



**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**MODALIDAD ANÁLISIS DE RIESGO**  
**PLANTA DE ALMACENAMIENTO CON ESTACIÓN DE**  
**CARBURACIÓN DE GAS L.P. MONCLOVA**

Libramiento Oriente No. km. 2.6, Colonia Estancias de Santa Ana, C.P. 25734, Municipio de Monclova,  
Estado de Coahuila de Zaragoza



## Tabla de contenido

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO .....	1
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	1
I.1 BASES DE DISEÑO .....	1
I.1.1 Proyecto Civil.....	2
I.1.2 Proyecto Mecánico .....	2
I.1.3 Proyecto sistema contra-incendio.....	2
I.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO.....	2
I.2.1 Hojas de seguridad.....	4
I.2.2 Almacenamiento .....	4
I.2.3 Equipos de proceso y auxiliares .....	4
I.2.4 Pruebas de verificación.....	5
I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN .....	5
I.3.1 Especificaciones del cuarto de control.....	5
I.3.2 Sistemas de aislamiento .....	5
I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS .....	5
I.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes.....	5
I.4.2 Metodología de identificación y jerarquización .....	7
II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.....	29
II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN .....	29
II.2 INTERACCIONES DE RIESGO.....	42
II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL .....	43
III. SEÑALAMIENTOS DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL .....	45
III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS .....	45
III.1.1 Sistemas de seguridad .....	52
III.1.2 MEDIDAS PREVENTIVAS .....	52
IV. RESUMEN.....	55

IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL .....	55
IV.2 HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL .....	56
IV.3 PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO .....	57
V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.....	60
V.I FORMATOS DE PRESENTACIÓN .....	60
V.1.1 Planos de localización .....	60
V.1.2 Fotografías .....	60
V.1.3 Vídeos .....	60
V.2 OTROS ANEXOS.....	60

### **Índice de Ilustraciones**

ILUSTRACIÓN 1. ÁRBOL DE EVENTOS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	13
ILUSTRACIÓN 2. ÁRBOL DE EVENTOS PARA EL TRASIEGO DE GAS L.P. EN ISLETA DE CARBURACIÓN Y/O MUELLE DE LLENADO	16
ILUSTRACIÓN 3. ÁRBOL DE EVENTOS ORIGINADO POR AGENTE EXTERNO	19
ILUSTRACIÓN 4. ÁRBOL DE EVENTOS ORIGINADA POR FALLAS EN VÁLVULAS DE SEGURIDAD	19
ILUSTRACIÓN 5. RADIOS DE AFECTACIÓN EN EL PEOR ESCENARIO POSIBLE	35
ILUSTRACIÓN 6. REPORTE DE RESULTADOS SCRI FUEGO 2.2. FIREBALL (BLEVE)	38
ILUSTRACIÓN 7. REPORTE DE SIMULACIÓN POR SOBREPRESIÓN	40
ILUSTRACIÓN 8. REPRESENTACIÓN GRÁFICA POR ESCENARIO DE RIESGO – SOBREPRESIÓN-	41
ILUSTRACIÓN 9.- ÁREA DE INFLUENCIA A 500 METROS FUENTE: MAPA DIGITAL INEGI <sup>1</sup>	44

### **Índice de Tablas**

TABLA 1. RIESGOS DETERMINADOS ASOCIADOS A LA SUSTANCIA MANEJADA (GLP)	10
TABLA 2. CRITERIOS DE JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS	22

TABLA 3. MATRIZ DE JERARQUIZACIÓN DE LOS EVENTOS RIESGOSOS EN LA INSTALACIÓN	23
TABLA 4. ANÁLISIS DE RIESGO Y OPERABILIDAD POR TRÁNSITO DE AUTOTANQUES	25
TABLA 5. ANÁLISIS DE RIESGO Y OPERABILIDAD POR FUGA DE ALMACENAMIENTO	26
TABLA 6. ANÁLISIS DE RIESGO Y OPERABILIDAD POR FUGA DE DESCARGA DE AUTOTANQUE	27
TABLA 7. ANÁLISIS DE RIESGO Y OPERABILIDAD POR FUGAS EN ISLAS DE CARBURACIÓN Y/O MUELLE DE LLENADO	27
TABLA 8. EFECTOS DE LA RADIACIÓN CALÓRICA INCIDENTE	31
TABLA 9. CRITERIOS DE LESIONES POR QUEMADURA DEBIDO A LA RADIACIÓN TÉRMICA (FUENTE: BUETTNER (1951) Y METHA (1973))	31
TABLA 10. PARÁMETROS DE RIESGO	38
TABLA 11. ESCENARIO DE RIESGO IDENTIFICADO	42
TABLA 12. SALVAGUARDAS AL ESCENARIO DE RIESGO IDENTIFICADO	43

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

### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

La descripción del proceso en el proyecto denominado *PLANTA DE ALMACENAMIENTO CON ESTACIÓN DE CARBURACIÓN DE GAS L.P. MONCLOVA*, tal como se ha especificado en el Manifiesto de Impacto Ambiental modalidad Regional, se ejecutará en una sola etapa. La capacidad total del proyecto es de 125,000 litros al 100% de agua, distribuidos en 1 tanque de almacenamiento cilíndrico, horizontal que compartirá mismo tanque con la estación y planta. Este tanque aún se encuentra en fabricación, por ende la descripción del número de serie no se muestra en el presente estudio.

La actividad principal será el almacenamiento, distribución y venta al público de Gas l.p.; siguiendo siempre los lineamientos técnicos y de seguridad establecidos por normatividad y dependencias, en orden de evitar que la operación natural de la futura instalación, suponga un riesgo hacia el ambiente y la sociedad.

### **I.1 BASES DE DISEÑO**

Los criterios empleados para el diseño de la *futura* PLANTA DE ALMACENAMIENTO CON ESTACIÓN DE CARBURACIÓN DE GAS L.P. MONCLOVA fueron los siguientes:

- Cumplir con lo establecido en la NOM-001-SESH-2014 y NOM-003-SEDG-2004
- Se tomó en cuenta la ubicación estratégica del predio, pues se localiza alejado de asentamientos humanos.
- Que no existen líneas de conducción de alta tensión que crucen el predio de manera aérea o subterránea.
- Que en los alrededores( 500 metros dentro del área de influencia) no se realizan actividades incompatibles con las actividades de comercialización y venta al por menor de Gas L.P. que se espera poder realizar.
- Que el terreno *no se localiza dentro de un área natural protegida*

- Que la instalación de este tipo de proyecto es compatible con los ordenamientos urbanos existentes, tal como lo señala el uso de suelo anexo al presente estudio.
- Que las vías de comunicación son adecuadas para su operación
- Que se cuenta con posesión legal del predio por medio de contrato de arrendamiento tal como se muestra en anexos al presente estudio.
- Cuenta con la superficie suficiente para desarrollar el proyecto

### **I.1.1 Proyecto Civil**

La descripción del proyecto civil puede apreciarse ampliamente en Anexo I.

### **I.1.2 Proyecto Mecánico**

La descripción del proyecto mecánico puede apreciarse ampliamente en Anexo I.

### **I.1.3 Proyecto sistema contra-incendio**

La descripción del proyecto contra incendio puede apreciarse ampliamente en Anexo I.

## **I.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO**

En la PLANTA DE ALMACENAMIENTO CON ESTACIÓN DE CARBURACIÓN DE GAS L.P. MONCLOVA, no se realizará ningún proceso de transformación, únicamente se realizará el almacenamiento temporal y el trasvase del Gas L.P. de un recipiente hacia otros y hacia tanques de los vehículos automotores y cilindros en el muelle de llenado de la planta.

Básicamente tendremos lo siguiente en ambas etapas del proyecto

1.- Recepción y descarga de gas desde los auto-tanques hacia Tanque de almacenamiento.

El gas proviene de las refinerías, complejos procesadores de gas o terminales terrestres de Pemex, y es transportado por carretera en vehículos especiales con capacidades entre los 10,000 – 40,000 litros de agua.

2.- Almacenamiento temporal de Gas L.P.

- 3.- Llenado de recipientes para los vehículos que carburan Gas L.P. (expendio al público).
- 4.- Llenado de cilindros portátiles y vehículos que circulan en los alrededores (Zona de trasiego o Muelle de llenado).
- 5.- Servicios Auxiliares (Facturación, Mantenimiento áreas verdes, Mantenimiento de la instalación).

A continuación se presenta una breve descripción de las operaciones y configuración de ellas a manera general, así como los servicios que prestarán en relación con la operación total de la Planta:

- *Zona de recepción:* Es la parte de la instalación destinada a la recepción del combustible en estado líquido que es transportado en auto-tanque con capacidad de 10,000 a 40,000 litros, llamados en el lenguaje común de esta industria “pipa” o “autotanque” que realizan el transporte del combustible por carretera, siendo este tipo de abastecimiento e preferido en la actualidad.
- *Zona de Almacenamiento:* Es propiamente la zona principal de la instalación. En esta zona, se tendrá una capacidad total instalada de 125,000 litros al 100% de agua, distribuidos en 1 tanque de almacenamiento horizontal 100% de agua.
- *Zona de Trasiego o Muelle de Llenado de Portátiles:* Esta es la parte en la cual se realizará el envasado del combustible en los recipientes portátiles, con su peso de venta y también hacia los tanques de los vehículos. La zona de trasiego a los recipientes de los vehículos consta de un sistema de tuberías y equipos, los cuales pasan el combustible por un medidor en donde es registrada la cantidad de gas l.p. que se suministra.
- *Servicios auxiliares:* Es el área de la instalación donde se encontrarán las oficinas, sanitarios y se ejecutarán las actividades administrativas del proyecto una vez estando en operación

### **I.2.1 Hojas de seguridad**

Las hojas de seguridad del Gas L.P., única sustancia que se maneja en el proyecto denominado *PLANTA DE ALMACENAMIENTO CON ESTACIÓN DE CARBURACIÓN DE GAS L.P. MONCLOVA* se presenta en el anexo II.

### **I.2.2 Almacenamiento**

La capacidad total del proyecto es de 125,000 litros al 100% de agua, distribuidos en 1 tanque de almacenamiento cilíndrico, horizontal el cual se compartirá en conjunto (Planta y Estación).

No existen especificaciones aún del fabricante, la presión de diseño, tara, tipo de cabezas, diámetro exterior, longitud exterior, espesor del cuerpo y espesor de cabezas, debido principalmente a que el tanque de 125,000 litros se encuentra aún en fabricación.

#### **Especificaciones**

Fabricante	EN FABRICACIÓN
Capacidad	125,000 litros
Presión de diseño	EN FABRICACIÓN
Tara	EN FABRICACIÓN
Tipo de cabezas	EN FABRICACIÓN
Diámetro exterior	EN FABRICACIÓN
Longitud exterior	EN FABRICACIÓN
Espesor del cuerpo	EN FABRICACIÓN
Espesor de cabezas	EN FABRICACIÓN

### **I.2.3 Equipos de proceso y auxiliares**

Este apartado no aplica, ya que no se llevarán a cabo ningún proceso industrial o de transformación.

## **I.2.4 Pruebas de verificación**

Las pruebas de verificación aplicables durante la vida útil de la instalación son las referidas a:

- Medición de espesores
- Pruebas hidrostáticas
- Verificación de condiciones de seguridad (a través de lo señalada en NOM-001-SESH-2014 y NOM-003-SEDG-2004

## **I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN**

### **I.3.1 Especificaciones del cuarto de control**

El presente proyecto no cuenta con un cuarto de control.

### **I.3.2 Sistemas de aislamiento**

El tanque de almacenamiento de Gas L.P., es el único equipo o instrumento el cual supone un riesgo de incendio y explosión. La descripción de los instrumentales de control se puede apreciar en memorias técnico-descriptivas y en planos señalados en anexo I. Los cuales cumplen con los requisitos establecidos en Normatividad: NOM-001-SESH-2014 y NOM-003-SEDG-2004.

## **I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS**

### **I.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes**

En México han ocurrido algunos accidentes con consecuencias fatales y afectaciones importantes a las infraestructuras, propiedades y ambiente en donde ha estado presente el Gas L.P. uno de los más importantes con difusión nacional se describe a continuación:

Fecha: Noviembre de 1984

Lugar: Refinería PEMEX, Ciudad de México

Causa: Ruptura de tuberías, estallido súbito de tanques de almacenamiento e incendio.

Consecuencias: 650 muertos, 2700 heridos; 20 millones de pesos en pérdidas en equipo; 5 BLEVES masivas, incendios secundarios y explosiones. El radio de exposición con mayor desastre fue de 800 m.

Algunos más con menos difusión, donde se han presentado accidentes son los siguientes:

Fecha: Junio 1996

Lugar: Guadalajara

Causa: Falla en el medidor de nivel y sobrellenado del recipiente.

Consecuencia: Incendio y estallido de un tanque estacionario que estaba siendo llenado en un hogar, causando 3 muertos y varios heridos de gravedad.

Fecha: Abril 1999

Lugar: Centro Histórico de la Cd.México

Causa: Falta de mantenimiento y verificación de las válvulas de exceso de flujo y relevo (válvulas de seguridad)

Consecuencia: Incendio de pipa de gas frente al Café Tacuba, ocasionando daños materiales.

Fecha: Noviembre 1999

Lugar: Autopista México-Querétaro

Causa: Debido al exceso de velocidad y falta de mantenimiento de la carretera.

Consecuencia: Pipa que transportaba 45,000 litros de Gas L.P. se sale de la carretera, ocasionando que la carga se empiece a fugar por el impacto contra el camellón. Sólo hubo daños materiales menores y pérdida del combustible.

Fecha: Marzo 2000

Lugar: Delegación Azcapotzalco

Causa: Falta de capacitación y cumplimiento con las medidas establecidas dentro de las instalaciones.

Consecuencia: La empresa tuvo un accidente de fuga de Gas L.P. con fuego provocado por el arranque y descontrol del mismo dentro de sus instalaciones acarreando daños del tipo material sin muertes.

#### **I.4.2 Metodología de identificación y jerarquización**

Se presentan a continuación, los riesgos identificados mediante la combinación de las metodologías *What if...?* y *árbol de eventos*, así como la valoración posterior de los posibles riesgos relacionados con la operación de la instalación en la cual se utilizó la técnica “Estudios de Riesgo y Operabilidad”, también conocida como *HAZOP* por sus siglas en inglés, para finalmente simular con el Software SCRI FUEGO 2.2 elaborado Dinámica Heurística.

El procedimiento que se siguió para determinar los riesgos se basó en asegurar que todos los componentes significativos del proceso fueran analizados respecto a su potencial de participar en un evento con riesgo ambiental o de interactuar con otros sistemas que dieran por resultado último un evento de riesgo ambiental.

De acuerdo a las características fisicoquímicas de la sustancia a manejar, es necesario primeramente identificar y determinar los riesgos asociados a su manejo. A partir de dichas características, de la cantidad estimada a manejar, del análisis *What if?* y del *árbol de eventos*, se considera que los riesgos que se presentarían por el manejo del Gas L.P. son: fuga, incendio y/o explosión. En la Tabla siguiente se ilustran los eventos asociados a la sustancia, así como las áreas donde se encuentra ubicada dicha sustancia riesgosa.

Sustancia	Evento riesgoso	Sistema / Equipo operativo	Área involucrada (nodo)	Identificación dentro del DTI (Plano mecánico)
GAS L.P.	Fuga, Incendio y/o Explosión	Toma de recepción	Tanque de almacenamiento	
	Fuga, Incendio y/o Explosión	Toma de suministro del llenado de recipientes transportables	Muelle de llenado	

Fuga, Incendio y/o Explosión	Toma de suministro del llenado de autotanques	de llenado de autotanques	de Autotanques	<p>The diagram illustrates a fire water supply system for filling self-tanks. It features a central pump labeled 'BYPASS BOMBA 10,0 Hp'. The system includes several pipes with diameters of 76 mm, 32 mm, and 51 mm, along with various valves. Two green labels indicate 'TOMA DE SUMINISTRO LLENADO DE AUTOTANQUES' at different points in the system.</p>

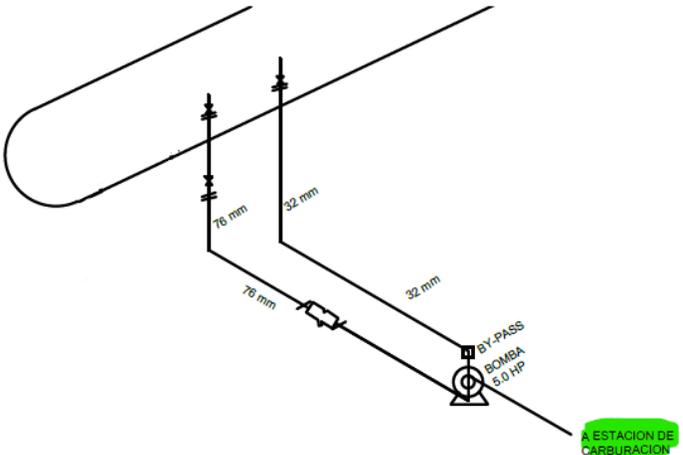
		Isleta de carburación	Llenado a vehículos automotores (trasiego)	 <p>El diagrama muestra un sistema de carburación. A la derecha hay una 'ESTACION DE CARBURACION' (destacada en verde). Una tubería de 76 mm conecta esta estación con una 'BOMBA 6.0 HP' que tiene un 'BY-PASS'. Desde la bomba, una tubería de 32 mm se dirige hacia un tanque de almacenamiento (representado por una línea curva superior). Otra tubería de 32 mm se conecta directamente al tanque. Una tubería de 76 mm también se conecta al tanque, pasando por un dispositivo que parece un interruptor de flujo.</p>
--	--	-----------------------	--	---

Tabla 1. Riesgos determinados asociados a la sustancia manejada (GLP)

Para la evaluación del Gas L.P. en materia de riesgo se utilizó la metodología “*What if...?*” cuya técnica no requiere métodos especiales cuantitativos ni una planeación extensiva. En este método se utiliza información específica para generar una serie de preguntas preparadas por el grupo de trabajo acerca de *¿Qué pasa si...?* las cuales son contestadas o consensadas por el grupo y resumidas en forma tabular.

De lo anterior se deriva el árbol de Eventos mediante el cual se identifican claramente los peligros que se pueden generar por las diversas circunstancias previamente determinadas, y finalmente considerando lo anterior, se establecen los criterios básicos para elaborar una matriz mediante la cual se jerarquicen los posibles riesgos que se pudieran presentar durante la operación del proyecto.

Los métodos anteriormente descritos se complementan con el uso de modelos matemáticos para cuantificar los eventos, utilizándose para este caso el simulador SCRI FUEGO 2.2 por Dinámica Heurística.

A continuación, se describen en términos generales los procedimientos metodológicos que fueron empleados para llegar a esta conclusión.

### **Análisis "What if..." de identificación de riesgos ambientales por uso del Gas L.P.**

A partir de los riesgos determinados en la tabla 1 se procede a la jerarquización de los mismos, para lo cual se realiza el análisis utilizando la metodología conocida como "What if" y árboles de eventos, tal como se describe a continuación.

Debido a las características de inflamabilidad del Gas L.P., este producto puede formar nubes inflamables o explosivas a partir de una fuga. El Gas L.P. no forma nubes tóxicas a partir de un evento de fugas a menos que las concentraciones sean

muy elevadas, el gas es anestésico y posteriormente asfixiante al reducirse el oxígeno disponible.

Durante el proceso de entrega de gas al tanque de almacenamiento, existen dos momentos en los cuales podrían presentarse eventos riesgosos; el proceso de trasiego en donde interviene la tubería de conducción (hacia isleta de carburación y/o muelle de llenado) y el propio almacenamiento del gas. Por lo que respecta a los conceptos de corrosión interna de la tubería que se encuentra a nivel de piso o del tanque de almacenamiento a causa del gas y dado a que se suministrar mediante carro- tanques, este riesgo puede darse por descartado.

#### Análisis "What if" del sistema de enfriamiento del tanque de almacenamiento

a) ¿Que pasa si ...

La temperatura ambiental se incrementa por encima de los 35° C?

Cuando la temperatura ambiental se incrementa por encima de los 35° C, se inicia dentro del tanque de almacenamiento un proceso de gasificación, aumentando la fase vapor y disminuyendo la fase líquida, creando una mayor presión en las paredes del tanque. Para evitar sobrepresurización del tanque, al llegar la temperatura ambiente a estos niveles, se activa el sistema de riego por aspersión del tanque, mojando la superficie del mismo por un período de tiempo necesario para bajar la temperatura a niveles de operación normal.

En caso de sobrepresión por encima de la presión de trabajo, se activaría la válvula de seguridad, liberando gas a la atmósfera, en forma controlada.

Se descarta la posibilidad de un evento riesgoso derivado de las emisiones fugitivas controladas de gas anteriormente señaladas.

b) ¿Que pasa si ...

Falla la bomba del sistema de enfriamiento por aspersion ?

Si falla el sistema de enfriamiento, puede ser por falla mecánica de la bomba o por falla eléctrica. En el primer caso, se procede a la reparación inmediata del equipo, y de ser necesario, se procede al enfriamiento del tanque por medios manuales (manguera) En caso de falla eléctrica prolongada, se utiliza la bomba con motor diesel para suministrar el líquido o bien se procede al enfriamiento con métodos manuales.

En cualquiera de las situaciones anteriores, podrá incrementarse la presión interior del tanque de almacenamiento por las razones ya expuestas activándose consecuentemente la válvula de seguridad en forma controlada.

Se descarta la posibilidad de un evento riesgoso derivado de la falla anteriormente indicada.

El árbol de eventos derivado de las preguntas y respuestas anteriores se observa en la siguiente figura

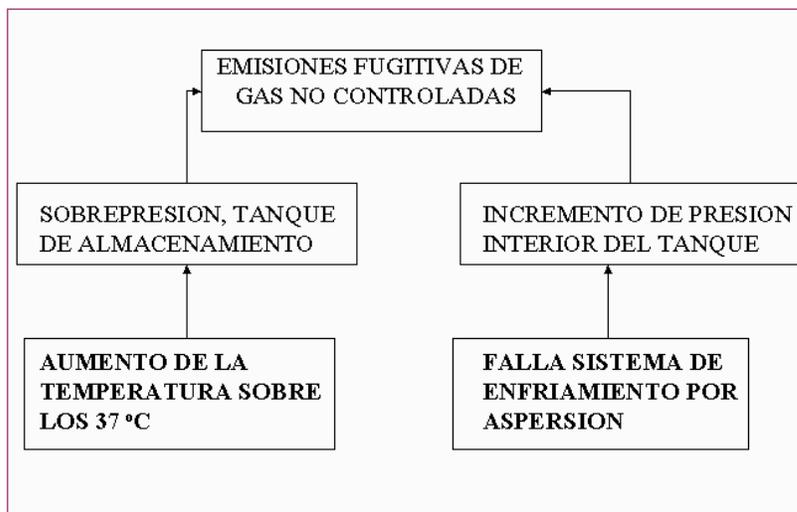


Ilustración 2. Árbol de eventos del sistema de enfriamiento

Las características de funcionamiento de la válvula de seguridad al operar como una emisión controlada, permiten establecer que el riesgo de formación de una nube a partir de dichas emisiones quede descartado ya que no daría oportunidad a que se formara una mezcla explosiva, la cual en dado caso, difícilmente tendría acceso a una fuente de ignición. Por lo que esta posibilidad puede descartarse.

Análisis "What if" del trasiego de Gas L.P. (hacia vehículo automotor o muelle de llenado de cilindros)

a) ¿Que pasa si...

No existiesen señalizaciones en el andén de descarga?

Uno de los aspectos más cuidados por las distintas dependencias que verifican el funcionamiento de las plantas es el de las señalizaciones preventivas en toda la planta, razón por la cual se considera poco probable que esto suceda.

En el caso fortuito de ausencia de señalizaciones en el andén de descarga, existe el riesgo de que no se realicen las operaciones en la secuencia de seguridad establecida por la instalación, o bien de que se ejecute en el sitio una o varias operaciones que pongan en riesgo la seguridad del sistema de trasiego del gas, al llegar a descargar un autotanque. En este caso, se está sujeto a la experiencia y habilidad de los operadores, hasta que se colocan las señalizaciones con la consiguiente posibilidad de golpear y dañar el sistema de conducción del gas.

b) ¿Que pasa si...

Un agente externo provoca un golpe de regular intensidad en la red de tuberías?

En el caso de que las tuberías se lleguen a romper por golpe o presentarse una perforación de pequeñas dimensiones, provocando fuga de gas y desbalance en el régimen de presiones del sistema, se activarían las válvulas de exceso de flujo que

se cierran cuando la descarga o salida por esta válvula es mayor que la capacidad calculada y/o las válvulas de no retroceso de cierre rápido, evitando el paso del gas.

Sin embargo podría presentarse una fuga tal que permitiera la formación de nubes inflamables.

c) ¿Que pasa si...

Existieran fallas en la válvula hidrostática de seguridad en las mangueras de trasiego?

La válvula de relevo hidrostática está diseñada para actuar como válvula de seguridad cuando se presenta una sobrepresión en la línea. En caso de falla de la válvula hidrostática, la presión interna sería superior a la prevista en la manguera de trasiego o a la presión de trabajo de la tubería, provocando rompimiento en la manguera o en las conexiones de esta con el tanque.

En este caso, se provocaría una fuga en el momento del trasiego, que podría remediarse con el cierre de válvulas de paso manuales pudiéndose formar nubes inflamables con la consiguiente posibilidad de producirse un incendio de la masa fugada ante la presencia de una fuente de ignición.

d) ¿Que pasa si...

La manguera flexible de trasiego presenta daños físicos y/o desgastes?

Se corre el riesgo de falla de las mangueras al momento de la operación de trasiego, provocando fugas de gas, en cuyo caso, se activarían las válvulas de cierre automático, al modificarse el régimen de presión del sistema de trasiego.

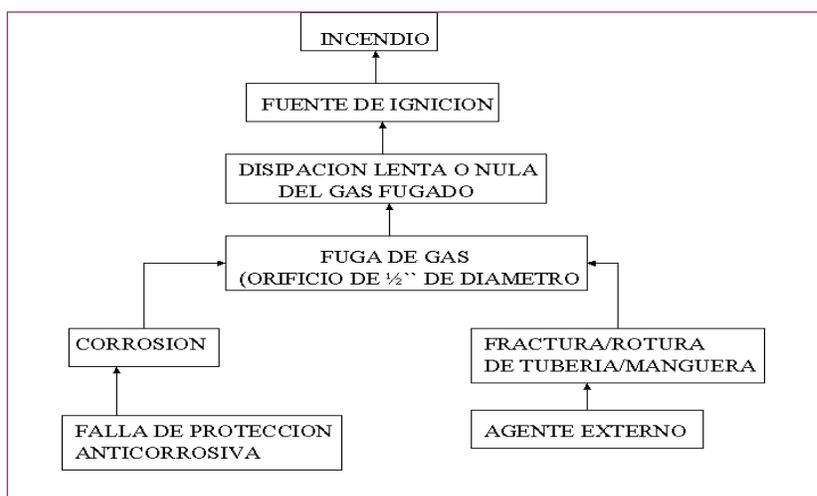
e) ¿Que pasa si...

Se presenta corrosión en las tuberías?

Las tuberías están protegidas contra corrosión en los puntos de apoyo o soportes, y se instalan dentro de canaletas, por debajo del nivel de piso terminado; son de cédula 80 y se instalan roscadas o selladas, son probadas durante las pruebas de hermeticidad y las pruebas hidrostáticas.

En caso de corrosión externa, esto puede advertirse durante las rutinas de inspección, lo cual se remedia sustituyendo el tramo de tubo afectado. Si se presenta corrosión y el tubo no se reemplaza oportunamente, se corre el riesgo de falla de las mismas por debilitamiento de las paredes y disminución de la resistencia a presiones altas, provocando fuga de gas.

El árbol de eventos derivado del análisis anterior se indica a continuación:



**Ilustración 3. Árbol de eventos para el trasiego de gas L.P. en isleta de carburación y/o muelle de llenado**

Los riesgos potenciales identificados son fuga e incendio, ambos asociados a la presencia de una fuga de Gas L.P. hacia la atmósfera a través de orificios de diversos tamaños y causados por distintas circunstancias.

Partiendo de las características de trasiego de Gas L.P. a través de la manguera y tuberías de conducción y del análisis derivado de las preguntas anteriores, se establece que un orificio de dimensiones reducidas sería causado dado el diámetro de las tuberías; en mayor proporción por la acción de un agente externo sobre la manguera de trasiego o la tubería de conducción. Esta fractura o daño permitiría un flujo de gas suficiente para formar un evento de incendio tipo antorcha, en el remoto

pero factible caso de encontrar una fuente de ignición dada las características de espaciamiento de la planta, ya que el límite inferior de inflamabilidad del Gas L.P. es de 1.9% en volumen respecto al aire.

#### Análisis "What if" del sistema de almacenamiento de Gas L.P.

a) ¿Que pasa si...

Se daña el manómetro del tanque de almacenamiento.?

Si se daña el manómetro del tanque de almacenamiento, esto no representa ningún riesgo, dado que este dispositivo únicamente registra la presión interior del tanque para su lectura directa, sin estar interconectado con otros sistemas de control.

b) ¿Que pasa si...

Aumenta la presión en el interior del tanque?

Si aumenta la presión en el interior del tanque, dentro de su rango de operación normal, sin alcanzar la presión máxima permisible de trabajo, el sistema funciona correctamente, pero en caso de excederse la presión máxima permisible de trabajo, automáticamente actúan las válvulas de relevo de presión del tanque, aliviando la sobrepresión.

c) ¿Que pasa si...

Un agente externo provoca un impacto de regular intensidad en el tanque de almacenamiento?

Los tanques de almacenamiento en este tipo de instalaciones, suelen estar rodeados de topes, para evitar un choque de vehículos; en caso de que algún agente externo chocara directamente, provocando orificio o ruptura mayor en el tanque se podrían presentar algunos eventos como fuga por orificio, o bien fuga y expansión violenta del gas con explosión.

d) ¿Que pasa si...

Persiste demasiada humedad dentro del tanque presurizado?

En este caso se puede accionar la conexión a drenaje presentándose pequeñas fugas controladas. Se descarta la posibilidad de un evento riesgoso.

e) ¿Que pasa si...

La conexión a drenaje sufre daño mecánico o ruptura por vibración o fuerza de chorro?

Se presentaría fuga de gas, sin embargo esta operación en la cual el operador abre y cierra la válvula correspondiente, es atendida en forma manual y sin periodos prolongados. En este caso se deber cambiar la conexión cerrando primero la válvula manual de globo. Se descarta la posibilidad de un evento riesgoso.

f) ¿Que pasa si...

Se presentan fallas en el montaje de válvulas de desahogo de presión?

Podrían presentarse sobre presiones en el tanque de almacenamiento. Si la presión interior del tanque es superior a la presión a la cual se llevan a cabo las pruebas hidrostática, la cual es de 28 kg./cm , podría presentarse una explosión por sobrepresión, sobre todo si la sobrepresión interior pasa la presión de diseño del tanque, la cual es de 56 kg./cm

g) ¿Que pasa si...

Se presentan fallas u obstrucciones en las válvulas para corte de flujo excesivo, en válvula de retención o válvulas de emergencia teleaccionada?

Cuando una válvula falla y se presenta sobrepresión en el tanque, entonces actuarían las válvulas de seguridad dejando escapar gas en forma controlada, hasta

equilibrar el sistema. Se descarta la posibilidad de un evento riesgoso si las fallas corresponden a eventos aislados.

Los árboles de eventos derivados del análisis anterior se muestran.

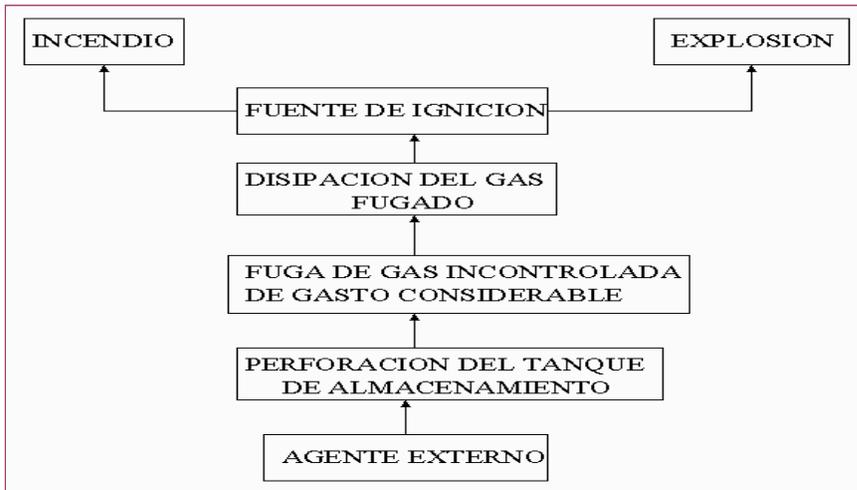


Tabla 100. Ilustración 4. Árbol de eventos originado por agente externo

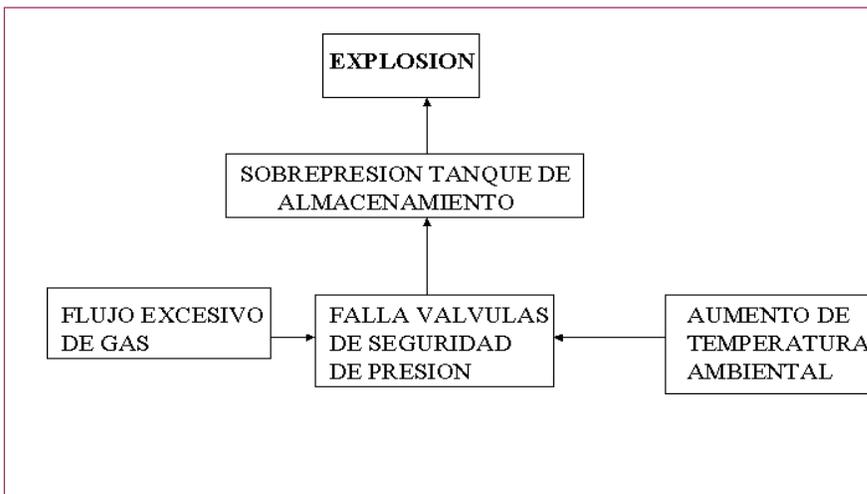


Ilustración 5. Árbol de eventos originada por fallas en válvulas de seguridad

Los riesgos potenciales identificados son incendio y explosión, ambos asociados a la presencia de una fuga de Gas L.P. hacia la atmósfera a través de un orificio causado por un agente externo debido a distintas circunstancias. También se ha identificado riesgo de explosión por sobrepresión en el tanque de almacenamiento causado por fallas en el sistema de las válvulas de desahogo de la presión interior. A continuación se hace una descripción de los riesgos identificados.

*Tránsito de autotanques, vehículos automotores*

En esta área se deben considerar los riesgos propios de trasladar el gas LP desde los centros de almacenamiento hasta la instalación. Se encontraron los siguientes peligros potenciales:

1. Choque del autotanque con otro vehículo, con el objeto fijo o volcadura y fuga.
2. Fuga por válvulas de seguridad.
3. Fuga por falla mecánica de accesorios.
4. Fuga por falla mecánica del contenedor.

Estos escenarios dependen de la problemática vial así como de las prácticas de manejo de los choferes de los autotanques. Esta problemática se manifiesta por la frecuencia de accidentes donde se involucran transportes de materiales peligrosos. De acuerdo con informaciones de accidentes que han trascendido a las autoridades, se estima que, anualmente, se tienen 18 accidentes que pueden conducir a eventos con fugas de gas de diversa magnitud en las carreteras del estado.

#### *Descarga de autotanques*

En este renglón, se han identificado varias situaciones básicas que pueden conducir a un riesgo de emisión, fuego y explosión. Estas situaciones se pueden condensar en los siguientes incidentes de posible fuga:

1. Ruptura de mangueras de líquido.
2. Emisión por válvula de seguridad en autotanque y por relevo hidrostático en tuberías.
3. Emisión por falla catastrófica del autotanque durante su descarga o carga (fuga masiva o BLEVE).

Estos posibles escenarios están condicionados a la ocurrencia de errores de operación, fallas de materiales, fallas en la instrumentación y en el monitoreo de las variables de operación. De las fallas mencionadas, las más críticas, por la cantidad

de material que involucran, es la falla catastrófica del autotanque y, la ruptura de mangueras al momento de descargar alguno de ellos.

### *Almacenamiento*

En esta área se han identificado las siguientes situaciones de riesgo:

1. Falla catastrófica del tanque de almacenamiento (fuga masiva).
2. Emisión por válvulas de relevo del tanque debido a nivel o presión excesiva.
3. Emisión por accesorios del tanque.

Estas situaciones pueden ser originadas por errores operacionales en la secuencia de descarga de autotanques y por falla de la instrumentación de nivel. La ruptura catastrófica del tanque es una posibilidad que, aunque remota, se analiza, así como la emisión de LP vapor por las válvulas de seguridad.

### *Suministro de gas de carburación a vehículos*

Esta área es la que mayor riesgo representa desde el punto de vista de abundancia de fuentes de ignición. Se determinaron como posibles las siguientes fallas:

1. Derrame por ruptura de manguera.
2. Derrame por nivel excesivo en tanque del vehículo que se sirve.
3. Fuga en el sistema de carburación del vehículo que se está sirviendo.

## Matriz de jerarquización de eventos riesgosos

Para la jerarquización de los eventos riesgosos definidos para la instalación, aunado a lo derivado del análisis "What if" y los árboles de eventos, así como a la falta de estadísticas que muestren los accidentes que se han presentado, se hace uso de una matriz con escala de valores cualitativos en función de la posibilidad de que ocurra el riesgo a partir de las condiciones bajo las cuales se lleve a cabo la actividad. Los siguientes conceptos han sido analizados para definir la magnitud del riesgo:

Situación	Criterio
Probabilidad de que ocurra el riesgo	<u>Poco probable</u> : Una sola vez en la vida útil del proyecto <u>Probable</u> : Mas de una vez <u>Altamente probable</u> : Frecuentemente
Exposición Contacto con fuerzas externas	<u>Mínima</u> : Una sola vez en la vida útil del proyecto <u>Ocasional</u> : Mas de una vez <u>Continua</u> : Frecuentemente
Consecuencias Afectaciones en función de la gravedad de las mismas	<u>Leves</u> : Daños personales: leves (menos de 15 días en sanar), Daños materiales: menores a un salario mínimo anual. <u>Serias</u> : Daños personales: Temporales (mas de 15 días en sanar), Daños materiales: Equivalentes a un salario mínimo anual <u>Graves</u> : Daños personales: No mas de 5 defunciones <u>Daños materiales</u> : Hasta 30 veces el salario mínimo anual <u>Catastróficas</u> : Daños personales: Mas de 5 defunciones <u>Daños materiales</u> : Mas de 30 veces el salario mínimo anual
Magnitud del riesgo : En función de probabilidad, Exposición, y Consecuencias	<u>Aceptable</u> : Poco probable, periodicidad mínima y consecuencias leves <u>Sustancial</u> : Probable, ocasional y de consecuencias serias <u>Muy alto</u> : Altamente probable, frecuente y de consecuencias graves o catastróficas.

Tabla 2. Criterios de jerarquización de riesgos

Con fundamento en lo anterior, se muestra la matriz de jerarquización de los eventos riesgosos para el uso de combustibles en la instalación:

SISTEMA / TIPO DE EVENTO		FACTORES DE RIESGO												
		Probabilidad			Exposición			Consecuencias				Magnitud del riesgo		
Sistema	Evento	Poco probable	Probable	Altamente probable	Mínima	Ocasional	Continua	Leve	Serie	Grave	Catastrófica	Aceptable	Sustancial	Muy alto
Sistema de Enfriamiento de Gas L.P.	Fuga	X			X			X				X		
	Incendio	X			X			X				X		
	Explosión													
Trasiego Gas L.P. (isleta de carburación y/o muelle de llenado)	Fuga		X		X			X				X		
	Incendio	X			X				X				X	
	Explosión	X			X					X			X	

Almacenamiento de Gas L.P.	Fuga		X			X		X				X		
	Incendio	X					X			X			X	
	Explosión	X					X				X		X	

Tabla 3. Matriz de jerarquización de los eventos riesgosos en la instalación

### **Riesgos de operabilidad mediante Hazop**

Para decidir la modelación de los riesgos probables se deben de cubrir primeramente las siguientes etapas: (1) Determinación de peligros potenciales; (2) Determinación de las probabilidades de ocurrencia; (3) Determinación de las consecuencias; (4) Determinación del riesgo.

Determinación de los peligros potenciales.- Para cubrir esta etapa, se hizo HAZOP que determina mediante una revisión del diagrama de proceso y de las variables que intervienen en el mismo, los peligros potenciales. Aquí se definen los incidentes posibles de acuerdo a un análisis ingenieril de la instalación y sus sistemas de operación. En las siguientes tablas se muestran los concentrados del análisis que se realizó a la instalación.

Determinación de las probabilidades de ocurrencia.- Una vez definidos los riesgos probables, se hace un análisis probabilístico para definir las posibilidades que existen de que los eventos definidos sucedan. Este análisis se realiza mediante un estudio determinado Fault Tree Analysis (Análisis de Arboles de Falla) el cual se describe en este apartado. En éste se hace un secuenciamiento lógico tipo Booleano, de los eventos que conduce a una falla, en este caso es una emisión de materiales peligrosos, asignándose a cada evento una probabilidad basada en la literatura, el análisis o la experiencia.

Determinación de las consecuencias.- Una vez que se han definido los posibles escenarios de falla y su probabilidad, se hace una cuantificación de los flujos emitidos a la atmósfera y su patrón de dispersión aplicando para ello, la metodología proporcionada por el programa SCRI FUEGO 2.2. que toma en cuenta las características de las sustancia emitida, las condiciones atmosféricas y las circunstancias en que se da la emisión. Para este fin, se utilizó el programa SCRI

FUEGO 2.2 por Dinámica Heurística que permite evaluar los riesgos para los alrededores a consecuencia de una emisión y explosión (BLEVE) considerado el peor escenario de riesgo para este estudio. Para efectos de los gases considerados en este estudio, se utilizó una estabilidad atmosférica tipo F por ser la mayor ocurrencia en la región. Para estos cálculos se utilizó un simulador de plumas, jet de flamas y explosiones.

Determinación del riesgo.- Una vez conocidas las posibles consecuencias de un incidente, se utilizan datos de densidades de población para cuantificar los daños esperados, mediante una combinación de probabilidad y de tasas de lesiones o fatalidades de acuerdo a las zonas de afectación determinadas.

En las páginas subsecuentes se hace una descripción de cada uno de los posibles escenarios de riesgo que se identificaron y se evaluaron. A continuación se incluyen los formatos HAZOP correspondientes, los árboles de falla correspondientes, los esquemas que muestran las consecuencias a esperarse, y las tasas promedio de fatalidad resultantes del análisis.

Se determinaron, mediante el análisis HAZOP, los Peligros Potenciales, es decir, se identificaron los eventos más significativos en cuanto a sus posibilidades de ocurrencia y la magnitud de sus emisiones.

El resumen del análisis mencionado se presenta en forma tabulada para cada una de las situaciones identificadas. A partir del HAZOP se definieron los diversos escenarios.

## Análisis de riesgo y operabilidad para tránsito de autotanques

Equipo y condición operativa <b>A</b>	Desviación de la condición operativa <b>B</b>	Como se origina "B" <b>C</b>	Implicación de "B" <b>D</b>	Implicación secundaria de "C" <b>E</b>	Señal o indicación de "B" <b>F</b>	Notas Q= pregunta A=respuesta C=comentario G=general
Autotanque de gas LP	Pérdida de contención	Choque con otro vehículo, con un obstáculo fijo o volcadura y fuga	Daños al tanque y fuga de gas	Posible ignición y lesiones al chofer y personas cercanas al vehículo; mezclado y posible diseminación del gas en diferentes medios	Gas escapando y líquido ebullente en piso; flamas	C: apegarse a la normatividad federal en materia de transporte de materiales peligrosos, así como a las disposiciones de agencias internacionales.
Válvulas de seguridad de autotanque	Abren	Sobrepresión o falla mecánica	Emisión de gas LP en fase vapor	Posible incendio al contacto con fuente de ignición.	Ruido, olor, llamas, pérdida de presión.	G: revisión reglamentaria de válvulas de seguridad. Sustitución de acuerdo a la normatividad.
Autotanque de gas LP	Pérdida de contención	Falla mecánica de los accesorios del tanque	Fuga de gas por accesorios	Posible incendio de magnitud variable	Gas escapando y líquido ebullente en piso; flamas	C: cumplir con revisiones y cambios de accesorios especificados en la normatividad.
Autotanque de gas LP	Pérdida de contención	Falla espontánea de materiales construcción del recipiente o falla por sobrecalentamiento	Fuga restringida de gas o fuga masiva en caso de sobrecalentamiento	Posible incendio y lesiones al chofer y a personas cercanas al vehículo; mezclado y posible diseminación del gas en diferentes medios.	Gas escapando en cantidades masivas; flamas.	C: se requiere hacer una prueba de espesores e hidrostática al tanque de acuerdo a la reglamentación.

**Tabla 4. Análisis de riesgo y operabilidad por tránsito de autotanques**

Equipo y condición operativa <b>A</b>	Desviación de la condición operativa <b>B</b>	Como se origina "B" <b>C</b>	Implicación de "B" <b>D</b>	Implicación secundaria de "C" <b>E</b>	Señal o indicación de "B" <b>F</b>	Notas Q= pregunta A=respuesta C=comentario G=general
---------------------------------------	---	------------------------------	-----------------------------	--	------------------------------------	--

Tanque de almacenamiento	Pérdida de contención	Falla de materiales, ruptura espontánea	Emisión de gas LP en dos fases	Posible incendio al contacto con fuente de ignición	Ruido, olor, llamas	G: Revisión reglamentaria de recipiente mediante ultrasonido, prueba de hermeticidad e inspección visual interna.
Válvulas de seguridad	Abren	Sobrepresión o falla mecánica	Emisión de gas LP en fase vapor	Posible incendio al contacto con fuente de ignición	Ruido, olor, llamas, pérdida de presión	G: Revisión reglamentaria de válvulas de seguridad. Sustitución de acuerdo a la normatividad.
Tanque de almacenaje	Pérdida de contención	Falla mecánica de los accesorios del tanque	Fuga de gas por accesorios	Posible incendio de magnitud variante	Gas escapando y líquido ebullente en piso; flamas	G: Cumplir con revisiones y cambios de accesorios especificados en la normatividad.
Bomba	Falta de flujo	Succión cerrada, bajo nivel en tanque	Calentamiento de sellos, emisión de gas	Posible incendio de magnitud variante	Gas escapando, olor, llamas	G: Establecer procedimientos de operación y capacitar al personal.
Bomba	Alta presión	Descarga cerrada, válvula de recirc., descalibrada	Recirculación interna, gasificación, calentamiento de sellos, fuga de gas.	Charca de LP ebullente e incendio al contacto del gas con fuente de ignición	Gas escapando, olor, llamas	G: Establecer procedimientos de operación y capacitar al personal. Revisar calibración de válvulas.
Bomba	Pérdida de contención	Paso de líquido durante mantenimiento	Emisión de LP a la atmósfera en fase vapor	Condición de operación inestable	Gas escapando y líquido ebullente en piso; flamas	G: Establecer procedimientos de mantenimiento y capacitar al personal.
Bomba	Fuera de operación	Falla de energía eléctrica	Interrupción de operaciones		Interrupción de sonido de motor eléctrico. Baja de presión	G: Establecer procedimientos de paro en casos de falla de energía eléctrica.

**Tabla 5. Análisis de riesgo y operabilidad por fuga de almacenamiento**

Equipo y condición operativa <b>A</b>	Desviación de la condición operativa <b>B</b>	Como se origina "B" <b>C</b>	Implicación de "B" <b>D</b>	Implicación secundaria de "C" <b>E</b>	Señal o indicación de "B" <b>F</b>	Notas Q= pregunta A=respuesta C=comentario G=general
Manguera de fase líquida	Falla de contención	Falla de materiales, golpes o trazo inadecuado	Emisión de gas LP en dos fases	Charca de LP ebullente e incendio al contacto del gas con fuente de ignición.	Ruido, olor, llamas.	G: utilizar mangueras de acuerdo a especificaciones. Mantener adecuadamente las mangueras, realizar pruebas a las mismas y sustituirlas cuando se requiera.
Válvulas de	abren	Sobrepresi	Emisión de	Posible	Ruido, olor,	G: revisión reglamentaria de

seguridad de autotank		ón o falla mecánica	gas LP en fase vapor	incendio al contacto con fuente de ignición.	llamas, pérdida de presión.	válvulas de seguridad. Sustitución de acuerdo a la normatividad.
autotank	Pérdida de contención.	Falla de materiales, ruptura espontánea	Emisión de gas LP en dos fases	Posible incendio al contacto con fuente de ignición.	Ruido, olor, llamas.	G: revisión reglamentaria de recipiente mediante ultrasonido, prueba de hermeticidad e inspección visual interna.

**Tabla 6. Análisis de riesgo y operabilidad por fuga de descarga de autotank**

Equipo y condición operativa <b>A</b>	Desviación de la condición operativa <b>B</b>	Como se origina "B" <b>C</b>	Implicación de "B" <b>D</b>	Implicación secundaria de "C" <b>E</b>	Señal o indicación de "B" <b>F</b>	Notas Q= pregunta A=respuesta C=comentario G=general
Manguera en isla de gas de Carburación y/o muelle de llenado	Pérdida de contención	Falla de materiales, golpes o trato inadecuado	Emisión de gas LP en dos fases	Charca de LP ebullente e incendio al contacto al gas con fuente de ignición	Ruido, olor, llamas	G: Utilizar mangueras de acuerdo a especificaciones.  Mantener adecuadamente las mangueras, realizar pruebas a las mismas y sustituirlas cuando se requiera
Tanque de combustible en Vehículo y/o cilindro	Pérdida de contención	sobrellenado	Emisión de gas LP en dos fases	Charca de LP ebullente e incendio al contacto del gas con fuente de ignición	Ruido, olor, llamas.	G: Revisar reglamentaria de tanques de vehículos. Procedimientos de llenado y capacitación del personal.
Sistema de carburación de vehículo	Pérdida de contención	Falla mecánica de componentes	Emisión de gas LP en fase de vapor o líquida	Posible incendio al contacto con fuente de ignición.	Olor, ruido, llamas	G: Cumplir con regulaciones y buena práctica de mantenimiento.

**Tabla 7. Análisis de riesgo y operabilidad por fugas en islas de carburación y/o muelle de llenado**

### **Determinación de las probabilidades de ocurrencia de eventos**

Se cuantificaron las Probabilidades de Ocurrencia de los Peligros Potenciales identificados por el análisis HAZOP, utilizando consideraciones reportadas en la literatura especializada.

De acuerdo a lo manifestado, los eventos riesgosos relacionados con la operación de la instalación, están en función de la probabilidad de ocurrencia del evento. Por lo anterior los riesgos en la instalación, es la siguiente:

El evento que tiene mayor probabilidad de ocurrencia es la fuga de gas tanto en el sistema de tuberías como en la válvula de desahogo de presión en el tanque de almacenamiento; la primera incontrolado causada por un agente externo y la segunda, controlada causada por un incremento de la presión interior del tanque.

El evento de fuga en las tuberías o en la manguera de trasiego a través de un orificio de pequeñas dimensiones puede provocar un incendio, si existe una fuente de ignición cercana.

El siguiente evento en probabilidad de ocurrencia se deriva de una fuga de gas en el tanque de almacenamiento originada por un agente externo que provoque daño en la estructura del tanque.

Dado un evento de fuga en el tanque de almacenamiento es factible la presencia de un incendio si se encuentra una fuente de ignición cercana, o una explosión si se encontraran condiciones para el confinamiento del gas fugado.

Un último evento en probabilidad de ocurrencia se deriva del incremento de la presión interior del tanque causado por el aumento de la temperatura ambiental y/o por fallas en las válvulas de seguridad del tanque, de tal forma que la sobrepresión interior sea mayor que la presión máxima permisible de trabajo. Dado un evento de este tipo y debido a la explosión por sobrepresión que se presentara, es factible la presencia de trozos o metales lanzados a largas distancias; por ello se considera que .

En resumen se considera que:

Los principales factores que podrían causar un evento considerado como peligroso en la Planta y Estación serían:

1. Fuga: Se presentaría en consecuencia de una mala construcción del tanque de almacenamiento. También al ejecutar maniobras de trasvase inadecuadas (tanto por parte del personal operativo, como de clientes al no

respetar las indicaciones de seguridad al momento del llenado). De igual manera como consecuencia de una mala construcción de los dispensadores o mangueras surtidoras de gas l.p. Finalmente se considera una fuga por errores en instrumentales de control (ya sea error humano o por defecto de fábrica de los mismos).

2. Incendio: La zona de suministro en el tanque de almacenamiento, donde se conecten los autotanques a llenarlo, puede incendiarse por la alta presión que maneje la bomba/extractor y las elevadas temperaturas. Así mismo, puede producirse un incendio al no controlar previamente una fuga y que la misma encuentre una fuente de ignición
3. Explosión: Al presentarse una liberación masiva descontrolada de gas l.p. por error humano, debido a la alta presión, saldrá a la atmósfera, donde se dispersará rápidamente hasta encontrar una fuente de ignición, originando una explosión; también puede suscitarse una explosión por la mala construcción del tanque de almacenamiento, el cual al estar expuesto a condiciones severas ambientales (intemperie), de manera repentina estalle, liberando el gas l.p. contenido y a su vez este encontrando una fuente de ignición ocasionando una explosión.

## **II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES**

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

Debido a que la actividad principal consiste en el almacenamiento y suministro de Gas L.P. a través de una Planta con Estación de Gas L.P. para carburación, el riesgo más importante lo tienen los recursos humanos, ambientales e infraestructura.

Para el presente análisis de riesgo se recurrió a la utilización del modelo SCRI FUEGO 2.2 de Dinámica Heurística., el cual ha sido utilizado ampliamente para elaborar análisis de consecuencias por emisiones tóxicas y contaminantes, incluyendo modelos de radiación térmica y aspectos relevantes para consecuencias por fuego y explosión.

El peor escenario del riesgo identificado del análisis HazOp y What If descrito en apartados anteriores, ocurre en el manejo de Gas L.P. al estar descargando al tanque de almacenamiento, por fuga que encuentre una fuente de ignición, ocasionando fuego y en el peor escenario una explosión por la cantidad masiva de Gas L.P. en fuga.

Procederemos a mostrar cuantitativamente los radios de afectación, tiempos en que se presentarían lesiones de alta gravedad, así como los efectos de la radiación térmica de la explosión.

Para conocer la masa del combustible en el tanque de almacenamiento tenemos lo siguiente:

El Gas L.P. posee una densidad de 530 kg/m<sup>3</sup>; el Software SCRI FUEGO 2.2 solicita que se coloque la masa del combustible al cual se requiere realizar la simulación de riesgo; en este caso consideramos el peor escenario descrito en párrafos anteriores; para ello realizamos los cálculos siguientes:

$$\text{Masa Gas L.P.} = 0.530 \frac{\text{kg}}{\text{l}} * \text{Litros de Gas L.P. en tanque de almacenamiento}$$

$$\text{Masa Gas L.P.} = 0.530 \frac{\text{kg}}{\text{l}} * 125\ 000\ \text{l}$$

$$\text{Masa Gas L.P.} = 66\ 250\ \text{kg}$$

Se considera como máximo escenario, la fuga capaz de producirse dentro de las instalaciones misma que se presentaría a través de un orificio equivalente a 4" de diámetro en el tanque de almacenamiento. Así mismo se considera una Estabilidad Atmosférica Clase F y una velocidad del viento de 1.5 m/s.

Por su parte, para justificar las zonas al entorno de la instalación, deberán utilizarse los criterios que se indican a continuación:

Efectos	Zona de Alto Riesgo por daño a equipos	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
Toxicidad (Concentración)	-	IDLH (ppm)	TLV (en TWA) o TLV (15 min, STEL) (ppm)
Inflamabilidad (Radiación térmica)	Rango de 12.5 kW/m <sup>2</sup> a 37.5 kW/m <sup>2</sup>	5.0 kW/m <sup>2</sup>	1.4 kW/m <sup>2</sup>
Explosividad (Sobrepresión)	Rango de 3 lb/in <sup>2</sup> a 10 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup> (0.070 kg/cm <sup>2</sup> )	0.5 lb/in <sup>2</sup> (0.035 kg/cm <sup>2</sup> )

**Tabla 8. Efectos de la radiación calórica incidente**

NOTA 1. En modelaciones por toxicidad, deben considerarse las condiciones meteorológicas más críticas del sitio, con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, deberá utilizarse Estabilidad Clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s

NOTA 2. Para el caso de simulaciones por explosividad, deberá considerarse en la determinación de las Zonas de alto riesgo y Amortiguamiento el 10% de la energía total liberada

Cabe señalar que el límite soportable para personas con vestimenta común es de 4 kW/m<sup>2</sup>, en el caso de una exposición breve, mientras que el “límite soportable” para un bombero con traje estructural es del orden de 12.5 kW/m<sup>2</sup>, con un tiempo de exposición prolongado (Análisis de Riesgos en Instalaciones Industriales. Ed. Alfaomega, España).

Los criterios de lesiones por quemadura debido a la radiación térmica se establecen a través de:

kW/m <sup>2</sup>	BTU/hr-ft <sup>2</sup>	Tiempo para dolor severo (seg)	Tiempo para quemadura de 2° grado (seg)
1	300	115	663
2	600	45	187
3	1000	27	92
4	1300	18	57
5	1600	13	40
6	1900	11	30
8	2500	7	20
10	3200	5	14
12	3800	4	11

**Tabla 9. Criterios de lesiones por quemadura debido a la radiación térmica (Fuente: Buettner (1951) y Metha (1973))**

Habiendo establecido los criterios de radiación, procederemos a calcular el diámetro máximo de una bola de fuego (m):

$$D_{MAX} = 5.8 \cdot M^{1/3}$$

Duración de la combustión de la bola de fuego (m):

$$t_{BLEVE} = 0.45 \cdot M^{1/3} \text{ para } M < 30,000 \text{ kg}$$

$$t_{BLEVE} = 0.45 \cdot M^{1/3} \text{ para } M \geq 30,000 \text{ kg}$$

Altura del centro de la bola de fuego (m):

$$H_{BLEVE} = 0.75 \cdot D_{MAX}$$

Nivel inicial al suelo del diámetro de la semiesfera (m):

$$D_{INICIAL} = 1.3 \cdot D_{MAX}$$

Donde M= es la masa inicial del líquido inflamable (kg)

Los cuatro parámetros utilizados para determinar el peligro de radiación térmica de una bola de fuego son: la masa del combustible y el diámetro de la bola de fuego, la duración y la potencia térmica emisiva. Los peligros de radiación se calculan utilizando relaciones empíricas. Roberts<sup>15</sup> y Hymes<sup>16</sup> dan una ecuación para estimar el flujo de calor a la superficie, basado en la fracción radiante del calor total de combustión:

$$E_R = \frac{2.2 \tau \alpha R H_c M^{2/3}}{4\pi X_c^2}$$

$E_r$ = flujo radiante recibido por el receptor (W/m<sup>2</sup>)

$\tau \alpha$ = transmisividad atmosférica (sin unidades)

R= fracción radiante del calor de combustión (sin unidades) (equivalente a 0.4 para bolas de fuego de recipientes reventándose por arriba de la presión establecida de alivio)

---

<sup>15</sup> Roberts, A.F. (1981), "Thermal radiation hazards from releases of LPG from pressurized storage", J Fire Safety, Vol. 4, No. 3, pp. 197-212.

<sup>16</sup> Hymes, I. (1983). "SRD R275: The Physiological and Pathological effects of thermal radiation", Culcheth, UK:

UK Atomic Energy Authority.

$H_c$ = calor neto de combustión por unidad de masa (J/kg)  $M$ = masa inicial del combustible en la bola de fuego (kg)

$X_c$ = distancia del centro de la bola de fuego al receptor (m)

La transmisividad atmosférica  $\tau_\alpha$  es un factor importante. La radiación térmica es absorbida y dispersada por la atmósfera. Esto causa una reducción en la radiación recibida por el receptor. Algunos modelos de radiación térmica ignoran este efecto asumiendo un valor de  $\tau_\alpha=1$  para la transmisividad. Para longitudes arriba de 20 m donde la absorción pudiera ser entre 20%-40%, resultaría en una sobreestimación sustancial de la radiación recibida. La transmisividad atmosférica se calcula de la siguiente manera:

$$\tau_\alpha = 2.02(P_W X_S)^{-0.09}$$

Donde:

$\tau_\alpha$ = transmisividad atmosférica (entre 0 y 1)

$P_W$ = presión parcial del agua (Pascales, N/m<sup>2</sup>)

$X_S$ = longitud de la ruta o distancia de la superficie de la flama al receptor (m)

Una expresión de la presión parcial del agua como una función de la humedad relativa y la temperatura del aire es dada por la siguiente fórmula:

$$P_W = 1013.25(RH)e^{(14.4114\frac{5328}{T_\alpha})}$$

Donde:

$P_W$ = presión parcial del agua (Pascales, N/m<sup>2</sup>)

RH= humedad relativa (%)

$T_\alpha$ = temperatura ambiente (K)

De acuerdo con varias fuentes, los efectos de la radiación térmica son generalmente proporcionales a la intensidad de radiación elevada a los cuatro tercios de exposición:

$$Dosis = tq^{(4/3)}$$

Donde:

t= tiempo de exposición (s)

q= intensidad de la radiación (Watts/ m<sup>2</sup>)

La dosis térmica que pudiera ocasionar una quemadura de segundo grado se asume como un tiempo de exposición de 40 segundos con una radiación térmica de 5000 Watts/ m<sup>2</sup>. La dosis correspondiente e de 3,420,000 (Watts/ m<sup>2</sup>) <sup>4</sup>/3-segundo.

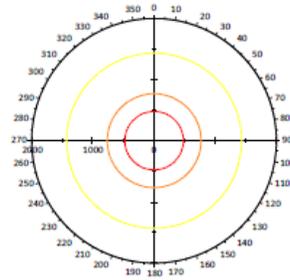
Retomando los cálculos anteriores, el programa SCRI ejecuta el análisis de riesgos: Se selecciona en el apartado “Datos de la sustancia” *Gas L.P.*, a continuación, calculamos la masa del combustible correspondiente a la capacidad total del tanque de almacenamiento. Se procede a seleccionar el escenario *Fire Ball* estableciendo primeramente la humedad relativa, temperatura, velocidad del viento, considerando las condiciones meteorológicas más críticas del sitio, con base a la información de los últimos 10 años o en su homologo, utilizando la Estabilidad Clase F y una velocidad del viento de 1.5 m/s.

Los resultados nos indican lo siguiente:



GRÁFICA DE RADIOS DE AFECTACIÓN

Título del escenario: Proyecto Monclova  
Instalaciones: Proyecto Monclova Ubicación: 26° 57' 38.11" N, 101° 22' 39.63" O



— Radiación: 1.40 kW/m<sup>2</sup> a 1430.04 m  
— Radiación: 5.00 kW/m<sup>2</sup> a 766.24 m  
— Radiación: 12.50 kW/m<sup>2</sup> a 477.95 m

Masa de la nube: 66250.00 kg Diámetro de Bola de Fuego: 234.69 m Tiempo de duración de Bola de Fuego: 16.54 s



GRÁFICA DE RADIOS DE AFECTACIÓN (PROYECCIÓN SOBRE MAPA)

<b>TÍTULO DE LA MODELACIÓN</b>	Proyecto Monclova
<b>SUSTANCIA</b>	GAS LP
<b>INSTALACIÓN</b>	Proyecto Monclova
<b>POSICIÓN DE LA FUENTE</b>	26° 57' 38.11" N, 101° 22' 39.63" O
<b>RADIACIONES DE INTERÉS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Radiación: 1.40 kW/m<sup>2</sup> a 1430.04 m</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: orange; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Radiación: 5.00 kW/m<sup>2</sup> a 766.24 m</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: red; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Radiación: 12.50 kW/m<sup>2</sup> a 477.95 m</li> </ul>

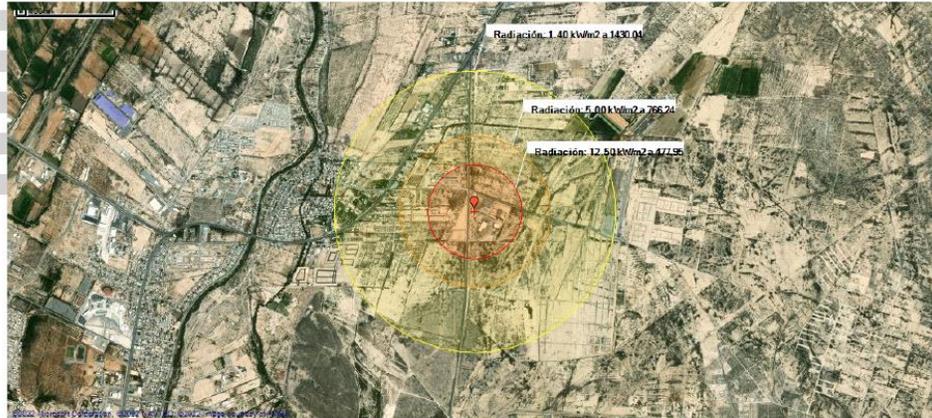


Ilustración 6. Radios de afectación en el peor escenario posible



# SCRI FUEGO

## Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

### MODELO DE RADIACIÓN TÉRMICA POR BOLA DE FUEGO (FIRE BALL) REPORTE DE RESULTADOS

#### DATOS GENERALES

##### Datos de la modelación

Nombre: .....  
 Proyecto Monclova  
 Fecha: .....  
 18 de May de 2022

##### Instalación

Nombre: .....  
 PROYECTO MONCLOVA  
 Dirección: .....  
 LIBRAMIENTO ORIENTE N° KM. 2.6, COLONIA ESTANCIAS DE SANTA ANA, C.P. 25734, MUNICIPIO DE MONCLOVA, ESTADO DE COAHUILA DE ZARAGOZA, Mexico, Tel.  
 Ubicación: .....  
 Lat:26° 57' 32.37'' N Lon:101° 22' 43.61'' O

##### Descripción

Se presentan los radios máximos de afectación en un escenario de riesgo

#### DATOS DE LA SUSTANCIA

##### Identificación

Nombre: .....  
 GAS LP  
 CAS: .....  
 68476-85-7  
 Nombre CAS: .....  
 PETROLEUM GASES, LIQUEFIED  
 Nombre IUPAC: .....  
 No Disponible  
 Fórmula: .....  
 No Disponible  
 Estructura: .....  
 No Disponible  
 Sinónimos (en español): .....  
 GAS LPSinónimos (en inglés): .....  
 L.P.G.  
 .....  
 LIQUEFIED PETROLEUM GAS  
 .....  
 LIQUEFIED PETROLEUM GAS, PROPANE AND PROPYLENE, (FLAMMABLE GAS)

Tabla 101.

##### Propiedades

Peso Molecular .....  
 43.90 kg/kmol  
 Constante de Presión de saturación B .....  
 -1.00 (Predeterminado = -1.0)  
 Constante de Presión de saturación C .....  
 0.0 (Predeterminado = 0.0)  
 Relación de Calores específicos (Gamma) .....  
 1.13  
 Calor de Combustión .....  
 46026.00 kJ/kg

#### PARÁMETROS DE ENTRADA

##### Datos de la fuente

Masa del combustible: .....  
 66250.00 kg

Fracción radiante: .....  
0.48

**Datos meteorológicos**

Nombre : .....  
Escenario para Fire Ball  
Humedad relativa: .....  
60 %  
Temperatura : .....  
293.2 K (20.0 °C)

**RESULTADOS**

**CARACTERÍSTICAS DE LA BOLA DE FUEGO**

Diámetro de la bola de fuego ( $D_{max} = 5.8 \cdot M^{(1/3)}$ ): .....  
234.69 m  
Altura al centro de la bola de fuego ( $H = 0.75 \cdot D_{max}$ ): .....  
176.02 m  
Duración de la bola de fuego: .....  
16.5 s

RADIACIÓN CALCULADA A DISTANCIAS ESPECÍFICAS (DISTANCIA DE RADIACIÓN $D=(H^2+X^2)^{(1/2)}-D_{max}/2$ )			
Distancia a nivel de piso del centro de la bola de fuego al receptor (m)	Distancia del centro de la bola de fuego al receptor (m)	Transmisividad	Radiación (kW/m <sup>2</sup> )
5.00	176.09	0.73	124.07
10.00	176.30	0.73	123.73
15.00	176.65	0.73	123.16
20.00	177.15	0.73	122.39
30.00	178.55	0.73	120.21
40.00	180.50	0.72	117.30
70.00	189.42	0.72	105.25
100.00	202.44	0.71	90.79
150.00	231.26	0.69	67.77
200.00	266.42	0.67	49.84

DISTANCIA CALCULADA A NIVELES DE RADIACIÓN ESPECÍFICOS	
Radiación (kW/m <sup>2</sup> )	Distancia a nivel de piso (m)
1.40	1430.04
5.00	766.24
12.50	477.95

DISTANCIA A DOSIS ESPECÍFICAS DE RADIACIÓN CALCULADAS DURANTE EL TIEMPO DE LA BOLA DE FUEGO (t = 16.54 s)				
Efecto	Radiación (kW/m <sup>2</sup> )	Dosis (W/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> s	Distancia (m)	
			Centro BF	A nivel de piso
Dolor en piel desnuda Dosis mínima equivalente a 85 (kW/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> s	3.41	85.00	937.19	920.52

Nivel de daño significativo / Quemaduras de 1er. grado en piel desnuda / Dosis mínima equivalente a 250 (kW/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> s	7.67	250.00	636.36	611.53
Quemaduras de 2do. grado en piel desnuda / Nivel de letalidad de 1% para vestidura promedio / Dosis mínima equivalente a 500 (kW/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> s	12.89	500.00	496.22	463.95
Quemaduras de 3er. grado en piel desnuda / Nivel de letalidad de 50% para vestidura promedio / Dosis mínima equivalente a 2000 (kW/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> s	36.47	2000.00	301.73	245.08

Ilustración 7. Reporte de resultados SCRI FUEGO 2.2. FireBall (BLEVE)

Se considera que las afectaciones potenciales que causarían quemaduras de 3° grado, fatalidades y daños estructurales se dan en los primeros 16.5 segundos y hasta una distancia de 0-477.95 metros considerando una radiación térmica de 12.5 kW/m<sup>2</sup>. Por su parte, a una distancia de 477.95-766.24 metros y bajo una radiación de 5.0 kW/m<sup>2</sup> se considera únicamente quemaduras de 2° grado, sin presentarse riesgo de fatalidades. La zona de amortiguamiento, donde sería imperceptible la onda de radiación térmica se da en un radio de 766.24-1430.04 metros.

### ESCENARIO DE RIESGO POR SOBREPRESIÓN

Considerando el escenario de sobrepresión, al generarse una nube de Gas L.P. por una rotura en el tanque de almacenamiento, y esta encuentre una fuente de ignición, bajo las presiones especificadas en la Guía para la Presentación del Estudio de Riesgo tenemos:

Toxicidad (Concentración)	Zona de alto riesgo IDLH Zona de amortiguamiento TLV8
Inflamabilidad (Radiación Térmica)	Zona de alto riesgo 5.0 Kw./m <sup>2</sup> Zona de amortiguamiento 1.4 Kw./m <sup>2</sup>
Explosividad (Sobrepresión)	Zona de alto riesgo 1.0 lb./in <sup>2</sup>  Zona de amortiguamiento 0.5 lb./in <sup>2</sup>

Tabla 10. Parámetros de riesgo



# SCRI FUEGO

## Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

### MODELO DE SOBREPRESIÓN PROVOCADA POR NUBES EXPLOSIVAS (MASA DE UNA NUBE DE SUSTANCIA INFLAMABLE) REPORTE DE RESULTADOS

#### DATOS GENERALES

##### Datos de la modelación

Nombre: .....  
 PROYECTO MONCLOVA  
 Fecha: .....  
 14 de November de 2022

##### Instalación

Nombre: .....  
 PROYECTO MONCLOVA  
 Dirección: .....  
 LIBRAMIENTO ORIENTE N° KM. 2.6, COLONIA ESTANCIAS DE SANTA ANA, C.P. 25734, MUNICIPIO DE MONCLOVA, ESTADO DE COAHUILA DE ZARAGOZA, Mexico, Tel.  
 Ubicación: .....  
 Lat:26° 57' 38.11'' N Lon:101° 22' 39.63'' O

##### Descripción

Escenario de riesgo por sobrepresión

#### DATOS DE LA SUSTANCIA

##### Identificación

Nombre: .....  
 GAS LICUADO DEL PETRÓLEO  
 CAS: .....  
 68476-85-7  
 Nombre CAS: .....  
 PETROLEUM GASES, LIQUEFIED  
 Nombre IUPAC: .....  
 No Disponible  
 Fórmula: .....  
 No Disponible  
 Estructura: .....  
 No Disponible  
 Sinónimos (en español): .....  
 GAS LPSinónimos (en inglés): .....  
 L.P.G.  
 .....  
 LIQUEFIED PETROLEUM GAS  
 .....  
 LIQUEFIED PETROLEUM GAS, PROPANE AND PROPYLENE, (FLAMMABLE GAS)

##### Propiedades

Peso Molecular .....  
 43.90 kg/kmol  
 Constante de Presión de saturación de .....  
 B .....  
 -1.00 (Predeterminado = -1.0)  
 Constante de Presión de saturación C .....  
 0.0 (Predeterminado = 0.0)  
 Relación de Calores específicos (Gamma) .....  
 1.13  
 Calor de Combustión .....  
 46026.00 kJ/kg

#### PARÁMETROS DE ENTRADA

##### Datos de la fuente

Masa de la nube inflamable : .....

66250.00 kg  
 Factor de Eficiencia Explosiva : .....  
 0.03  
 Calor de Combustión de TNT (RMP) : .....  
 4680.00 kJ/kg  
 Masa Equivalente en TNT : .....  
 19546.30 kg

**RESULTADOS**

Distancia mínima de cálculo : .....  
 1.82 m  
 Distancia máxima de cálculo : .....  
 1077.49 m  
 Distancia total del cálculo : .....  
 1075.68 m

PRESIÓN CALCULADA A DISTANCIAS DE INTERÉS					
5.00	19007.94	2756.89	0.03	418.38	0.25
10.00	7600.06	1102.30	0.09	182.01	0.23
20.00	2463.36	357.28	0.28	190.32	0.65
30.00	1076.42	156.12	0.57	225.15	2.07
50.00	336.88	48.86	1.48	144.42	2.04
70.00	157.51	22.85	2.74	105.43	2.41
100.00	74.98	10.88	5.11	76.98	3.29
150.00	35.92	5.21	9.70	53.79	3.94
200.00	22.74	3.30	14.62	41.22	4.35

DISTANCIA CALCULADA SEGÚN LA PRESIÓN DE INTERÉS					
6.89	1.00	486.40	44.28	17.52	5.76
3.45	0.50	826.80	80.91	10.38	6.65
0.00	0.00	0.00	--	--	--
0.00	0.00	0.00	--	--	--
0.00	0.00	0.00	--	--	--
0.00	0.00	0.00	--	--	--
0.00	0.00	0.00	--	--	--
0.00	0.00	0.00	--	--	--
0.00	0.00	0.00	--	--	--

Ilustración 8. Reporte de simulación por sobrepresión

Así mismo, la representación gráfica de este escenario es la siguiente:

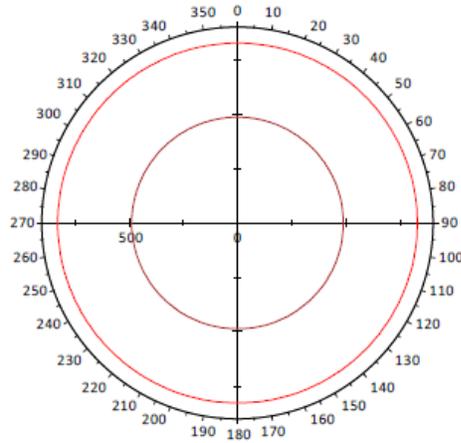


**GRÁFICA DE RADIOS DE SOBREPRESIÓN (F.E.E. = 0.03)**

Título del escenario: PROYECTO MONCLOVA

Instalaciones: PROYECTO MONCLOVA

Ubicación: 26° 57' 38.11" N, 101° 22' 39.63" O



6.89 kPa (1.00 psig) a 486.40 m  
 3.45 kPa (0.50 psig) a 826.80 m

Energía equivalente a 19548.30 kg de TNT



**GRÁFICA DE RADIOS DE AFECTACIÓN (PROYECCIÓN SOBRE MAPA)**

TÍTULO DE LA MODELACIÓN	PROYECTO MONCLOVA
SUSTANCIA	GAS LICUADO DEL PETRÓLEO
INSTALACIÓN	PROYECTO MONCLOVA
POSICIÓN DE LA FUENTE	26° 57' 38.11" N, 101° 22' 39.63" O
ZONAS DE AFECTACIÓN POR SOBREPRESIÓN	
6.89 kPa (1.00 psig) a 486.40 m	
3.45 kPa (0.50 psig) a 826.80 m	
0.00 kPa (0.00 psig) a 0.00 m	
0.00 kPa (0.00 psig) a 0.00 m	
0.00 kPa (0.00 psig) a 0.00 m	
0.00 kPa (0.00 psig) a 0.00 m	
0.00 kPa (0.00 psig) a 0.00 m	
0.00 kPa (0.00 psig) a 0.00 m	

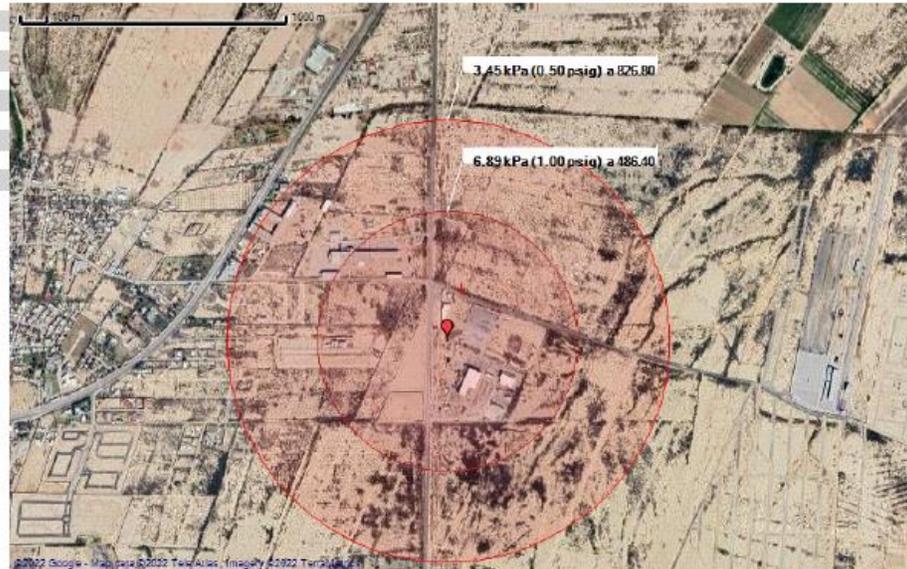


Ilustración 9. Representación gráfica por escenario de riesgo – sobrepresión-

## II.2 INTERACCIONES DE RIESGO

Peor escenario: Al momento de que el proveedor está descargando Gas Licuado del Petróleo en el tanque estacionario se presenta fuga por orificio ocasionado por pérdida de espesor de pared de tanque de almacenamiento por corrosión, liberando a presión gas L.P.

Causa				Consecuencia			Nivel de Riesgo
Ruptura de envoltante del tanque de almacenamiento por pérdida de espesor por corrosión interior.				Fuga de gas L.P., que en presencia de una fuente de ignición que puede provocar explosión y fuego			A
Área	Tipo de Zona	Tipo de evento	Radio de afectación	Equipos afectados	Distancia a la fuga	Salvaguarda	Recomendaciones
Descarga a tanques de almacenamiento de gas L.P.	Alto riesgo en equipos	Radiación	12.50kW/m <sup>2</sup>	Dispensarios, área de tanques de almacenamiento de gas L.P. Techumbre, autotanque del proveedor, muelle de llenado	477.95 m	Control de contratistas Plan de respuesta a emergencias , Muro de contención en el área de tanques. Red de contra incendio.	Documentar acuerdo con el proveedor de combustibles para llevar a cabo un programa de pruebas rápidas de alcoholemia y drogas. Elaborar e implementar procedimientos de control de contratistas. Elaborar y capacitar al personal en el plan de respuesta a emergencias, Incluir en el diseño muros de contención alrededor de los tanques de almacenamiento de gas L.P., Control de contratistas

Tabla 11. Escenario de Interacción de riesgo identificado

Salvaguardas	
N°	Prevención
1	Diseño seguro de acuerdo con la normatividad nacional e internacional
2	Utilización de materiales y accesorio de acuerdo con las especificaciones técnicas
3	Certificación y garantía de tanques de almacenamiento
4	Certificación y garantía en dispensadores
5	Personal capacitado
6	Sistemas de control de proceso (instrumentación) automáticos y manuales
7	Programas de mantenimiento, inspección y pruebas en equipos, tuberías y accesorios

8	Seguridad de contratistas
9	Listas de verificación para la detección de condiciones inseguras
10	Procedimientos de operación
11	Procedimiento de trabajos críticos
12	Sistema de bloqueo de suministro de combustibles
13	Revisión de seguridad de pre-arranque
14	Pictogramas de seguridad
15	Sistemas de comunicación
16	Circuito cerrado de monitoreo de seguridad
17	Muro de contención
	<b>Mitigación</b>
18	Plan de respuesta a emergencias interno
19	Plan de respuesta a emergencias externo
20	Sistema contraincendios
21	Alarmas de detección de fugas de gas
22	Extinguidores
23	Sistemas automáticos de alivio
24	Paros de emergencia
25	Kit de primeros auxilios

Tabla 12. Salvaguardas al escenario de riesgo identificado

### II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

Considerando que la zona de influencia a 500 metros es la siguiente:



**Ilustración 10.-** Área de influencia a 500 metros

Fuente: Mapa Digital INEGI<sup>1</sup>

No se logran identificar asentamientos humanos que pudieran ser susceptibles de riesgo por los radios de afectación en el peor escenario posible.

Los protocolos que se deberán seguir en caso de emergencia, son de difusión de información y apoyo con agentes externos en materia de seguridad, tal es el caso de solicitar apoyo con Protección Civil del Estado así como Municipal, que ayude a coordinar y establecer las rutas de evacuación de manera eficaz y segura, en orden de mantener la integridad de esta población vulnerable.

Respecto a la integridad funcional de los ecosistemas, señalemos que, el uso de suelo en el área esta compuesto en su totalidad por matorral xerófilo, se encuentra cerca a zonas de asentamientos humanos y de agricultura de riego, por lo que el hábitat se encuentra fragmentado, no obstante, de acuerdo a los análisis desarrollados en el anexo III, podemos apreciar especies de flora y fauna *in situ*, que se encuentran en algún estatus de protección, para lo cual, se han establecido programas de seguimiento para su reubicación y resguardo.

Las afectaciones por los eventos de riesgo identificados hacia el ecosistema, incluirán aquellas donde se contribuye a la dispersión de especies presentes por la ejecución de la obra y de la operación total del proyecto. Por ello será necesario que los análisis resultantes de la identificación de especies, tanto en el área de influencia como en el sistema ambiental, se den a conocer a las autoridades correspondientes, en orden de solicitar su apoyo para reubicarlas en los lugares que sean determinados tanto a nivel municipal, estatal, como federal según sea el caso, señalado por las mismas autoridades.

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

#### **III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS**

A continuación, señalaremos las recomendaciones generales resultantes de los análisis desarrollados, considerando el peor escenario posible. Es importante señalar, que el responsable de llevar a cabo la revisión, ajustes, ejecución de las medidas, será el Jefe de Operaciones de la Instalación.

- Contar con procedimientos para trabajos de mantenimiento en espacios confinados (limpiezas de tanques de almacenamiento). Lo anterior en orden de que se evite el deterioro de los tanques que resulten de mantenimientos programados hacia los mismos.
- Contar con procedimientos para realizar pruebas de hermeticidad.
- Capacitar al personal en el manejo y uso de sustancias peligrosas.
- Elaborar un Plan de Preparación y Atención de Emergencias.
- Elaborar un Plan de Contingencias avalado por la autoridad correspondientes.
- Contar con un sistema contra incendio que tenga la capacidad de atender una contingencia mayor, como las señaladas en el peor escenario posible.
- Contar con un Programa de Mantenimiento.
- Contar con procedimientos para el bloqueo y candado de energía eléctrica.

- Contar con un programa específico de mantenimiento de los accesorios de tanques de almacenamiento.
- Contar con el Procedimiento Específico para el Mantenimiento a Dispensarios.
- Contar con un Programa de Verificación de Cumplimiento Normativo y de Seguridad
- Contar con un Programa Específico para el Mantenimiento de Señalizaciones de Seguridad.

Estas recomendaciones deberán atenderse previo a las pruebas de arranque o puesta en operación, de la Instalación.

### **Medidas que se llevarán a cabo en caso de Sismos**

Las medidas que se llevarán a cabo por el personal de la Instalación en caso de que se presente Movimientos Sísmicos (aun cuando la zona no se encuentre dentro de una zona sísmica) son las siguientes:

- Como medida de prevención, se realizarán ejercicios asociados a simulacros, en el que se indique al personal correspondiente el cierre de válvulas estratégicas de gasolina, corte de electricidad y uso de extintores
- Se revisará constantemente que avisos, muebles, estructuras, así como instalaciones que representen un peligro potencial en caso de caídas, se encuentren asegurados correctamente
- En caso de que se presenten Movimiento Sísmicos, se procederá a la evacuación inmediata de personal y desalojo de vehículos

### **Medidas que se llevarán a cabo en caso de Inundaciones**

Las medidas que se llevarán a cabo en caso de que se presenten Inundaciones o se prevean son las siguientes:

- Identificar rutas de evacuación y otras vías alternas para desalojar la instalación.

- Los elementos de valor (documentos importantes) se colocarán en una bolsa de plástico y se guardarán en un lugar expresamente seleccionado para ese efecto.
- Cortar la energía eléctrica, agua y cerrar perfectamente las válvulas de gas L.P.
- El personal de la Instalación no se deberá acercar a las fuentes potenciales de energía, así mismo, vigilará que también los usuarios atiendan esta indicación
- Como medidas de prevención se realizarán actividades correspondientes a limpieza de la instalación, garantizando el adecuado depósito de los residuos sólidos urbanos generados en la misma, con la finalidad de evitar que el drenaje pluvial se encuentre obstruido
- Después de la inundación, verificar que el tanque de almacenamiento no haya sufrido fracturas y/o verificar los pozos de observación de los tanques y niveles de agua internos del mismo, si se detecta que ha ingresado agua a los mismos, proceder a la limpieza correspondiente.

**Medidas que se llevarán a cabo en caso para atender emergencias relacionadas con incendios en la instalación.**

- Capacitar al personal por lo menos dos veces al año en el uso y manejo de equipos contra incendios
- Conocer y tener a la mano los teléfonos de emergencia
- Elaborar un croquis con los dispositivos de seguridad, salidas de emergencia, etc. y difundirlo a todo el personal

**Durante un incendio**

- En caso de producirse fuego, el personal que lo detecte debe accionar el botón de paro de emergencia.
- Evaluar la situación, e implementar el Plan de Respuesta a Emergencias (PRE) o el Plan de Atención a Emergencias (PAE), para controlar el incendio y evitar que este pudiera propagarse.

- Si el tamaño del incendio es manejable se debe utilizar un extintor de acuerdo con el tipo de fuego que se está produciendo
- Mantener la calma, lo más importante es ponerse a salvo y avisar a los demás
- Si existen accidentados, se debe evaluar su condición para determinar la necesidad de una evacuación.
- Desenergizar la instalación.
- En caso de que el incendio sea importante avisar empresas cercanas, para que se advierta a las personas que laboran en predios colindantes con el objeto de que implementen su protocolo de Seguridad (Plan de Respuesta a Emergencias (PRE) o el Plan de Atención a Emergencias (PAE))
- Si ya se aplicó el procedimiento de evacuación de la instalación, coordinarse con el equipo especializado (protección civil, bomberos o cruz roja) para la atención al conato de incendio y posibles lesionados.

#### **En caso de estar atrapado en un incendio.**

- Cerrar la puerta
- Tapar cualquier entrada de humo utilizando toallas, cortinas o pedazos de alfombra de preferencia húmedos.
- Comunicar de ser posible por teléfono y señalar su posición
- Si es posible recostarte o permanecer lo más cerca al piso como sea posible para así evitar la inhalación de gases tóxicos, evitar el calor y aprovechar la mejor visibilidad.
- Tapar con un trapo o pañuelo de preferencia húmedo la nariz y la boca arrastrándose por el piso.
- Localizar la ruta de evacuación o tratar de entrar a una oficina o cuarto que tenga ventanas que den a la calle.
- Si se encuentra lesionado, guardar la calma y de ser posible aplicar los primeros auxilios, gritar pidiendo ayuda, colocarse lo más cerca posible de la ruta de evacuación, esto facilitará su localización.

#### **Después de un incendio**

- Una vez que la situación de emergencia este controlada, se debe evaluar el área, las instalaciones y equipos por el personal especializado, ventilar áreas cerradas, monitoreo de gases, vapores y humo, si las condiciones son favorables se procederá a trabajar de manera normal.
- El personal involucrado realizará una junta en cual determinarán las causas del incidente y determinarán o establecerán acciones correctivas preliminares, asimismo, generará un reporte de incidentes o accidentes, involucrando al personal que en ese momento se encontraba en el sitio, posteriormente se procederá a realizar un ACR (Análisis Causa Raíz) o ICR (Investigación de la Causa Raíz) para tomar las medidas correctivas y preventivas necesarias, si el accidente fue de consecuencias graves se gestionara la realización de una Investigación Causa Raíz (ICR) por un tercero autorizado por la ASEA.

#### **Medidas que se llevarán a cabo en caso de derrames antes de un derrame**

- Identificar los puntos probables donde puedan ocurrir los derrames (válvulas, tuberías mecánicas de producto, conexiones, tanques, etc.)
- Aplicar los programas de mantenimiento preventivo-correctivo a la instalación
- Capacitar al personal por lo menos dos veces al año para actuar ante una emergencia de este tipo
- Conocer y tener a la mano los teléfonos de emergencia
- Elaborar un croquis con los dispositivos de seguridad, salidas de emergencia, puntos de reunión, rutas de evacuación y paros de emergencia, difundirlo a todo el personal.

#### **Durante de un derrame**

- Accionar el paro de emergencia para detener la liberación del hidrocarburo: identificar la fuente y aislar el lugar
- Suprimir toda fuente de ignición
- No encender cerillos, fuego ni fumar
- No accionar ningún aparato eléctrico cercano al derrame

- Reducir al mínimo el número de personas presente en el área de riesgo
- Tener a la mano un extintor
- En caso de ser necesario, proceder a la evacuación de la instalación, asegurándose que no quede nadie en las oficinas u otras áreas

### **Después de un derrame**

- Establecer las causas del derrame elaborando una Investigación Causa Raíz (ICR) para tomar las medidas preventivas oportunas que eviten nuevos episodios
- Comunicar la contingencia de derrame a los organismos correspondientes.

### **Medidas que se llevarán a cabo en caso de fallas en sistemas o equipos**

Las medidas de prevención contra fallas en sistemas o equipos son las siguientes:

#### *Equipo eléctrico*

- Verificación periódica (por lo menos dos veces al año) de la instalación eléctrica por personal calificado para realizar este tipo de inspecciones
- La manipulación de la instalación eléctrica dentro de la instalación solo se llevará a cabo por el personal capacitado para atender esa tarea.
- Se evitará sobrecargar las líneas (por ejemplo, enchufes o contactos múltiples)
- Verificar el buen estado de las lámparas
- Las lámparas de luz se mantendrán apagadas cuando no se realicen actividades en la instalación.

## **Contingencias ambientales**

### **Medidas que se llevarán a cabo en caso de contingencias ambientales Fase de alarma**

Una contingencia ambiental es la situación eventual y transitoria, la cual es declarada por las autoridades competentes cuando se registran o se predicen altas concentraciones de contaminantes en base a monitoreos ambientales. Éstas pudieron ser derivadas de actividades antropogénicas o fenómenos naturales, pudiendo afectar la salud de la población o el ambiente, según lo establecido por las Normas Oficiales Mexicanas. A continuación, se mencionan las medidas que se tomaran en caso de una contingencia ambiental:

- Se revisará constantemente los resultados y reportes del monitoreo atmosférico
- Se revisará constantemente los reportes meteorológicos
- Identificar si el área en donde se encuentra la Instalación se encuentra establecida como zona de potencial incremento de concentración de contaminantes

#### *Fase I General*

- Se reducirán las actividades dentro de la instalación, disminuyendo el horario de atención de acuerdo con lo que establezca el Sistema Integral de Monitoreo Ambiental

#### *Fase II General*

- Las actividades dentro de la instalación se reducirán en su forma total de acuerdo con lo que establezca el Sistema Integral de Monitoreo Ambiental.

### **Medidas en periodos de contingencia**

- Evitar tiempos prolongados de permanencia a la intemperie
- Mantener cerradas puertas y ventanas
- Reubicar a personas susceptibles que laboran en la instalación, lejos de las tareas con concentraciones altas de contaminantes.

### **III.1.1 Sistemas de seguridad**

En esta instalación se tendrán instalados equipos, dispositivos y sistemas para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios.

El sistema contra incendio será el aspecto medular en el sistema de seguridad de la instalación. Las especificaciones pueden localizarse en anexo I.

El diseño del sistema contra incendio se apegará a lo establecido tanto por la NOM-003-SEDG-2004 Estaciones de gas L.P. para carburación Diseño y Construcción y la NOM-001-SESH-2014 Plantas de distribución de Gas L.P. Diseño, construcción y condiciones seguras en su operación.

### **III.1.2 MEDIDAS PREVENTIVAS**

Casi todos los accidentes con Gas L.P. pueden evitarse si el equipo ha sido escogido correctamente con un mantenimiento adecuado de las instalaciones y operando por el personal capacitado.

Para una adecuada prevención de accidentes se deberán considerar los siguientes aspectos:

1. El diseño y construcción deberán cumplir con las Normas Oficiales y de Seguridad que apliquen para el caso.
2. El personal de la instalación deberá recibir capacitación específica en materia de seguridad y atención a contingencias.

Particularmente se destaca el hecho de que en algunas medidas preventivas se excederá a los requerimientos de las normas, a continuación, se explican:

- Se deberá considerar incrementar en un 10% el número de aspersores de agua sobre los recipientes de almacenamiento con respecto al cálculo hidráulico para cubrir los tanques y protegerlos de un posible sobrecalentamiento.

- Los hidrantes se encontrarán sobrados en cuanto los radios de cobertura con respecto al cálculo hidráulico, ya que las mangueras deberán constituir en dos tramos de 15 metros, en lugar de solo uno, para recubrir el doble de lo requerido.
- Se colocarán detectores de calor sobre la barda perimetral al Norte y al Sur de la instalación; estos actuarán en caso de que detecten una temperatura alta originada por una fuente de ignición, ya sea que se presente en el lado exterior de la barda o en el interior de la instalación y accionarán una bomba eléctrica conectada a dos cañones de agua, para asperjar agua en las direcciones requeridas.
- Se colocará una tercera bomba para operar única y en forma exclusiva los cañones de agua para garantizar su óptimo funcionamiento.

### **Precauciones que deben ser tomadas en cuenta para el manejo y almacenamiento.**

Cuando el Gas L.P. se fuga a la atmósfera, vaporiza de inmediato, se mezcla con el aire ambiente y se forman súbitamente nubes inflamables y explosivas, que al exponerse a una fuente de ignición (chispa, flama y calor) producen un incendio o explosión. Las conexiones eléctricas domésticas o industriales en malas condiciones (clasificación de áreas eléctricas peligrosas) son las fuentes de ignición más comunes.

En espacios confinados, las fugas de Gas L.P. se mezclan con el aire formando también nubes de vapor explosivas, su olor característico puede advertirnos de la presencia del gas en el ambiente, sin embargo el sentido del olfato se perturba a tal grado que es incapaz de alertarnos cuando existan concentraciones potencialmente peligrosas que estallen a la más mínima presencia de una fuente de ignición.

La ubicación de los tanques de almacenamiento deberá cumplir con lo establecido en normatividad correspondiente aplicable. Es muy importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Mantener alejado a los tanques de almacenamiento de fuentes de ignición o calor.
- Disponer precavidamente de lugares separados para almacenar diferentes gases comprimidos o inflamables,
- No golpear o maltratar los tanques de almacenamiento.

Cuando los tanques de almacenamiento se encuentren fuera de servicio mantener las válvulas cerradas, con tapones o capuchones de protección de acuerdo a la normatividad.

### **Medios de extinción: Equipo especial de protección (general) para el combate de incendio.**

Extinción de incendios: Polvo Químico Seco (Púrpura K=bicarbonato de potasio, bicarbonato de sodio, fosfato monoamónico) bióxido de carbono y agua, esperada para enfriamiento. Apagar el fuego, solamente después de haber bloqueado la fuente de fuga.

### **Procedimiento especial de combate de incendio.**

Fuga a la atmosfera de Gas L.P., sin incendio:

Esta es una condición realmente grave, ya que el gas licuado al ponerse en contacto con la atmósfera se vaporiza de inmediato, se mezcla rápidamente con el aire ambiental y produce nubes tóxicas con altas probabilidades de explotar ocasionando BLEVE.

Algunas recomendaciones para evitar este supuesto escenario potencial son el asegurar anticipadamente que la integridad mecánica y eléctrica de las instalaciones estén en óptimas condiciones (diseño, construcción y mantenimiento). Si aún así llega a fallar algo, deberán instalarse detectores de mezclas explosivas, de calor y humo con alarmas sonoras y visuales, válvulas en entradas y salidas, en prevención a rotura de mangueras, así como asegurar la disponibilidad de agua contra incendio, contar con extintores portátiles, asegurar que los usuarios

conozcan las ubicaciones de bloqueos de tanques estacionario o red de distribución de gas, así como la localización de los quemadores, deberán llevarse a cabo simulacros para optimizar el plan de contingencias, etc.

Fuga a la atmósfera de Gas L.P. con incendio:

No intentar apagar el incendio sin antes bloquear la fuente de fuga, ya que, si se apaga y sigue escapando gas, se formará una nube de vapores con gran potencial explosivo. Pero deberá enfriar con agua rociada los equipos o instalaciones afectadas por el calor del incendio.

#### **IV. RESUMEN**

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

En el presente estudio se analizó cual puede ser el peor escenario de riesgo e los diferentes casos que pudieran ocurrir. Por ello se puede concluir que:

- Por su localización, el proyecto tiene viabilidad ya que los riesgos por afectaciones a zonas habitacionales, comerciales o de servicios son prácticamente inexistentes, ya que no existen en los alrededores inmediatos, alguna instalación que pueda ser amenazada en caso de presentarse una contingencia en la Planta de Almacenamiento.
- En el hipotético caso de una fuga de Gas L.P. que se encontraría almacenado, podría crear la mayor afectación al entorno ambiental y pondría en riesgo la integridad física de las personas que se encontrarán dentro del perímetro de mayor riesgo.
- La mayor concentración se encontraría dentro del inicio de la fuga y esta concentración sería proporcionalmente mayor en la cercanía del origen de la misma, por lo cual se deberá tener especial atención con los programas de evacuación, ya que el gas podría provocar irritaciones y mareos.
- Para reducir los riesgos que pudieran existir en la instalación y luego de haber realizado el análisis de riesgo del presente proyecto, se puede prever que se

contarán con equipos que podrán prevenir una fuga en caso de una falla humana.

- En el caso de que exista una fuga de Gas L.P., se sabe que este se vaporiza de inmediato y se mezcla con el aire formando nubes potencialmente explosivas, tóxicas, inflamables; El efecto de la fuga de este combustible será instantáneo representando una amenaza grave al entorno ambiental ya que ocasionaría una BLEVE al menor contacto con una fuente de ignición.
- Es deseable que se implemente un programa de participación en el desarrollo comunitario para construir y fortalecer una imagen de “buen vecino” que distienda la tensión que comúnmente se genera entre los pobladores al sentirse inseguros por desconocer las medidas de seguridad y de prevención con que cuentan las instalaciones de Gas L.P.

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

Los escenarios de mayor riesgo en el presente estudio derivan de aquellos donde se presenta una falla estructural en tanques de almacenamiento, provocan una fuga e inmediatamente esta hace contacto con una fuente de ignición, ocasionando una BLEVE.

De acuerdo a los radios de afectación para el peor escenario posible, se tienen radios específicos de afectación; para una BLEVE de 0-477.95 metros bajo una radiación de 12.5 kW/m<sup>2</sup> considerada zona de alto riesgo por daño a equipos.

La zona de alto riesgo abarca un radio de 477.95-766.24 metros bajo una radiación térmica de 5.0 kW/m<sup>2</sup> y la zona de amortiguamiento a una radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup> abarca un radio de 766.24-1430.04 m.

Señalemos que en la *zona de alto riesgo* se presentarán ya daños a la estructura física de la instalación, así como daños a la salud humana. Así mismo señalemos que muchas de las consideraciones para prevenir este peor escenario posible, derivan de ejecutar la correcta capacitación del personal, establecer una adecuada señalización de seguridad, establecer un programa de seguimiento normativo para detectar desviaciones en la instalación, así como diversos procedimientos para la recepción y trasvase del producto principal (Gas L.P.).

Se deberán vincular o establecer líneas de comunicación con Dependencias Gubernamentales en Materia de Seguridad, llámese Protección Civil del Estado, Municipal, Gobiernos Municipales, Gobierno Estatal, Federal, Asociaciones, etc., en orden de ejecutar y/o actualizar las medidas de seguridad en caso de generarse una contingencia que pueda ser potencialmente peligrosa no solo para la seguridad sino para la misma salud y resguardo de los trabajadores, población y el cuidado máximo del medio ambiente.

### IV.3 PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO

#### Sustancias involucradas

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)*	No. Cas **	Densidad (g/m <sup>3</sup> )	Flujo (l/seg)	Longitud de la tubería (km)	Diámetro de la tubería (cm)	Presión de operación (kg/cm <sup>2</sup> )	Espesor (mm)	Descripción de la trayectoria
Gas licuado del petróleo	68476-85-7	0.530	-	-	-	14.0 kg/cm <sup>2</sup>	7.31	Hacia la dirección del viento en las condiciones meteorológicas más críticas (55% humedad, 25°C, Estabilidad F)

\*De acuerdo con los lineamientos descritos por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, *International Union Pure Applied Chemistry*)

\*\*De acuerdo con el *Chemical Abstract Service (CAS)*

## Antecedentes de Accidentes e Incidentes

Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancias involucrada(s)	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención
1984	Cd. México	Refinería PEMEX	Gas L.P.	BLEVE masiva	Ruptura de tuberías, estallido súbito de tanques de almacenamiento e incendio	Biótico Seguridad a 800 m radio de exposición	Llamada a servicios de emergencia
1996	Guadalajara	Camión repartidor Gas L.P.	Gas L.P.	Incendio	Falla en el medidor de nivel y sobrellenado del recipiente	Biótico Seguridad	Llamada a servicios de emergencia
1999	Cd. México	Camión repartidor Gas L.P.	Gas L.P.	Incendio	Falla de mantenimiento y verificación de las válvulas de exceso de flujo y relevo	Biótico Seguridad	Llamada a servicios de emergencia

## Identificación y jerarquización de riesgos ambientales

Para el peor escenario posible:

No. Falla	No. De Evento	Falla	Accidente Hipotético					Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Unidad o equipo		
1	1	BLEVE	X			X		Technical Guidance for Hazards Analysis – Program SCRI FUEGO 2.2. Dinámica Heurística FIRE BALL	Paisaje Biótico Seguridad
2	2	SOBREPRESIÓN	X		X	X		Technical Guidance for Hazards Analysis – Programa SCRI	

										FUEGO 2.2. Dinámica Heurística SOBREPRESIÓN POR NUBE TÓXICA	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--

### Estimación de consecuencias.

Reporte técnico SCRI FUEGO 2.2 de Anexo IX.

No. Falla	No. De Evento	Tipo de Liberación		Cantidad hipotética liberada		Estado Físico	Efectos potenciales					Programa de simulación empleado	Zona de Alto Riesgo	
		Masiva	Continua	Cantidad	Unidad		C	G	S	R	N		X 10 <sup>-5</sup>	X 10 <sup>-6</sup>
													Distancia (m)	Distancia (m)
1	1	X		66250	kg	Liq.	X					SCRI FUEGO 2.2.FIREBALL	477.95	1430.04
2	2	X		66250	Kg	Liq	X					SCRI FUEGO 2.2 SOBREPRESIÓN POR NUBE TÓXICA	1.82	1077.49

### Criterios utilizados.

Reporte técnico SCRI FUEGO 2.2 de Anexo III

No. Falla	No. De Evento	Sobrepresión		Radiación Térmica		Otros criterios
		Zona de alto riesgo 1.0 lb/in <sup>2</sup>	Zona de amortiguamiento lento 0.5 lb/in <sup>2</sup>	Zona de alto riesgo 5.0 kw/m <sup>2</sup>	Zona de amortiguamiento lento 1.4 kw/m <sup>2</sup>	

1	1	NA		766.24	1430.04	Se utilizó la estabilidad atmosférica más crítica (F) Equivalente a: 25°C, 1.5m/s, 55% humedad
2	2	1.82	1077.49	NA		

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

### V.I FORMATOS DE PRESENTACIÓN

#### V.1.1 Planos de localización

Se presentan en anexo I.

#### V.1.2 Fotografías

No aplica.

#### V.1.3 Videos

No se adjuntan videos.

### V.2 OTROS ANEXOS

Anexo I. (Planos, Memorias)

Anexo II. (Hoja de seguridad de glp)

Anexo III. (Reportes de simulación)

Anexo IV. (Coordenadas geográficas)

Anexo V. (Legal)

Anexo VI. (Permisos)