de Protección Civil, quienes ubicaron una fisura en un tubo alimentador de gas natural de 4"Φ.

La zona fue acordonada por la policía capitalina mientras se trabajaba para sellar el tubo de gas fracturado. La circulación vehicular se mantuvo abierta y sólo se restringió el paso en el carril de extrema derecha de Santa Ana, con dirección a la Escuela Naval Militar.

Reportes de la Secretaría de Protección Civil capitalina indicaron que como medida preventiva se desalojó a 65 personas de un edificio habitacional cercano y de un plantel de nivel preescolar. La fuga fue controlada y no se reportaron intoxicaciones ni personas afectadas.

**Fuente: Noticias Terra TV, 11 de Mayo del 2009.**

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	FECHA	Febrero del 2018
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	HOJA:	Pág. 25 de 38

*Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en el municipio de Las Choapas, Veracruz.*

El 21 de Octubre del 2011, personal activo de Pemex Exploración y Producción (PEP), controló una fuga de gas natural que se presentó en el gasoducto de 6" Φ que va de la Estación de Compresoras El Plan, a la Batería Los Soldados, ubicado en el kilómetro 3 dentro del municipio de Las Choapas, Veracruz.

Personal de Mantenimiento a Ductos del Sector Operativo El Plan, procedió a bloquear las válvulas, dejando la línea fuera de operación, y realizar la reparación correspondiente, así como la restauración del área afectada.

Asimismo, personal de Seguridad Física acordonó el lugar en coordinación con personal militar de la Base de Operación El Plan, como medida preventiva.

PEMEX Exploración y Producción realizó el análisis de integridad mecánica para determinar la causa del incidente, y declaró que no hubo lesiones en el lugar ni afectaciones por intoxicación.

**Fuente: Periódico Excelsior, 22 de Octubre del 2011.**

*Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en el municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila.*

El día 25 de Enero del 2011, personal especializado de Petróleos Mexicanos (PEMEX) controló una fuga de gas natural detectada en el kilómetro 283+007 del gasoducto de 18"Φ Monterrey, N.L. - Chávez, Coahuila ubicado en las inmediaciones del municipio de Francisco I. Madero, en el estado de Coahuila.

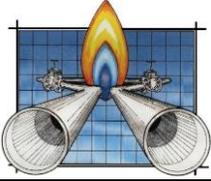
Al tenerse conocimiento de los hechos, de inmediato los técnicos de la paraestatal procedieron a sacar de operación el gasoducto para realizar los movimientos operativos e iniciar los trabajos de reparación del ducto. Personal del Sector Torreón de PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB), en coordinación con autoridades de Protección Civil, Bomberos y la Dirección de Seguridad Pública de San Pedro de las Colonias, trabajaron conjuntamente para la atención, control y erradicación del incidente.

Como medida preventiva, se determinó necesaria la evacuación de dos empresas maquiladoras, además de dos instituciones educativas de nivel medio superior y superior.

**Fuente: Periódico El Universal, 26 de Enero del 2011.**

*Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en la ciudad de Pachuca, Hidalgo.*

El 30 de Noviembre del 2010, Petróleos Mexicanos (PEMEX) puso bajo control una fuga de gas natural que se había registrado en un gasoducto de 6"Φ en el tramo que corre de Ranchería - Minera Autlán en el kilómetro 39, dentro del municipio de Villas de Tezontepec en el estado de Hidalgo.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	FECHA	Febrero del 2018
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	HOJA:	Pág. 26 de 38

A través del área de comunicación social de la paraestatal, se informó que la fuga fue ocasionada por un acto vandálico y pudo ser detectada durante los trabajos de control que realiza PGPB.

Explicó que la perforación en el ducto y artefactos se dio durante los trabajos que realizaron personas ajenas a la dependencia para la instalación de una toma clandestina. Como medida de seguridad se suspendió de manera momentánea la operación del ducto afectado.

A fin de evitar algún riesgo a la población, se bloquearon las válvulas de bombeo y se disminuyó la presión del fluido para proceder a su reparación. Se destacó la importancia de mantener la vigilancia en la red nacional de ductos a cargo del personal de seguridad de PEMEX-PGPB.

**Fuente: Periódico Vanguardia, 01 de Diciembre del 2010.**

*Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en Cosamaloapan, Veracruz.*

El 24 de Agosto del 2011 se generó una fuga de gas natural en los pozos de PEMEX que atraviesan el ejido Fernando López Arias, ubicado a 15 km de la cabecera municipal de Cosamaloapan, Veracruz.

La fuga se originó en la tarde del Miércoles 24 de Agosto, en una válvula en el Pozo de PEMEX denominado "CEHUALACA", Protección Civil Municipal recibió el reporte de parte de habitantes que se encontraban muy alarmados, también se informó a Protección Civil del Estado, para que se tomaran las medidas conducentes con dicha paraestatal, ya que el objetivo fundamental de Protección Civil es la salvaguarda de la integridad física de la población, de su patrimonio y el entorno ambiental

Al lugar de la fuga, se presentó el Coordinador regional de protección civil, la unidad Municipal de Protección Civil Cosamaloapan, acudiendo posteriormente personal de PEMEX-PGPB encargado de Producción de Campo Alquimia.

La fuga de gas, se controló por la mañana del jueves siguiente, realizando el personal de PEMEX-PGPB los trabajos de cierre de ductos y mantenimiento pertinentes.

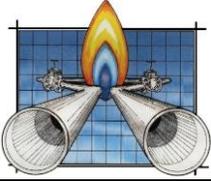
**Fuente: Periódico Vanguardia.**

**I.6.2 Metodologías de identificación y jerarquización**

Los Estudios de Riesgo involucran principalmente tres grandes temas; la identificación de los riesgos, la probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos, y el análisis de consecuencias.

La identificación de los riesgos permite determinar las localizaciones, rutas, características y cantidad de materiales de fuentes potenciales de accidentes por explosión, incendio, fuga o derrame de una sustancia peligrosa. Esto lleva a la formulación de escenarios fundamentales de accidentes, que requiera una mayor consideración y análisis.

El análisis probabilístico permite identificar la verosimilitud de ocurrencia del accidente para examinar y priorizar los escenarios de accidentes potenciales en términos de su probabilidad de ocurrencia.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>I</b>
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	<b>FECHA</b>	Febrero del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 27 de 38

La evaluación de las consecuencias e impactos asociados con la ocurrencia de los escenarios identificados de accidentes, es el proceso denominado análisis de consecuencias. Este paso permite una comprensión de la naturaleza y gravedad de un accidente y permite un análisis y priorización de los escenarios en términos del impacto potencial del daño en la gente y las instalaciones.

La combinación de resultados de la probabilidad del accidente y del análisis de consecuencias proporciona una medida del riesgo con la actividad específica y este proceso es lo que constituye el análisis de riesgos, que permite, priorizar y examinar los escenarios potenciales de accidentes en términos de un riesgo total, que a la vez logre el desarrollo y preparación de un plan de emergencias.

Para la identificación de los riesgos involucrados con el transporte de gas natural, se analizan las condiciones de operación del presente sistema para transporte de gas natural, mediante los diagramas de tubería e instrumentación del sistema, así como las memorias técnico - descriptivas de cada una de las instalaciones que lo componen.

Cabe mencionar que todas las técnicas de evaluación de riesgos comparten la meta de identificar peligros en el proceso de manera sistemática y proporcionar un análisis preliminar, dando la primera fase del estudio. Las técnicas comúnmente usadas para esta evaluación deben cumplir los requerimientos de análisis de riesgo contemplados en la OSHA (Occupational Safety and Health Administration), EPA (Environmental Protection Agency) y la CMA (Chemical Manufacturers Association, así como en Literatura especializada como, Loss Prevention in the Process Industries. Frank P. Less, second edition.

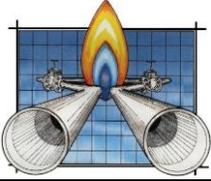
Con el objetivo de evaluar el riesgo de presentarse incidentes a lo largo de la trayectoria, se seleccionó el método HAZOP, para identificar peligros y así emitir recomendaciones tendientes a controlar y prevenir incidentes, mitigar las consecuencias para evitar pérdidas humanas, daños a la salud, a la propiedad, instalaciones y medio ambiente.

El HAZOP fue seleccionado porque es un método completo y por lo regular se utiliza en complejos de gas y refinerías para evaluar el riesgo considerando factores como: tipo de proceso y las condiciones de operación de las instalaciones superficiales.

Los aspectos complementarios en la identificación de peligros y evaluación de riesgos, utilizados en la metodología HAZOP, se indican a continuación:

HAZOP. Metodología de análisis de riesgos operacionales que analiza las variables operacionales del sistema para transporte de gas natural, para determinar las posibles fallas en el mismo, mediante la designación de Nodos y la aplicación de palabras guía. Este método da como resultado la matriz de riesgos.

Es importante resaltar que con este método se analizan las desviaciones propias que pueden presentarse con la operabilidad del sistema para transporte, y deriva en recomendaciones que son complementarias para aumentar la seguridad en la operación del sistema, por la existencia de riesgos en la localización de todo el proyecto.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>I</b>
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	<b>FECHA</b>	Febrero del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 28 de 38

Una vez determinado el nivel de riesgo de cada desviación (bajo, medio, alto y muy alto) se seleccionaron todas aquellas desviaciones con mayor nivel de riesgo para centrarse en las fallas que tienen mayor frecuencia de presentarse y que sus consecuencias son significativas.

Posteriormente, se determinó la probabilidad de ocurrencia con la metodología árbol de fallas.

Tomando en cuenta las fallas resultantes de mayor probabilidad se procedió a proponer los escenarios de simulación.

Adicionalmente, toda vez que el análisis HAZOP solo fue realizado en la City Gate y la ERM de Grupo Modelo, con apego a la Guía para la Presentación del Estudio de Riesgo modalidad ductos terrestres, se propusieron escenarios con rotura diametral de gasoductos al 100% y 20%, respectivamente, en puntos estratégicos del sistema para transporte de gas natural, a los cuales también se les determinó su probabilidad de falla.

A manera de abstract, en el presente Estudio de Riesgo se emplearon las siguientes metodologías:

- HAZOP para determinar las desviaciones (fallas) de mayor riesgo en las instalaciones superficiales, mismas que pueden repercutir en eventos de riesgo ambiental.
- Árbol de Fallas, para determinar la probabilidad de ocurrencia de desviaciones de mayor riesgo ambiental identificadas en el HAZOP y proponer escenarios de simulación.

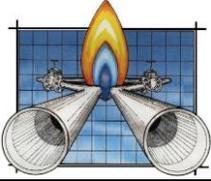
A continuación se describen brevemente cada una de las metodologías utilizadas:

#### **A) Análisis HAZOP.**

El método Hazop (**HAZ**ard and **OP**erability “Riesgo y Operabilidad”) o análisis de Riesgo y de Operabilidad se concentra en una metodología mediante un enfoque sistemático para identificar tanto riesgos como problemas de operabilidad. Aunque la identificación de riesgos es el tema principal, los problemas de operabilidad se examinan, ya que tienen el potencial de producir riesgos en los procesos, que resulten en violaciones ambientales y/o laborales o tener un impacto negativo en la productividad.

El análisis de operación y riesgo Hazop, es el método más amplio y reconocido para realizar un análisis de riesgo en procesos industriales. El análisis HAZOP, es un estudio que identifica cada desviación posible de un diseño, de una operación o de una afectación cualquiera, además de todas las posibles causas y consecuencias que pueden ocurrir en las condiciones más adversas para el proceso, siendo así, éste sirve para identificar problemas de seguridad y mejorar la operabilidad de una instalación industrial.

Para la realización del análisis HAZOP se emplearon los siguientes Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs):

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	FECHA	Febrero del 2018
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	HOJA:	Pág. 29 de 38

**Tabla I. 7 Identificación de diagramas de tubería e instrumentación utilizados.**

ID del Plano	Título (DTI)
GNN-HID-CG-DTI-1117	City Gate Sahagún
GNN-HID-ERM-GRM-DTI_1117	ERM Grupo Modelo

**Ver Anexo 8.** Diagramas de Tubería e Instrumentación.

El HAZOP fue realizado bajo el siguiente procedimiento:

1. Seleccione un nodo.

El proceso se analiza seccionándolo en partes discretas o nodos. Un nodo es generalmente una línea o un recipiente o un procedimiento. Los nodos deben ser bastante pequeños para ser manejables, y a la vez lo bastante grandes para reducir la duplicación y hacer buen uso del tiempo.

2. Registre la intención, los parámetros de diseño y las condiciones de proceso. Es decir, parámetros de diseño del equipo, condiciones de operación normales y máximas. Esto incluye típicamente la temperatura, la presión, la composición, el nivel, el flujo, etc..

3. Repase con el equipo la matriz de desviación preparada previamente para este nodo y agregue otras desviaciones si es necesario.

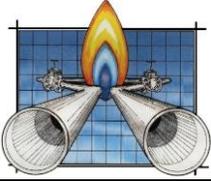
4. Identificar las causas o las razones por las que las desviaciones pueden ocurrir. Las causas deben ser locales en el origen, es decir, originan en el nodo bajo evaluación. Con el nodo de la alimentación o de la fuente, considere causas en aguas arriba. Donde no haya causas identificadas escribir "No se identificaron causas".

El estudio del HAZOP sólo considerará eventos causales únicos (errores o fallas). Escenarios que requieran de analizar dos fallas separadas, dos errores de operador o una falla más un error son considerados "doble falla" y no son considerados normalmente durante un estudio de HAZOP.

Los drenes y válvulas que están normalmente cerradas, y con tapones o bridas ciegas, no son considerados fuentes de fugas. Similarmente, medidores reemplazables localizados en las tuberías con válvulas de raíz no son consideradas fuentes de fuga, si el procedimiento estándar requiere verificar que la válvula esté cerrada y el sistema al cual está conectado ya sea que este despresurizado o bien que no surja ningún riesgo debido a una fuga, o la apertura de dos válvulas en serie simultáneamente no es considerada una causa creíble para la fuga o mezcla de fluidos, etc.

La Causa deberá estar en el Nodo en cuestión.

5. Identifique las consecuencias o los resultados de las desviaciones asumiendo que los controles básicos de proceso fallan y las salvaguardas no existen. Considere las consecuencias fuera del nodo así como en el interior. Si no hay consecuencias de que preocupase, escribir "ninguna consecuencia de preocupación".

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>  <b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 30 de 38

Las Consecuencias podrán ser identificadas dentro del nodo o en todo el universo de la planta.

6. Identifique la severidad de las consecuencias identificadas asumiendo que los sistemas básicos de control y los sistemas de protección fallan.
7. Identifique las capas adicionales de protección requeridas para reducir el riesgo a un nivel aceptable. Si el riesgo del peligro no se ha reducido a un nivel aceptable, la eficacia de las capas propuestas debe ser mejorada o capas adicionales deben ser agregadas según sea necesario.
8. Asigne una categoría a la consecuencia identificada.
9. Asigne una categoría a la probabilidad de ocurrencia de la consecuencia analizada, considerando esta vez los sistemas de control y/o capas de protección válidas, así como cualquier otro modificador de frecuencia que aplique.
10. Identifique las recomendaciones y asigne las responsabilidades. Donde esté clara una solución específica, deberá ser registrada como tal. Los equipos a menudo se detienen a intentar conseguir una recomendación. Es absolutamente apropiado que la recomendación sea investigar las medidas de protección apropiadas. Es también bueno redactar las recomendaciones que permitan una cierta flexibilidad, por ejemplo diciendo: considerar tales y tal opción. La recomendación se debe escribir con bastante detalle para poder entender el intento sin el resto de la hoja de trabajo delante del lector.

#### **A.1) Nodos Seleccionados para el Desarrollo del Análisis de Riesgo de Operabilidad “HAZOP”.**

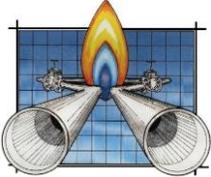
Para facilitar el análisis de riesgos y la aplicación de la técnica HAZOP, se analizaron 4 nodos con apego a los Diagramas de Tubería e Instrumentación de las Estaciones de Regulación y Medición, mismos que se describen a continuación:

**Tabla I. 8 Nodos Seleccionados en el Sistema para transporte de gas natural.**

Nodo	Descripción	DTI
1	Sistema de Filtración de la City Gate	GNN-HID-CG-DTI-1117
2	Reguladores de Gas Natural en la City Gate	
3	Sistema de Filtración de la ERM Grupo Modelo	GNN-HID-CG-DTI-1117
4	Reguladores de Gas Natural en la ERM Grupo Modelo	

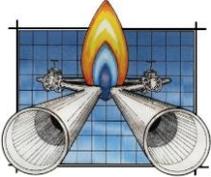
Ver en el **Anexo 9. HAZOP**, el desarrollo de cada uno de los HAZOP realizados.

Para establecer la Matriz de Rango de Riesgo (Risk Ranking) con la cual se calificaron y jerarquizaron los riesgos identificados, asignando niveles de CONSECUENCIAS de acuerdo a lo que indica la **Tabla I.9**, así como la FRECUENCIA de falla de acuerdo a lo que establece la **Tabla I.10**, con lo cual, mediante lo establecido en la **Tabla I.11**, se determina el Nivel de Riesgo del nodo analizado.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	<b>CAPITULO I</b>
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	<b>FECHA</b> Febrero del 2018
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	<b>HOJA:</b> Pág. 31 de 38

**Tabla I. 9 Consecuencias (en forma descriptiva).**

Gravedad	Salud y seguridad	Medio ambiente	Regulaciones	Economía	Reputación
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Primeros auxilios</li> <li>- Efectos menores en la salud</li> <li>- No requiere evacuación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impactos insignificantes al ambiente</li> <li>- Emisión pequeña pero notificable.</li> <li>- Queja &lt;\$20,000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impacto de regulación insignificante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daños al equipo o costos de producción menores a \$20,000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impacto insignificante: preocupaciones individuales.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ayuda médica o trabajo limitado</li> <li>- Efectos medios en la salud</li> <li>- Requiere unidad de evacuación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emisiones en el sitio con la remediación inmediata disponibles</li> <li>- Derrame mayor a 1m<sup>3</sup></li> <li>- Menor esfuerzo de mitigación requerida por revocación total.</li> <li>- Notificable \$20,000 a \$200,000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No conformidad con la práctica de industrias reconocidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daños al equipo o costos de producción entre \$20,000 y \$ 200,000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura periodística local; quejas informales múltiples de la comunidad; Preocupaciones del propietario</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiempo perdido por lesiones.</li> <li>- Efectos significantes a la salud.</li> <li>- Evacuación requerida de Área</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emisiones en el sitio con contaminación prolongada.</li> <li>- Gran derrame contenido en el sitio.</li> <li>- Emisión fuera de sitio con remediación inmediata disponible.</li> <li>- Incumplimiento \$200,000 a \$2M</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No conformidad con los requisitos regionales o unidades de negocios.</li> <li>- \$50,000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daños al equipo o costos de producción entre \$200,000 y \$2M</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura periodística provisional; gran preocupación de la comunidad; quejas formales y/o repetidas.</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lesiones permanentes o discapacidades.</li> <li>- Efectos a la salud mayores.</li> <li>- Requiere evacuación de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emisión fuera del sitio con contaminación prolongada.</li> <li>- Gran derrame fuera del sitio (licencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No conformidad con las normas de la compañía y/o requerimientos.</li> <li>- \$ 200,000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daños al equipo o costos de producción entre \$2,000,000 a \$20,000,000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura periodística Nacional; gran indignación de la comunidad; Litigación</li> </ul>

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>I</b>
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	<b>FECHA</b>	Febrero del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 32 de 38

Gravedad	Salud y seguridad	Medio ambiente	Regulaciones	Economía	Reputación
	instalaciones.	temporalmente cancelada) - Incumplimiento resultante en la ejecución - \$2,000,000 a \$20,000,000			
5	- Muerte - Efectos graves a la salud. - Requiere evacuación de la comunidad e instalaciones.	- Pérdida irrevocable, sin mitigación posible. - Licencia cancelada - Pérdida permanente de uso del área. >\$20,000,000	- No conformidad con las normas reguladoras - \$500,000	- Daños al equipo o costos de producción mayores a \$20,000,000	Cobertura periodística Nacional e Internacional

**Tabla I. 10 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.**

Frecuencia	Descripción	L
1/10000 años=<f<1/1000 años	Remotamente ocurre en la industria	0.0001
1/1000 años=<f<1/100 años	Raramente ocurre en la compañía	0.001
1/100 años=<f<1/10 años	Ocasionalmente ocurre en la compañía	0.01
1/10 años=<f<1/año	Comúnmente ocurre en la unidad	0.1
F<=1/año	Frecuentemente ocurre en la unidad	1

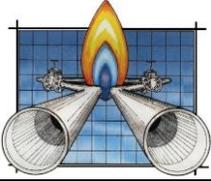
	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	FECHA	Febrero del 2018
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	HOJA:	Pág. 33 de 38

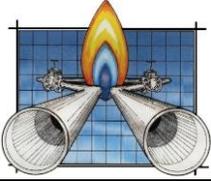
Tabla I. 11 Matriz de riesgos.

SEVERIDAD DE CONSECUENCIAS	5	C	C	B	A	A
	4	D	C	B	B	A
	3	D	C	C	B	B
	2	D	D	C	C	C
	1	D	D	D	D	C
		1	2	3	4	5
		FRECUENCIA				

A continuación se describe el significado de cada nivel de Riesgo:

- **Muy Alto. Riesgo intolerable.** El riesgo requiere acción inmediata; el costo no debe ser una limitación y el no hacer nada no es una opción aceptable. Un riesgo Muy Alto representa una situación de emergencia y deben establecerse controles temporales inmediatos. La mitigación debe hacerse por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a Medio o de preferencia a Bajo, en un lapso de tiempo menor a 90 días.
- **Alto. Riesgo indeseable.** El riesgo debe ser reducido y hay margen para investigar y analizar a más detalle. No obstante, la acción correctiva debe darse en los próximos 90 días. Si la solución se demora más tiempo, deben establecerse controles temporales inmediatos en sitio, para reducir el riesgo.
- **Medio. Riesgo aceptable con controles.** El riesgo es significativo, pero se pueden compensar con las acciones correctivas en el paro de instalaciones programado, para no presionar programas de trabajo y costos. Las medidas de solución para atender los hallazgos deben darse en los próximos 18 meses. La mitigación debe enfocarse en la disciplina operativa y en la confiabilidad de los sistemas de protección.
- **Bajo. Riesgo razonablemente aceptable.** El riesgo requiere control, pero es de bajo impacto y puede programarse su atención conjuntamente con otras mejoras operativas.

Los riesgos no tolerables se deberán considerar para establecer los objetivos de seguridad y salud ocupacional y los requisitos de las instalaciones, maquinaria, necesidades de capacitación y los controles operacionales para el control de riesgos, así como considerar las acciones requeridas de supervisión para asegurar la efectividad y oportunidad.

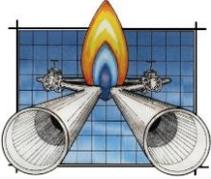
	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	FECHA	Febrero del 2018
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	HOJA:	Pág. 34 de 38

El proceso se dividió en 4 nodos. Los equipos de trabajo se conformaron por especialistas de las áreas de proceso, mantenimiento, y seguridad y protección ambiental.

A continuación se incluye la matriz de riesgos con los resultados de cada uno de los nodos evaluados en el HAZOP, el cual fue determinado después de considerar las salvaguardas:

**Tabla I. 12 Matriz de Riesgo considerando los resultados del HAZOP**

Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
1	1.1 Más Presión	1.1.1				
		1.1.2				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
		1.2.2				
	1.5 Más Flujo	1.5.1				
	1.6 Menos Flujo	1.6.1				
	1.7 No hay Flujo	1.7.1				
	1.8 Más Nivel	1.8.1				
	1.9 Bajo Nivel	1.9.1				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
	1.11 Mantenimiento	1.11.1				
2	1.1 Más Presión	1.1.1				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
		1.2.2				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
1.11 Mantenimiento	1.11.1					
3	1.1 Más Presión	1.1.1				
		1.1.2				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
		1.2.2				
	1.5 Más Flujo	1.5.1				
	1.6 Menos Flujo	1.6.1				
	1.7 No hay Flujo	1.7.1				
	1.8 Más Nivel	1.8.1				
1.10 Corrosión	1.10.1					
1.11 Mantenimiento	1.11.1					

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>	CAPITULO	I
	<b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan</b>	FECHA	Febrero del 2018
	<b>Municipio de Apan, Hidalgo</b>	HOJA:	Pág. 35 de 38

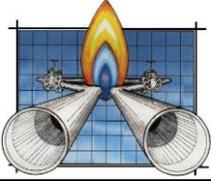
Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
4	1.1 Más Presión	1.1.1				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
		1.2.2				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
	1.11 Mantenimiento	1.11.1				

A continuación se indican las desviaciones (fallas) de cada uno de los nodos analizados en el HAZOP que resultaron con nivel de riesgo C.

**Tabla I. 13 Descripción de fallas de mayor riesgo en los Nodos del HAZOP.**

Nodo	Desviación	Falla/Causa	Consecuencias significativas
1	Más Presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Más presión proveniente del gasoducto de 48" D.N.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sobrepresión en la tubería de entrada a los filtros.</li> </ul>
	Bajo Nivel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo nivel de condensados en el filtro por apertura en falso de la válvula de drenado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuga de gas natural a la atmósfera.</li> <li>Potencial formación de fuego y explosión.</li> </ul>
2	Menos Presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taponamiento en los filtros coalescentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desabasto de gas natural hacia los socios comerciales.</li> </ul>
3	Más Presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Más presión proveniente del STGN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sobrepresión en la tubería de entrada a los filtros.</li> </ul>
	Meno Presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruptura del STGN aguas arriba de la ERM.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se esperan daños significativos en los equipos de la ERM.</li> <li>Liberación de gas natural con probable formación de nube explosiva e incendio en la trayectoria del STGN.</li> </ul>
	Menos Flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruptura del STGN aguas arriba de la ERM.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se esperan daños significativos en los equipos de la ERM.</li> <li>Liberación de gas natural con probable formación de nube explosiva e incendio en la trayectoria del STGN.</li> </ul>
4	Menos Presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taponamiento en los filtros coalescentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desabasto de gas natural hacia instalaciones de socio comercial.</li> </ul>

La tabla anterior, establece las fallas de mayor riesgo de acuerdo a los resultados del HAZOP, por lo que, como siguiente etapa, se descartaron las fallas que de acuerdo a sus consecuencias no representaban un riesgo al ambiente, es decir, se seleccionaron únicamente las fallas que repercutían en fugas de gas natural.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>  <b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 36 de 38

**Tabla I. 14 Fallas con probable fuga de gas natural.**

Nodo	Desviación	Falla/Causa	Consecuencias significativas
1	Bajo Nivel	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bajo nivel de condensados en el filtro por apertura en falso de la válvula de drenado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fuga de gas natural a la atmósfera.</li> <li>▪ Potencial formación de fuego y explosión.</li> </ul>
3	Meno Presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ruptura del STGN aguas arriba de la ERM.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No se esperan daños significativos en los equipos de la ERM.</li> <li>▪ Liberación de gas natural con probable formación de nube explosiva e incendio en la trayectoria del STGN.</li> </ul>
	Menos Flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ruptura del STGN aguas arriba de la ERM.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No se esperan daños significativos en los equipos de la ERM.</li> <li>▪ Liberación de gas natural con probable formación de nube explosiva e incendio en la trayectoria del STGN.</li> </ul>

La tabla anterior, establece las fallas de mayor riesgo con repercusiones en el ambiente que fueron determinadas con el HAZOP, por lo que, como siguiente etapa, se determinaron las probabilidades de ocurrencia de cada una de las fallas indicadas en la tabla anterior, a través de la herramienta de Árbol de Fallas, para posteriormente definir los escenarios de riesgo en base a las fallas de mayor probabilidad.

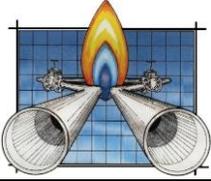
### **B) Árbol de Fallas.**

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.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>  <b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 37 de 38

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**

Para la determinación del valor de probabilidad en componentes del sistema de transporte 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.

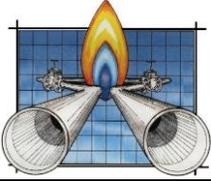
**Tabla I. 15 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.**

Frecuencia	Descripción	Valor
$10^{-1}$	Frecuentemente ocurre	0.1
$10^{-2}$	Comúnmente ocurre	0.01
$10^{-3}$	Ocasionalmente ocurre	0.001
$10^{-4}$	Raramente ocurre	0.0001
$10^{-5}$	Remotamente ocurre	0.00001

FUENTE: Health and Safety Briefing No 26a Sept.2004 .

The Institution of Electrical Engineers

Una vez elaborado el árbol de fallas para cada riesgo determinado, se pueden dar las asignaciones de probabilidad de ocurrencia a cada falla que participe en distintos eventos que conformen su posible desarrollo.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD DUCTOS TERRESTRES</b>  <b>Sistema de Transporte de Gas Natural, Proyecto Apan Municipio de Apan, Hidalgo</b>	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 38 de 38

**Tabla I. 16 Probabilidades de falla.**

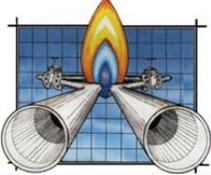
Nodo	Desviación	Falla/Causa	Probabilidad de Falla
1	Bajo Nivel	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bajo nivel de condensados en el filtro por apertura en falso de la válvula de drenado.</li> </ul>	$4.5 \times 10^{-3}$
3	Menos Presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ruptura del STGN aguas arriba de la ERM.</li> </ul>	$3.7 \times 10^{-3}$
	Menos Flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ruptura del STGN aguas arriba de la ERM.</li> </ul>	$3.7 \times 10^{-3}$

Ver en **Anexo 10. Árboles de Falla.**

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:

**Tabla I. 17 Escenarios de Riesgo.**

No.	Descripción
1	Fuga de Gas Natural por la apertura indebida de la válvula manual de 1" instalada para realizar el purgado del Filtro Coalescente de la City Gate Sahagún.
2	Ruptura al 100% y 20% del gasoducto de 12" D.N. a causa del golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación del Parque Industrial Nuevo Sahagún. Las coordenadas del cruce son 19° 41' 43.26" N y 98° 32' 58.13" O.
3	Ruptura al 100% y 20% del gasoducto de 8" D.N. a causa del golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación del Parque Industrial Nuevo Sahagún. Las coordenadas del cruce son 19° 42' 07.62" N y 98° 31' 49.12" O.
4	Ruptura al 100% y 20% del gasoducto de 6" D.N. a causa del golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación del Parque Industrial Nuevo Sahagún. Las coordenadas del cruce son 19° 41' 00.27" N y 98° 33' 02.31" O.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 1 de 54</b>

## Índice

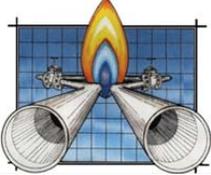
II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN ENTORNO A LAS INSTALACIONES .....	2
II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN .....	2
II.1.1 Justificación de los modelos matemáticos para la simulación. ....	2
II.1.2 Descripción de escenarios.....	7
II.1.3 Representación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento.....	27
II.2 INTERACCIONES DE RIESGO .....	37
II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL.....	49

## Índice de Tablas

Tabla 1 Efectos generados por radiación térmica. ....	5
Tabla 2 Efectos generados por ondas de sobrepresión .....	5
Tabla 3 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de un Chorro de Fuego (1 de 2).....	49
Tabla 4 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de un Jet Fire (2 de 2).....	50
Tabla 5 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de una explosión no confinada (1 de 2). ....	51
Tabla 6 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de una explosión no confinada .....	52

## Índice de Figuras

Figura 1 Radios de Afectación del Escenario 1.....	27
Figura 2 Radios de Afectación del Escenario 2.....	28
Figura 3 Radios de Afectación del Escenario 3.....	29
Figura 4 Radios de Afectación del Escenario 4.....	30
Figura 5 Radios de Afectación del Escenario 5.....	31
Figura 6 Radios de Afectación del Escenario 6.....	32
Figura 7 Radios de Afectación del Escenario 7.....	33
Figura 8 Radios de Afectación del Escenario 8.....	34
Figura 9 Radios de Afectación del Escenario 9.....	35
Figura 10 Radios de Afectación del Escenario 10.....	36

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 2 de 54

## **II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN ENTORNO A LAS INSTALACIONES**

### **II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN**

#### **II.1.1 Justificación de los modelos matemáticos para la simulación.**

Por la naturaleza de las actividades que realiza la empresa, se tienen riesgos potenciales en todas las secciones y componentes que constituyen las áreas de almacenamiento y despachadoras de combustible.

En la Terminal existen una serie de uniones, accesorios y equipos de control que pueden llegar a fallar bajo determinadas circunstancias ya que pueden presentar fallas en la interfaz de comunicación de los dispositivos de seguridad o en los sensores de control.

Una fuga procedente de los tanques de almacenamiento o tuberías de conducción de combustible, deriva en la acumulación de éste en el suelo del área, y la confinación de los vapores inflamables, aumentando el riesgo de desencadenar una explosión no confinada o un charco de fuego si se llega a entrar en contacto con una fuente de ignición.

La evaluación de los riesgos a través de los escenarios más probables junto a la simulación de los eventos máximos definidos con el software SCRI Fuego Versión 2.1, permite determinar las áreas potencialmente vulnerables, de tal manera que se generen recomendaciones para evitar la ocurrencia del evento o contar con la protección adecuada en caso de que este ocurra.

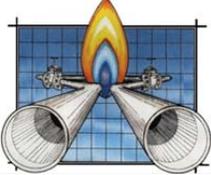
#### **Modelación de Pool Fire (Charco de Fuego).**

Los fuegos en derrames tienden a ser bien localizados y la preocupación principal es definir el potencial de efectos dominó y las zonas de seguridad para los empleados, más que por riesgos a la comunidad. Los efectos primarios de tales fuegos son debido a la radiación térmica de la fuente de la flama. Los temas de espaciamiento entre tanques y entre plantas, aislantes térmicos y especificaciones de paredes contra fuego se pueden dirigir sobre la base de análisis de consecuencias específicas para un rango de escenarios posibles de fuego en derrames.

El drenaje es una consideración importante en la prevención de fuegos en derrames, si el material es drenado a una localización segura, un fuego en derrame no es posible.

Las consideraciones importantes son:

1. El líquido debe ser drenado a un área segura,
2. El líquido debe ser cubierto para prevenir la vaporización,
3. El área de drenaje debe estar suficientemente lejos de fuentes de fuego de radiación térmica,
4. Se debe suministrar protección adecuada contra fuego,
5. Se debe considerar la contención y drenaje del agua contra el fuego,
6. Se debe proporcionar detección de fugas.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 3 de 54</b>

### **Modelación de Explosiones (Sobrepresión).**

Para realizar las simulaciones de los efectos por sobrepresiones en los tres escenarios definidos para el presente estudio se utilizó el modelo SCRI Fuego en la versión 2.1, el cual es un conjunto de herramientas, para simular en computadora; emisiones de contaminantes, fugas y derrames de productos tóxicos y daños por nubes explosivas, para estimar escenarios de afectación de emisiones continuas o instantáneas, bajo diversas condiciones meteorológicas, para estudios de riesgo e impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones industriales y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal, en el manejo de situaciones de emergencia.

Si partimos de la premisa que una explosión se caracteriza por la liberación repentina de energía que produce un área momentánea de alta presión en el medio ambiente, entonces la emisión de energía y la disipación de la energía hacia el medio ambiente debe ocurrir muy rápido a fin de que el evento sea clasificado como explosión.

El efecto de una explosión se debe a la disipación de la energía liberada y una gran parte de la energía liberada se transforma en un incremento de presión en la atmósfera (sobrepresión explosiva).

### **Modelación de incendio.**

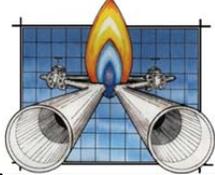
Este modelo calcula y proporciona los radios de la zona en donde el fuego provoca quemaduras a personas sin protección, dichos radios están dados en dos escalas que determinan quemaduras letales para el radio que delimita los 9.5 kW/m<sup>2</sup> y quemaduras de segundo grado para el radio que marca los 5 kW/m<sup>2</sup> de radiación. El modelo trabaja con los siguientes parámetros de la sustancia simulada:

- Peso molecular,
- Gravedad específica,
- Temperatura,
- Área del incendio.

El modelo asume que la velocidad del viento es insuficiente, como para mantener un área circular de fuego y que las personas expuestas no están protegidas completamente contra los efectos de la radiación térmica por el uso de cualquier ropa.

### **Límites para definición de las áreas de riesgo y amortiguamiento.**

Para poder definir los límites con los que se establecen los escenarios y las zonas de seguridad en el entorno de los mismos, se utilizan los criterios dados por la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades riesgosas del Instituto Nacional de Ecología.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 4 de 54

Para el caso de la radiación térmica y las sobrepresiones se cuenta con los siguientes valores definidos por el Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAT.

Inflamabilidad (radiación térmica).

- Zona de alto riesgo: 5 kW/m<sup>2</sup> (kilowatt por metro cuadrado),
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): 1,4 kW/m<sup>2</sup> (kilowatt por metro cuadrado).

Explosividad (sobrepresión).

- Zona de alto riesgo: 1,0 lb/plg<sup>2</sup> (Libras por pulgada cuadrada),
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): 0,5 lb/plg<sup>2</sup> (Libras por pulgada cuadrada).

Una evaluación del riesgo sólo queda completa si se conocen las consecuencias de un accidente por muy eventual que sea. Por este motivo, la última etapa de una evaluación de riesgo consiste en analizar las consecuencias de un accidente potencial importante en la TAS y su efecto en las inmediaciones de la instalación y en el medio ambiente.

El análisis de consecuencias busca determinar la magnitud de las consecuencias de un incidente peligroso, esto es, un acontecimiento que por lo general ocurre sin advertencia, durante un periodo corto y con efectos potencialmente serios en personas y propiedades.

En la práctica, el análisis de consecuencias atiende los siguientes factores:

- Término de la fuente,
- Dispersión,
- Efecto.

### ***Factores de mitigación.***

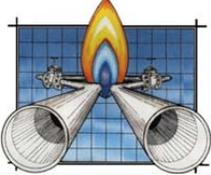
*Término de la fuente.* Es la evaluación de las características de la liberación peligrosa inicial, y es la base sobre la cual se construye el resto de la secuencia del análisis.

*Dispersión.* Los modelos de dispersión se aplican a escenarios de liberaciones al aire y se clasifican en términos de la diferencia en densidad entre el material liberado y la atmósfera.

*Fuego y explosión.* Se hace énfasis en peligros provenientes de liberaciones que causan radiación térmica e impactos de presión para poder estimar los efectos de éstos en personas y materiales.

*Factores de mitigación.* Estos modelos analizan datos para sistemas de aislamiento, barreras, procedimientos de evacuación y acciones evasivas durante accidentes.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 5 de 54

La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m<sup>2</sup> durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m<sup>2</sup> durante sólo 0.4 segundos antes de que sienta dolor.

Para evaluar los efectos en un incendio, se tomarán como base los datos indicados en la siguiente tabla:

**Tabla 1 Efectos generados por radiación térmica.**

Intensidad de Radiación (kW/m <sup>2</sup> )	Daño producido por radiación térmica
37.5	Suficiente para causar daño a equipo de procedimiento.
25	Energía mínima requerida para prender la madera por exposición prolongada.
12.5	Energía mínima requerida para la ignición piloteada de madera, fundición de tubería de plástico.
9.5	El umbral del dolor se alcanza después de 8 segundos; quemaduras de segundo grado después de 20 segundos.
4	Suficiente para causar dolor al personal si éste no puede protegerse en 20 segundos, sin embargo, es factible la formación de ampollas en la piel (quemaduras de segundo grado), 0 fatalidad.
1.39	No causará incomodidad durante la exposición prolongada.

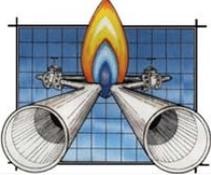
#### **Formación de ondas de sobrepresión.**

Para eventos de explosión, las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento se evaluaron considerando los siguientes valores de sobrepresión:

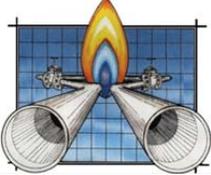
- ✓ Sobrepresión 1 lb/in<sup>2</sup> (0.07 kg/cm<sup>2</sup>), la cual es definida por SEMARNAT como Zona de Alto Riesgo, y la literatura indica que puede causar destrucción parcial de casas y daños reparables a edificios, provocando el 1% de ruptura de tímpanos y el 1% de heridas serias por proyectiles que existirán por la demolición de casas, las cuales se vuelven inhabitables,
- ✓ Sobrepresión 0.5 lb/in<sup>2</sup> (0.035 kg/cm<sup>2</sup>), la cual es definida por SEMARNAT como Zona de Amortiguamiento, y la literatura indica que se tendrán rupturas del 10% en ventanas grandes de vidrio y pequeñas normalmente estrelladas con algún daño a algunos techos con una probabilidad de 95% de que no ocurren daños serios.

**Tabla 2 Efectos generados por ondas de sobrepresión**

Sobrepresión Máxima (psi)	Daño producido por ondas de sobrepresión en explosión
0.03	Ruptura ocasional de ventanas de vidrio grandes que estén bajo tensión.
0.1	Ruptura de ventanas pequeñas que se encuentran bajo tensión.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 6 de 54

<b>Sobrepresión Máxima (psi)</b>	<b>Daño producido por ondas de sobrepresión en explosión</b>
0.15	Presión típica de ruptura del vidrio.
0.3	“Distancia segura” (probabilidad de 0.95 que no ocurran daños serios a partir de este valor): límite de proyectiles; daños a techos de casas; ruptura del 10% de ventanas con vidrios.
0.4	Daño estructural menor limitado.
0.7	Daño menor a estructuras de casas.
1	Demolición parcial de casas, se vuelven inhabitables.
1 – 2	Destrucción de asbesto corrugado; en las divisiones de acero corrugado aluminio, los tornillos fallan y después se tuercen; los tornillos de paneles de madera fallan; los paneles son destruidos.
1.3	El armazón de acero de edificios revestimientos se deforma.
2	Colapso parcial de techos y paredes.
2 – 3	Cuardeadora de paredes de concreto o bloques de ladrillo no reforzados.
2.3	Límite inferior de daño estructural serio.
2.5	50% de destrucción de la mampostería en casas.
3 – 4	Demolición de edificios son armazones o con paneles de acero; ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo.
4	Ruptura del revestimiento de edificios industriales ligeros.
5	Los postes de madera se rompen súbitamente; prensas hidráulicas altas (40 000 lb) en edificios son ligeramente dañadas.
5 – 7	Destrucción casi completa de casas.
7 – 8	Paneles de ladrillo de 8 -12 in de espesor no reforzados fallan por corte o flexión.
9	Demolición total de vagones de ferrocarril cargados.
10	Probable destrucción total de edificios; desplazamiento y fuerte daño a maquinaria pesada (7 000 lb), la maquinaria muy pesada (12 000 lb) sobrevive.
300	Formación de cráter.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 7 de 54

## II.1.2 Descripción de escenarios

<b>Escenario No. 1.</b>			
<b>Descripción:</b>	Fuga de Diesel en área de descarga a causa de la falla de la manguera por movimiento indebido del Carrotanque.		
<b>Consideraciones operativas</b>		<b>Condiciones ambientales (promedio):</b>	
<b>Ubicación:</b>	Área de Carrotanques	<b>Temperatura ambiente:</b>	19.5°C <sup>1</sup>
<b>Presión de operación (máxima):</b>	5 kg/cm <sup>2</sup> (71.12 psig)	<b>Velocidad del viento:</b>	6.75 m/s <sup>2</sup>
<b>Flujo de diseño:</b>	600 GPM (0.04 m <sup>3</sup> /s)	<b>Precipitación:</b>	194 mm (anual) <sup>1</sup>
<b>Diámetro considerado para simulación:</b>	1" (0.0254 m)	<b>Altitud:</b>	1 180 msnm
		<b>Humedad relativa:</b>	30% <sup>2</sup>

### Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en el área de descarga de Carrotanques a causa del derrame de combustible ocasionado por la falla de la manguera de descarga, así mismo, se considera la explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para el presente escenario, se considera que la falla en la manguera genera un orificio de diámetro equivalente a 1" (0.0254 m).
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.00817 m<sup>3</sup>/s (ver cálculo en página siguiente).
- Para el caso de la explosión de los vapores, se considera que a 120 segundos después de generado el derrame éstos entran en contacto con una fuente de ignición a causa de una chispa eléctrica generada por un cable de la instrumentación.
- El diámetro máximo del derrame es de 15.8 m. (calculado por el software SCRI).

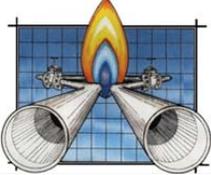
### RESULTADOS

<b>POOL FIRE</b>		<b>EXPLOSIÓN</b>	
<b>Zona de Alto Riesgo (5 kW/m<sup>2</sup>):</b>	36.62 m	<b>Zona de Alto Riesgo (1 psi):</b>	160.27 m
<b>Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m<sup>2</sup>):</b>	68.52 m	<b>Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):</b>	272.42 m

En el **Anexo 9**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

<sup>1</sup> Valor tomado de la Estación Meteorológica No. 10169 CBTA Gómez Palacio de la CONAGUA.

<sup>2</sup> Valor tomado de la Estación del INIFAP (Gómez Palacio).

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 8 de 54

**Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:**

De acuerdo a la literatura "*Risk Management Program Guidance For Offsite Consequence Analysis*" (U.S. EPA publication EPA-550-B-99-009, April 1999.), la fórmula aplicable para el cálculo de la tasa de emisión, es la siguiente:

$$\dot{m} = A_h \sqrt{\gamma P_0 \rho \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

**Dónde:**

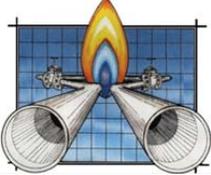
	<b>Valores</b>
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
$A_h$ = Área de la fuga (m <sup>2</sup> )	0.000506
$\gamma$ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
$P_0$ = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	490 330
$\rho$ = Densidad del combustible (kg/m <sup>3</sup> )	840

**Sustitución de valores:**

$$\dot{m} = 0.000506 \sqrt{(1.31)(490\ 330)(840) \left( \frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\frac{1.31+1}{1.31-1}}}$$

**Resultado:**

$$\dot{m} = 6.87 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.00817 \frac{m^3}{s}$$

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 9 de 54

<b>Escenario No. 2.</b>			
<b>Descripción:</b>	Derrame de combustible en Tanque para almacenamiento de Diesel con capacidad para 120 000 Bls, a causa del desgaste de las placas de acero provocado por corrosión.		
<b>Consideraciones operativas</b>		<b>Condiciones ambientales (promedio):</b>	
<b>Ubicación:</b>	Almacenamiento de Diesel	<b>Temperatura ambiente:</b>	19.5°C
<b>Presión del tanque:</b>	Atmosférica	<b>Velocidad del viento:</b>	6.75 m/s
<b>Presión en el punto de fuga:</b>	27.84 psi	<b>Precipitación:</b>	194 mm (anual)
<b>Diámetro considerado para simulación:</b>	3" (0.0762 m)	<b>Altitud:</b>	1 180 msnm
		<b>Humedad relativa:</b>	30%

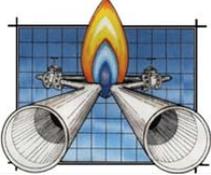
**Consideraciones para simulaciones:**

- Para el presente escenario se considera la simulación de un charco de fuego a causa del derrame de combustible y explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para la simulación del peor caso, se consideró la inexistencia de diques para contención de derrames.
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.046 m<sup>3</sup>/s (ver cálculo en página siguiente).
- La activación de los sistemas de detección de fuego y gas se considera que es a los 120 segundos después de ocurrido el derrame.
- La fuga de combustible se origina por el desgaste de las placas metálicas del tanque, que para el presente caso, se considera la formación de un orificio equivalente a 3 pulgadas de diámetro.
- La presión del combustible almacenado en el punto de fuga es de 27.84 psi (ver cálculo en página siguiente), considerando que la fuga se origina a 1 m de altura respecto al suelo, que el tanque tiene una altura de 14.6 m, y que el nivel de fluido en el mismo se encuentra a 12 m.
- El diámetro máximo del derrame es de 37.49 m. (calculado por el software SCRI).

**RESULTADOS**

<b>POOL FIRE</b>		<b>EXPLOSIÓN</b>	
<b>Zona de Alto Riesgo (5 kW/m<sup>2</sup>):</b>	84.49 m	<b>Zona de Alto Riesgo (1 psi):</b>	285.33 m
<b>Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m<sup>2</sup>):</b>	157.07 m	<b>Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):</b>	485.01 m

En el **Anexo 9**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 10 de 54</b>

**Cálculo de la presión hidrostática del combustible en el punto de fuga:**

Para el cálculo de la presión hidrostática se empleó la siguiente formula:

$$P_{hid} = \rho gh + P_{atm}$$

**Dónde:**

	<b>Valores</b>
$P_{hid}$ = Presión hidrostática en punto de fuga (Pa)	¿?
$\rho$ = Densidad del combustible (kg/m <sup>3</sup> )	840
$g$ = Aceleración de la gravedad (m/s <sup>2</sup> )	9.81
$h$ = Altura del nivel del combustible respecto al punto de fuga (m)	11
$P_{atm}$ = Presión Atmosférica (Pa)	101 325

**Sustitución de valores:**

$$P_{hid} = (840)(9.81)(11) + 101\ 325 = 191\ 969 \text{ Pa (27.84 psi o 1.96 kg/cm}^2\text{)}$$

De acuerdo a la literatura "Risk Management Program Guidance For Offsite Consequence Analysis" (U.S. EPA publication EPA-550-B-99-009, April 1999.), la fórmula aplicable para el cálculo de la tasa de emisión, es la siguiente:

$$\dot{m} = A_h \sqrt{\gamma P_0 \rho \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

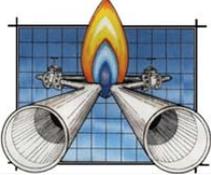
**Dónde:**

	<b>Valores</b>
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
$A_h$ = Área de la fuga (m <sup>2</sup> )	0.00456
$\gamma$ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
$P_0$ = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	192 210
$\rho$ = Densidad del combustible (kg/m <sup>3</sup> )	840

**Sustitución de valores:**

$$\dot{m} = 0.00456 \sqrt{(1.31)(191\ 969)(840) \left( \frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\frac{1.31+1}{1.31-1}}}$$

**Resultado:**

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 11 de 54</b>

$$\dot{m} = 38.76 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.046 \frac{m^3}{s}$$

<b>Escenario No. 3.</b>			
<b>Descripción:</b>	Fuga de combustible en casa de bombas de Diesel a llenaderas, debido al desgaste de la tubería a la salida de los equipos de bombeo, provocando el derrame de combustible en el área.		
<b>Consideraciones operativas</b>		<b>Condiciones ambientales (promedio):</b>	
<b>Ubicación:</b>	Casa de bombas	<b>Temperatura ambiente:</b>	19.5°C
<b>Presión de operación (promedio):</b>	5 kg/cm <sup>2</sup> (71.12 psig)	<b>Velocidad del viento:</b>	6.75 m/s
<b>Flujo de diseño:</b>	600 GPM (0.04 m <sup>3</sup> /s)	<b>Precipitación:</b>	194 mm (anual)
<b>Diámetro considerado para simulación:</b>	1" (0.0254 m)	<b>Altitud:</b>	1 180 msnm
		<b>Humedad relativa:</b>	30%

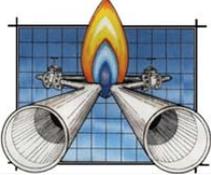
**Consideraciones para simulaciones:**

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en la casa de bombas a causa del derrame de combustible ocasionado por el desgaste de la tubería a causa de la corrosión, así mismo, se considera la explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para el presente escenario, se considera que el desgaste de la tubería de acero genera un orificio de diámetro equivalente a 1" (0.0254 m).
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.0081 m<sup>3</sup>/s (ver cálculo en página siguiente).
- Para el caso de la explosión de los vapores, se considera que a 120 segundos después de generado el derrame éstos entran en contacto con una fuente de ignición a causa de una chispa eléctrica generada por un cable de la instrumentación.
- El diámetro máximo del derrame es de 15.8 m. (calculado por el software SCRI).

**RESULTADOS**

<b>POOL FIRE</b>		<b>EXPLOSIÓN</b>	
<b>Zona de Alto Riesgo (5 kW/m<sup>2</sup>):</b>	36.62 m	<b>Zona de Alto Riesgo (1 psi):</b>	160.27 m
<b>Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m<sup>2</sup>):</b>	68.52 m	<b>Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):</b>	272.42 m

En el **Anexo 9**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 12 de 54

**Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:**

De acuerdo a la literatura "*Risk Management Program Guidance For Offsite Consequence Analysis*" (U.S. EPA publication EPA-550-B-99-009, April 1999.), la fórmula aplicable para el cálculo de la tasa de emisión, es la siguiente:

$$\dot{m} = A_h \sqrt{\gamma P_0 \rho \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

**Dónde:**

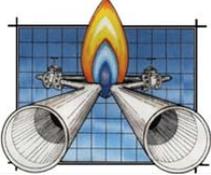
	<b>Valores</b>
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
$A_h$ = Área de la fuga (m <sup>2</sup> )	0.000506
$\gamma$ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
$P_0$ = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	490 332
$\rho$ = Densidad del combustible (kg/m <sup>3</sup> )	840

**Sustitución de valores:**

$$\dot{m} = 0.000506 \sqrt{(1.31)(490\ 332)(840) \left( \frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\frac{1.31+1}{1.31-1}}}$$

**Resultado:**

$$\dot{m} = 6.87 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.0081 \frac{m^3}{s}$$

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 13 de 54

<b>Escenario No. 4.</b>			
<b>Descripción:</b>	Fuga de Gasolina en área de descarga a causa de la falla de la manguera por movimiento indebido del Carrotanque.		
<b>Consideraciones operativas</b>		<b>Condiciones ambientales (promedio):</b>	
<b>Ubicación:</b>	Área de Carrotanques	<b>Temperatura ambiente:</b>	19.5°C <sup>3</sup>
<b>Presión de operación (máxima):</b>	5 kg/cm <sup>2</sup> (71.12 psig)	<b>Velocidad del viento:</b>	6.75 m/s <sup>4</sup>
<b>Flujo de diseño:</b>	600 GPM (0.04 m <sup>3</sup> /s)	<b>Precipitación:</b>	194 mm (anual) <sup>1</sup>
<b>Diámetro considerado para simulación:</b>	1" (0.0254 m)	<b>Altitud:</b>	1 180 msnm
		<b>Humedad relativa:</b>	30% <sup>2</sup>

**Consideraciones para simulaciones:**

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en el área de descarga de Carrotanques a causa del derrame de combustible ocasionado por la falla de la manguera de descarga, así mismo, se considera la explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para el presente escenario, se considera que la falla en la manguera genera un orificio de diámetro equivalente a 1" (0.0254 m).
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.00908 m<sup>3</sup>/s (ver cálculo en página siguiente).
- Para el caso de la explosión de los vapores, se considera que a 120 segundos después de generado el derrame éstos entran en contacto con una fuente de ignición a causa de una chispa eléctrica generada por un cable de la instrumentación.
- El diámetro máximo del derrame es de 11.95 m. (calculado por el software SCRI).

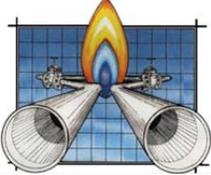
**RESULTADOS**

<b>POOL FIRE</b>		<b>EXPLOSIÓN</b>	
<b>Zona de Alto Riesgo (5 kW/m<sup>2</sup>):</b>	36.27 m	<b>Zona de Alto Riesgo (1 psi):</b>	159.75 m
<b>Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m<sup>2</sup>):</b>	68.11 m	<b>Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):</b>	271.45 m

En el **Anexo 9**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

<sup>3</sup> Valor tomado de la Estación Meteorológica No. 10169 CBTA Gómez Palacio de la CONAGUA.

<sup>4</sup> Valor tomado de la Estación del INIFAP (Gómez Palacio).

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 14 de 54

**Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:**

De acuerdo a la literatura "*Risk Management Program Guidance For Offsite Consequence Analysis*" (U.S. EPA publication EPA-550-B-99-009, April 1999.), la fórmula aplicable para el cálculo de la tasa de emisión, es la siguiente:

$$\dot{m} = A_h \sqrt{\gamma P_0 \rho \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

**Dónde:**

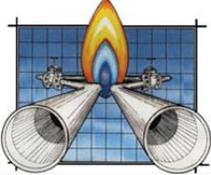
	<b>Valores</b>
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
$A_h$ = Área de la fuga (m <sup>2</sup> )	0.000506
$\gamma$ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
$P_0$ = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	490 330
$\rho$ = Densidad del combustible (kg/m <sup>3</sup> )	680

**Sustitución de valores:**

$$\dot{m} = 0.000506 \sqrt{(1.31)(490\ 330)(680) \left( \frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\frac{1.31+1}{1.31-1}}}$$

**Resultado:**

$$\dot{m} = 6.18 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.00908 \frac{m^3}{s}$$

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 15 de 54

<b>Escenario No. 5.</b>			
<b>Descripción:</b>	Derrame de combustible en Tanque para almacenamiento de Gasolina con capacidad para 120 000 Bls, a causa del desgaste de las placas de acero provocado por corrosión.		
<b>Consideraciones operativas</b>		<b>Condiciones ambientales (promedio):</b>	
<b>Ubicación:</b>	Almacenamiento de Gasolina	<b>Temperatura ambiente:</b>	19.5°C
<b>Presión del tanque:</b>	Atmosférica	<b>Velocidad del viento:</b>	6.75 m/s
<b>Presión en el punto de fuga:</b>	25.34 psi	<b>Precipitación:</b>	194 mm (anual)
<b>Diámetro considerado para simulación:</b>	3" (0.0762 m)	<b>Altitud:</b>	1 180 msnm
		<b>Humedad relativa:</b>	30%

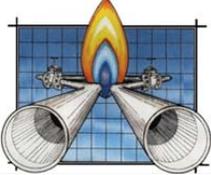
**Consideraciones para simulaciones:**

- Para el presente escenario se considera la simulación de un charco de fuego a causa del derrame de combustible y explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para la simulación del peor caso, se consideró la inexistencia de diques para contención de derrames.
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.048 m<sup>3</sup>/s (ver cálculo en página siguiente).
- La activación de los sistemas de detección de fuego y gas se considera que es a los 120 segundos después de ocurrido el derrame.
- La fuga de combustible se origina por el desgaste de las placas metálicas del tanque, que para el presente caso, se considera la formación de un orificio equivalente a 3 pulgadas de diámetro.
- La presión del combustible almacenado en el punto de fuga es de 25.34 psi (ver cálculo en página siguiente), considerando que la fuga se origina a 1 m de altura respecto al suelo, que el tanque tiene una altura de 14.6 m, y que el nivel de fluido en el mismo se encuentra a 12 m.
- El diámetro máximo del derrame es de 27.48 m. (calculado por el software SCRI).

**RESULTADOS**

<b>POOL FIRE</b>		<b>EXPLOSIÓN</b>	
<b>Zona de Alto Riesgo (5 kW/m<sup>2</sup>):</b>	81.33 m	<b>Zona de Alto Riesgo (1 psi):</b>	279.92 m
<b>Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m<sup>2</sup>):</b>	151.55 m	<b>Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):</b>	475.82 m

En el **Anexo 9**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 16 de 54

**Cálculo de la presión hidrostática del combustible en el punto de fuga:**

Para el cálculo de la presión hidrostática se empleó la siguiente formula:

$$P_{hid} = \rho gh + P_{atm}$$

**Dónde:**

	<b>Valores</b>
$P_{hid}$ = Presión hidrostática en punto de fuga (Pa)	¿?
$\rho$ = Densidad del combustible (kg/m <sup>3</sup> )	840
$g$ = Aceleración de la gravedad (m/s <sup>2</sup> )	9.81
$h$ = Altura del nivel del combustible respecto al punto de fuga (m)	11
$P_{atm}$ = Presión Atmosférica (Pa)	101 325

**Sustitución de valores:**

$$P_{hid} = (840)(9.81)(11) + 101\ 325 = 174\ 703.8 \text{ Pa (25.34 psi o 1.78 kg/cm}^2\text{)}$$

De acuerdo a la literatura "Risk Management Program Guidance For Offsite Consequence Analysis" (U.S. EPA publication EPA-550-B-99-009, April 1999.), la fórmula aplicable para el cálculo de la tasa de emisión, es la siguiente:

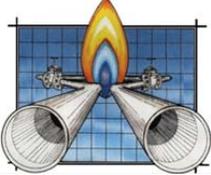
$$\dot{m} = A_h \sqrt{\gamma P_0 \rho \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

**Dónde:**

	<b>Valores</b>
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
$A_h$ = Área de la fuga (m <sup>2</sup> )	0.00456
$\gamma$ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
$P_0$ = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	174 703.8
$\rho$ = Densidad del combustible (kg/m <sup>3</sup> )	680

**Sustitución de valores:**

$$\dot{m} = 0.00456 \sqrt{(1.31)(174\ 703)(680) \left( \frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\frac{1.31+1}{1.31-1}}}$$

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 17 de 54

**Resultado:**

$$\dot{m} = 33.25 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.048 \frac{m^3}{s}$$

<b>Escenario No. 6.</b>			
<b>Descripción:</b>	Fuga de combustible en casa de bombas de Gasolina a llenaderas, debido al desgaste de la tubería a la salida de los equipos de bombeo, provocando el derrame de combustible en el área.		
<b>Consideraciones operativas</b>		<b>Condiciones ambientales (promedio):</b>	
<b>Ubicación:</b>	Casa de bombas	<b>Temperatura ambiente:</b>	19.5°C
<b>Presión de operación (promedio):</b>	5 kg/cm <sup>2</sup> (71.12 psig)	<b>Velocidad del viento:</b>	6.75 m/s
<b>Flujo de diseño:</b>	600 GPM (0.04 m <sup>3</sup> /s)	<b>Precipitación:</b>	194 mm (anual)
<b>Diámetro considerado para simulación:</b>	1" (0.0254 m)	<b>Altitud:</b>	1 180 msnm
		<b>Humedad relativa:</b>	30%

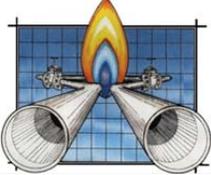
**Consideraciones para simulaciones:**

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en la casa de bombas a causa del derrame de combustible ocasionado por el desgaste de la tubería a causa de la corrosión, así mismo, se considera la explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para el presente escenario, se considera que el desgaste de la tubería de acero genera un orificio de diámetro equivalente a 1" (0.0254 m).
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.00908 m<sup>3</sup>/s (ver cálculo en página siguiente).
- Para el caso de la explosión de los vapores, se considera que a 120 segundos después de generado el derrame éstos entran en contacto con una fuente de ignición a causa de una chispa eléctrica generada por un cable de la instrumentación.
- El diámetro máximo del derrame es de 11.95 m. (calculado por el software SCRI).

**RESULTADOS**

<b>POOL FIRE</b>		<b>EXPLOSIÓN</b>	
<b>Zona de Alto Riesgo (5 kW/m<sup>2</sup>):</b>	36.27 m	<b>Zona de Alto Riesgo (1 psi):</b>	159.75 m
<b>Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m<sup>2</sup>):</b>	68.11 m	<b>Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):</b>	271.45 m

En el **Anexo 9**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 18 de 54

**Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:**

De acuerdo a la literatura "*Risk Management Program Guidance For Offsite Consequence Analysis*" (U.S. EPA publication EPA-550-B-99-009, April 1999.), la fórmula aplicable para el cálculo de la tasa de emisión, es la siguiente:

$$\dot{m} = A_h \sqrt{\gamma P_0 \rho \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

**Dónde:**

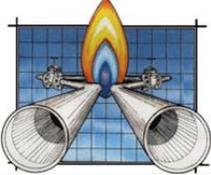
	<b>Valores</b>
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
$A_h$ = Área de la fuga (m <sup>2</sup> )	0.000506
$\gamma$ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
$P_0$ = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	490 332
$\rho$ = Densidad del combustible (kg/m <sup>3</sup> )	680

**Sustitución de valores:**

$$\dot{m} = 0.000506 \sqrt{(1.31)(490\ 332)(680) \left( \frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\frac{1.31+1}{1.31-1}}}$$

**Resultado:**

$$\dot{m} = 6.18 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.00908 \frac{m^3}{s}$$

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 19 de 54

<b>Escenario No. 7.</b>			
<b>Descripción:</b>	Fuga de Diesel en el área de Carrotanques a causa de la falla de la manguera de descarga por movimiento indebido del Carrotanque.		
<b>Consideraciones operativas</b>		<b>Condiciones ambientales (promedio):</b>	
<b>Ubicación:</b>	Área de Descarga	<b>Temperatura ambiente:</b>	19.5°C
<b>Presión de operación (máxima):</b>	0.5 kg/cm <sup>2</sup> (71.1 psig)	<b>Velocidad del viento:</b>	6.75 m/s
<b>Flujo de operación:</b>	490 GPM (7.11 m <sup>3</sup> /s)	<b>Precipitación:</b>	194 mm (anual)
<b>Diámetro considerado para simulación:</b>	2" (0.0762 m)	<b>Altitud:</b>	1 180 msnm
		<b>Humedad relativa:</b>	30%

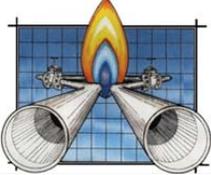
**Consideraciones para simulaciones:**

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en la parte de descarga de Carrotanques a causa del derrame de Diesel ocasionado por falla en la interconexión de la manguera flexible causado el por movimiento imprudencial del Carrotanque, así mismo, se considera la explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para el presente escenario, se considera que la falla en la manguera genera un orificio de diámetro equivalente a 2" (0.0762 m).
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.0233 m<sup>3</sup>/s (ver cálculo en página siguiente).
- Para el caso de la explosión de los vapores, se considera que a 180 segundos después de generado el derrame éstos entran en contacto con una fuente de ignición a causa de la electricidad estática existente en los Carrotanques.
- El diámetro máximo del derrame es de 26.68 m. (calculado por el software SCRI).

**RESULTADOS**

<b>POOL FIRE</b>		<b>EXPLOSIÓN</b>	
<b>Zona de Alto Riesgo (5 kW/m<sup>2</sup>):</b>	60.83 m	<b>Zona de Alto Riesgo (1 psi):</b>	260.11 m
<b>Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m<sup>2</sup>):</b>	113.34 m	<b>Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):</b>	442.15 m

En el **Anexo 9**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 20 de 54

**Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:**

De acuerdo a la literatura "*Risk Management Program Guidance For Offsite Consequence Analysis*" (U.S. EPA publication EPA-550-B-99-009, April 1999.), la fórmula aplicable para el cálculo de la tasa de emisión, es la siguiente:

$$\dot{m} = A_h \sqrt{\gamma P_0 \rho \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

**Dónde:**

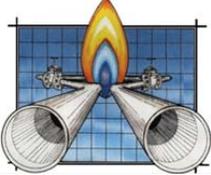
	<b>Valores</b>
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
$A_h$ = Área de la fuga (m <sup>2</sup> )	0.00456
$\gamma$ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
$P_0$ = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	49 033.26
$\rho$ = Densidad del combustible (kg/m <sup>3</sup> )	840

**Sustitución de valores:**

$$\dot{m} = 0.00456 \sqrt{(1.31)(49\ 033)(840) \left( \frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\frac{1.31+1}{1.31-1}}}$$

**Resultado:**

$$\dot{m} = 19.58 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.0233 \frac{m^3}{s}$$

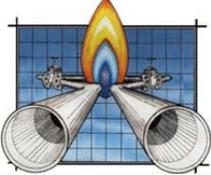
	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 21 de 54

<b>Escenario No. 8.</b>			
<b>Descripción:</b>	Fuga de Diesel en el transloader, debido al cierre en falso de la válvula de salida aunado al desgaste de la tubería a la salida del transloader, provocando el derrame de combustible en el área.		
<b>Consideraciones operativas</b>		<b>Condiciones ambientales (promedio):</b>	
<b>Ubicación:</b>	Transloader	<b>Temperatura ambiente:</b>	19.5°C
<b>Presión de operación (considerando la sobrepresión):</b>	5 kg/cm <sup>2</sup> (71.12 psig)	<b>Velocidad del viento:</b>	6.75 m/s
<b>Flujo de operación:</b>	490 GPM (1.85 m <sup>3</sup> /s)	<b>Precipitación:</b>	194 mm (anual)
<b>Diámetro considerado para simulación:</b>	1" (0.0254 m)	<b>Altitud:</b>	1 180 msnm
		<b>Humedad relativa:</b>	30%

<b>Consideraciones para simulaciones:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en la localización del transloader a causa del derrame de Diesel ocasionado por el desgaste en la tubería de salida aunado a una sobrepresión causada por el cierre de la válvula, así mismo, se considera la explosión por la concentración de los vapores generados.</li> <li>▪ Para el presente escenario, se considera que la falla en la tubería de salida genera un orificio de diámetro equivalente a 1" (0.0254 m).</li> <li>▪ La tasa de emisión de fuga es de: 0.00633 m<sup>3</sup>/s (ver cálculo en página siguiente).</li> <li>▪ Para el caso de la explosión de los vapores, se considera que a 180 segundos después de generado el derrame éstos entran en contacto con una fuente de ignición a causa de la electricidad estática existente en los Carrotanques y transloader.</li> <li>▪ El diámetro máximo del derrame es de 13.9 m. (calculado por el software SCRI).</li> </ul>	

<b>RESULTADOS</b>			
<b>POOL FIRE</b>		<b>EXPLOSIÓN</b>	
<b>Zona de Alto Riesgo (5 kW/m<sup>2</sup>):</b>	32.35 m	<b>Zona de Alto Riesgo (1 psi):</b>	168.44 m
<b>Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m<sup>2</sup>):</b>	60.62 m	<b>Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):</b>	286.33 m

En el **Anexo 9**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 22 de 54

**Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:**

De acuerdo a la literatura "*Risk Management Program Guidance For Offsite Consequence Analysis*" (U.S. EPA publication EPA-550-B-99-009, April 1999.), la fórmula aplicable para el cálculo de la tasa de emisión, es la siguiente:

$$\dot{m} = A_h \sqrt{\gamma P_0 \rho \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

**Dónde:**

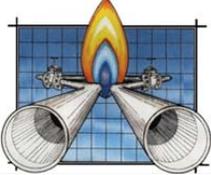
	<b>Valores</b>
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
$A_h$ = Área de la fuga (m <sup>2</sup> )	0.000506
$\gamma$ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
$P_0$ = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	294 199.56
$\rho$ = Densidad del combustible (kg/m <sup>3</sup> )	840

**Sustitución de valores:**

$$\dot{m} = 0.000506 \sqrt{(1.31)(490\,332.6)(840) \left( \frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\frac{1.31+1}{1.31-1}}}$$

**Resultado:**

$$\dot{m} = 5.32 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.00633 \frac{m^3}{s}$$

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	II
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 23 de 54

<b>Escenario No. 9.</b>			
<b>Descripción:</b>	Fuga de Gasolina en el área de Carrotanques a causa de la falla de la manguera de descarga por movimiento indebido del Carrotanque.		
<b>Consideraciones operativas</b>		<b>Condiciones ambientales (promedio):</b>	
<b>Ubicación:</b>	Área de Descarga	<b>Temperatura ambiente:</b>	19.5°C
<b>Presión de operación (máxima):</b>	0.5 kg/cm <sup>2</sup> (71.1 psig)	<b>Velocidad del viento:</b>	6.75 m/s
<b>Flujo de operación:</b>	490 GPM (7.11 m <sup>3</sup> /s)	<b>Precipitación:</b>	194 mm (anual)
<b>Diámetro considerado para simulación:</b>	2" (0.0762 m)	<b>Altitud:</b>	1 180 msnm
		<b>Humedad relativa:</b>	30%

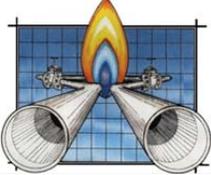
**Consideraciones para simulaciones:**

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en la parte de descarga de Carrotanques a causa del derrame de Gasolina ocasionado por falla en la interconexión de la manguera flexible causado el por movimiento imprudencial del carrotanque, así mismo, se considera la explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para el presente escenario, se considera que la falla en la manguera genera un orificio de diámetro equivalente a 2" (0.0762 m).
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.025 m<sup>3</sup>/s (ver cálculo en página siguiente).
- Para el caso de la explosión de los vapores, se considera que a 180 segundos después de generado el derrame éstos entran en contacto con una fuente de ignición a causa de la electricidad estática existente en los Carrotanques.
- El diámetro máximo del derrame es de 19.83 m. (calculado por el software SCRI).

**RESULTADOS**

<b>POOL FIRE</b>		<b>EXPLOSIÓN</b>	
<b>Zona de Alto Riesgo (5 kW/m<sup>2</sup>):</b>	59.31 m	<b>Zona de Alto Riesgo (1 psi):</b>	259.23 m
<b>Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m<sup>2</sup>):</b>	110.81 m	<b>Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):</b>	440.65 m

En el **Anexo 9**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 24 de 54</b>

**Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:**

De acuerdo a la literatura "*Risk Management Program Guidance For Offsite Consequence Analysis*" (U.S. EPA publication EPA-550-B-99-009, April 1999.), la fórmula aplicable para el cálculo de la tasa de emisión, es la siguiente:

$$\dot{m} = A_h \sqrt{\gamma P_0 \rho \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

**Dónde:**

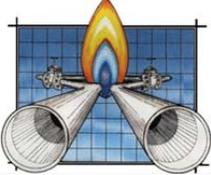
	<b>Valores</b>
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
$A_h$ = Área de la fuga (m <sup>2</sup> )	0.00456
$\gamma$ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
$P_0$ = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	49 033.26
$\rho$ = Densidad del combustible (kg/m <sup>3</sup> )	680

**Sustitución de valores:**

$$\dot{m} = 0.00456 \sqrt{(1.31)(49\ 033)(680) \left( \frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\frac{1.31+1}{1.31-1}}}$$

**Resultado:**

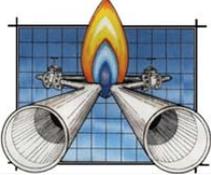
$$\dot{m} = 17.61 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.025 \frac{m^3}{s}$$

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 25 de 54

<b>Escenario No. 10.</b>			
<b>Descripción:</b>	Fuga de Gasolina en el transloader, debido al cierre en falso de la válvula de salida aunado al desgaste de la tubería a la salida del transloader, provocando el derrame de combustible en el área.		
<b>Consideraciones operativas</b>		<b>Condiciones ambientales (promedio):</b>	
<b>Ubicación:</b>	Transloader	<b>Temperatura ambiente:</b>	19.5°C
<b>Presión de operación (considerando la sobrepresión):</b>	5 kg/cm <sup>2</sup> (71.12 psig)	<b>Velocidad del viento:</b>	6.75 m/s
<b>Flujo de operación:</b>	490 GPM (1.85 m <sup>3</sup> /s)	<b>Precipitación:</b>	194 mm (anual)
<b>Diámetro considerado para simulación:</b>	1" (0.0254 m)	<b>Altitud:</b>	1 180 msnm
		<b>Humedad relativa:</b>	30%

<b>Consideraciones para simulaciones:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en la localización del transloader a causa del derrame de Gasolina ocasionado por el desgaste en la tubería de salida aunado a una sobrepresión causada por el cierre de la válvula, así mismo, se considera la explosión por la concentración de los vapores generados.</li> <li>▪ Para el presente escenario, se considera que la falla en la tubería de salida genera un orificio de diámetro equivalente a 1" (0.0254 m).</li> <li>▪ La tasa de emisión de fuga es de: 0.00702 m<sup>3</sup>/s (ver cálculo en página siguiente).</li> <li>▪ Para el caso de la explosión de los vapores, se considera que a 180 segundos después de generado el derrame éstos entran en contacto con una fuente de ignición a causa de la electricidad estática existente en los Carrotanques y transloader.</li> <li>▪ El diámetro máximo del derrame es de 10.51 m. (calculado por el software SCRI).</li> </ul>			
<b>RESULTADOS</b>			
<b>POOL FIRE</b>		<b>EXPLOSIÓN</b>	
<b>Zona de Alto Riesgo (5 kW/m<sup>2</sup>):</b>	32.00 m	<b>Zona de Alto Riesgo (1 psi):</b>	167.83 m
<b>Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m<sup>2</sup>):</b>	60.19 m	<b>Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):</b>	285.29 m

En el **Anexo 9**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 26 de 54

**Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:**

De acuerdo a la literatura "*Risk Management Program Guidance For Offsite Consequence Analysis*" (U.S. EPA publication EPA-550-B-99-009, April 1999.), la fórmula aplicable para el cálculo de la tasa de emisión, es la siguiente:

$$\dot{m} = A_h \sqrt{\gamma P_0 \rho \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

**Dónde:**

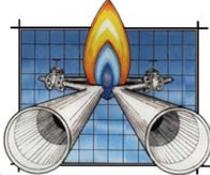
	<b>Valores</b>
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
$A_h$ = Área de la fuga (m <sup>2</sup> )	0.000506
$\gamma$ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
$P_0$ = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	294 199.56
$\rho$ = Densidad del combustible (kg/m <sup>3</sup> )	680

**Sustitución de valores:**

$$\dot{m} = 0.000506 \sqrt{(1.31)(294\ 199.56)(680) \left( \frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\frac{1.31+1}{1.31-1}}}$$

**Resultado:**

$$\dot{m} = 4.78 \frac{kg}{s} \text{ ó } 0.00702 \frac{m^3}{s}$$

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 27 de 54</b>

### II.1.3 Representación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento

Los radios de afectación se indican a continuación:

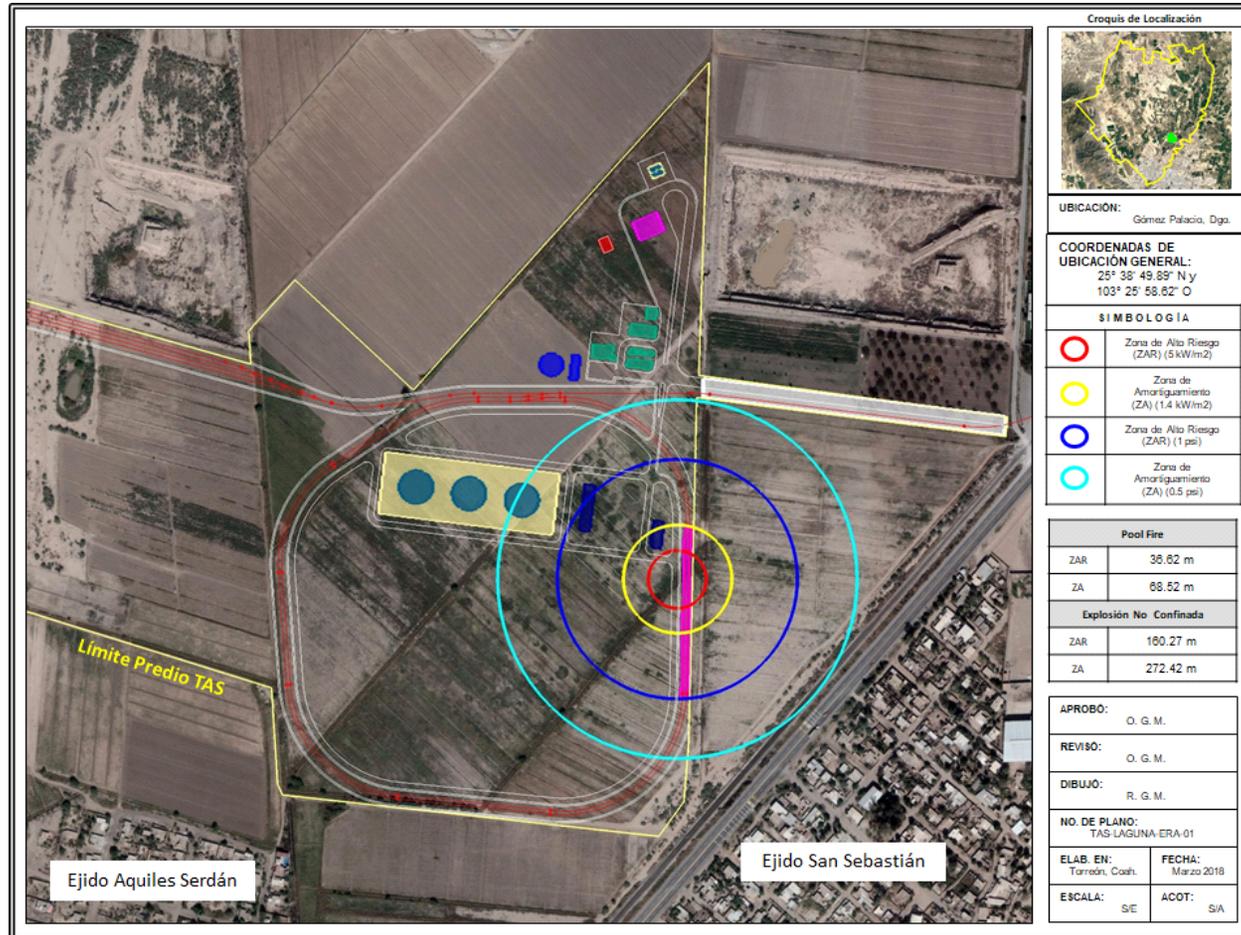
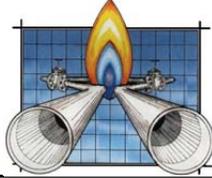


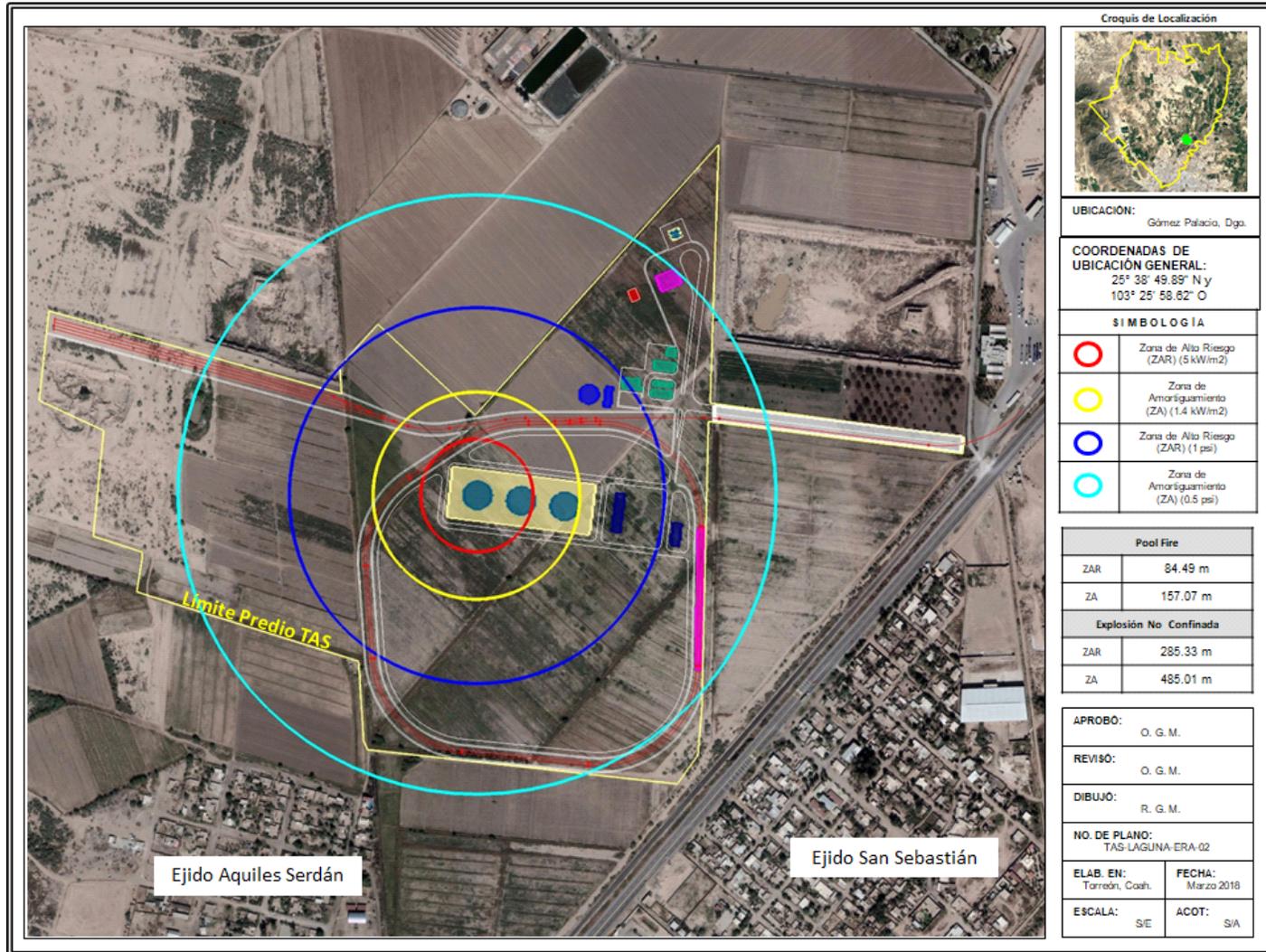
Figura 1 Radios de Afectación del Escenario 1.



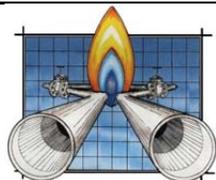
**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**Modalidad Análisis de Riesgos**

**Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna**  
**Municipio de Gómez Palacio, Dgo.**

<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 28 de 54</b>



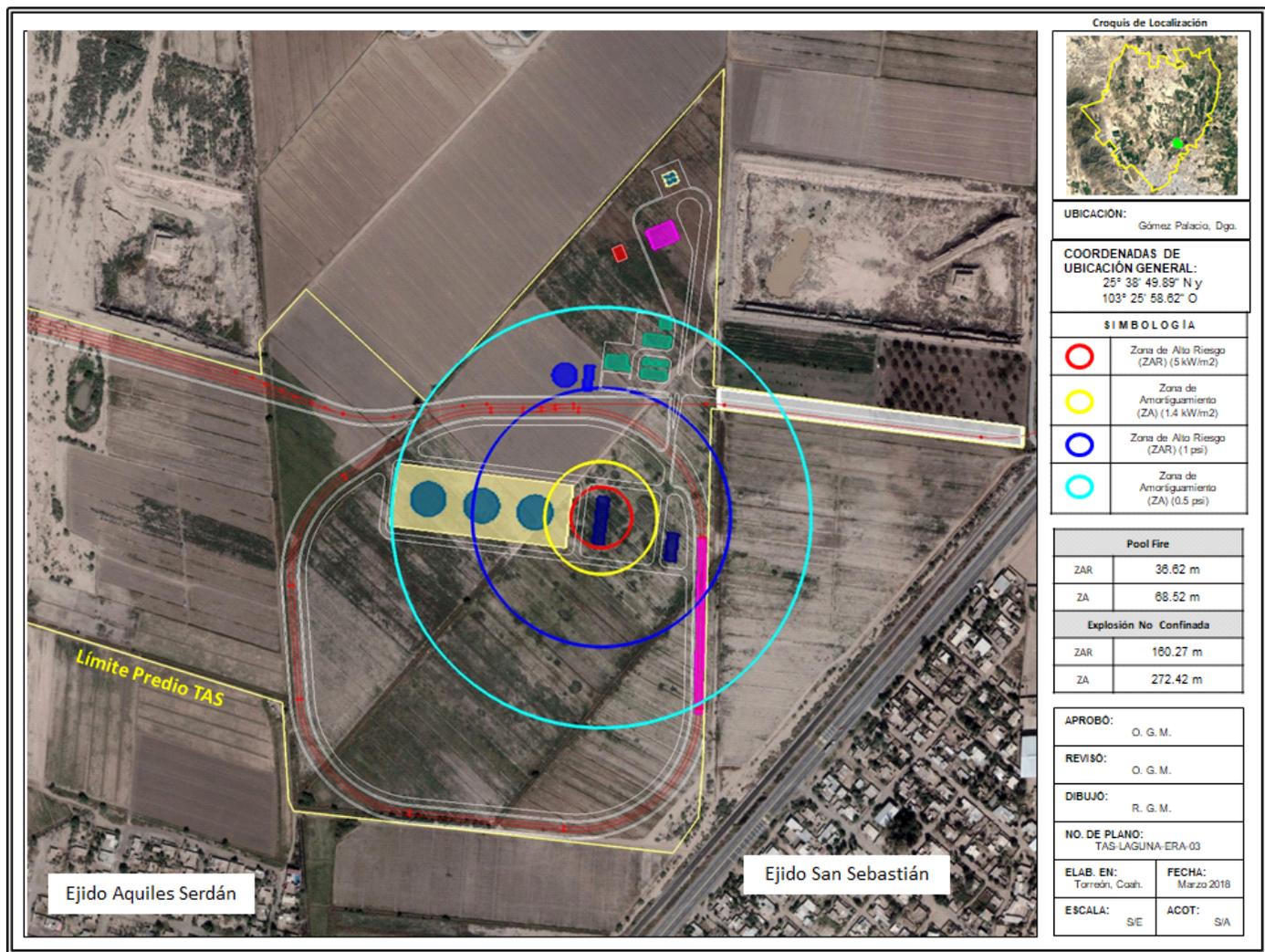
**Figura 2 Radios de Afectación del Escenario 2.**



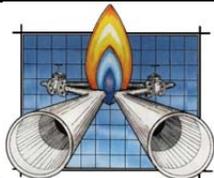
**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**Modalidad Análisis de Riesgos**

**Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna**  
**Municipio de Gómez Palacio, Dgo.**

<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 29 de 54</b>



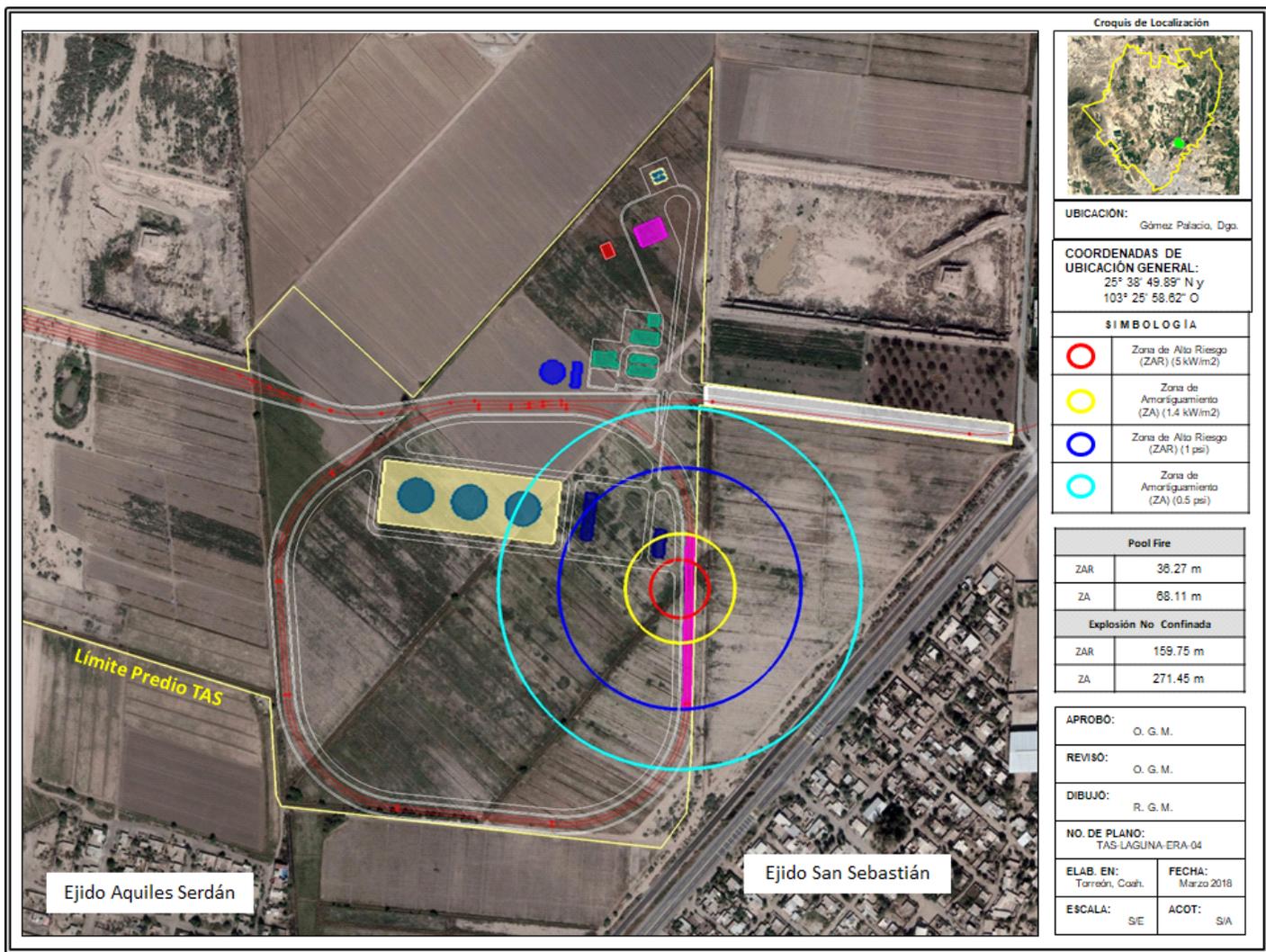
**Figura 3 Radios de Afectación del Escenario 3.**



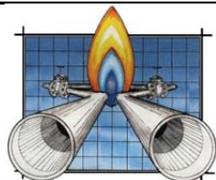
**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**Modalidad Análisis de Riesgos**

**Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna**  
**Municipio de Gómez Palacio, Dgo.**

<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 30 de 54</b>



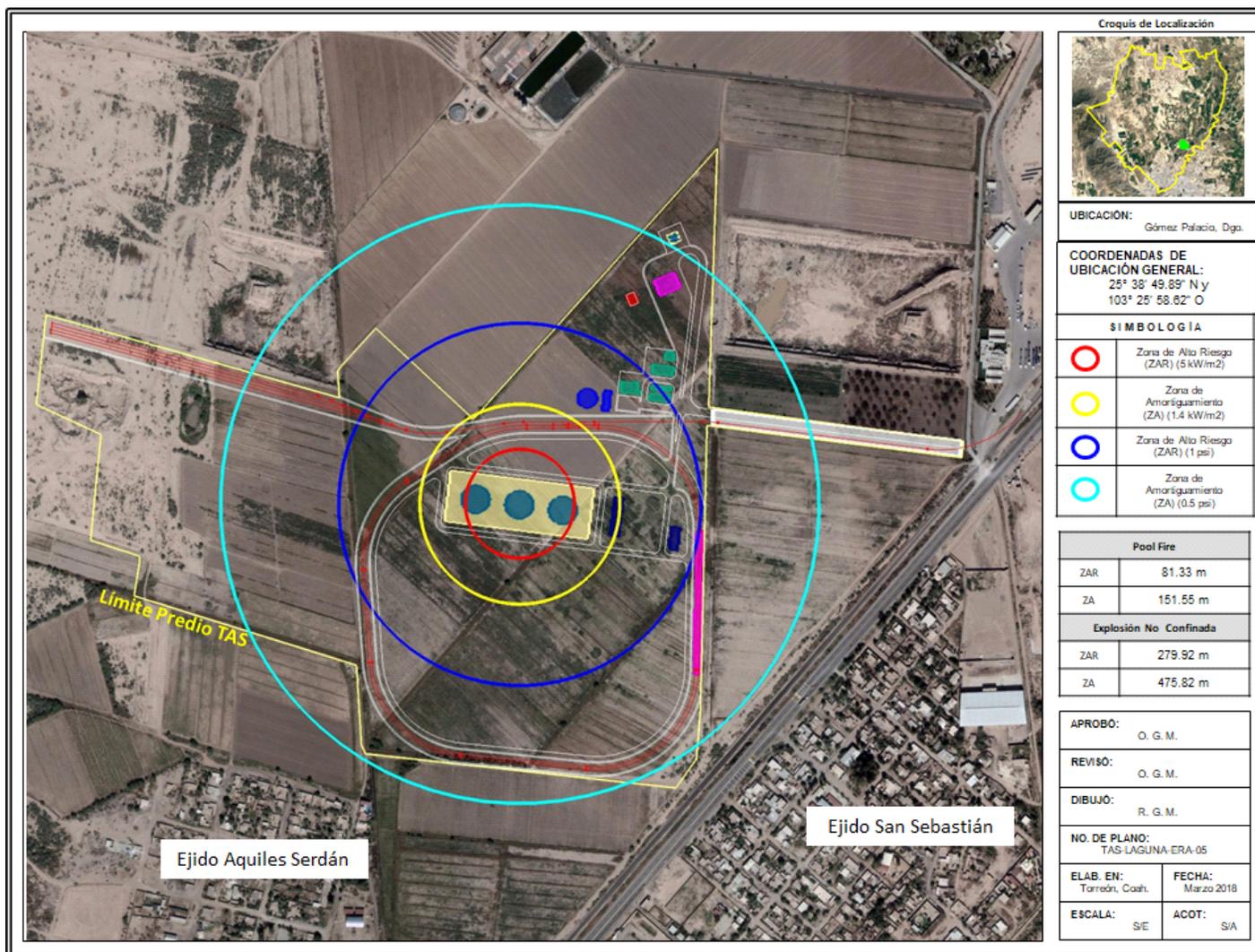
**Figura 4 Radios de Afectación del Escenario 4.**



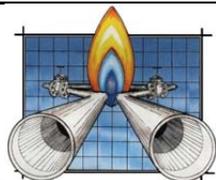
**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**Modalidad Análisis de Riesgos**

**Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna**  
**Municipio de Gómez Palacio, Dgo.**

<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 31 de 54</b>



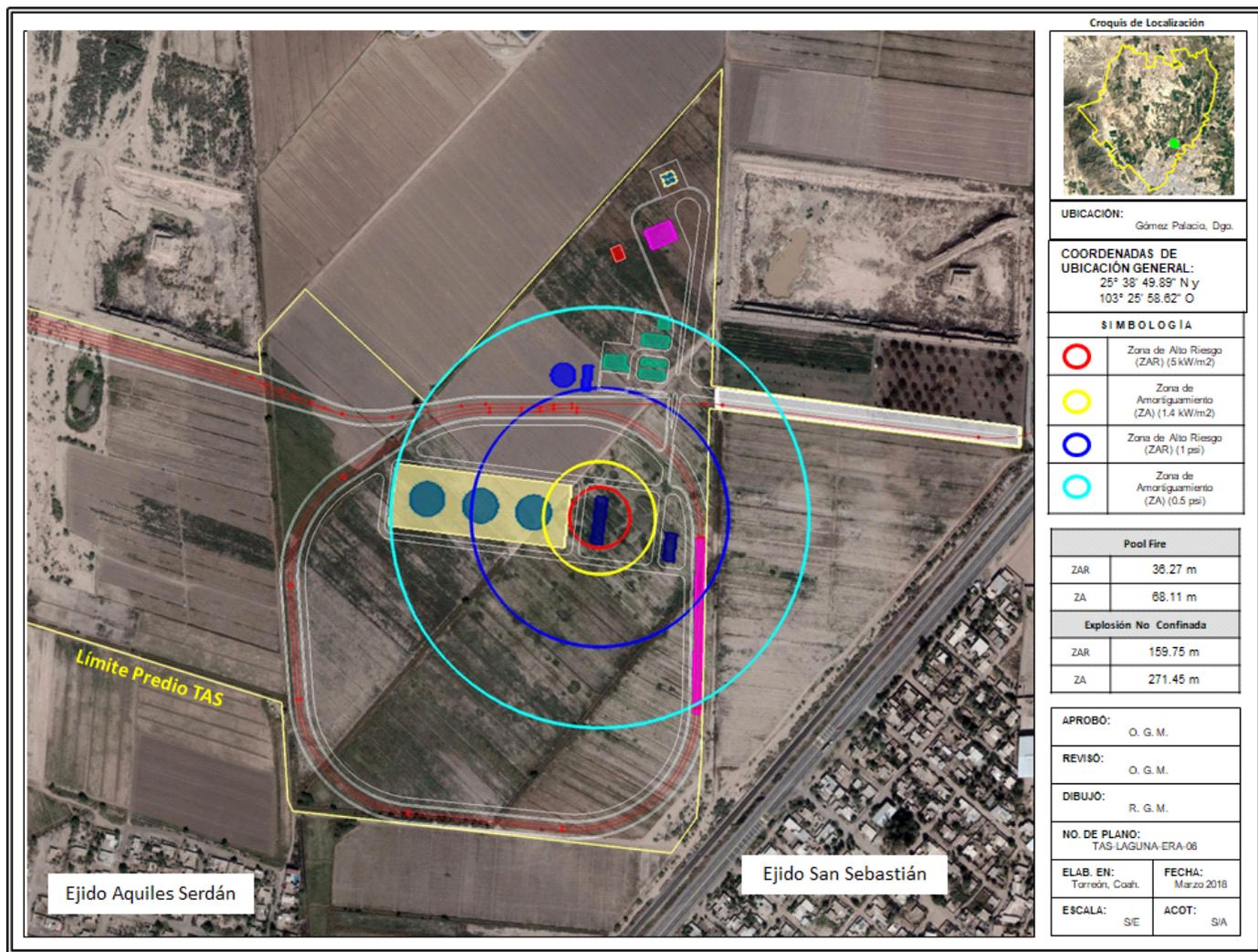
**Figura 5 Radios de Afectación del Escenario 5.**



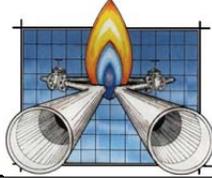
**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**Modalidad Análisis de Riesgos**

**Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna**  
**Municipio de Gómez Palacio, Dgo.**

<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 32 de 54</b>



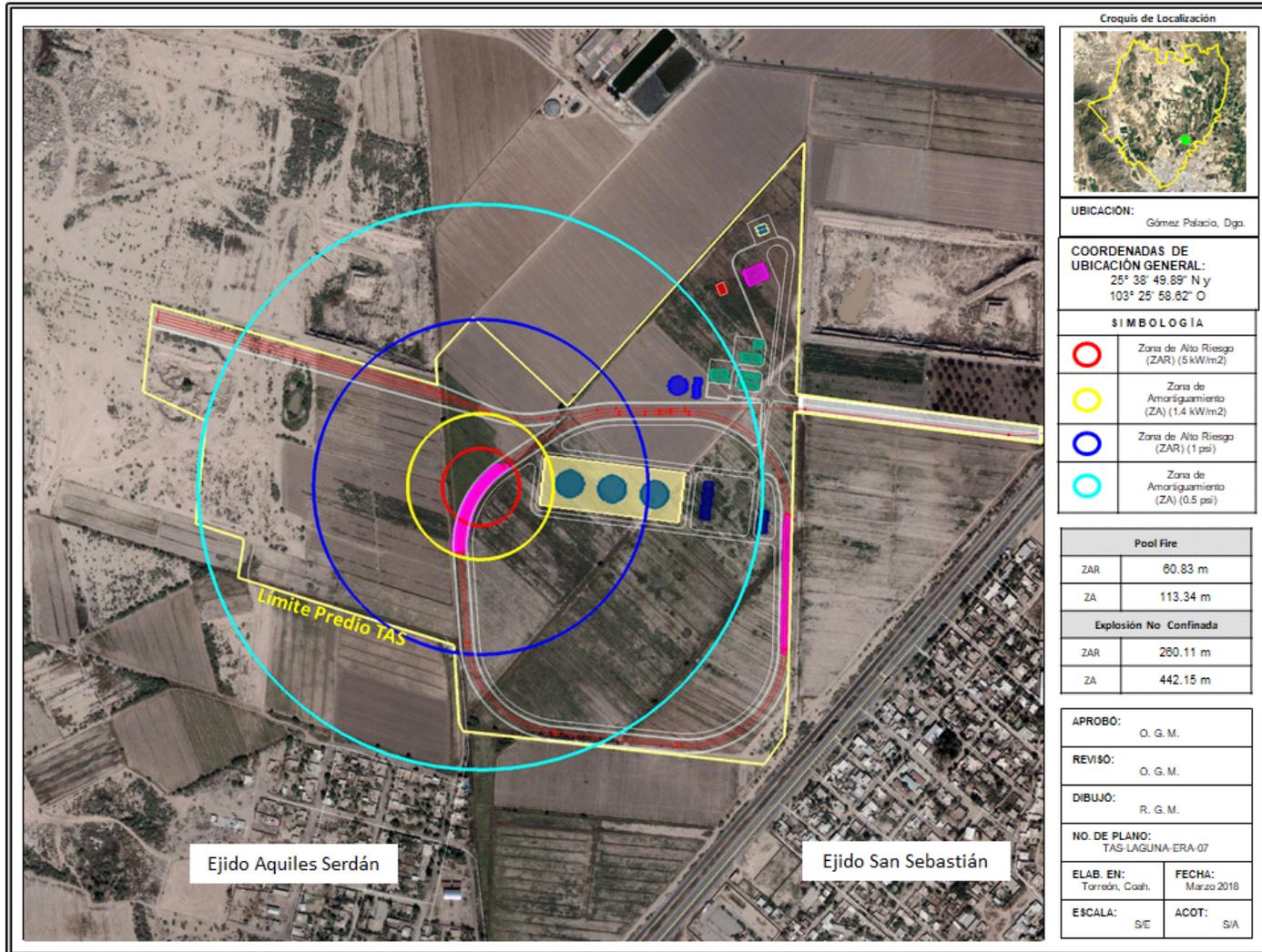
**Figura 6 Radios de Afectación del Escenario 6.**



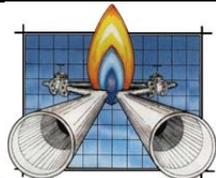
**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**Modalidad Análisis de Riesgos**

**Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna**  
**Municipio de Gómez Palacio, Dgo.**

<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 33 de 54</b>



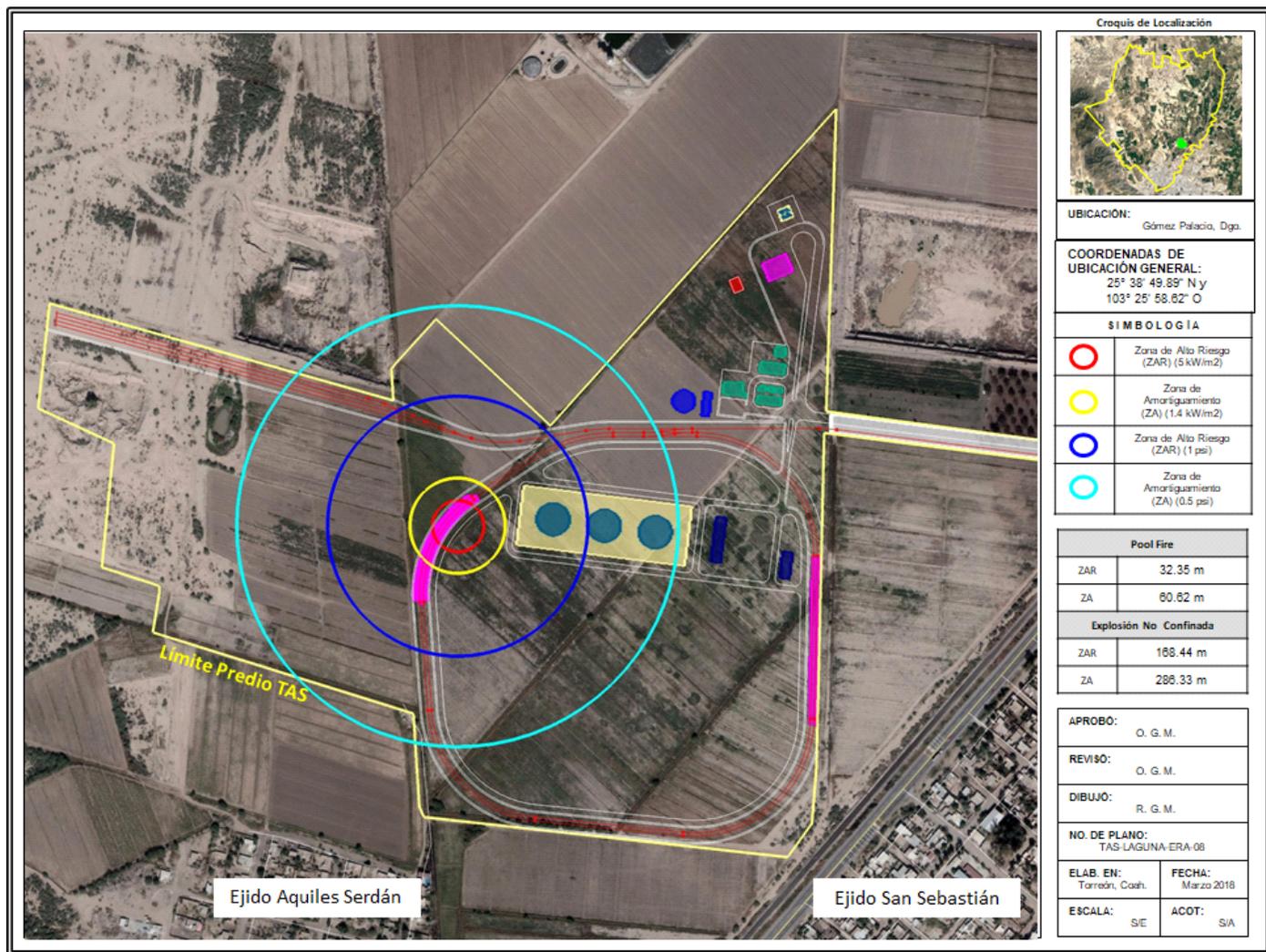
**Figura 7 Radios de Afectación del Escenario 7.**



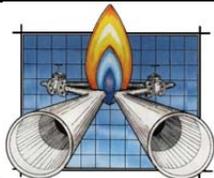
**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**Modalidad Análisis de Riesgos**

**Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna**  
**Municipio de Gómez Palacio, Dgo.**

<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 34 de 54</b>



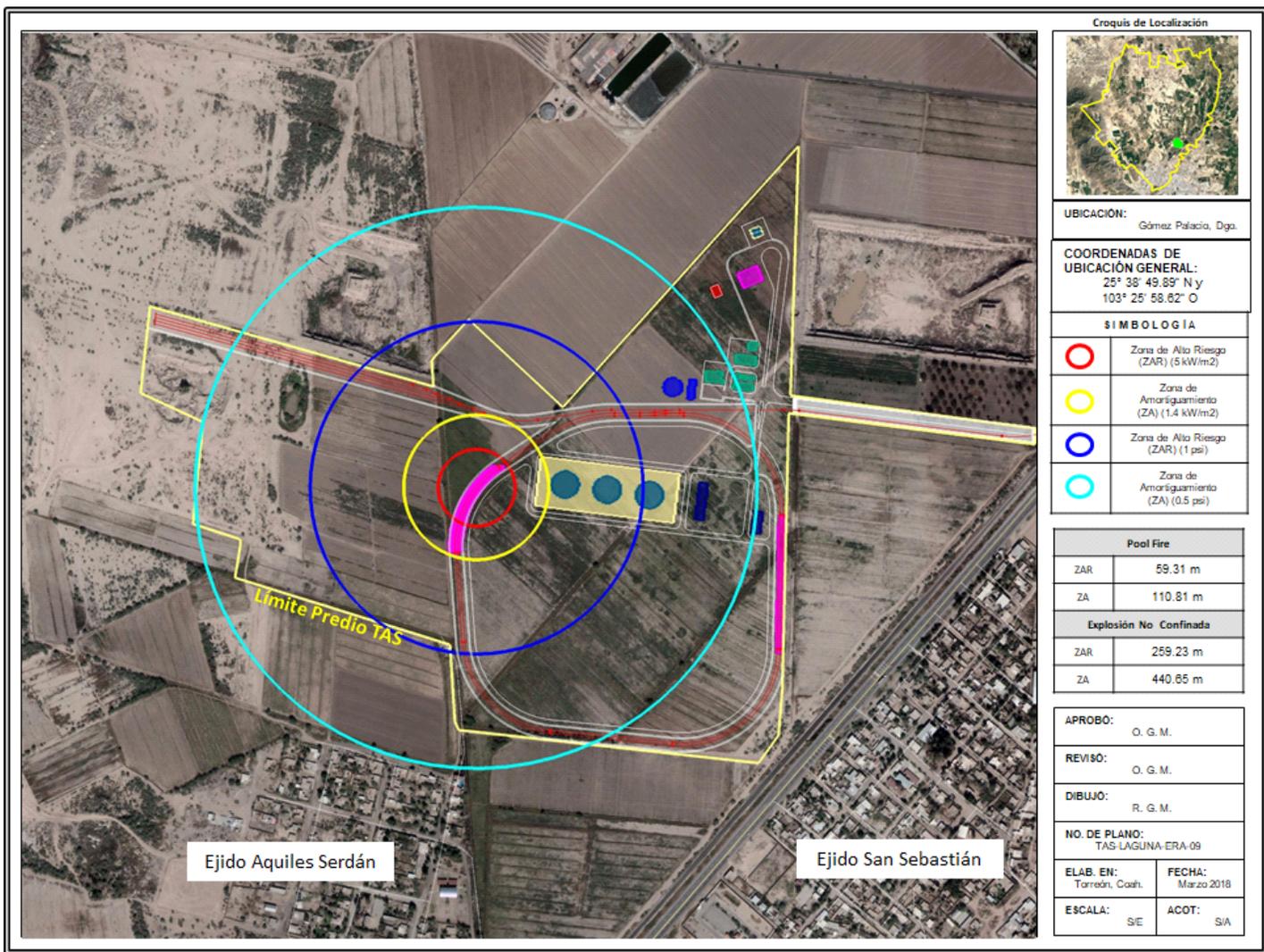
**Figura 8 Radios de Afectación del Escenario 8.**



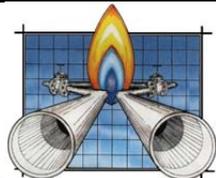
**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**Modalidad Análisis de Riesgos**

**Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna**  
**Municipio de Gómez Palacio, Dgo.**

<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 35 de 54</b>



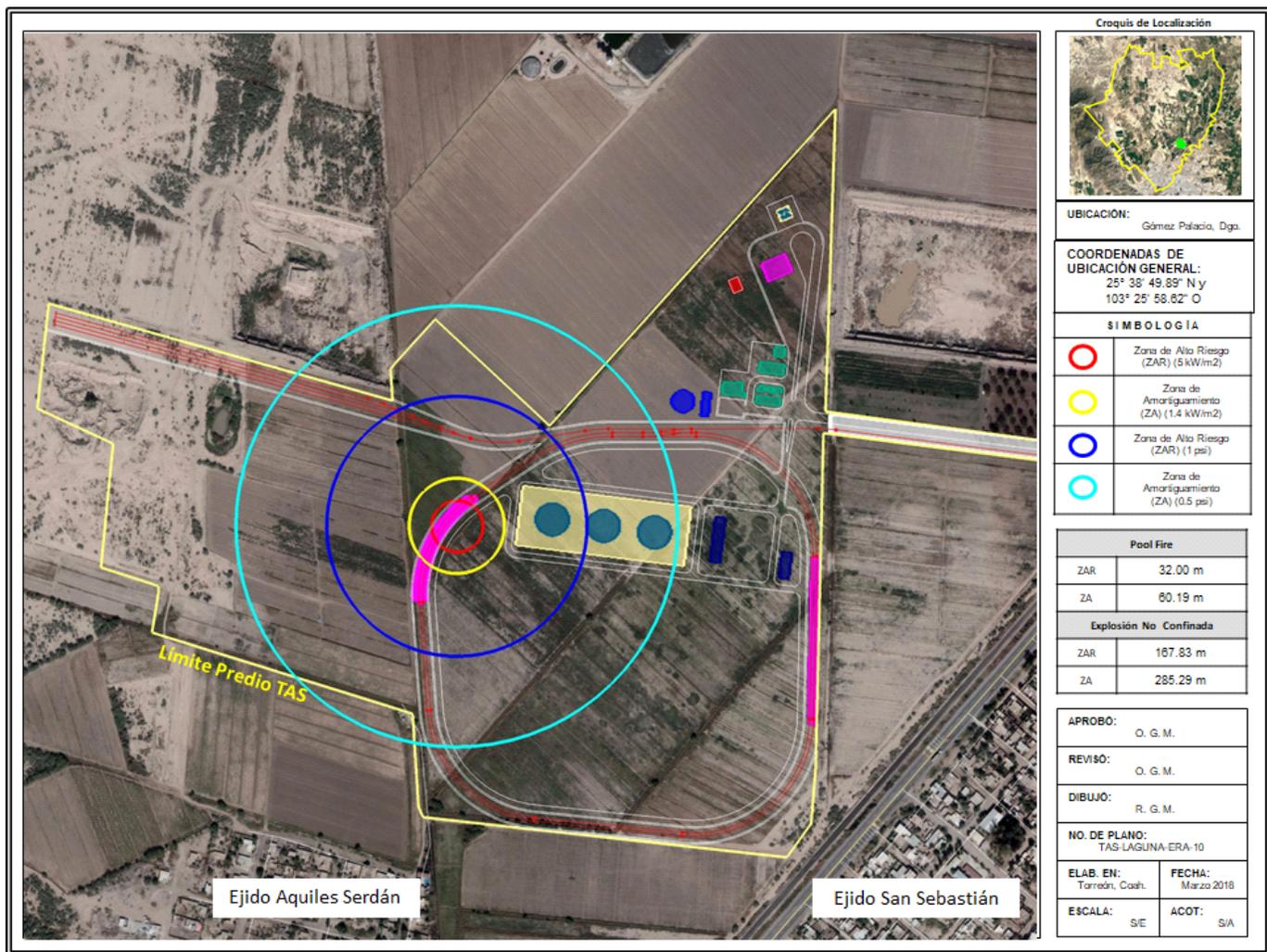
**Figura 9 Radios de Afectación del Escenario 9.**



**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**Modalidad Análisis de Riesgos**

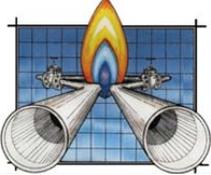
**Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna**  
**Municipio de Gómez Palacio, Dgo.**

<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 36 de 54</b>



**Figura 10 Radios de Afectación del Escenario 10.**

Para mayor detalle, Ver Anexo 10.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 37 de 54

## II.2 INTERACCIONES DE RIESGO

### ESCENARIOS 1 y 3.

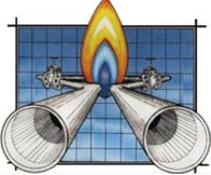
De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de  $95.15 \text{ kW/m}^2$  en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar  $5 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 36.62 m; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformará el área de descarga son inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 10 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes en el área de descarga, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de  $40 \text{ kW/m}^2$ , lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 10 m se localizará además el área de carga de Autotanques, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la Terminal.

Posterior a los 10 m desde la formación del charco de fuego en el área para carga/descarga de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 36.62 m que es donde se alcanzan los  $5 \text{ kW/m}^2$  (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a la instrumentación que conformará los patines de medición para transferencia de custodia (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente), además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 10 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 10 m y hasta una distancia de 20 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores de la Terminal se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 20 m y hasta el límite de la ZAR que es de 36.62 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los  $5 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 36.62 m hasta alcanzar valores de radiación de  $1.4 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 68.52 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la Terminal ni en la población aledaña, por la inexistencia de zonas habitables.

El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 68.52 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 70 m distancia del charco de fuego donde la radiación será menos de  $1 \text{ kW/m}^2$ , nivel de radiación máxima que se alcanza en un día

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 38 de 54</b>

soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

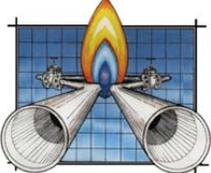
Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 10 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 160.27 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformará el área de descarga y casa de bombas son inevitables, ya que en un radio de 8 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 8 m y hasta los 160.27 m que es el límite de la ZAR se afectará en parte a las instalaciones de la TAS, donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 30 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 30 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 160.27 m hasta 0.5 psi a una distancia de 272.44 m las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

## **ESCENARIO 2.**

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de 177.29 kW/m<sup>2</sup> en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 84.49 m; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformarán los tanques para almacenamiento son inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 30 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes en el área de descarga, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m<sup>2</sup>, lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 30 m se localizarán además otros tanques de almacenamiento, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la Terminal.

Posterior a los 30 m desde la formación del charco de fuego en el área para almacenamiento de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 84.49 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m<sup>2</sup> (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a la instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente), además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 39 de 54</b>

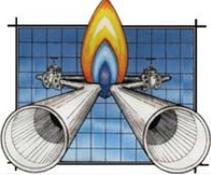
El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 30 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 30 m y hasta una distancia de 45 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores de la Terminal se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 45 m y hasta el límite de la ZAR que es de 84.49 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 84.49 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 157.07 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la Terminal ni en la población aledaña.

El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 157.07 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 160 m distancia del charco de fuego donde la radiación será menos de 1 kW/m<sup>2</sup>, nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 10 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 285.33 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformarán las áreas para almacenamiento de combustibles son inevitables, ya que en un radio de 15 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 15 m y hasta los 285.33 m que es el límite de la ZAR se afectará en parte a las instalaciones de la TAS, donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 60 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 60 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 285.33 m hasta 0.5 psi a una distancia de 485.01 m las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 40 de 54</b>

## **ESCENARIOS 4 y 6.**

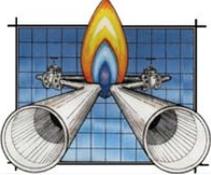
De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de  $81.87 \text{ kW/m}^2$  en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar  $5 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 36.27 m; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformará el área de descarga son inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 10 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes en el área de descarga, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de  $40 \text{ kW/m}^2$ , lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 10 m se localizará el área de descarga y casa de bombas, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la Terminal.

Posterior a los 10 m desde la formación del charco de fuego en el área para carga/descarga de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 36.27 m que es donde se alcanzan los  $5 \text{ kW/m}^2$  (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a la instrumentación que conformará los patines de medición para transferencia de custodia (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente), además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 10 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 10 m y hasta una distancia de 20 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores de la Terminal se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 20 m y hasta el límite de la ZAR que es de 36.27 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los  $5 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 36.27 m hasta alcanzar valores de radiación de  $1.4 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 67.88 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la Terminal ni en la población aledaña.

El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 68.11 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 70 m distancia del charco de

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 41 de 54</b>

fuego donde la radiación será menos de  $1 \text{ kW/m}^2$ , nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

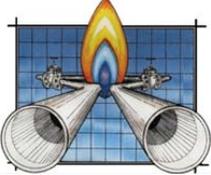
Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 10 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 159.75 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformará el área de descarga y casa de bombas, ya que en un radio de 8 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 8 m y hasta los 159.75 m que es el límite de la ZAR se afectará en parte a las instalaciones de la TAS, donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 30 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 30 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 159.75 m hasta 0.5 psi a una distancia de 271.55 m las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

### **ESCENARIO 5.**

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de  $146.56 \text{ kW/m}^2$  en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar  $5 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 81.33 m; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformarán los tanques para almacenamiento son inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 30 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes en el área de descarga, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de  $40 \text{ kW/m}^2$ , lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 30 m se localizarán además otros tanques de almacenamiento, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la Terminal.

Posterior a los 30 m desde la formación del charco de fuego en el área para almacenamiento de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 81.33 m que es donde se alcanzan los  $5 \text{ kW/m}^2$  (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a la instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica, indicadores de

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 42 de 54</b>

presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente), además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

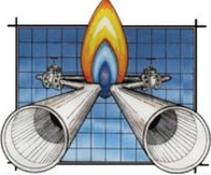
El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 30 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 30 m y hasta una distancia de 45 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores de la Terminal se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 45 m y hasta el límite de la ZAR que es de 81.33 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 81.33 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 151.55 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la Terminal ni en la población aledaña.

El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 151.55 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 160 m distancia del charco de fuego donde la radiación será menos de 1 kW/m<sup>2</sup>, nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 10 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 279.92 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformarán las áreas para almacenamiento de combustibles son inevitables, ya que en un radio de 15 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 15 m y hasta los 279.92 m que es el límite de la ZAR se afectará en parte a las instalaciones de la TAS, donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 60 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 60 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 279.92 m hasta 0.5 psi a una distancia de 475.82 m las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	II
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 43 de 54

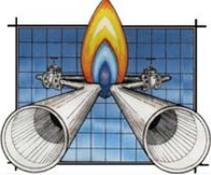
## **ESCENARIO 7.**

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de  $141.27 \text{ kW/m}^2$  en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar  $5 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 60.83 m; en esta zona las afectaciones a los Carrotanques y Autotanques en el trasvase de combustible serán inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques de tracto camiones y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 20 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes en el área, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de  $40 \text{ kW/m}^2$ , lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 20 m se localizarán los Carrotanques, Autotanques y transloader, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la instalación y afectación directa a las poblaciones aledañas.

Posterior a los 20 m desde la formación del charco de fuego en el área para descarga de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 60.83 m que es donde se alcanzan los  $5 \text{ kW/m}^2$  (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a los Autotanques que se encuentren estacionados en el interior de la terminal de trasvase así como a las naves industriales aledañas, por el debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 20 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 20 m y hasta una distancia de 30 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores y personal en la terminal de trasvase se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 30 m y hasta el límite de la ZAR que es de 60.83 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los  $5 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 60.83 m hasta alcanzar valores de radiación de  $1.4 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 113.34 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la terminal de transferencia ni en las naves industriales aledañas, ya que los niveles de radiación no son suficientes para causar daños.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 44 de 54</b>

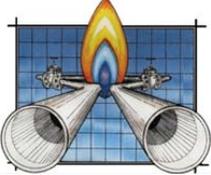
El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 60.83 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 114 m distancia del charco de fuego donde la radiación será menos de  $1 \text{ kW/m}^2$ , nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 8 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 260.11 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformará el área de trasvase de combustible son inevitables, ya que en un radio de 10 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 10 m y hasta los 260.11 m que es el límite de la ZAR se afectarán las naves industriales existentes en el Parque Industrial Ferropuerto Laguna, donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 65 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 65 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 260.11 m hasta 0.5 psi a una distancia de 442.15 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

### **ESCENARIO 8.**

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de  $85.43 \text{ kW/m}^2$  en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar  $5 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 32.35 m; en esta zona las afectaciones a los Carrotanques y Autotanques en el trasvase de combustibles serán inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques de tracto camiones y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 10 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes en el área, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de  $40 \text{ kW/m}^2$ , lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 10 m se localizarán los Carrotanques, Autotanques y transloader, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 45 de 54</b>

radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la instalación y afectación directa a las poblaciones aledañas.

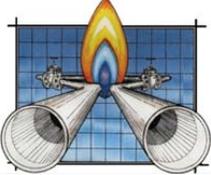
Posterior a los 10 m desde la formación del charco de fuego en el área para trasvase de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 32.35 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m<sup>2</sup> (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a los Autotanques que se encuentren estacionados en el interior de la terminal de trasvase y parte de las naves industriales aledañas, por el debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 10 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 10 m y hasta una distancia de 18 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores y personal en la terminal de trasvase se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 18 m y hasta el límite de la ZAR que es de 32.35 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 32.35 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 60.62 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la terminal de trasvase ni en las naves industriales aledañas.

El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 32.35 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 62 m distancia del charco de fuego donde la radiación será menos de 1 kW/m<sup>2</sup>, nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 8 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 168.44 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformará el área de trasvase de combustibles son inevitables, ya que en un radio de 6 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 6 m y hasta los 168.44 m que es el límite de la ZAR se afectarán las naves industriales aledañas al predio de la terminal y que pertenecen al Parque Industrial Ferropuerto Laguna, donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 30 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 46 de 54</b>

causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 30 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 168.44 m hasta 0.5 psi a una distancia de 286.33 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

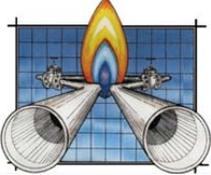
### **ESCENARIO 9.**

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de  $118 \text{ kW/m}^2$  en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar  $5 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 59.31 m; en esta zona las afectaciones a los Carrotanques y Autotanques en el trasvase de combustible serán inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques de tracto camiones y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 20 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes en el área, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de  $40 \text{ kW/m}^2$ , lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 20 m se localizarán los Carrotanques, Autotanques y transloader, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la instalación y afectación directa a las poblaciones aledañas.

Posterior a los 20 m desde la formación del charco de fuego en el área para descarga de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 59.31 m que es donde se alcanzan los  $5 \text{ kW/m}^2$  (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a los Autotanques que se encuentren estacionados en el interior de la terminal de trasvase así como a las naves industriales aledañas, por el debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 20 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 20 m y hasta una distancia de 30 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores y personal en la terminal de trasvase se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 30 m y hasta el límite de la ZAR que es de 59.31 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los  $5 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 59.31 m hasta alcanzar valores de radiación de  $1.4 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 110.81 m; para esta zona no se

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 47 de 54</b>

esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la terminal de transferencia ni en las naves industriales aledañas, ya que los niveles de radiación no son suficientes para causar daños.

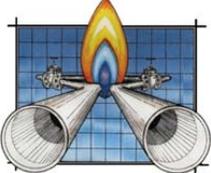
El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 59.31 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 112 m distancia del charco de fuego donde la radiación será menos de  $1 \text{ kW/m}^2$ , nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 8 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 259.23 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformará el área de trasvase de combustible son inevitables, ya que en un radio de 10 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 10 m y hasta los 259.23 m que es el límite de la ZAR se afectarán las naves industriales existentes en el Parque Industrial Ferropuerto Laguna, donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 65 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 65 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 259.23 m hasta 0.5 psi a una distancia de 440.65 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

### **ESCENARIO 10.**

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de  $73 \text{ kW/m}^2$  en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar  $5 \text{ kW/m}^2$  a una distancia de 32.00 m; en esta zona las afectaciones a los Carrotanques y Autotanques en el trasvase de combustibles serán inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques de tracto camiones y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 10 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes en el área, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de  $40 \text{ kW/m}^2$ , lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 10 m se localizarán los Carrotanques, Autotanques y transloader, los cuales sufrirán los

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 48 de 54</b>

efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la instalación y afectación directa a las naves industriales aledañas.

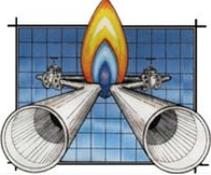
Posterior a los 10 m desde la formación del charco de fuego en el área para trasvase de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 32.00 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m<sup>2</sup> (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a los Autotanques que se encuentren estacionados en el interior de la terminal de trasvase y parte de las naves industriales aledañas, por el debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 10 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 10 m y hasta una distancia de 18 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores y personal en la terminal de trasvase se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 18 m y hasta el límite de la ZAR que es de 32.00 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 32.00 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 60.19 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la terminal de trasvase ni en las naves industriales aledañas.

El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 32.00 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 62 m distancia del charco de fuego donde la radiación será menos de 1 kW/m<sup>2</sup>, nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 8 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 167.83 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformará el área de trasvase de combustibles son inevitables, ya que en un radio de 6 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 6 m y hasta los 167.83 m que es el límite de la ZAR se afectarán las naves industriales aledañas al predio de la terminal y que pertenecen al Parque Industrial Ferropuerto Laguna, donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente. Para esta

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	II
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 49 de 54

zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 30 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 30 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

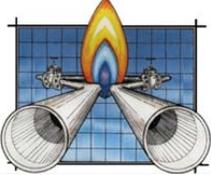
La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 167.83 m hasta 0.5 psi a una distancia de 285.29 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

### II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

A continuación se presentan de manera general los efectos en el Sistema Ambiental producto de la generación de un Pool Fire o Explosión no Confinada, de acuerdo a las características planteadas en cada Escenario de simulación:

**Tabla 3 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de un Chorro de Fuego (1 de 2).**

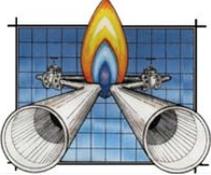
<i>Aspectos Abióticos</i>	
Componente del SA	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)
<p><b><u>Clima:</u></b> Un evento de las características planteadas que desencadene un incendio producto de la fuga de combustible, no causará ninguna modificación en las condiciones del clima existente en el Sistema Ambiental del proyecto; si bien, se generarán emisiones producto de la combustión de materiales que en su momento se encuentren en contacto con el Pool Fire, éstas no serán significativas y no causarán variaciones en las condiciones micro climáticas de la zona, ya que además, la atención por parte del personal encargado de la supervisión de la Terminal será expedita y consistirá principalmente en la activación de los Planes de Atención a Emergencias y aislamiento de los sistemas en contingencia con la finalidad de cortar el suministro de combustible.</p>	<b><i>Ninguno</i></b>
<p><b><u>Geología y Geomorfología:</u></b> La zona donde se pretende realizar la instalación de la Terminal, presenta un suelo tipo aluvial sin la presencia de rocas importantes; la geología presente en el lugar no será un aspecto abiótico que pueda ser afectado en caso de presentarse un Pool Fire, ya que la radiación no ocasionará ningún tipo de afectación al suelo y subsuelo, por lo que la Geología estará libre de cualquier afectación.</p>	<b><i>Ninguno</i></b>

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> Modalidad Análisis de Riesgos  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	II
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 50 de 54

<b>Aspectos Abióticos</b>	
<b>Componente del SA</b>	<b>Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)</b>
<p><b><u>Suelos:</u></b> El tipo de suelo principal existente en el Sistema Ambiental de la Terminal es del tipo Regosol y Vertisol, que se caracterizan por ser suelos con grandes concentraciones de sales donde la existencia de rocas es nula; al igual que la geología, la edafología del Sistema Ambiental no es un aspecto abiótico que pueda ser afectado en caso de presentarse un Pool Fire, ya que la radiación no ocasionará ningún tipo de afectación, si se considera que la radiación es únicamente superficial y afectaría a las estructuras por encima del suelo, por lo que no existirá afectaciones significativas al suelo.</p>	<b>Ninguno</b>
<p><b><u>Hidrología superficial y subterránea:</u></b> No se causarán afectaciones hacia los cuerpos de agua o arroyos que se localicen dentro del SA del proyecto; así mismo, en el caso de la hidrología subterránea, ésta no sufrirá afectaciones de ningún tipo producto de la generación de un Pool Fire.</p>	<b>Ninguno</b>

**Tabla 4 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de un Jet Fire (2 de 2).**

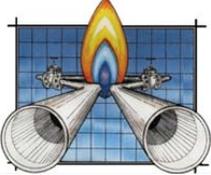
<b>Aspectos Bióticos</b>	
<b>Componente del SA</b>	<b>Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)</b>
<p><b><u>Vegetación terrestre:</u></b> La generación de un incendio dentro del Sistema Ambiental del proyecto, conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, toda vez que, el proyecto se ubicará en una zona despoblada y con suelo natural donde la vegetación silvestre es abundante y es del tipo inducido, lo cual favorece que en caso de un incendio esta vegetación tienda a incendiarse rápidamente provocando incendios forestales significativos. Así mismo, es importante mencionar que la vegetación, al ser factor biótico (organismos que tienen vida), tenderá a morir por los niveles de radiación que serán generados por el incendio, lo cual impactará negativamente en la calidad del paisaje del Sistema Ambiental, sin embargo, esto es considerado como un impacto reparable con la aplicación de medidas correctivas como la reforestación.</p>	<b>Significativo y reparable</b>
<p><b><u>Fauna:</u></b> Las afectaciones en la fauna silvestre del Sistema Ambiental son significativas en caso de generarse un incendio durante la operación de la Terminal, toda vez que, ésta se localizará en una zona rural con concentraciones significativas de vegetación inducida, donde</p>	<b>Significativo</b>

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 51 de 54

<i>Aspectos Bióticos</i>	
Componente del SA	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)
<p>existe fauna silvestre que puede ser afectada de manera significativa en caso de presentarse un pool fire dentro de la Terminal.</p>	

**Tabla 5 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de una explosión no confinada (1 de 2).**

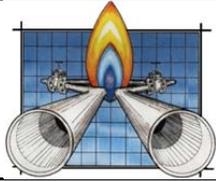
<i>Aspectos Abióticos</i>	
Componente del SA	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)
<p><b><u>Clima:</u></b> La generación de una explosión no confinada producto de la fuga de combustible y formación de la nube explosiva, no causará ninguna modificación en las condiciones climáticas del Sistema Ambiental del proyecto.</p>	<b><i>Ninguno</i></b>
<p><b><u>Geología y Geomorfología:</u></b> Si bien, el proyecto incide en suelo tipo aluvial en su totalidad, los niveles de sobrepresión generados en una explosión no confinada de las características planteadas en cada escenario de riesgo, serán lo suficientemente altos para formar un cráter en el suelo en un radio no mayor a 15 metros (promedio de los escenarios), lo cual significa que la afectación al suelo será inminente, mismo que será desplazado por las sobrepresión generada por la explosión ocasionando un impacto directo y puntual a las características geológicas del lugar y no se propagará en todo el Sistema Ambiental del proyecto, sin embargo, lo anterior podrá ser reparado con la aplicación de medidas de restauración de impactos, con lo cual se pueden regresar las condiciones del suelo a sus características originales.</p>	<b><i>Reparable</i></b>
<p><b><u>Suelos:</u></b> Al igual que en la Geología, en caso de generarse una explosión no confinada producto de la fuga de combustible, la formación de un cráter en el suelo es inminente dados los niveles de sobrepresión que serán generados (más de 300 psi), lo cual afectará directamente la integridad física del suelo, que en su mayor parte es del tipo Regosol y Vertisol, caracterizado por ser suelos poco profundos, por lo que en</p>	<b><i>Reparable</i></b>

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 52 de 54

<i>Aspectos Abióticos</i>	
Componente del SA	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)
<p>caso de la formación de un orificio en el suelo, este será desplazado y arrancado de su formación original, sin embargo, esto será de manera puntual únicamente y no se propagará en todo el Sistema Ambiental, además de que esto podrá ser reparado con la aplicación de medidas de restauración de impactos, con lo cual se pueden regresar las condiciones del suelo a sus características originales</p>	
<p><b><u>Hidrología superficial y subterránea:</u></b> De acuerdo a la distancia de la Terminal con la ubicación del Río Nazas, y a los niveles de sobrepresión en esa zona, no es posible que se causen afectaciones hacia los cuerpos de agua o arroyos que se localicen dentro del SA del proyecto; así mismo, en el caso de la hidrología subterránea, ésta no sufrirá afectaciones de ningún tipo producto de la generación de una explosión.</p>	<b>Ninguno</b>

**Tabla 6 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de una explosión no confinada  
(2 de 2).**

<i>Aspectos Bióticos</i>	
Componente del SA	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)



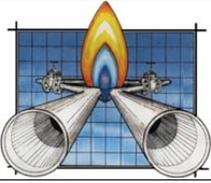
**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**Modalidad Análisis de Riesgos**

**Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna**  
**Municipio de Gómez Palacio, Dgo.**

CAPITULO	II
FECHA	Abril del 2018
HOJA:	Pág. 53 de 54

<i>Aspectos Bióticos</i>	
<b>Componente del SA</b>	<b>Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)</b>
<p><b><u>Vegetación terrestre:</u></b>            La generación de una explosión no confinada dentro del Sistema ambiental del proyecto, conlleva a efectos que pueden ser considerados poco significativos, el proyecto se ubicará en una zona natural donde la vegetación silvestre es abundante y es del tipo pastizal inducido, en las que serán inevitables las afectaciones producto de las ondas de sobrepresión generadas por una explosión no confinada, impactos que son considerados como reparables con la aplicación de medidas correctivas como la reforestación, sin embargo, lo anterior solo será puntual dentro de los radios de afectación planteados en los escenarios y no se propagará en todo el Sistema Ambiental definido para el proyecto.</p>	<b>Reparable</b>
<p><b><u>Fauna:</u></b>            Las afectaciones en la fauna son mínimas en caso de generarse una explosión durante la operación de la Terminal, toda vez que, ésta se localizará en su totalidad dentro de una zona natural alejada de zonas urbanas, donde subsisten especies de fauna que pueden verse afectadas en caso de presentarse una explosión, pero únicamente se afectaría a las especies faunísticas que de manera remota se localicen dentro del Sistema Ambiental del proyecto en el momento de que se genere la situación de riesgo, sin embargo esta probabilidad es baja dadas las condiciones y solo será de manera puntual dentro de los radios de afectación planteados en los escenarios y no se propagará en todo el Sistema Ambiental definido para el proyecto.</p>	<b>Ninguno</b>

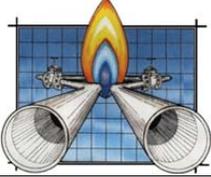
En el caso de los efectos sobre la salud humana producto de un Pool Fire, es la mortalidad de las personas que se expongan a la radiación por periodos prolongados de tiempo; la máxima radiación obtenida en los escenarios de simulación es suficiente para causar la muerte de personas si estas se exponen a la radiación por más de un minuto, sin embargo para que esto suceda, las personas deben estar contiguas al Pool Fire ya que a mayor distancia de la fuente de calor, la radiación tiende a disminuir. En el caso de la explosión no confinada, los valores máximos obtenidos son suficientes para causar la muerte instantánea en las personas que se localicen dentro de las ondas de expansión de sobrepresión de manera directa, aunque de manera indirecta se puede esperar la afectación en la integridad física de las personas por el derrumbe de casas o instalaciones civiles que se localicen dentro de los radios de afectación por sobrepresión.



**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**Modalidad Análisis de Riesgos**

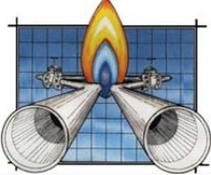
**Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna**  
**Municipio de Gómez Palacio, Dgo.**

<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 54 de 54</b>

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>III</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 1 de 10</b>

## Índice

III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL.....	2
III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS .....	2
III.1.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD .....	3
III.1.2 MEDIDAS PREVENTIVAS .....	5

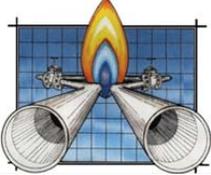
	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>	CAPITULO	III
	<b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 2 de 10

### III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL

#### III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

Para la realización del presente Análisis de Riesgo, se utilizó la técnica del HAZOP (Hazard and Operability) para la evaluación y determinación de riesgos y mediante los paquetes SCRI Fuego (Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosión), versión 2.1 para la realización de simulaciones de fugas de combustible en la TAS, de lo cual, aunado al análisis de información de las ampliaciones a realizar, se derivan las siguientes recomendaciones:

- Elaborar y poner en práctica un programa para la calibración de los instrumentos de medición y control, así como para el mantenimiento de los mismos de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- Ya en operación, elaborar el Programa para la Prevención de Accidentes (PPA), en el cual se incluyan todos los procedimientos de emergencia con los que contará la Terminal; además donde se establezca que la empresa promotora deberá de estar en coordinación con Protección Civil municipal y estatal para la atención de cualquier emergencia que se llegue a presentar.
- Incluir dentro de un programa, el mantenimiento al sistema contra incendio, que se instalará en la Terminal, y aplicarlo por lo menos una vez al mes, y contar con una lista de verificación de las condiciones de dicho sistema.
- Realizar simulacros de incendio (por lo menos dos veces al año) de tal manera que se evalúe la capacidad de respuesta del personal para la atención de una emergencia,
- Elaborar y poner en práctica una lista de verificación que asegure la correcta operación de los equipos a instalar en la Terminal, tales como: bombas, tanques de almacenamiento, tuberías de conducción, autotanques y diques de contención, principalmente.
- Mantener actualizados los Diagramas de Tuberías e Instrumentación (DTIs).
- Probar regularmente los sistemas de control de las variables del proceso de Recepción, Entrega y Almacenamiento, los dispositivos de paro automático del proceso y el paro de emergencia.
- Toda la señalización de las tuberías, equipos y componentes, así como vialidades, rutas y salidas de emergencia, entre otras, debe mantenerse visible y en buen estado, cumpliendo con la normatividad nacional aplicable.
- En los tanques para almacenamiento de combustibles, realizar la verificación y pruebas de hermeticidad periódicas para cumplir con los estándares API 650.
- Instalar dispositivos para determinar la dirección del viento en puntos estratégicos de la Terminal de manera que sean visibles desde cualquier punto de la instalación. Así mismo, incluir el mantenimiento de los mismos en el programa anual de la instalación.
- Instalar pararrayos en los tanques para almacenamiento de combustible.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>III</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 3 de 10</b>

- Realizar la medición anual de la red de tierras físicas y pararrayos por lo menos cada doce meses, mediante un laboratorio acreditado ante la ema y conforme a la NOM-022-STPS-2015.
- Verificar periódicamente el estado del sello y de la membrana flotante interna en los tanques para almacenamiento, así como la medición del nivel de explosividad dentro del tanque, para asegurar su buen funcionamiento y eficiencia de la membrana.
- Considerar que las Válvulas de Presión de Vacío cuenten con arrestador de flama.
- Considerar que los diques para contención de derrames sean específicos/individuales para cada uno de los tanques para almacenamiento de combustibles, ya que al ser compartidos son de mayor dimensiones, lo cual repercute en mayor dimensión de los radios de afectación en caso de presentarse un incendio por el derrame de combustible.
- Ya en operación, realizar la evaluación de la conformidad de la NOM-EM-003-ASEA-2016.

#### **RECOMENDACIONES CONFORME A NOM-EM-003-ASEA-2016.**

- Realizar el estudio de Mecánica de Suelos y en base a los resultados, realizar la ingeniería de detalle del proyecto.
- Realizar el estudio hidrológico, hidráulico y de socavón y en base a los resultados, realizar la ingeniería de detalle del proyecto.
- Considerar el diseño e instalación de la red de tierras físicas y pararrayos en base a lo que solicita la NOM-EM-003-ASEA-2016.
- Realizar la MTD de las vialidades, accesos y estacionamientos.
- En materia de atención a emergencias, considerar el diseño de frentes de ataque acordes a Tabla 11 de la NOM-EM-003-ASEA-2016.

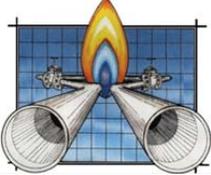
#### **III.1.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD**

##### **A) SISTEMA DE MONITOREO OPERATIVO**

La operación de la planta será monitoreada a través de estaciones de trabajo que se ubicarán en el cuarto de control, en campo, en el cobertizo de contra incendio, en el área del patín de recibo de producto y de manera local en cada patín de llenado de Autotanques.

La TAS tendrá la capacidad de monitorear en tiempo real la operación de la planta, así como llevar el balance de entradas, salidas de producto de planta y el inventario de productos en tanques.

Este sistema de administración operativa de la planta (TAS) también tendrá comunicación con sus clientes, permitiéndoles llevar el control de disposición de su producto, así como sus inventarios. Administrando el acceso y llenado de sus Autotanques y personal en planta.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	CAPITULO	III
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 4 de 10

## **B) SISTEMAS DE SEGURIDAD FÍSICA**

Para la seguridad física de la planta se construirá una barda perimetral alrededor de la planta, la cual tendrá una altura de cuando menos 3 metros con concertina en su parte superior.

De igual manera en su puerta de acceso principal se construirá una exclusiva para tener doble control en el acceso a la planta, en este acceso se tendrá personal de seguridad privada para el control del mismo.

De igual manera se contará con los servicios de personal profesional para protección y resguardo de las instalaciones.

Adicionalmente se contará con un sistema de circuito cerrado de televisión, integrado por cámaras distribuidas estratégicamente en toda la planta.

## **C) SISTEMAS DE SEGURIDAD OPERATIVA**

Para la seguridad operativa del proceso se contará con la instrumentación necesaria la cual permita operar dentro de los parámetros establecidos (presión, nivel, temperatura, flujo, presión diferencial), sin caer en situaciones que pongan en riesgo el proceso, las instalaciones, al personal y al medio ambiente.

Dentro de estos sistemas de seguridad operativa se encuentran los siguientes:

El equipo de bombeo para carga de Autotanques (Llenaderas) tendrá un solo interruptor en el cabezal de succión de bombas el cual actuará sobre los arrancadores de todos estos equipos al detectar una presión de 1 kg/cm<sup>2</sup>.

Para la protección a los equipos de Bombeo se tiene contemplado la instalación de un interruptor de baja presión (PSL) en la línea de succión y otro de alta presión (PSH) en la línea de descarga para cada bomba.

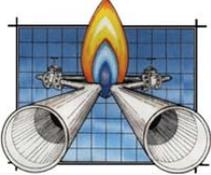
### Sistema de paro por Emergencia

Es requerido en las áreas de transferencia de producto, al activarse, se deberán detener todos los flujos y activarse una indicación visual y audible.

### Protección por alta presión de descarga y baja succión.

En los cabezales de descarga de las bombas a Llenaderas, se contará con interruptores de presión por alta descarga, el cual estará a un valor de 7 kg/cm<sup>2</sup>, actuando sobre el arrancador de cada una de las bombas de llenaderas y cargadero para suspender el bombeo en caso que se presentase esta condición.

El equipo de bombeo estará protegido de presiones bajas en la succión con un interruptor de presión el cual enviará una señal para parar el equipo o no le permitirá arrancar si el cabezal de succión del equipo no tiene la suficiente presión de succión requerida por el sistema.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	CAPITULO	III
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 5 de 10

Así mismo sistema alivio el cual enviara el producto a una recirculación aliviando la presión de línea de descarga conectada del cabezal de descarga de la bomba a la tubería de entrada del tanque de origen del producto bombeado.

Con el fin de mantener de una manera más estable la presión de operación en los cabezales de alimentación a llenaderas y del área del cargadero, se instalará una válvula de recirculación la cual actuará de manera proporcional al excedente de presión después de 5 kg/cm<sup>2</sup>.

*Relevo de presión por temperatura en cabezales (relevo térmico)*

En todas las líneas de proceso de la planta se instalarán válvulas de alivio las cuales actuarán por sobrepresión al incrementarse la presión dentro de estas, al ocurrir un incremento de temperatura del producto al encontrarse entrampado (sin flujo por suspensión del proceso) entre válvulas, aliviando dichos excedentes a líneas de recolección las cuales lo conducirán a fosas de captación para su posterior recuperación.

**III.1.2 MEDIDAS PREVENTIVAS**

Como parte de las medidas preventivas, dentro de la Terminal se contará con los siguientes sistemas de seguridad.

Para el control de inventarios, se contará con un sistema de administración operativa de la terminal, el cual interactuará con todos los sistemas de medición y control operativo, obteniendo a través de ellos la información necesaria para determinar la conciliación entre las entradas, salidas, e inventarios.

El monitoreo operativo de la Terminal también se ejecutará a través de este sistema, desplegando gráficos y transmitiendo la información en tiempo real en estaciones de trabajo que estarán instaladas en un cuarto de control y otra en campo.

Para el control de inventarios de la planta se instalarán patines de medición, mediante los cuales se totalizará el volumen del combustible descargado por Autotanques.

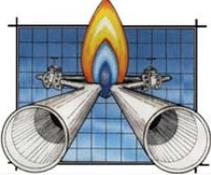
Cabe señalar que los medidores considerados o contemplados serán medidores coriolis o desplazamiento positivo, en donde estos se evaluarán de acuerdo a la ingeniería básica o de detalle a manejar.

Se contempla que la calibración de las unidades de medición de transferencia, sean calibrados a través por un sistema móvil donde se evaluará en ingeniería básica o de detalle.

Este volumen será almacenado en los tanques de almacenamiento, en los cuales se medirá todo el producto que entre en ellos.

De igual manera el producto que se despache por Autotanques será medido por el sistema de medición que serán instalados en cada área de llenado.

Para el cálculo de volumen en los tanques de almacenamiento se contará con medición de nivel y un promedio de la temperatura dentro de los tanques, muestreando periódicamente para determinar los

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	CAPITULO	III
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 6 de 10

parámetros necesarios para el cálculo de los volúmenes netos dentro del mismo en un periodo de 24 horas.

De todo lo anterior, diariamente se hará un balance entre todas las entradas, salidas de terminal y la diferencia de lo almacenado en tanques en 24 Horas.

#### **A) SISTEMA DE CONTRA INCENDIO**

El sistema de agua contra incendio está integrado con los equipos necesarios para sostener una red de agua contra incendio de 12" a 16" de diámetro la cual siempre permanece presurizada a 7 Kg/cm<sup>2</sup>, para asegurar la integridad de la red y en caso necesario de atender algún evento no deseado, las bombas del sistema contra incendios deberán ser especificadas de acuerdo al NFPA 20.

Este sistema contra incendio tiene dentro de sus equipos principales los siguientes:

##### Almacenamiento de agua:

Contará con 1 tanque con capacidad de 55 000 barriles, lo cual permite atender cualquier evento por un tiempo de 4 horas. El tanque debe ser construido de acuerdo a la norma NFPA 22.

La fuente de suministro de agua será a través de un pozo de captación de agua dulce.

##### Cabezales de bombas contra incendio.

- Las líneas de salida de tanques a cabezal de succión de bombas son de 16" de diámetro.
- El cabezal de succión de bombas contra incendio es de 20" de diámetro.
- El cabezal de descarga de bombas es de 16" de diámetro reduciendo a 12" que es el diámetro nominal de toda la red contra incendio.

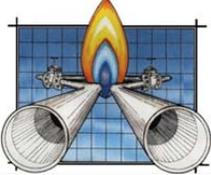
##### Equipo de bombeo principal y bomba jockey.

La bomba jockey es una bomba de 10 a 15 HP operada por un motor eléctrico de 460 Volts trifásico, tiene una capacidad de 40 a 50 gpm, tiene una presión máxima de descarga de 7.7 Kg/cm<sup>2</sup> a 13 Kg/cm<sup>2</sup>, la capacidad será como se indica en el capítulo 4.26.3 de la NFPA 20.

Como equipo principal se cuenta con 2 bombas contra incendios de 5 000 gpm, las dos bombas serán impulsadas con motor de combustión interna, alimentado con combustible diésel, la presión máxima de descarga de cada una de ellas es de 175 psi, cabe mencionar que se cuenta con un equipo de respaldo (Bomba) de mismas condiciones anteriormente vistas.

##### Filosofía operativa:

La operación de este sistema contra incendio será principalmente con la bomba jockey existente, la cual mantendrá presionada toda la red con una presión de 7 Kg/cm<sup>2</sup>, al llegar a esta presión la bomba jockey para. Cuando la presión en la red llega a bajar a 4 Kg/cm<sup>2</sup> la bomba jockey arranca nuevamente. Y así será su función diariamente.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	CAPITULO	III
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 7 de 10

Para el caso de cuando se abre un hidrante y se abate la presión en la red hasta 2.5 Kg/cm<sup>2</sup>, en ese momento arrancan de manera paralela las bombas principales. Cubriendo así de inmediato el requerimiento del o los hidrantes y sistemas que lo requieran.

Estas bombas tendrán su protección por alta descarga a 14 Kg/cm<sup>2</sup>.

Se hace notar que después de actuado el sistema de bombeo principal, estos se tendrán que desactivar antes de cerrar los hidrantes.

Se hace notar que esta red contra incendio dará protección a las principales instalaciones de la planta como son:

#### Área de descarga de Ferrocarril

Se tiene una red de 12" tanto interna como externa, la cual dispondrá de monitores para atender cualquier eventualidad en esta área; de aquí mismo se tomará un cabezal de 8" el cual contendrá aspersores de 1/2" de diámetro, el cual servirá para enfriamiento de carro tanques en descarga.

#### Área de almacenamiento de productos

Los tanques de almacenamiento dispondrán de anillos de enfriamiento, cada anillo estará seccionado en cuatro cuadrantes, los cuales harán su función a través de aspersores.

De igual manera dichos tanques dispondrá de cámaras de espuma o formadores de espuma para sofocar el fuego que se llegase a producir en el tanque.

Dicho sistema será alimentado a través de un tanque que contendrá espuma AFFF, este tomará agua de la propia red Contra Incendio (C.I.) para formar dicha espuma.

Este sistema será activado por un sistema de detectores lineales de calor instalados en una línea la cual toma agua de la red C.I. y mantiene cerrada la válvula de diluvio que bloquea el paso al sistema de agua para formar espuma.

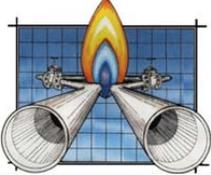
Estos detectores lineales de calor, se ubican alrededor de los tanques los cuales detectan al ser expuestos a temperaturas de 57° C, habilitando así el sistema de espuma dentro del tanque, a través de las cámaras de espuma o formadores de espuma, el sistema de espuma contra incendios cumplirá con los requerimientos de la norma NFPA 11.

De manera alterna alrededor de los diques se dispondrá de monitores, los cuales estarán habilitados con equipos formadores de espuma para el caso de tener fuego dentro del dique.

#### Área de llenaderas

Hasta el área de llenaderas llega el cabezal principal de la red C.I. de esta se deriva un cabezal de menor diámetro en el cobertizo de llenaderas, interconectándose entre ambas a través de líneas de enfriamiento los cuales harán su función a través de aspersores, haciendo su función de enfriamiento de Autotanques en caso de algún evento en esta área.

Estas líneas permanecerán secas y solo serán inundadas cuando el sistema sea activado por un sistema de detectores lineales de calor, la cual toma agua de la red C.I y mantiene cerrada la válvula

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	CAPITULO	III
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 8 de 10

de diluvio, Estos detectores lineales se ubican en una línea presurizada con agua de la propia red la cual se ubica encima de cada isla de llenado, cuando estos detectan al ser expuestos a temperaturas de 57° C, habilitan así el sistema de enfriamiento de auto tanques.

De manera alterna alrededor del cobertizo se dispondrá de monitores los cuales estarán habilitados con equipos formadores de espuma para el caso de tener fuego dentro del mismo. Estos sistemas serán construidos de acuerdo a los requerimientos de la norma NFPA 11.

El sistema de llenaderas contara con sistemas de inyección de aditivos de acuerdo a las especificaciones de los clientes y serán conectados al patín de medición de carga de Autotanques.

*Sistema de supresión de agente limpio.*

Se contará con un sistema de supresión de incendios, se complementan con elementos de detección, así como alarmas audibles y visibles para una adecuada notificación. Todo el conjunto de elementos de iniciación, notificación, supervisión y control.

Considerar dispositivos de detección y alarmas en las diferentes áreas de los Cuartos de Control y Site's (detección de humo, temperatura, mezclas explosivas y toxicas, hidrogeno, etc., así como la instalación de sus respectivas alarmas).

Para la protección de los Cuartos de Control y Site's será seleccionado un sistema de supresión de incendio a base de agente limpio, mismo que se evaluará en ingeniería básica que tipos de agente limpio se seleccionará.

*Sistema contra incendios (Trasvase)*

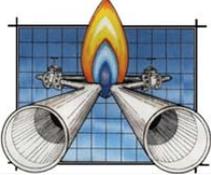
El sistema contraincendios estará integrado con equipos móviles necesarios para cualquier contingencia o combate mayor dentro del área de trasvase de Carrotanques - autotanque.

*Monitor-Móvil*

De manera alterna alrededor del área se dispondrá de monitores móviles los cuales estarán habilitados con equipos formadores de espuma para el caso de tener fuego dentro del mismo. Estos sistemas serán construidos de acuerdo a los requerimientos de la norma NFPA 11. En toda el área de trasvase, se consideran bidón o bidones para cada monitor que contendrá espuma AFFF al 3%, estos tomarán agua de la propia red C.I. para formar dicha espuma.

**B) PROCESO DESCRIPTIVO DE URV.**

1. La URV está equipada con dos idénticos vasos (absorbente y adsorbente), llenos de carbón activado. Un adsorbedor está encendido a través de una corriente que recibe los vapores en modo de absorción, mientras otro adsorbedor está fuera de la corriente en el modo de regeneración. Se proporcionan válvulas de conmutación para alternar automáticamente el absorbente entre la adsorción y regeneración, asegurando la capacidad de procesamiento. La URV se iniciará automáticamente cuando una operación de carga está en curso y apagado en modo de espera cuando la operación esté completa.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>III</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 9 de 10</b>

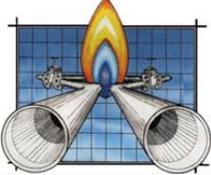
2. Durante la absorción, el hidrocarburo de entrada de la mezcla (vapor-aire) al ser procesado, fluye hacia arriba a través del adsorbedor. En el adsorbedor, el carbón activado adsorbe el vapor de hidrocarburo y permite aire limpio para ventilar desde la cama con un mínimo de hidrocarburos contenido.
3. Durante la regeneración, los hidrocarburos previamente adsorbidos, se eliminan del carbón y la capacidad del carbón para adsorber el vapor y se restaura. La regeneración del lecho de carbón es lograda con una combinación de altos niveles de vacío y la purga de aire. Al final del ciclo de regeneración, el recipiente de adsorción se vuelve a presurizar y luego se coloca de nuevo en la corriente.
4. Una bomba de vacío seco (DVP) es la fuente de vacío para regeneración del carbón. El DVP extrae vapor de hidrocarburo del lecho del carbón y descarga directamente en el dispositivo de recuperación, una columna de absorción. Para limitar la temperatura del vapor dentro del DVP, absorbente se circula a través de la camisa exterior y se inyecta directamente en la bomba de vacío.
5. En el recipiente absorbente, el vapor de hidrocarburo DVP fluye hacia arriba a través del empaque, mientras que un líquido hidrocarbonado fluye hacia abajo a través del embalaje. Dentro del adsorbedor, el vapor se licúa y se devuelve el hidrocarburo recuperado de nuevo al tanque de almacenamiento absorbente. Una pequeña corriente de aire y el vapor residual sale de la parte superior del adsorbedor y es reciclado en el lecho del carbón de la corriente para la re-adsorción.

### ***C) SISTEMA DE DETECCIÓN DE HUMO, GAS Y FUEGO.***

Se deberá implementar en las instalaciones, un sistema de detección y alarma que debe considerar humo, gas y fuego para monitorear, alertar y suprimir eventos y siniestros causados por fuga de gases tóxicos y mezclas explosivas de hidrocarburos y fuego.

Los elementos de este sistema deben corresponder a los que se determinen en la ingeniería del proyecto y al Análisis de Riesgo de la instalación, considerando los siguientes elementos de forma enunciativa y no limitativa:

1. Detector de humo;
2. Detector térmico;
3. Detector de fuego;
4. Detector de gas combustible;
5. Detector de gas tóxico, cuando la instalación preste servicio a la Recepción o Entrega de Petroquímicos;
6. Alarmas audibles y visibles;
7. Generador de tonos y/o mensajes;
8. Altoparlantes (bocinas);
9. Estaciones manuales de alarma;

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>III</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 10 de 10</b>

10. Procesadores;
11. Fuentes de alimentación;
12. Tarjetas de entrada / salida;
13. Enlaces de comunicación, y
14. Software.

Los detectores de humo y sistemas de detección de gas inflamable en las áreas específicas determinadas, deben estar activados permanentemente y deben activar una alarma sonora y visual en el centro de control con vigilancia permanente de la terminal de Almacenamiento y, si es necesario, en la propia área.

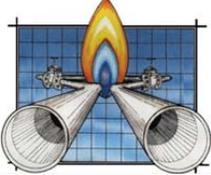
Los detectores de fuego deben activar alarmas sonoras y visuales en el centro de control con vigilancia permanente de la Terminal de Almacenamiento.

Para el punto "10.6.7.2.1 Capacidad" de acuerdo a lo indicado en la NFPA 72, se debe considerar la fuente de alimentación secundaria que deberá tener capacidad de funcionamiento del sistema en régimen de que funciona en condición no armonizada, durante un mínimo de 24 horas y al final de ese período, deberá ser capaz de todos los aparatos de notificación de alarma utilizados para evacuar o para dirigir la ayuda a la localización de una emergencia por 5 minutos.

#### ***D) SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES.***

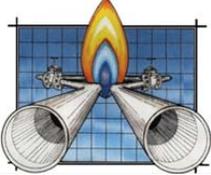
Los sistemas de Telecomunicaciones considerados en el proyecto son:

1. Sistema de voz y datos
2. Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV)
3. Sistema de control de acceso
4. Sistema de detección de intrusión
5. Sistemas de intercomunicación
6. Medios de enlace

	<p align="center"><b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b>  <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b></p> <p align="center"><b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b>  <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b></p>	<b>CAPITULO</b>	IV
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 1 de 3

## Índice

IV. RESUMEN.....	2
IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.....	2
IV.2 HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL.....	2

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>	CAPITULO	IV
	<b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 2 de 3

## IV. RESUMEN

### IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

El presente Estudio de Riesgo Ambiental (ERA) llevó a la conclusión de que los riesgos mayores en la Terminal de Combustibles, es la incidencia de incendio y explosión por el desgaste de los tanques de almacenamiento a presión atmosférica, ya que por las condiciones de operación y por las condiciones ambientales, facilita que con el paso del tiempo y aunado a la falta o deficiencias en el mantenimiento preventivo, la integridad física de los mismos se deteriore llegando a provocar posibles fugas; por lo anterior, por lo que GNN dentro de sus sistemas de seguridad contará con la más tecnología necesaria para salvaguardar la integridad física de la Terminal, aunado a que durante la selección del sitio se consideró que los terrenos de la TAS estuvieran dentro áreas rurales con distanciamiento considerable de ejidos y fuera de zonas urbanas

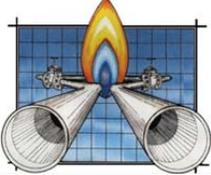
El riesgo existente en el almacenamiento de Combustibles es evidente, mismo que es controlable y de ser posible su reducción poniendo especial atención en las actividades de mantenimiento y supervisión constante en la operación de la Terminal, que para el presente proyecto se aplicarán a diario. Aunado a lo anterior, los programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, ayudarán a anticiparse a cualquier falla mecánica o de operación que se pueda presentar.

La verificación de la integridad mecánica y de operación de los tanques de almacenamiento por una UV acreditada y aprobada por la Comisión Reguladora de Energía y la ema, se realizará antes de entrar en operación y posteriormente con apego a la normativa, lo que asegura y reduce los riesgos por fallas en los componentes e instrumentación de los tanques de almacenamiento.

Por lo anterior y de acuerdo a los resultados del Análisis de Riesgos, se concluye que el nivel de riesgo de la Terminal es Alto, ya que si bien, de acuerdo al análisis realizado mediante HAZOP las desviaciones de mayor riesgo fueron de riesgo Medio, considerando su evaluación con las medidas preventivas y salvaguardas disponibles para cada desviación, sus consecuencias pueden ser catastróficas en caso de presentarse, y además, de acuerdo a los árboles de falla presentados su probabilidad de ocurrencia es significativa si se considera que los eventos de mayor probabilidad resultantes fueron de un evento cada 10 años, sin embargo es necesario que una vez puesta en operación la Terminal se realice la actualización del presente Estudio de Riesgo y se estructure el Programa para Prevención de Accidentes (PPA) conforme a los escenarios de riesgo resultantes.

### IV.2 HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL

El objetivo del presente proyecto es la construcción y operación de una nueva Terminal de Almacenamiento y Distribución de Productos Petrolíferos la cual estará ligada a los programas de infraestructura impulsados por el gobierno federal.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>IV</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Abril del 2018</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 3 de 3</b>

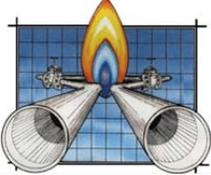
La Terminal tendrá la capacidad de recibir Productos Petrolíferos Refinados por Carro tanques para posterior ser despachados por Autotanques.

En el proyecto ejecutivo en cuestión, se aplica ingeniería de punta con el objetivo de minimizar los riesgos implícitos y satisfacer a sus clientes de combustible para la realización de sus operaciones. Como resultado del análisis de riesgo, basado en las memorias técnicas-descriptivas y diagrama de instrumentación (DTIs) de la Terminal y de los accesorios que serán instalados en dicha estación, se consideraron aquellos eventos donde estuvieran involucrados los sucesos similares ocurridos en otras zonas donde se realiza el mismo diseño y construcción de Terminal, se tomaron en cuenta los accesorios, tales como: válvulas, medidores, bridas y reguladores y tanques de almacenamiento, para la determinación de las desviaciones, causas y consecuencias de probables eventos producidos por fallas mecánicas o de operabilidad con sus probables áreas de afectación.

Una vez realizado el estudio de riesgo y analizado todas las variables que pudieran tener influencia o ser determinantes en el proyecto, se puede concluir que es factible alcanzar la edificación de una terminal de almacenamiento y suministro de hidrocarburos, con suficiente certidumbre de su seguridad hacia el medio ambiente y las instalaciones circundantes.

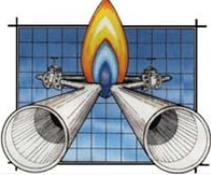
Se considera que las prácticas relacionadas con el almacenamiento, recepción y entrega de hidrocarburos, están apegadas a los criterios establecidos en normativas aplicables. Los resultados de la identificación de riesgos probables determinados, concuerda con aquellos que generalmente resultan de la práctica del manejo de hidrocarburos.

De los eventos simulados, los de mayores consecuencias resultaron ser los relativos a la formación de un orificio de un tanque y el derrame en tuberías de conducción, pero que su probabilidad es baja, sin embargo, el diseño y construcción de la terminal será realizado con los más altos estándares de seguridad tanto nacionales e internacionales, con la finalidad de que en la etapa de operación los eventos de riesgo sean mínimos con la menor afectación al medio ambiente y zonas aledañas.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	<b>CAPITULO</b>	V
		<b>FECHA</b>	Abril del 2018
		<b>HOJA:</b>	Pág. 1 de 2

## Índice

V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL .....	2
V.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN .....	2
V.1.1 PLANOS DE LOCALIZACIÓN.....	2
V.1.2 FOTOGRAFÍAS .....	2
V.1.3 VIDEOS .....	2
V.2 OTROS ANEXOS .....	2

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Laguna</b> <b>Municipio de Gómez Palacio, Dgo.</b>	CAPITULO	V
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 2 de 2

## **V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**

### **V.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN**

#### **V.1.1 PLANOS DE LOCALIZACIÓN**

Los planos de localización del proyecto se incluyen en el **Anexo 1**.

#### **V.1.2 FOTOGRAFÍAS**

Ver Anexo 12 del ERA.

#### **V.1.3 VIDEOS**

Para la realización del presente Estudio de Riesgo, no se realizaron videograbaciones.

### **V.2 OTROS ANEXOS**

#### **a) Documentos legales**

La documentación Legal se incluye en los Anexos de la MIA que acompaña al presente estudio.

#### **b) Cartografía consultada**

La cartografía consultada fue del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI),

#### **c) Autorizaciones y permisos**

Actualmente no se cuentan con autorizaciones y permisos para el desarrollo del proyecto, sin embargo, para antes de iniciar con la etapa de preparación del sitio, se obtendrán las siguientes autorizaciones:

- En materia de Impacto y Riesgo Ambiental.
- Licencias de Uso de Suelo y de Construcción.
- Título de Permiso para Almacenamiento y expendio de Petrolíferos expedido por la Comisión Reguladora de Energía (CRE).
- Entre otras.

#### **d) Memorias descriptivas de la(s) metodología(s) utilizada(s)**

La descripción de las metodologías empleadas para el análisis de riesgo se incluye en el Capítulo II.

#### **e) Memoria técnica de la(s) modelación(es)**

Las memorias técnicas de las simulaciones realizadas, se incluyen en el **Anexo 9**.