

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2

INSTALACIONES EN OPERACIÓN

(ARSH)

CAPÍTULO V ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS



NUEVO GAS, S.A. DE C.V.

Distribución de Gas Licuado de Petróleo mediante Planta de
Distribución
Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016

 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01
---	---	----------------

INTEGRACIÓN DEL GRUPO MULTIDISCIPLINARIO DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS (GAMER).

La elección de las metodologías para llevar a cabo la identificación de peligros y escenarios de riesgo de la Planta de Distribución de Gas L.P. propiedad de “Nuevo Gas, S.A. de C.V.” se consideró el tipo de instalación, actividad que se lleva a cabo y etapa del ciclo de vida de la misma (operación), considerando en todo momento que dicha metodología servirá de retroalimentación para la fase posterior del Análisis de Riesgos.

El Grupo Multidisciplinario de Análisis y Evaluación de Riesgos (GMAER), que llevará a cabo el desarrollo de dichas metodologías está integrado por personal técnico asignado por la empresa “Consultores Asociados en Seguridad Industrial y Protección Ambiental” y cuenta con la experiencia y capacidad técnica en la aplicación de técnicas y metodologías comúnmente utilizadas y reconocidas a nivel nacional e internacional.

Nombre (s)	Apellidos	Cargo dentro del GMAER
Yazmin	Calzeta López	Líder del Equipo de Análisis de Riesgo
José	Morales Ku	Secretario y coordinador ERA
Elizabeth Elke	Galindo Monterrosas	Especialista en Análisis de Riesgos.

En el **Anexo 001. Anexos de la guía**, se adjunta el Acta Constitutiva del Grupo Multidisciplinario de Análisis y Evaluación de Riesgos, Listas de asistencia y Minutas de trabajo.



 <i>Una Nueva Opción</i>	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016	
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH	
	ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01

V.1. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.

El presente estudio se desarrolla para la instalación de la Planta de Distribución de Gas L.P. propiedad de Nuevo Gas, S.A. de C.V. – ubicada en Libramiento Saltillo – Nuevo Laredo km 20.8, colonia Centro, municipio de General Escobedo, estado de Nuevo León. C.P. 66050.

Para efectos de la identificación y jerarquización de los riesgos asociados al proceso operativo de la instalación, se llevará a cabo un Análisis Preliminar de peligros.

V.2. ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS.

En esta etapa se identificarán de manera preliminar los peligros y amenazas, reconociendo sustancias peligrosas, condiciones y posibles peligros considerando las salvaguardas, medidas de seguridad y protecciones.

Básicamente el Análisis Preliminar de Peligros se desarrollará de la siguiente manera:

- 1. Reconocimiento del ámbito de estudio:** En esta etapa se describirán las actividades que forman parte del proceso operativo de la *instalación*, asimismo, las sustancias químicas peligrosas (que en este caso sólo es el gas licuado de petróleo) y las áreas operativas que integran la Estación de Gas L.P. para Carburación.
- 2. Identificación de factores de peligro y peligros potenciales:** Con base en las características y/o condiciones en la operación de la *instalación*, así como en las propiedades físicas y químicas del gas licuado de petróleo (GLP), se hallarán aquellos factores de mayor relevancia por el *peligro* que estos implican.
- 3. Selección de la metodología de análisis preliminar de peligros:** Para una adecuada selección de una metodología se consideraron los siguientes puntos: objetivos, información disponible, complejidad y tamaño de la instalación, tipo de proceso y naturaleza de los peligros y experiencia del equipo de trabajo.
 - Preliminary Hazard Analysis (PreHa).** El Análisis Preliminar de Peligros es un método de análisis inductivo cuyo objetivo es identificar los peligros, las situaciones peligrosas y los eventos que pueden causar daño a una determinada actividad, instalación o sistema.



V.2.1. Reconocimiento del ámbito de estudio.

La actividad objeto del presente estudio es la distribución de Gas L.P. mediante planta de distribución, en donde se involucra lo siguiente:

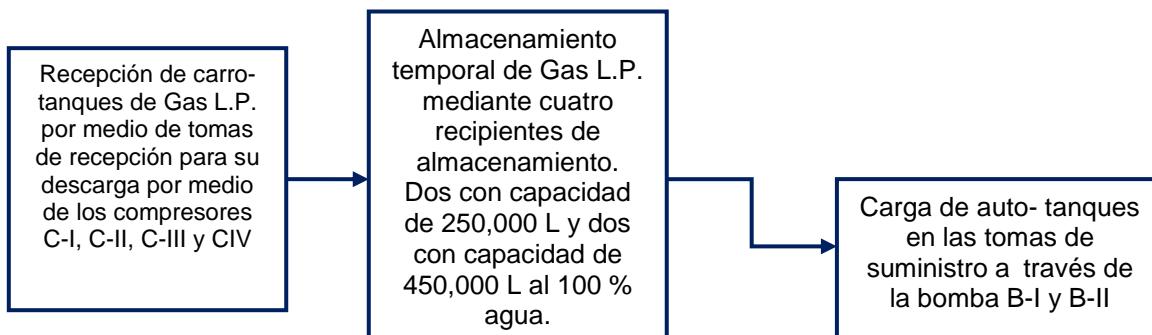


Figura V.1. Diagrama del proceso operativo de la Planta de Distribución de Gas L.P.

Asimismo, la actividad abarca lo siguiente lo cual se lleva a cabo fuera de las instalaciones de la planta de distribución:

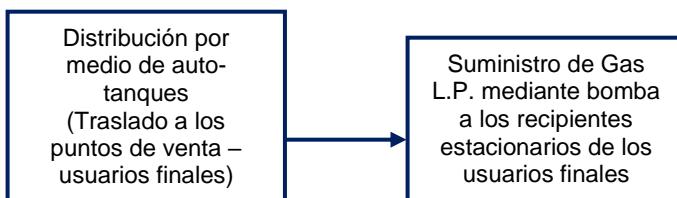


Figura V.2. Diagrama del proceso operativo de distribución de Gas L.P. fuera de la planta.

Adicionalmente, la empresa dentro de la instalación realiza el llenado de semirremolques a través de cuatro bombas especiales para Gas L.P. de 1,446 LPM (382 GPM) de capacidad a una presión diferencial de 8.7 kg/cm² y acopladas a motores de 25 H.P.

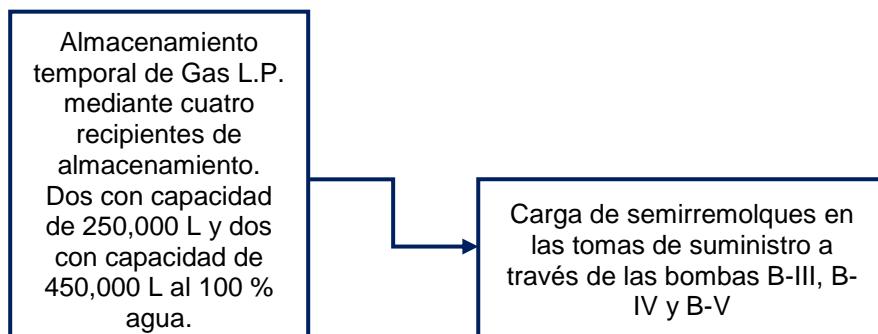


Figura V.3. Diagrama de las actividades adicionales llevadas a cabo por Nuevo Gas, S.A. de C.V.

 <i>Una Nueva Opción</i>	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01
--	---	----------------

En la instalación de Nuevo Gas, S.A. de C.V., se cuenta con las siguientes áreas operativas y equipos, en las cuales llevan a cabo operaciones de trasiego y guarda temporal de Gas L.P. siendo éstas las siguientes:

- **Recepción de carro-tanques:** en esta área se lleva a cabo la descarga de carro-tanques que transportan el GLP. La descarga se lleva a cabo por la inyección de vapor a través de los compresores C-I y C-II marca Blackmer modelo LB 601 con capacidad nominal de 1,079 LPM (285 GPM) acoplados a un motor de 30 H.P. y el C-III y C-IV marca Blackmer modelo LB 942 con capacidad nominal de 2,650 LPM (700 GPM) acoplados a un motor de 50 H.P.
- **Almacenamiento de Gas L.P.:** Consta de cuatro recipientes de almacenamiento del tipo intemperie cilíndrico-horizontal, especiales para contener gas L.P., dos recipientes con una capacidad de 250,000 litros al 100% agua cada uno y dos recipientes con una capacidad de 450,000 litros al 100% agua cada uno.
- **Suministro de Gas L.P. a autotanques:** se realiza el trasiego de GLP de los recipientes de almacenamiento a autotanques. Se dispone de un par de tomas las cuales son alimentadas por la bomba B-I y B-II marca Blackmer modelo LGL3E con una capacidad de 454 LPM (120 GPM) a una presión diferencial de 3.0 kg/cm² y acopladas a motores de 10 H.P.
- **Suministro de Gas L.P. a semirremolques:** se realiza el trasiego de GLP de los recipientes de almacenamiento los semirremolques. Se dispone de ocho tomas las cuales son alimentadas por la bomba B-III, B-IV, B-V y B-VI marca Corken modelo Z4500 con una capacidad de 1,446 LPM (382 GPM) a una presión diferencial de 8.7 kg/cm² y acopladas a motores de 25 H.P.

Asimismo, para el funcionamiento de la planta de distribución de GLP se requiere de servicios auxiliares, los cuales a continuación se describen:

- **Sistema contra incendio**, integrado por extintores manuales de PQS de 9 kg cada uno, extintores de CO₂ de 4.5 kg, un extintor de carretilla de 60 kg, accesorios de protección, sistema de alarma, manejo de agua a presión compuesto por una cisterna con capacidad de 133,328 L de agua, dos tanques-cisterna con capacidad de 25,000 litros cada uno, una bomba acoplada a un motor de combustión de 300 H.P. y gasto de 5,100 LPM y una bomba con motor eléctrico de 100 H.P. y gasto de 5,100 LPM, red distribuidora que alimenta a diez hidrantes, sistema de rociado de los recipientes de almacenamiento, mismo que el recipiente Núm. I cuenta con 44 boquillas, el recipiente Núm. II cuenta con 40 boquillas y el recipiente Núm. III y IV cada uno cuenta con 126 boquillas; las válvulas de alimentación para el sistema de enfriamiento por aspersión de agua de los recipientes transportables y una toma siamesa para bomberos.
- **Sistema neumático**, integrado por un compresor de aire y tubería de aire para instrumentos en las líneas de actuación neumática. Tubería de aire cuya función es la de transportar el aire a presión, del compresor a los activadores neumáticos.



 <i>Una Nueva Opción</i>	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH
	ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023

- **Sistema eléctrico**, integrado por la alimentación eléctrica que se obtiene de la línea de alta tensión de CFE, el control de contactos, motores, alumbrado perimetral y alumbrado interior. Además, se cuenta con un generador de energía eléctrica tipo V380SJAUSP, Núm. de serie 227, de 380 KVA, 440 (220/127) V, 1800 RPM y 60 Hz.

Distribución de Gas L.P. mediante auto-tanques y vehículos de reparto:

- **Auto-tanques**. Para realizar la distribución y venta de Gas L.P. la empresa cuenta con una flotilla de 47 auto-tanques de las siguientes capacidades:
- 4000, 5200, 5500, 5800, 5900, 11200, 12500, 12900 y 17000 litros al 100 % agua. La capacidad con mayor número de auto-tanques es de 5,200 L.

De igual manera se cuenta con espacios delimitados para el estacionamiento de vehículos, zonas de circulación en el interior de la Planta, así como oficinas administrativas, servicio de sanitarios y los respectivos accesos para la entrada y salida de la misma



 Una Nueva Opción	N U E V O G A S S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH
	ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023

NO. DE VER. 01

V.2.2. Identificación de factores de peligro y peligros potenciales.

Con base en las características y/o condiciones en la operación de la *instalación*, así como en las propiedades físicas y químicas del gas licuado de petróleo (GLP), se hallarán aquellos factores de mayor relevancia por el **riesgo** que estos implican.

- Factores de peligro.

Los peligros en una instalación dependen de varios factores, los cuales no pueden aplicarse de forma general, aún para establecimientos pertenecientes a la misma rama o sector productivo. Las características propias de las instalaciones propiedad de **Nuevo Gas, S.A. de C.V.** permiten identificar anticipadamente algunos riesgos intrínsecos a las actividades.

Para identificar los peligros de estas instalaciones se consideran los siguientes factores:

- **Características físico – químicas**
- **Propiedades químicas**

El **GLP** es un gas inflamable y se clasifica con un grado de riesgo por inflamabilidad muy alto (4) – por lo que cuenta con el potencial para formar mezclas explosivas, con el aire o el oxígeno, además de sustancias oxidantes como el cloro, flúor y óxido nitroso.

El GLP al mezclarse con el aire y oxígeno resultan explosivas al ubicarse dentro del rango de explosividad:

Límite Superior de Inflamabilidad o de Explosividad (LSE)	9.3 %
Límite Inferior de Inflamabilidad o de Explosividad (LIE)	1.8 %

En condiciones ideales de homogeneidad (zonas **A** y **B**), las mezclas de aire con menos de 1.8% y más de 9.3% de gas licuado no explotarán, aún en presencia de una fuente de ignición. Sin embargo, a nivel práctico debe desconfiarse de las mezclas cuyo contenido se acerque a la zona explosiva, donde sólo se necesita una fuente de ignición para desencadenar una explosión.



CONSULTORES ASOCIADOS EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.

PRIVADA 19 SUR 1907, COLONIA SANTIAGO, EN PUEBLA, PUEBLA. C.P. 72160. TEL: 222 281-02-89.

e - mail: a h g . c o n s u l t o r e s a m b i e n t a l e s @ g m a i l . c o m

Cap. V. 6

0 % Aire + 100 %



100 % Aire + 0 %

Punto 1 = 20 % del LIE: Valor de ajuste de las alarmas en los detectores de mezclas explosivas.

Punto 2 = 60 % del LIE: Se ejecutan acciones de paro de bombas, bloqueo de válvulas, etc., antes de llegar a la Zona Explosiva.

Asimismo, dicha mezcla se puede encender con una energía de ignición relativamente baja.

- Propiedades físicas

En fase gas – a presión atmosférica – el Gas L.P. es significativamente más pesado que el aire, lo cual implica que éste fluye hacia abajo desplazando el aire por encima de éste, acumulándose éste en espacios cerrados o que pudiesen generar un confinamiento del mismo. Y en el caso de que no existiese una ventilación adecuada, la acumulación del Gas L.P. persistiría por varias horas.

El Gas L.P. es incoloro y casi inodoro, por lo cual se le adiciona un odorizante, que en este caso es el etil-mercaptano (0.0017 – 0.0028% en peso); perteneciendo a la familia química de los hidrocarburos derivados del petróleo; básicamente su nombre químico corresponde a la mezcla propano (60%) – butano (40%).

El peso por litro del mercaptano es de 0.813 kg y su olor como se ha mencionado es tan fuerte; que solo es necesario adicionar 500 g de este en un volumen de 37,850 litros de GLP para así brindarle ese aroma tan característico – como actualmente se le reconoce – del gas, y sobre todo con el fin de que la presencia de este no pase inadvertida.

Siendo el porcentaje de la concentración del mercaptano en la mezcla de GLP tan pequeño, que este no es lo suficiente como para modificar las propiedades de la mezcla original, salvo se debe tener especial cuidado en que nunca exceda a la quinta parte del nivel inferior de combustibilidad, a su vez el mercaptano no produce alteraciones en el poder combustible del GLP.

De acuerdo a la Hoja de Datos de Seguridad de **PEMEX**, la densidad del GLP es:



 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN <small>Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016</small> ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH <small>ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023</small>	<small>NO. DE VER. 01</small>
---	---	-------------------------------

Densidad de los vapores (aire = 1) a 15.5 °C es 2.01 veces más pesado que el aire.

Densidad del líquido (agua = 1) a 15.5 °C es de 0.540 g/mL.

Su densidad como líquido se aproxima a la mitad del agua, esto significa que, si se vierte el gas sobre el agua, éste flotara sobre la superficie antes de evaporarse. El líquido respecto a su volumen tiene una proporción de 1 a 250 partes sobre el volumen del gas, y es, por lo tanto, ½ veces tan denso como el aire y no se dispersa tan fácilmente.

Además, es importante señalar que, al igual que con otras sustancias, la densidad del Gas L.P. tiene una fuerte dependencia de la temperatura, más allá de los cambios que pudieran provocar el cambio en la presión a la cual se encuentra sometido. Dependiendo de la composición del GLP, se prevé que un litro de éste en fase líquida produzca aproximadamente 260 a 350 litros en fase gas.

El GLP, no es tóxico, pero en altas concentraciones puede causar asfixia, debido a que desplaza el aire. En concentraciones muy elevadas, y cuando se ha mezclado con el aire, el vapor de GLP resulta anestésico y posteriormente asfixiante. Al diluirse o reducirse el oxígeno disponible; éste (el GLP) puede causar graves quemaduras frías a la piel debido a su rápida evaporación, occasionando, por ende, la disminución de la temperatura.

V.2.2.2. Peligros potenciales.

Con base en las actividades que se realizan en las instalaciones y en las propiedades fisicoquímicas del GLP, se tiene que los posibles riesgos son aquellos que están relacionados con los siguientes escenarios:

- ✓ Los vapores de los gases licuados, son inicialmente más pesados que el aire y pueden formar mezclas inflamables. La nube inflamable puede arder y originar explosiones no confinadas (UVCE).
- ✓ Un recipiente que contenga gases licuados y que sea expuesto al fuego directo por más de 10 minutos puede explotar, por la expansión de los vapores del líquido en ebullición (BLEVE), y proyectar los fragmentos a grandes distancias.

En ambos casos, la radiación térmica y la onda de sobrepresión resultante, tienen efectos muy destructivos. Por lo que el Análisis de Consecuencias estará enfocado en los daños causados por los efectos del FUEGO (Inflamabilidad) y de una EXPLOSIÓN (sobrepresión).

- **Explosión.**

Una explosión de GLP se puede presentar por lo siguiente:

- Por fuga y/o escape súbito e ignición inmediata.
- Por la formación de una nube explosiva.
- Por la generación de una BLEVE (*boiling liquid expanding vapour explosion*). Es decir, una explosión del tanque de almacenamiento por sobrecalentamiento y/o un accidente de proporciones mayores.



CONSULTORES ASOCIADOS EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.

PRIVADA 19 SUR 1907, COLONIA SANTIAGO, EN PUEBLA, PUEBLA. C.P. 72160. TEL: 222 281-02-89.

e - mail: a h g . c o n s u l t o r e s a m b i e n t a l e s @ g m a i l . c o m

Cap. V. 8

 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01
---	---	----------------

Una nube explosiva o nube de vapor no confinada se forma por la acumulación de GLP proveniente de una instalación en la cual existe una fuga en una determinada área, que al entrar en contacto con el aire, se mezcla formando la *UVCE (unconfined vapour cloud explosion)*, la cual bajo condiciones adecuadas (dentro de los límites inferior y superior de inflamabilidad) y si encuentra una fuente de ignición la nube detona, liberando una gran cantidad de energía en forma de calor y como ondas de sobrepresión.

Las causas para la formación de una nube explosiva, en el **sistema de trasiego** de la planta son las siguientes:

- ✓ Acoplamiento deficiente entre el medio de transporte de GLP (carro-tanques) y las líneas de recepción que van hacia los recipientes de almacenamiento.
- ✓ Por fuga y/o escape súbito de las líneas de distribución del *sistema de trasiego*, ya sea por falta de mantenimiento o falla de los equipos, accesorios, instrumentos o válvulas instaladas.
- ✓ Fuga en los aditamentos de los recipientes de almacenamiento (coples para la instalación de instrumentos de medición del nivel, por ejemplo).
- ✓ Fuga en la o las válvulas por mal funcionamiento o deterioro de estas.
- ✓ Ruptura de la tubería del *sistema de trasiego* por colisión.

Por otro lado, el fenómeno de BLEVE se genera cuando un recipiente que contiene un gas o líquido – en este caso GLP – a alta presión, si se sobrecalienta éste y origina que la sustancia se evapore o se expanda causando una sobrepresión interna, la cual puede ocasionar la ruptura violenta del mismo, liberando una gran cantidad de energía en forma de calor y sobrepresión. Este tipo de eventualidad es un caso especial de estallido de un recipiente sujeto a presión, en el que ocurre un escape tan repentino a la atmósfera del gas sobreacalentado.

La característica principal de la BLEVE es la expansión explosiva de toda la masa de líquido evaporada súbitamente, aumentando su volumen hasta 200 veces más; la causa de este accidente normalmente es debida a un incendio externo que envuelve al recipiente, debilitando sus paredes y produciendo a su vez una fisura o la ruptura del mismo.

Aunque es muy difícil que se presente este fenómeno son las siguientes:

- Sobrecalentamiento del tanque de almacenamiento.
- Incendio de origen externo que afecte a las instalaciones y en particular al recipiente de almacenamiento.
- No tomar las precauciones adecuadas al efectuar algún mantenimiento.

Es importante considerar que debido al cambio masivo de fase (de líquido a vapor), provoca la explosión del depósito puesto que se supera la resistencia mecánica del mismo; cuyas consecuencias son devastadoras puesto que se genera una onda de sobrepresión, la cual se acompaña de la proyección de las partes que integran el tanque, asimismo si el líquido contenido es inflamable, se produce la ignición dando origen a la bola de fuego que se expandiría a medida que arde la masa de vapor.



 Una Nueva Opción	N U E V O G A S S. A. D E C. V. DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01
---	--	----------------

- **Incendio.**

Los incendios son otro tipo de accidentes que se puede llegar a suscitar, y que están asociados al manejo de una sustancia con propiedades inflamables como lo es el GLP; pudiendo desatarse los siguientes eventos, derivado la fuga o derrame de éste.

- *Incendio tipo dardo de fuego.*

Este tipo de accidente, está relacionado tanto en las tuberías del sistema de trasiego como en los depósitos para el almacenamiento temporal de GLP (recipientes de almacenamiento), en donde se genera la aparición de una pequeña fisura en las paredes, cuya consecuencia es la descarga del contenido formando un chorro a presión.

Si la fuga entrase en contacto con una fuente de ignición, el resultado será la formación de un incendio en forma de *chorro*, o conocido también como dardo de fuego o *Jet Fire*. Los efectos más nocivos y esperados, serían los derivados por la radiación térmica en el entorno del dardo.

- *Bola de fuego.*

Este tipo de accidente, es el resultado de la mezcla de vapor con aire (particularmente con el oxígeno disponible en éste), y al entrar está mezcla en contacto con una fuente de ignición. La bola de fuego se caracteriza por la formación de dos zonas, la primera de ellas es interna y está constituida en su totalidad por combustible, mientras que la segunda zona es el producto de la mezcla del vapor con aire; que es donde ocurre la ignición.

Básicamente es la inflamación inmediata no diferida de una nube de gas (vapor) que se ha situado rápidamente en un espacio abierto, y como la capacidad de flotación se incrementa por el calor contenido en el gas, la nube incendiada tiende a elevarse, extenderse y tomar la forma esférica tan característica, que le otorga dicho nombre.

- *Llamarada o incendio de una nube inflamable.*

Proveniente de la presencia de un material inflamable en la atmósfera, se produce cuando dentro de los límites de inflamabilidad del material se encuentra un punto de ignición provocando el encendido (combustión) de dicho material. El incendio provocado tiene una duración muy corta. Se conoce que, dentro de las distancias determinadas por los límites de inflamabilidad, supone un 100 % de letalidad debido al contacto directo con las llamas. Al estar en función de las condiciones del entorno puede llegar a inflamarse en zonas donde se encuentren los valores de interés, de manera que la distancia desde el punto de escape hasta otro que llegue al 50% del LII será considerada como criterio para la máxima distancia de letalidad.



 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01
---	---	----------------

V.2.3. Selección de una metodología de análisis preliminar de peligros.

Para una adecuada selección de una metodología se consideración varios factores que afectan la selección de una técnica adecuada de evaluación de peligros, que responda a los objetivos propuestos por la empresa **Nuevo Gas, S.A. de C.V.** y que por consecuencia dé lugar a un análisis exitoso, considerando que la instalación se encuentra en etapa de operación y mantenimiento.

Para el resultado del presente estudio se determinará si las medidas de protección instaladas son adecuadas para la adecuada administración de riesgos a un nivel tolerable o a un nivel ALARP. La administración de riesgos se realizará a través de la implementación del Sistema de Administración de Riesgos para dar cumplimiento a lo establecido en las *Disposiciones Administrativas de Carácter General que Establecen los Lineamientos para la Conformación, Implementación y Autorización de los Sistemas de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente aplicables a las actividades de distribución de Gas Licuado de Petróleo*.

En resumen, debido a la necesidad de cumplimiento con el Art. 147 de la LGEEPA y de conformidad con los requisitos de la Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos respecto a que la metodología a utilizar, a fin de determinar si las medidas de protección instaladas son adecuadas para la apropiada administración de riesgos a un nivel tolerable o a un nivel ALARP deberá:

- Identificar las sustancias peligrosas.
- Condiciones y posibles peligros.
- Salvaguardas, medidas de seguridad y protecciones.
- Evaluar amenazas y/o formas en que los peligros puedan salirse control (posibles escenarios o accidentes).

Considerando además los aspectos que tengan una interacción con la planta como:

- Aspectos operacionales (actividades rutinarias y no rutinarias).
- Errores humanos.
- Fallas de sistemas.
- Desviaciones a las condiciones normales/máximas/mínimas de diseño.
- Actividades de arranque, paro normal y paro de emergencia.
- Falla o interrupción de servicios.
- Tipos de materiales de construcción.
- Fenómenos de corrosión.
- Fenómenos de tipo geológico.
- Fenómenos de tipo hidrometeorológico.
- Fenómenos sanitarios.
- Fenómenos socio-organizativos.
- Siniestros externos de incidencia directa o indirecta.

Con base a lo descrito anteriormente y de acuerdo con la información recopilada de las actividades propias de la planta, así como las áreas operativas, se llevará acabo la



 <i>Una Nueva Opción</i>	N U E V O G A S S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01
--	--	-----------------------

aplicación de la Metodología PHA (Preliminary Hazard Analysis) para la identificación de peligros en las instalaciones de Nuevo Gas, S.A. de C.V.

El análisis PHA es un análisis semicuantitativo, el cual está conformado por los siguientes criterios:

- ✓ Identificación de los peligros potenciales,
- ✓ Determinar las posibles consecuencias de los peligros,
- ✓ Identificar las salvaguardas y/o controles que existen para proporcionar prevención, control o mitigación de peligros,
- ✓ Proponer recomendaciones, según sea necesario, para eliminar, prevenir, controlar o mitigar peligros,
- ✓ Proporcionar información temprana sobre seguridad y riesgos en el diseño y los requisitos de gestión de la seguridad para una actividad, y
- ✓ Proporcionar una base clara para la detección de accidentes graves como parte de una evaluación de seguridad formal posterior.

De esta metodología se extraerá información la cual será la base para el análisis posterior de riesgos el cual se realizará con el método **What if...?** para identificar las variaciones de los parámetros de control y con ello los posibles riesgos que deriven del funcionamiento de las instalaciones y eliminarlos.

Para efectos del desarrollo de la presente metodología la instalación se analizarán las diferentes áreas de las instalaciones (recepción de carro-tanques, almacenamiento de Gas L.P., suministro de Gas L.P. a auto-tanques y semirremolques), así como los servicios auxiliares (sistema contra incendio, instalaciones eléctricas y sistema neumático), además de la Distribución del Gas L.P. mediante auto-tanques.

Asimismo, se identificarán las causas y consecuencias las cuales se evaluarán mediante la matriz proveída por *Germanisher Lloyd – Service Product description (Safety and risk management services)* la cual se muestra a continuación:



 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V .	
	DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN	Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH	ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023

Tabla V.1. Consecuencias.

Valor	Descripción	Definición
1	Insignificante	Lesiones insignificantes/ enfermedad. Daño insignificante. Impacto insignificante.
2	Menor	Lesiones menores/ enfermedad. Daño menor. Impacto menor.
3	Significante	Lesiones mayores/ enfermedad. Daño medio. Impacto localmente limitado.
4	Severo	De 1 a 3 muertes. Daño mayor. Impacto mayor.
5	Catastrófico	Varias muertes. Pérdida total. Impacto masivo.

Tabla V.2. Probabilidades.

Valor	Descripción	Definición
1	Altamente improbable	No se sabe de ningún suceso en la industria/ el suceso parece poco probable.
2	Improbable	Ha ocurrido en la industria.
3	Posible	Ha ocurrido con alguna compañía.
4	Probable	Ha ocurrido con la compañía operadora.
5	Frecuente	Ocurre dentro de la empresa operadora varias veces al año.

Tabla V.3. Matriz de riesgo.

Consecuencias	Probabilidad				
	Altamente improbable 1	Improbable 2	Posible 3	Probable 4	Frecuente 5
Insignificante 1	1	2	3	4	5
Menor 2	2	4	6	8	10
Significante 3	3	6	9	12	15
Severo 4	4	8	12	16	20
Catastrófico 5	5	10	15	20	25

15-25	Riesgo Alto. Las operaciones no deben continuar. Se deben desarrollar métodos alternativos para la reducción de riesgos.
8-12	Riesgo Medio. Pueden ser necesarias algunas consideraciones. Recomendación de aplicación de medidas de reducción de riesgos y/o planes de contingencias.
1-6	Riesgo Bajo. Las operaciones pueden continuar sin mayores controles. Considerar relaciones costo beneficios que se puedan alcanzar.

Los resultados del análisis preliminar de peligros se resumen en una descripción cualitativa de los peligros relacionados a los procedimientos en las instalaciones de la Planta de



 <i>Una Nueva Opción</i>	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016	
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH	
	ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01

Distribución de Gas L.P., además de la clasificación de situaciones peligrosas con las posibles medidas para evitar que las situaciones peligrosas en la etapa de operación y mantenimiento catalogando el peligro de acuerdo a la importancia de las causas y efectos del incidente. A continuación, se integra el desarrollo del análisis de identificación de peligros mediante la metodología PHA.



CONSULTORES ASOCIADOS EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.
 PRIVADA 19 SUR 1907, COLONIA SANTIAGO, EN PUEBLA, PUEBLA. C.P. 72160. TEL: 222 281-02-89.
 e - mail: a h g . c o n s u l t o r e s a m b i e n t a l e s @ g m a i l . c o m

Sustancia	Gas Licuado de Petróleo	Equipo multidisciplinario	I.Q. Yazmin Calzeta López I.Q. José Morales Ku I.Q. Ariadna Vázquez Cabrera	Revisión			01	
				Código	Fecha	PHA/NG-052023	Mayo 2023	
Área / Sistema	Recepción de carro-tanques.	Referencia documental	Memorias técnico descriptivas, planos, descripción del procedimiento, lista de equipos					
Peligro	Causa	Consecuencia y/o efecto	Medidas de control / Salvaguardas			Nivel de riesgo	Recomendaciones	
			F	C	R			
Movimiento de la unidad.	Deficiencia en procedimiento de descarga de carro-tanques.		Procedimientos y controles operativos.				Capacitación al personal en los procedimientos y controles operativos.	
Mangueras de neopreno vencidas o en mal estado	Falla en acoplamiento de mangueras. Error humano.	Fuga, explosión y/o llamarada.	Mantenimiento preventivo y correctivo. Diez hidrantes con capacidad de 350 L.P.M. cada uno.	3	3	9	Verificar que las mangueras no presenten grietas o daños que dejen al descubierto su malla interna, asimismo, la manguera para Gas L.P., debe presentar una antigüedad menor a siete años contados a partir de su fecha de fabricación.	
Posibles fugas de Gas L.P.	Falta de mantenimiento. Deficiencia en el procedimiento de descarga de carro-tanques.	Fuga de Gas L.P., quemaduras e incendio.	Procedimientos y controles operativos. Mantenimiento preventivo y correctivo. Se cuenta con nueve extintores de PQS de 9 kg cada uno y diez hidrantes con capacidad de 350 L.P.M. cada uno.	3	3	9	Capacitación al personal en procedimientos de emergencia. Registro de la vida útil de todos los elementos involucrados en el trasiego. Pruebas periódicas de hermeticidad en el sistema de trasiego.	
Posibles fugas de Gas L.P.	Falla en el acoplamiento de bridás en las tuberías de descarga. Error humano.	Fuga, explosión y/o llamarada.	Procedimientos y controles operativos. Mantenimiento preventivo y correctivo. Se cuenta con nueve extintores de PQS de 9 kg cada uno y diez hidrantes con capacidad de 350 L.P.M. cada uno.	1	2	2	Capacitación al personal. Pruebas periódicas de hermeticidad en el sistema de trasiego.	
Fuga de aceite del carter o por el cabezal del cuerpo del compresor.	Falta de mantenimiento.	Fuga de Gas L.P. o aceite	-----	3	3	9	Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo a los compresores de trasiego de Gas L.P.	
Apertura de la válvula de seguridad de la vena del compresor.								
Válvulas del carro-tanque.	Deficiencia en la inspección de las unidades. Falta de mantenimiento.	Incendio y quemaduras	Procedimientos y controles operativos. Mantenimiento preventivo y correctivo. Se cuenta con nueve extintores de PQS de 9 kg cada uno y diez hidrantes con capacidad de 350 L.P.M. cada uno.	4	2	8	Inspección a los carro-tanques que ingresan en la instalación.	

Sustancia	Gas Licuado de Petróleo	Equipo multidisciplinario	I.Q. Yazmin Calzeta López I.Q. José Morales Ku I.Q. Ariadna Vázquez Cabrera	Revisión	01
				Código	PHA/NG-052023
Área / Sistema	Almacenamiento de Gas L.P.	Referencia documental	Memorias técnico descriptivas, planos, descripción del procedimiento, lista de equipos		Fecha Mayo 2023
Peligro	Causa	Consecuencia y/o efecto	Medidas de control / Salvaguardas	Nivel de riesgo	Recomendaciones
				F C R	
Sobrepresión sobrellenado.	/ Falla en el rotogage, manómetro y termómetro. Error humano.	Errores en la lectura de los instrumentos, posible sobrellenado del tanque de almacenamiento.	El recipiente de almacenamiento Núm. I y II cuentan con dos mecanismos multiport bridada marca Rego modelo A8574G de 101 mm (4") de diámetro con cuatro válvulas de seguridad marca Rego modelo A3149MG de 63.5 mm (2 1/4") de diámetro con capacidad de 262 m ³ /min (9313.15 ft ³ /min) cada una. Mientras que el recipiente de almacenamiento Núm. III y IV cuentan con tres mecanismos multiport bridada marca Rego modelo A8574G de 101 mm (4") de diámetro con cuatro válvulas de seguridad marca Rego modelo A3149MG de 63.5 mm (2 1/4") de diámetro con capacidad de 262 m ³ /min (9313.15 ft ³ /min) cada una. Estas válvulas cuentan con puntos de ruptura. Las válvulas de seguridad instaladas cuentan con tubos de descarga de acero cédula 40 de 76 mm (3") de diámetro y de 2.0 m de altura. Además, se cuenta con diez hidrantes con capacidad de 350 LPM cada uno, alarmas audibles y visibles, paro de emergencia, procedimientos y brigadas de emergencia.	3 3 9	Capacitación al personal en procedimientos de emergencia.
Pérdida de la integridad mecánica del recipiente dando lugar a la liberación instantánea de GLP. Impacto mecánico del recipiente de almacenamiento.	Impacto por BLEVE de un recipiente para transporte.	Falla de integridad de los recipientes de almacenamiento. Fuga masiva de Gas L.P. y explosión. BLEVE del recipiente de almacenamiento.	Se cuenta con diez hidrantes con un gasto de 350 LPM cada uno, los cuales cubren perfectamente todas las áreas de la Planta. Además, se cuenta con alarma audible y visible, botones de paro de emergencia y, procedimientos y brigadas de emergencia.	4 5 20	Capacitación al personal en procedimientos de emergencia. Mantener vigentes los dictámenes de conformidad con la NOM-013-SEDG-2002, "Evaluación de espesores mediante medición ultrasónica usando el método de pulso-eco, para la verificación de recipientes tipo no portátil para contener Gas L.P., en uso".
Mala instalación, desconocimiento de especificaciones ASME, falla en el cálculo de desfogue de la tubería, válvulas vencidas o de mala calidad.	Falta de mantenimiento. Válvulas fuera de especificación.	Fuga de Gas L.P. con posible formación de nube inflamable. Exposición del personal. Quemaduras en frío.	Se cuenta con tres hidrantes con capacidad de 350 LPM cada uno, alarmas audibles y visibles, paro de emergencia, procedimientos y brigadas de emergencia.	3 3 9	Registro de la vida útil de todos los elementos involucrados en el almacenamiento de GLP.

Sustancia	Gas Licuado de Petróleo	Equipo multidisciplinario	I.Q. Yazmin Calzeta López I.Q. José Morales Ku I.Q. Ariadna Vázquez Cabrera	Revisión Código Fecha	01 PHA/NG-052023 Mayo 2023
Área / Sistema	Almacenamiento de Gas L.P.	Referencia documental	Memorias técnico descriptivas, planos, descripción del procedimiento, lista de equipos		
Peligro	Causa	Consecuencia y/o efecto	Medidas de control / Salvaguardas	Nivel de riesgo	Recomendaciones
				F C R	
Aumento súbito de la presión y temperatura del Gas L.P. y no existiera apertura de las válvulas.	Fuego cercano. Fuera de especificación.	Fugas de Gas L.P.,	<p>El recipiente de almacenamiento Núm. I y II cuentan con dos mecanismos multiport bridada marca Rego modelo A8574G de 101 mm (4") de diámetro con cuatro válvulas de seguridad marca Rego modelo A3149MG de 63.5 mm (2 1/4") de diámetro con capacidad de 262 m³/min (9313.15 ft³/min) cada una. Mientras que el recipiente de almacenamiento Núm. III y IV cuentan con tres mecanismos multiport bridada marca Rego modelo A8574G de 101 mm (4") de diámetro con cuatro válvulas de seguridad marca Rego modelo A3149MG de 63.5 mm (2 1/4") de diámetro con capacidad de 262 m³/min (9313.15 ft³/min) cada una.</p> <p>Estas válvulas cuentan con puntos de ruptura. Las válvulas de seguridad instaladas cuentan con tubos de descarga de acero cédula 40 de 76 mm (3") de diámetro y de 2.0 m de altura.</p> <p>Además, se cuenta con diez hidrantes con capacidad de 350 LPM cada uno, alarmas audibles y visibles, paro de emergencia, procedimientos y brigadas de emergencia.</p>	4 3 12	<p>Capacitación al personal en procedimientos de emergencia.</p> <p>Registro de la vida útil de todos los elementos involucrados en el almacenamiento de GLP.</p>
Válvulas de exceso de flujo vencidas	Falta de mantenimiento y supervisión	Fuga de gas L.P.	Se cuenta con diez hidrantes con capacidad de 350 LPM cada uno, alarmas audibles y visibles, paro de emergencia, procedimientos y brigadas de emergencia.	4 3 12	Registro de la vida útil de todos los elementos involucrados en el almacenamiento de GLP.
Falla de hermeticidad del recipiente de almacenamiento.	Posibles abolladuras o cavidades en el cuerpo del tanque de almacenamiento. Posible existencia de corrosión Falta de mantenimiento.	Ruptura súbita del tanque, formación de nube inflamable, lo que podría llevar a la formación de una BLEVE.	<p>Se cuenta con diez hidrantes con un gasto de 350 LPM cada uno, los cuales cubren perfectamente todas las áreas de la Planta.</p> <p>Además, se cuenta con alarma audible y visible, botones de paro de emergencia y, procedimientos y brigadas de emergencia.</p>	5 5 25	<p>Mantener vigentes los dictámenes de conformidad con la NOM-013-SEDG-2002, "Evaluación de espesores mediante medición ultrasónica usando el método de pulso-eco, para la verificación de recipientes tipo no portátil para contener Gas L.P., en uso".</p> <p>Realizar el mantenimiento preventivo y/o correctivo del recubrimiento anticorrosivo.</p>

Sustancia	Gas Licuado de Petróleo		Equipo multidisciplinario	I.Q. Yazmin Calzeta López I.Q. José Morales Ku I.Q. Ariadna Vázquez Cabrera	Revisión	01	
Área / Sistema	Suministro de Gas L.P. a auto tanques.		Referencia documental	Memorias técnico descriptivas, planos, descripción del procedimiento, lista de equipos			
Peligro	Causa	Consecuencia y/o efecto	Medidas de control / Salvaguardas	Nivel de riesgo			Recomendaciones
				F	C	R	
Possible fuga de Gas L.P. en los accesorios de trasiego de Gas L.P.	Falla en la hermeticidad de las conexiones. Deficiencia de los procedimientos. Error humano	Fuga, dardo de fuego, explosión y/o llamarada.	Se cuenta con dos extintores de PQS con capacidad de 9 kg cada uno, en las tomas de suministro. Se cuenta con diez hidrantes con un gasto de 350 LPM cada uno, los cuales cubren perfectamente todas las áreas de la Planta. Además, se cuenta con alarma audible y visible, botones de paro de emergencia y, procedimientos y brigadas de emergencia.	3	2	6	Llevar a cabo los procedimientos seguros de carga de auto-tanques. Capacitación al personal.
Falla del actuador de las válvulas neumáticas	Error humano Omisión de procedimientos	Fuga y posible incendio	Procedimientos y controles operativos	3	3	9	Registro de la vida útil de todos los elementos involucrados en el trasiego.
Cavitación de la bomba, falla en las válvulas de retorno de gas-líquido. Apertura de la válvula hidrostática de la línea de gas-líquido.	Equipo fuera de especificación Falta de mantenimiento	Fuga, dardo de fuego, explosión y/o llamarada.	En la descarga de cada bomba de trasiego de Gas L.P. se cuenta con un control automático para retorno del excedente de gas-líquido a los recipientes de almacenamiento, estos controles consisten en una válvula automática marca Blackmer modelo 2.0 A la que actúa por presión diferencial y se encuentra calibrada con una presión de apertura de 3 kg/cm ² (43 Lb/in ²). Cada bomba cuenta con un extintor de polvo químico seco, tipo ABC con capacidad de 9 kg cada uno.	3	3	9	Registro de la vida útil de todos los elementos involucrados en el trasiego.
Auto-tanque	Deficiencia en el procedimiento de frenado de los auto-tanques. No se colocan las calzas a las ruedas del vehículo.	Fuga, dardo de fuego, explosión y/o llamarada.	Procedimientos y controles operativos. Se cuenta con diez hidrantes con un gasto de 350 LPM cada uno, los cuales cubren perfectamente todas las áreas de la Planta.	3	3	9	Llevar a cabo los procedimientos seguros de carga de auto-tanques. Capacitación al personal en procedimientos y controles operativos.
Mangueras de neopreno vencidas o en mal estado.	Falta de mantenimiento y supervisión	Fuga, explosión.	Mantenimiento preventivo y correctivo	4	2	8	Registro de la vida útil de todos los elementos involucrados en el trasiego.

Sustancia	Gas Licuado de Petróleo		Equipo multidisciplinario	I.Q. Yazmin Calzeta López I.Q. José Morales Ku I.Q. Ariadna Vázquez Cabrera	Revisión Código Fecha	01 PHA/NG-052023 Mayo 2023	
Área / Sistema	Suministro de Gas L.P. a semirremolques.		Referencia documental	Memorias técnico descriptivas, planos, descripción del procedimiento, lista de equipos			
Peligro	Causa	Consecuencia y/o efecto	Medidas de control / Salvaguardas	Nivel de riesgo			Recomendaciones
				F	C	R	
Posible fuga de Gas L.P. en los accesorios de trasiego de Gas L.P.	Falla en la hermeticidad de las conexiones. Deficiencia de los procedimientos. Error humano	Fuga, dardo de fuego, explosión y/o llamarada.	Se cuenta con cuatro extintores de PQS con capacidad de 9 kg cada uno, en las tomas de suministro. Se cuenta con diez hidrantes con un gasto de 350 LPM cada uno, los cuales cubren perfectamente todas las áreas de la Planta. Además, se cuenta con alarma audible y visible, botones de paro de emergencia y, procedimientos y brigadas de emergencia.	3	2	6	Llevar a cabo los procedimientos seguros de carga de semirremolques. Capacitación al personal.
Cavitación de la bomba, falla en las válvulas de retorno de gas-líquido. Apertura de la válvula hidrostática de la línea de gas-líquido.	Equipo fuera de especificación Falta de mantenimiento	Fuga, dardo de fuego, explosión y/o llamarada.	En la descarga de cada bomba de trasiego de Gas L.P. se cuenta con un control automático para retorno del excedente de gas-líquido a los recipientes de almacenamiento, estos controles consisten en una válvula automática marca Blackmer modelo 2.0 A la que actúa por presión diferencial y se encuentra calibrada con una presión de apertura de 5 kg/cm ² (71 Lb/in ²). Cada bomba cuenta con un extintor de polvo químico seco, tipo ABC con capacidad de 9 kg cada uno.	3	3	9	Registro de la vida útil de todos los elementos involucrados en el trasiego.
Semirremolques.	Deficiencia en el procedimiento de frenado. No se colocan las calzas a las ruedas del vehículo.	Fuga, dardo de fuego, explosión y/o llamarada.	Procedimientos y controles operativos. Se cuenta con diez hidrantes con un gasto de 350 LPM cada uno, los cuales cubren perfectamente todas las áreas de la Planta.	3	3	9	Llevar a cabo los procedimientos seguros de carga de semirremolques. Capacitación al personal en procedimientos y controles operativos.
Mangueras de neopreno vencidas o en mal estado.	Falta de mantenimiento y supervisión	Fuga, explosión.	Mantenimiento preventivo y correctivo	4	2	8	Registro de la vida útil de todos los elementos involucrados en el trasiego.
Aumento súbito de la presión y temperatura del Gas L.P.	Fuego cercano. Fuera de especificación.	Fugas de Gas L.P.,	Cada semirremolque cuenta con dos válvulas de seguridad con tapa protectora contra lluvia y cuatro válvulas de máximo llenado. Además, se cuenta con diez hidrantes con capacidad de 350 LPM cada uno, alarmas audibles y visibles, paro de emergencia, procedimientos y brigadas de emergencia.	5	5	25	Capacitación al personal en procedimientos de emergencia.

Sustancia	NA	Equipo multidisciplinario	I.Q. Yazmin Calzeta López I.Q. José Morales Ku I.Q. Ariadna Vázquez Cabrera	Revisión			01
				Código	PHA/NG-052023	Fecha	Mayo 2023
Área / Sistema	Servicios auxiliares (sistema contra incendio).		Referencia documental	Memorias técnico descriptivas, planos, descripción del procedimiento, lista de equipos			
Peligro	Causa	Consecuencia y/o efecto	Medidas de control / Salvaguardas	Nivel de riesgo			Recomendaciones
				F	C	R	
Fallo en la automatización del equipo contra incendio.	Falta de mantenimiento/ pruebas del sistema contra incendio.	Un recurso menos para la atención en caso de incendio	Se cuenta con una bomba marca Allis-Chalmers modelo 82 correspondiente a 8" de succión y de 6" de descarga con motor eléctrico de 100.0 H.P. y una capacidad 5,100 L.P.M. contra 7 kg/cm ² a 3565 R.P.M. y una bomba marca WDM modelo GE-4C-1000 correspondiente a 8" de succión y de 6" de descarga con motor de combustión interna de 300.0 H.P. y una capacidad de 5,100 L.P.M. contra 7 kg/cm ² a 3450 R.P.M.	3	2	6	Llevar a cabo el programa de inspección semanal del sistema contra incendio.
Obstrucción de los aspersores del sistema de enfriamiento del recipiente de almacenamiento.	Falta de mantenimiento. Falta de pruebas al sistema.	No enfriaría una parte del cuerpo o de los cabezales del recipiente. Posible incendio o explosión.	Se cuenta con diez hidrantes con un gasto de 350 LPM cada uno, los cuales cubren perfectamente todas las áreas de la Planta.	3	2	6	Llevar a cabo el programa de inspección semanal del sistema contra incendio.
Fallos en el encendido por diversas causas, falta de combustible, aceite, etc.	Error humano. Falta de mantenimiento.	Explosión	Mantenimiento preventivo y correctivo. Capacitación del personal.	3	1	3	Llevar a cabo el programa de inspección semanal del sistema contra incendio.
Oxidación y corrosión de gabinetes, falta de chiflón, etc.	Falta de mantenimiento.	Explosión	Se cuenta con extintores manuales de PQS de 9 kg cada uno, extintores de CO ₂ de 4.5 kg y un extintor de carretilla de 60 kg.	2	1	2	Llevar a cabo el programa de inspección semanal del sistema contra incendio.
Hermeticidad de red hidráulica contra incendio	Falta de pruebas a la red de tuberías.	Probabilidad de que la situación escale o se torne más insegura.	Mantenimiento preventivo y correctivo.	3	1	3	Llevar a cabo el programa de inspección semanal del sistema contra incendio.
Las boquillas de los extintores se encuentran rotas.	Falta de supervisión y reemplazo.	El agente extintor no se podrá expandir	Se cuenta con diez hidrantes con un gasto de 350 LPM cada uno, los cuales cubren perfectamente todas las áreas de la Planta.	3	1	3	Llevar a cabo el programa de inspección semanal del sistema contra incendio.

Sustancia	NA	Equipo multidisciplinario	I.Q. Yazmin Calzeta López I.Q. José Morales Ku I.Q. Ariadna Vázquez Cabrera	Revisión			01
				Código	PHA/NG-052023	Fecha	Mayo 2023
Área / Sistema	Servicios auxiliares (instalaciones eléctricas).		Referencia documental	Memorias técnico descriptivas, planos, descripción del procedimiento, lista de equipos			
Peligro	Causa	Consecuencia y/o efecto	Medidas de control / Salvaguardas	Nivel de riesgo			Recomendaciones
				F	C	R	
Descompostura del aislante del transformador	Caída de rayo.	Desencadenar un corto circuito.	-----	2	2	4	Realizar procedimientos de mantenimiento seguro a las instalaciones eléctricas conforme a lo establecido en la NOM-029-STPS-2011.
Descarga parcial en el transformador.	Sobretensión.	Daño en el aislante del equipo.	-----	2	2	4	Realizar un plan de atención a emergencias que contemple las acciones a realizar en caso de eventos que impliquen equipos eléctricos.
No existe una adecuada conexión a tierra.	Falta de mantenimiento y de medición de la resistencia de la puesta a tierra.	Falta de control en la generación de electricidad estática.	-----	3	3	9	

 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023				
	NO. DE VER. 01				
	NA	Equipo multidisciplinario	I.Q. Yazmin Calzeta López I.Q. José Morales Ku I.Q. Ariadna Vázquez Cabrera	Revisión 01 Código PHA/NG-052023 Fecha Mayo 2023	
	Área / Sistema Servicios auxiliares (sistema neumático). Referencia documental Memorias técnico descriptivas, planos, descripción del procedimiento, lista de equipos				

Peligro	Causa	Consecuencia y/o efecto	Medidas de control / Salvaguardas	Nivel de riesgo			Recomendaciones
				F	C	R	
Insuficiente presión de aire para la apertura o cierre de las válvulas.	Fugas en la línea	No se podría activar el cierre o apertura de las válvulas neumáticas	Válvulas manuales de tipo globo recta	2	2	4	Realizar pruebas periódicas al sistema neumático.
Diaphragma dañado de las válvulas.	Falta de mantenimiento	No se podría activar el cierre o apertura de las válvulas neumáticas.	Válvulas manuales de tipo globo recta	2	2	4	Realizar pruebas periódicas al sistema neumático.
Falta de aceite en el cárter. Tornillos de cabezal o motor flojos.	Falta de mantenimiento	Daños en el motor	-----	2	2	4	Realizar pruebas periódicas al sistema neumático.
Polea y volante desalineados. Cigüeñal del compresor doblado.							
Falta de recubrimiento adecuado que retarde la corrosión.	Falta de mantenimiento	Fuga de aire en las líneas. No se podría activar el cierre o apertura de las válvulas neumáticas.	Válvulas manuales de tipo globo recta.	2	2	4	Realizar pruebas periódicas al sistema neumático. Realizar el mantenimiento preventivo y/o correctivo del recubrimiento anticorrosivo.



 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023				
	NO. DE VER. 01				
	Revisión Código Fecha				01 PHA/NG-052023 Mayo 2023
	Memorias técnico descriptivas, planos, descripción del procedimiento, lista de equipos				

Sustancia	Gas Licuado de Petróleo		Equipo multidisciplinario	I.Q. Yazmin Calzeta López I.Q. José Morales Ku I.Q. Ariadna Vázquez Cabrera	Revisión		
	Área / Sistema	Referencia documental			Código	Fecha	
Distribución de Gas L.P. mediante auto-tanques.				Memorias técnico descriptivas, planos, descripción del procedimiento, lista de equipos			
Peligro	Causa	Consecuencia y/o efecto	Medidas de control / Salvaguardas	Nivel de riesgo			Recomendaciones
Falla en la válvula de cierre.	Error humano. Omisión de procedimientos.	Incendio y posible explosión.	Procedimientos y controles operativos. Mantenimiento preventivo y correctivo.	3	3	9	El operador debe de llevar a cabo la operación de trasiego en apego a los procedimientos operativos y de seguridad establecidos.
Falla en mangueras de suministro del auto-tanque.							
Accidente con volcadura de la unidad.							
Desprendimiento de las mangueras de suministro del auto-tanque.	Omisión de procedimientos	Incendio y explosión.	Cada autotanque cuenta con un extintor de 9 kg.	4	3	12	El operador debe de llevar a cabo la operación de trasiego en apego a los procedimientos operativos y de seguridad establecidos.
Fuga a través del sello mecánico de la bomba del auto-tanque	Cavitación, operación de la bomba en seco Omisión de procedimientos	Incendio y explosión.	Cada autotanque cuenta con un extintor de 9 kg.	5	4	20	Mantener vigentes los dictámenes de conformidad con la norma PROY-NOM-002-ASEA-2019, Transporte y distribución de gas licuado de petróleo por medio de tractocamión-semirremolque, auto-tanque y vehículo de reparto. Registro de la vida útil de todos los elementos involucrados en el trasiego.



- Resultado del análisis preliminar de peligros (PHA).

Como resultado de la aplicación de la metodología PHA, se analizaron distintas áreas operativas y servicios auxiliares de la instalación de la Planta de Distribución de Gas L.P. propiedad de Nuevo Gas, S.A. de C.V., donde se han identificado los instrumentos y equipos de los cuales pudiera conllevar algún tipo de riesgo indeseable, como consecuencia de una fuga debido a una ruptura o mal acoplamiento de mangueras, fallo de equipos de trasiego y mal funcionamiento, por lo cual en el posterior análisis deberán de cuantificarse cada uno de los escenarios de acuerdo a criterios más específicos de impacto.

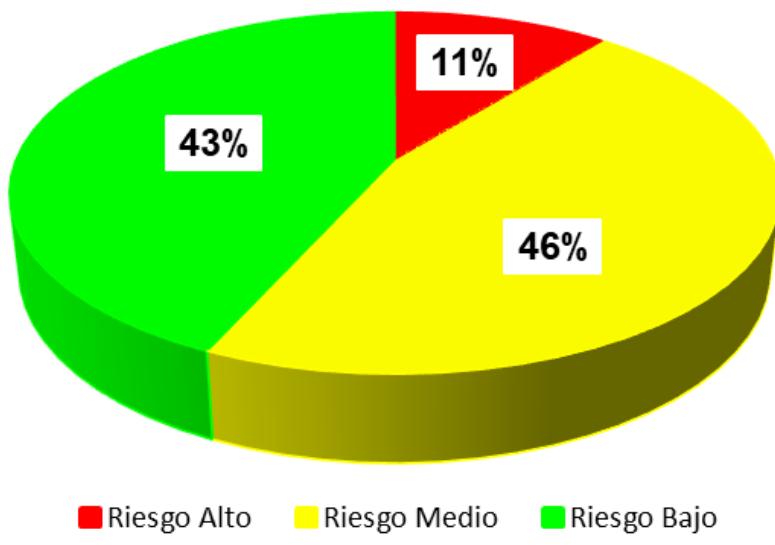


Figura V.2. Resultados de la aplicación de la metodología PHA.

En tanto de los 37 de los peligros identificados, se obtuvo que, el 11% se encuentran dentro de un riesgo alto, el 46% en nivel de riesgo medio y el 43% en un riesgo bajo. Principalmente, los peligros identificados y evaluados dentro de un nivel de riesgo alto involucran la perdida de integridad mecánica de los recipientes de almacenamiento de Gas L.P. de la planta, mientras que los riesgos de nivel medio derivan de falla de equipos y su mal funcionamiento, así como de las fugas a través de accesorios de trasiego debido a la corrosión o falta de mantenimiento y la omisión de procedimientos (errores humanos).

V.1.2. Antecedentes de accidentes e incidentes en proyectos similares.

De acuerdo a la MHIDAS (Major Hazard Incident Data Service) de julio de 1992 se reportaron 6128 casos de incidentes de los cuales 5325 resultaron accidentes donde 940 involucraron gas licuado presurizado es decir que el 17.65 % de los accidentes involucraron gas licuado. A continuación, se presentan los datos más relevantes de acuerdo al “*Historical analysis of accidents in chemical plants and in transportation of hazardous materials*”.

Consecuencias de los 5325 accidentes reportados en MHIDAS 1992



A su vez los incendios y explosiones se pueden dividir en:

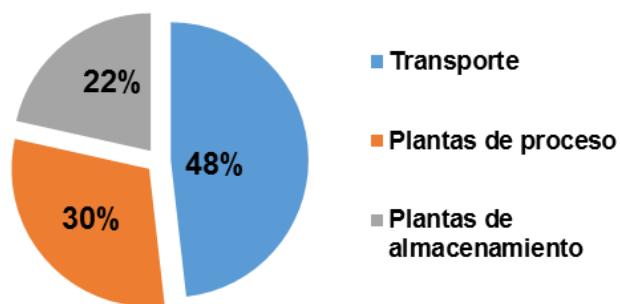
Tabla V.15. Tipos de incidentes

Tipo de incidente	
Explosión	Explosión física
	Explosión no confinada
	Explosión confinada
	Explosión de polvo
	Explosión de mezcla L-G
	Explosión de fase densa
	BLEVE
Fuga o liberación de material	Fuga instantánea
	Fuga continua
	Charco
Incendio	Incendio de charco
	Incendio de nube de vapor
	Bola de fuego
	Dardo de fuego
	Incendio de tanque
	Tormenta de fuego
Nube de gas	Tipo de incidente
	Nube de gas pesado
	Nube de gas densidad neutra
	Nube de gas flotante

De los incendios reportados no se pudo determinar qué tipo de incendio ocurrió en el 85% de los casos, mientras que el 36% de los casos de explosión no se pudo determinar el tipo.

Aproximadamente en el 98 % de los casos reportados se conoce el origen de los cuales se pueden distribuir de la siguiente manera:

Origen de incidentes reportados en MHIDAS 1992



Actualmente la MHIDAS considera también considera la carga/descarga, almacenes de residuos, doméstico/comercial y almacenes de productos.

El porcentaje en el transporte de sustancias es debido a la influencia de elementos externos es decir que es un espacio donde hay mayor interacción entre variables.

Los accidentes en transporte se debieron principalmente al transporte vía ferrocarril. Para el caso de las plantas de proceso ocurrieron principalmente en tanques de proceso, tuberías y reactores, mientras que en las plantas de almacenamiento los incidentes ocurrieron en un 48 % en tanques atmosféricos y en tanques presurizados en un 13.2 %.

Las causas más comunes que derivan en accidentes son las siguientes:

- ♠ Falla mecánica (21 %).
- ♠ Impacto (27 %).
- ♠ Error humano (11 %).
- ♠ Falla de instrumentación.
- ♠ Falla de servicios.
- ♠ Reacción violenta.
- ♠ Eventos externos (12 %).
- ♠ Condiciones anormales.

Causas específicas por impacto:

- ♠ Vías de ferrocarril 35.2 %.
- ♠ Carreteras 25.1 %.
- ♠ Otro vehículo 12.7 %.
- ♠ Objeto pesado.
- ♠ Proyectil.
- ♠ Grúa.
- ♠ Equipo de excavación.

 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V .	
	DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN	Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH	ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023

NO. DE VER. 01

- ♠ Colisión entre barcos.
- ♠ Colisión entre barco y tierra.

Causas específicas por falla mecánica:

- ♠ Fuga de válvula 16.7 %.
- ♠ Sobrepresión 11.8 %.
- ♠ Falla metalúrgica 8.4 %.
- ♠ Sobrecalentamiento.
- ♠ Sobrecarga.
- ♠ Corrosión.
- ♠ Fallo de soldadura.
- ♠ Fatiga.
- ♠ Uso de materiales incompatibles.
- ♠ Fallo en acoplamiento o brida.
- ♠ Fallo en manguera.

Causas específicas por factores humanos:

- ♠ Operación en general 32.7 %.
- ♠ Procedimientos 18.4 %.
- ♠ Administración 5.8 %.
- ♠ Sobrelleñado.
- ♠ Accidente de en drenaje.
- ♠ Viento accidental.
- ♠ Mantenimiento general.
- ♠ Fallo por aislamiento/drenaje antes de desacoplamiento.
- ♠ Comunicaciones.
- ♠ Error de diseño.
- ♠ Error en la instalación.
- ♠ Error en la construcción.

Causas específicas por fallo de instrumentación:

- ♠ Falla del controlador.
- ♠ Falla del indicador.
- ♠ Falla de alarma.
- ♠ Falla del sistema de bloqueo.
- ♠ Falla del sistema de control por computadora.

Causas específicas por falla de servicios:

- ♠ Fallo en el servicio de electricidad.
- ♠ Fallo en el servicio de agua.
- ♠ Fallo en el servicio de gas.
- ♠ Fallo en el servicio de aire comprimido o nitrógeno.
- ♠ Fallo en el servicio de aire para instrumentos.



CONSULTORES ASOCIADOS EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.

PRIVADA 19 SUR 1907, COLONIA SANTIAGO, EN PUEBLA, PUEBLA. C.P. 72160. TEL: 222 281-02-89.

e - mail: a h g . c o n s u l t o r e s a m b i e n t a l e s @ g m a i l . c o m

Cap. V. 26

- ♠ Fallo en el servicio de vapor.

Causas específicas por reacción violenta:

- ♠ Combustión interna.
- ♠ Explosión confinada.
- ♠ Reacción fuera de control.

Causas específicas por factor externo:

- ♠ Incendio exterior.
- ♠ Explosión exterior.
- ♠ Terremoto.
- ♠ Falla del terreno o erosión.
- ♠ Inundación.
- ♠ Rayos.
- ♠ Viento huracanado.
- ♠ Temperaturas extremas.
- ♠ Sabotaje.

Como se puede observar, es más frecuente que los accidentes ocurran durante el transporte de materiales peligrosos, siendo una de las principales causas los accidentes, los impactos de ferrocarriles, otra causa que tiene un porcentaje de contribución grande es la falla mecánica de las válvulas generando una fuga a través de éstas.

Como se ha mencionado anteriormente la Planta de Distribución de Gas L.P. se encuentra constituida principalmente por: mangueras, válvulas, bombas, compresor, tubería y tanques presurizados, elementos que son susceptibles a impactos, fallas mecánicas, errores humanos de operación y mantenimiento.

De acuerdo al documento *Integración de una Base Nacional de Datos de Accidentes durante el Transporte de Gas LP 1998-2009: Sustento para un estudio de evaluación de riesgo*, datos que se obtuvieron de la información disponibles al público; la distribución de accidentes con GLP según la causa de inicio es la siguiente:



De dichas causas iniciales que devienen en accidentes en el uso de GLP las principales consecuencias son las siguientes:



La historia registra accidentes con Gas L.P., tal es el caso del accidente ocurrido en las instalaciones de la Terminal de PEMEX en San Juan Ixhuatepec en la zona conurbana de la Ciudad de México en 1994, mejor conocido como el accidente de “San Juanico”

El accidente ocurrido en las instalaciones de la terminal de PEMEX en San Juan Ixhuatepec, el 1º de noviembre de 1984, creó una imagen negativa a las actividades de almacenamiento de Gas L.P. en todo el país. La capacidad total de almacenamiento de la terminal era de 16.000 m³ aproximadamente, distribuidos en 6 esferas y 48 recipientes transportables de diferentes capacidades.

Tabla V.16. Distribución de la capacidad de almacenamiento

	Capacidad nominal individual (m ³)	Capacidad total (m ³)	Contenido real (m ³)
2 esferas	2.400	4.800	4.320
4 esferas	1.500	6.000	3.000
4 recipientes transportable	270	1.080	972
14 recipientes transportables	180	2.50	2.268
6 recipientes transportables	54	324	292
3 recipientes transportables	45	135	121
21 recipientes transportables	36	756	680
54 depósitos	----	15.615	13.653

Teniendo en cuenta una densidad media del producto de 560 kg/m³, las cantidades de Gas L.P. que podrían estar en un momento dado almacenadas en la terminal eran de aproximadamente 6.500 Tm.

La superficie de la terminal era de 13,000 m². La terminal había sido construida según los códigos API (American Petroleum Institute) de diseño de recipientes y depósitos a presión y muchos de los equipos instalados habían sido enviados directamente desde los Estados Unidos de América.

En las inmediaciones de la planta se había ido creando una auténtica ciudad, a distancias de entre 100 y 300 metros. Las edificaciones eran apenas chabolas en las que había de media, 5 personas viviendo en cada una de ellas.

Descripción del accidente.

El inicio del accidente se debió a la ruptura de una tubería de 20 centímetros de diámetro que transportaba Gas L.P. desde las refinerías hasta la planta de almacenamiento cerca de uno de los parques de tanques, probablemente debido al sobrelleñado de uno de los depósitos y sobrepresión en la línea de transporte por retorno. No está aclarado el por qué no funcionaron las válvulas de alivio del depósito sobrelleñado. La fuga de GLP continuó durante 5-10 minutos. Se formó una gran nube de vapor inflamable de unos 200 metros por 150 metros que entró en ignición alrededor de 100 metros del punto de fuga, probablemente debido a alguna antorcha encendida a nivel del suelo. El viento en la zona era débil de 0.4 m/s en dirección suroeste. La explosión se registró, junto con otras ocho más en el sismógrafo de la Universidad de Ciudad de México a 30 km de distancia.

La UVCE generó un incendio de grandes proporciones que afectó primeramente a 10 viviendas y, al cabo de 12 minutos, una pequeña esfera se incendió generando una bola de fuego de unos 300 metros de diámetro. Posteriormente, otras 4 esferas y 15 recipientes transportables generaron sucesivas BLEVE'S durante aproximadamente hora y media. Todas las explosiones se registraron en el sismógrafo de la Universidad de Ciudad de México.

La siguiente tabla presenta la cronología de los sucesos que tuvieron lugar aquella mañana:

Tabla V.17. Cronología de los sucesos

CRONOLOGÍA	CADENA DE SUCESOS
5:30	Ruptura de la tubería de 20 cm de diámetro. Caída de presión en la sala de control.
5:40	Ignición de la nube de gas. Explosión, combustión violenta e incendio grave.
5:45	Primera BLEVE de una esfera pequeña registrada en el sismógrafo. Llamada al servicio de extinción de incendios.
5:46	Segunda BLEVE, una de las más violentas.
6:00	Alertada la policía, se procedió a cortar los accesos y el tráfico.
6:30	Caos de tráfico.
7:01	Última explosión registrada en el sismógrafo.
7:30	Continúan las explosiones BLEVE de depósitos cilíndricos.
8:00-10:00	Se inician los trabajos de rescate.
11:00	Última explosión registrada de un depósito.
12:00-18:00	Continúan los trabajos de los equipos de rescate.
23:00	Extinción del último incendio en la última esfera grande.

Sólo cuatro de los depósitos originales permanecieron en pie. Uno de los recipientes transportables viajó hasta 1,200 metros de distancia y 11 más fueron desplazados más de 100 metros. Aparecieron fragmentos de las cuatro pequeñas esferas a más de 400 metros de distancia.

Los daños en las edificaciones del exterior alcanzaron grandes proporciones y prácticamente quedaron destruidas en un radio de 300 metros. Hubo además explosiones

dentro de las casas y muchas personas sufrieron daños y quemaduras graves por gotas incandescentes de Gas L.P. Más de 500 personas murieron, más de 7,000 heridos y la planta quedó prácticamente destruida.

Análisis de las causas del accidente.

Parece que la causa principal del accidente fue la ruptura de una tubería de 20 cm de diámetro que suministraba GLP a los depósitos de almacenamiento. La causa de la ruptura no está clara, pero parece ser debida a la sobrepresión en la tubería por sobrelleñado de uno de los depósitos. Las válvulas de alivio y corte no funcionaron.

El informe oficial estimó los daños por sobrepresión procedente de la primera BLEVE. Se concluyó que los daños por las ondas de presión no fueron muy graves; que los daños de la primera UVCE no fueron la causa principal de los daños más graves; que la segunda BLEVE fue la principal causa de los daños más graves en edificios; que la peor explosión se produjo probablemente por acumulación de gases dentro de los edificios y que la mayoría de los daños se produjeron por los incendios.

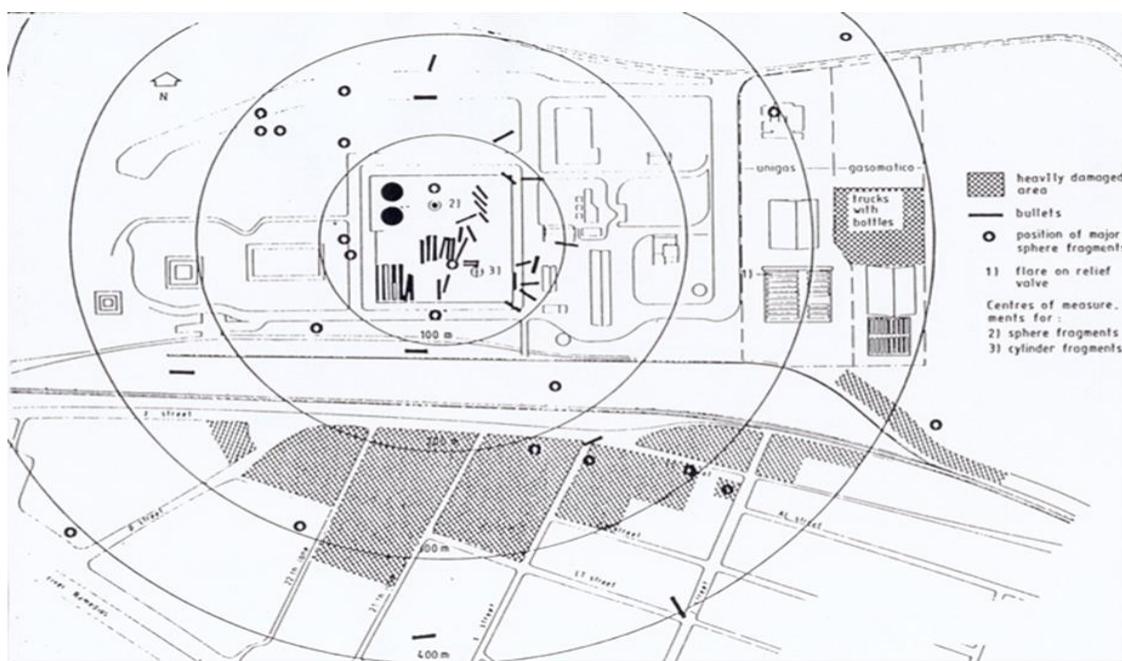


Figura V.3. Esquematización de los radios de afectación del accidente.

Lecciones aprendidas:

- Localización de los establecimientos que presentan riesgo de accidentes graves.** La gran cantidad de muertos y heridos tuvo su origen en la proximidad de las viviendas a la planta de almacenamiento. A la vez que se construía y desarrollaban las instalaciones, iba creciendo sin control el número de viviendas en las proximidades.
- Distribución y sistemas de protección de grandes parques de almacenamiento de Gas L.P.** La destrucción casi total de las instalaciones ocurrió debido a fallos en los sistemas de protección de los depósitos, lo que incluye una distribución correcta,

 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01
---	---	----------------

aislamientos de emergencia y sistemas de cortinas de agua de refrigeración. Por otra parte, los soportes de las esferas y recipientes transportables no estaban protegidos térmicamente contra el fuego.

3. **Sistemas de detección de gases y aislamientos de emergencia.** Un hecho que podría haber limitado las consecuencias podría haber sido la detección de gases y la posibilidad de aislar térmicamente los depósitos. La planta no disponía de sistemas de detección de gases y como consecuencia de ello, las medidas de protección se tomaron demasiado tarde.
4. **Planificación de las emergencias.** Un aspecto muy significativo que agravó todavía más las consecuencias fue el caos de tráfico que se produjo y que impidió el correcto acceso al área de emergencia de los equipos de salvamento. Otro riesgo añadido fue la gran cantidad de bomberos que quedaron atrapados por la BLEVE de una de las esferas grandes.
5. **Extinción de incendios en situaciones de riesgo de explosiones BLEVE.** Los servicios de extinción de incendios estuvieron en muchas ocasiones en situación de grave riesgo debido a la posibilidad de explosiones BLEVE de los depósitos, sobre todo de las esferas. El riesgo de muerte es muy elevado en las inmediaciones de esferas con peligro de explosión.
6. **Explosiones por expansión explosiva del vapor de un líquido en ebullición.** Despues del accidente de *Flixborough*, las explosiones de vapor no confinadas UVCE, fueron ampliamente estudiadas. San Juanico, demostró que las explosiones BLEVE también presentan un grave riesgo de daños a las personas, instalaciones y el medio ambiente. Este accidente representa la serie más grande de toda la historia de BLEVE'S y proporciona una valiosa información para su estudio.

Este accidente, es el mayor a nivel mundial donde se haya involucrado gas licuado de petróleo, ha sido ejemplo de lo que se debe evitar al manejar este producto. Como resultado de una toma de conciencia sobre el riesgo en el manejo de los materiales peligrosos, se han emitido una serie de reglamentos y normas tendientes a una prevención efectiva de accidentes en la industria del Gas L.P., mismas reglamentaciones que han regido el diseño, construcción, operación y mantenimiento de la instalación.

Por otra parte, cabe destacar que en el tiempo que lleva operando la instalación no se han registrado incidentes o accidentes en los que se haya visto involucrado el gas l.p. Adicionalmente, se hizo una revisión de la base de datos MARS; la cual recoge información pública sobre los accidentes graves en instalaciones de los países de la Comunidad Económica Europea afectados por las Directivas Seveso I y II. Se trata de un sistema de registro y de información abierto, administrado por el Departamento de Accidentes graves (MAHBA), establecido en el Joint Research Centre, ubicado en Ispra (Italia).

Para esta Base de Datos, las autoridades competentes de los estados miembros notifican a la Comisión (según el artículo 15 de la Directiva Seveso II), los accidentes mayores que involucran a sustancias peligrosas. Los datos sobre estos accidentes son analizados a fin de clasificar los accidentes según una serie de parámetros (año del accidente, tipo de actividad, tipo de accidente, sustancia involucrada, consecuencias, etc.) y con objeto de extraer lecciones para prevenir accidentes similares o mitigar sus consecuencias.



CONSULTORES ASOCIADOS EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.

PRIVADA 19 SUR 1907, COLONIA SANTIAGO, EN PUEBLA, PUEBLA. C.P. 72160. TEL: 222 281-02-89.

e - mail: a h g . c o n s u l t o r e s a m b i e n t a l e s @ g m a i l . c o m

Cap. V. 31

 <i>Una Nueva Opción</i>	N U E V O G A S S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH
	ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023

NO. DE VER. 01

Actualmente, la base de datos MARS contiene información sobre más de 450 incidentes, que abarcan desde 1980 hasta 1999, según las siguientes pautas: tipo de accidente, sustancia directamente involucrada, origen inmediato, causas inmediatas, efectos inmediatos, medidas de emergencia tomadas y lecciones aprendidas.

Esta base de datos es una fuente confiable, ya que el origen de la información utilizada son notificaciones oficiales de las autoridades competentes, siguiendo un protocolo fijo y formato de notificación normalizado, aunque está limitado a los ocurridos en países de la CEE. Se puede concluir que la gran mayoría de los accidentes ocurridos con gas l.p. están relacionados con errores humanos durante las operaciones de trasiego, falta de mantenimiento, o bien, durante el transporte de dicho material.

En los registros históricos de accidentes con GLP en nuestro país destacan los siguientes accidentes o incidentes:



CONSULTORES ASOCIADOS EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.

PRIVADA 19 SUR 1907, COLONIA SANTIAGO, EN PUEBLA, PUEBLA. C.P. 72160. TEL: 222 281-02-89.

e - m a i l : a h g . c o n s u l t o r e s a m b i e n t a l e s @ g m a i l . c o m

Cap. V. 32

Tabla V.18. Registros históricos de accidentes con GLP en nuestro país

No.	Año	Ciudad	Evento	Sustancia involucrada	Instalación	Causa (s) del accidente o incidente	Nivel de afectación (personal, población, medio ambiente, entre otros)	Acciones realizadas para su atención	Fuente consultada	
1	1984	San Juan Ixhuatépec, Ciudad de México	Explosión de varios de los contenedores de gas LP que produjo un incendio de una magnitud tal que los efectos continuaron manifestándose durante varios días posteriores, aún en la zona residencial aledaña. El accidente ocurrió a 20 km hacia el norte de la ciudad de México donde Pemex tenía un almacenamiento y centro de distribución grande de GLP.	Gas LP. Todos los tanques contenían esencialmente propano y butano presurizados.	2 esferas de 2,400m ³ . 4 esferas de 1,600m ³ , 4 cilindros de 270m ³ . 14 cilindros de 180m ³ , 21 cilindros de 36m ³ . 6 cilindros de 54m ³ . 3 cilindros de 45m ³ .	El cuarto de control, la casa de bombas y las bombas contraincendios.	No existe información clara que explique el inicio del accidente. Se cree que uno de los contenedores de 54 m ³ fue sobrellenado y produjo una ruptura en una tubería de 20 cm de diámetro conduciendo el gas de alimentación que venía desde refinerías remotas. Los registros definitivamente mostraron una disminución en la presión iniciando a las 5:10 a.m.	La explosión dejó un cráter de 200 m de radio con, oficialmente, 503 personas muertas y 7,000 heridas y con cerca de 1 km de radio de afectación a viviendas.	Se activó el plan de emergencia de la planta incluyendo a la refinería cercana, con el monitoreo de la nube de gas, se activó el plan de emergencia externo que incluye al cuerpo de bomberos municipal, las autoridades municipales y la policía. Se evacuó al personal no necesario para las operaciones de respuesta de emergencia.	López-Molina, Antíoco, Vázquez-Román, Richard, & Díaz-Ovalle, Christian. (2012). Aprendizajes del Accidente de San Juan Ixhuatépec-México. <i>Información tecnológica</i> , 23(6), 121-128. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642012000600013 .
2	1986	Tabasco, México	Escape tóxico.	Gas L.P.	Información disponible	no	Fuga en una tubería de gas natural cerca de Cárdenas.	Dos personas intoxicadas, y más de 20,000 evacuadas.	Información no disponible	Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. CENAPRED 2014.
3	1996	Méjico	Liberación de butano licuado (Gas LP) de una tubería de 6" instalada debajo de un tanque esférico vacío de 6000 m ³	Butano comercial. No está claro qué cantidad estuvo implicada. Los primeros datos de la compañía indican 70 toneladas de las cuales 30 toneladas fueron liberadas antes del incendio (ignición de la nube).	Tubería de 6" instalada debajo de un tanque esférico vacío de 6000 m ³	Actualmente, la hipótesis es que la válvula que conectaba la tubería (abierta a la atmósfera) con el rack de tuberías se abrió espontáneamente, o que la causa del accidente fue una falla del mecanismo de control de la válvula.	Los efectos fueron sobre todo debidos a la radiación y la sobrepresión, causada por la deflagración, aparte de las estructuras afectadas dentro de la nube en el momento de la explosión, 18 personas fueron afectadas, de las cuales, 3 fueron particularmente afectadas por la radiación y 4 por la sobrepresión. Los más seriamente afectados fueron dos trabajadores quemados, que estaban a aproximadamente 50 - 70 metros de distancia del fuego, uno de los cuales murieron como consecuencia de las quemaduras. Los daños a los edificios próximos, el edificio de la estación de llenado con los serios daños estructurales, oficinas con grietas en las paredes, ruptura de ventanas a 120 metros de distancia de la compañía.	Por una parte, el plan de emergencia interno de la compañía fue activado, el cual preveía la evacuación y la activación de diversas salvaguardias, como los sistemas de enfriamiento de los tanques, algunos de los cuales fallaron. Por otra parte, el plan de emergencia externo fue activado, lo que significó que los oficiales públicos bloquearon el acceso en un área de 350 m alrededor de la compañía y la evacuación de las compañías en esta área.	-----	

Tabla V.18. Registros históricos de accidentes con GLP en nuestro país (Continuación)

No.	Año	Ciudad	Evento	Sustancia involucrada	Instalación	Causa (s) del accidente o incidente	Nivel de afectación (personal, población, medio ambiente, entre otros)	Acciones realizadas para su atención	Fuente consultada
4	1997	Tijuana. México.	Compañía de Gas de Tijuana centro de distribución en el boulevard Lázaro Cárdenas sin número y boulevard Federico Benítez López, delegación La Mesa.	Propano.	Planta de distribución de gas licuado.	Las tuberías, incluyendo la tubería de expansión, que era parcialmente subterránea, se rompieron como consecuencia de la corrosión externa. Esto causó varias fugas de gas licuado en el suelo.	Falleció un trabajador y otro sufrió lesiones considerables.	Información no disponible	Gaceta Parlamentaria, Número 3875-VI.
5	1998	México	Liberación de butano en una instalación de gas licuado.	Butano. Cantidad implicada: aproximadamente 150 L.	Planta de suministro de gas licuado	Falla en una válvula de sobre flujo causó la liberación de cerca de 150 l de butano líquido. Las bombas de alimentación de gas licuado estaban fuera de operación también, de modo que en las condiciones de temperatura externas (aproximadamente -5 °C) la presión sobre la válvula de sobre flujo era solo la presión estática de la tubería de gas licuado. Por lo tanto, la función de apertura de la válvula no estaba activada.	Las características del daño (una grieta con una longitud de 12 milímetros) y daños a la instalación.	Después del inicio de la falla (accidente), las válvulas de cierre fueron cerradas y el gas remanente fue enviado al quemador. La válvula de sobre flujo defectuosa fue retirada y la tubería fue bloqueada con una brida ciega. Fuera de la instalación, los caminos fueron bloqueados y se llevaron a cabo mediciones de gas.	-----
6	2001	México	Liberación de Gas LP en fase gas de la conexión de una de dos válvulas de seguridad.	Gas L.P.	Tanque de almacenamiento No. 1, ubicado en la granja de tanques de Gas LP. la cual consiste de 4 tanques horizontales con una capacidad de 300 m ³ cada uno y de 3 tanques horizontales de 200 m ³ cada uno; para una capacidad total de almacenamiento de 1800 m ³ .	La liberación de Gas LP ocurrió durante las operaciones de desmantelamiento de una de las dos válvulas de relevo para realizar la prueba periódica de eficiencia. La presión en el tanque fue de 18 bars. Cerca de las 11am., después de inhabilitar la válvula, un trabajador de mantenimiento comenzó a desatornillar la válvula. En un momento durante el aflojamiento de la conexión de la válvula y la tubería de descarga a la que estaba conectado, estas fueron proyectadas y comenzó la liberación violenta de Gas LP en fase gas del tanque. La liberación continuó sin algún otro suceso asociado hasta que la brigada de bomberos municipal interrumpió la liberación sellando la base de la válvula. De acuerdo con el gerente de seguridad de la compañía, aproximadamente 12.5 toneladas de Gas LP fueron liberadas.	El accidente causó daño a los dispositivos de seguridad del tanque y la pérdida de 12.5 toneladas de Gas LP.	Inmediatamente alertó al gerente de almacenes quien activó el procedimiento de alarma del plan de emergencia interno. Considerando el resultado de la investigación técnica realizada la compañía decidió sustituir la válvula ensamblada; y todas las válvulas semejantes instaladas en los demás tanques. La instalación fue cerrada por la autoridad judicial local competente y posteriormente se llevó a cabo una investigación técnica	-

Tabla V.18. Registros históricos de accidentes con GLP en nuestro país (Continuación...)

No.	Año	Ciudad	Evento	Sustancia involucrada	Instalación	Causa (s) del accidente o incidente	Nivel de afectación (personal, población, medio ambiente, entre otros)	Acciones realizadas para su atención	Fuente consultada
7	2002	México	Ruptura de una válvula de bola instalada en la tubería de descarga del tanque.	Gas LP. Cantidad liberada: 15,000 a 16,000L, correspondientes a un total de 120m ³ .	Almacenamiento de Gas LP en 4 tanques aislados con una capacidad de 150 m ³ , cada uno.	La válvula era vieja; el desgaste en la cuerda de la rosca de la válvula causó la liberación del Gas LP en fase líquida. La válvula nunca había sido revisada.	Se formó una nube de gas. No hubo ningún efecto inmediato porque la nube no se incendió	Se activó el plan de emergencia de la planta incluyendo a la refinería cercana, con el monitoreo de la nube de gas, se activó el plan de emergencia externo que incluye al cuerpo de bomberos municipal, las autoridades municipales y la policía. Se evacuó al personal no necesario para las operaciones de respuesta de emergencia. Posteriormente, las válvulas similares fueron substituidas también en los otros tanques, las nuevas válvulas instaladas tienen un diseño mejorado de seguridad (una mejor tecnología).	-----
8	2015	Cuajimalpa, México	Explosión de una pipa con Gas L.P.	Gas L.P.	Hospital de Maternidad Cuajimalpa, D.F.	Fuga en una manguera de la pipa, muy cercana a la pipa, en una válvula" generando una nube de gas.	3 muertos y 39 personas hospitalizadas, 18 reportadas como graves y la destrucción del 70% de la instalación del hospital de maternidad.	Al detectarse la fuga se da aviso al cuerpo de bomberos y se comenzó a evacuar al hospital. Ocurre la explosión, pero no todas las personas logran ser evacuadas. Los bomberos combaten el fuego y se localizan víctimas.	Redacción por periódico el "ECONOMISTA". 31 de enero de 2015. https://www.economista.com.mx/politica/Cronología-de-la-explosión-en-el-hospital-de-Cuajimalpa-20150131-0010.html
9	2016	García, Nuevo León.	Explosión por el choque entre un tren y un tractocamión con Gas L.P.	Gas L.P.	Vía Torreón.	La pipa que llevaba el hidrocarburo no detuvo su marcha ante el ferrocarril que transitaba sobre la vía a Torreón, provocando el impacto, tras el cual, sucedió la detonación y dos contenedores de carga se incendiaron; los cuerpos de auxilio aseguraron el lugar y evacuaron a cientos de habitantes de las colonias y escuelas aledañas.	1 persona lesionada con quemaduras de segundo y tercer grado en el 90% del cuerpo y la evacuación de 10 mil personas.	Ante el riesgo de que explotara una de las pipas, los rescatistas de Protección Civil del Estado y de los municipio de García, Santa Catarina, San Pedro, así como elementos del Ejército y del cuerpo de Bomberos de Nuevo León evacuaron a las familias que habitan en el segundo sector de la Colonia Valle de San José y de la Colonia Privalia.	Redacción del periódico "EL HORIZONTE", 05 de diciembre de 2016. http://www.elhorizonte.mx/local/explosión-por-choque-entre-tren-y-pipa-gas/1719913
10	2019	Saltillo, Coahuila	Explosión de cilindro de gas de 20 kg.	Gas L.P.	Área de muelle de llenado de cilindros de la gasera Gon Gas.	Debido a las malas condiciones del cilindro (oxidado y viejo) hubo un desprendimiento de la base del tanque de 20 kilos.	Una persona lesionada, presentó heridas de primer grado por congelamiento.	El accidente fue reportado al 911, y al lugar acudieron unidades de protección civil y bomberos los cuales brindaron primeros auxilios al lesionado.	Redacción del periódico "EL UNIVERSAL" fechado 30 de junio 2019. https://www.eluniversal.com.mx/estados/captan-momento-en-que-explota-tanque-de-gas-trabajador-en-saltillo

 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01
---	---	----------------

V.1.3. Identificación de peligros y de escenarios de riesgo.

El análisis ¿Qué pasa sí? (*What If...?*) es una técnica que no requiere de métodos cuantitativos, y tal como señala el CENAPRED, no se necesita una planeación extensiva ya que hace uso de información específica de un proceso para así generar una serie de preguntas que son pertinentes para la evaluación durante el tiempo de vida de una instalación, asimismo para cuando se efectúan cambios al proceso o a los procedimientos de operación.

Ésta técnica es un método inductivo, la cual utiliza información específica de un proceso, en este caso del proceso operativo de una planta de distribución, en las cuales se limita al trasiego se GLP – para poder formular la serie de interrogantes que se han definido con base a las características propias del proceso en cuanto a la operación y funcionamiento en general de las instalaciones, desarrollando las respuestas y evaluando éstas, incluyendo una amplia gama de posibles consecuencias, puesto que se parte de la premisa ¿Qué pasa si...?.

Tal como señala el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), el *Análisis What If...?*, es un procedimiento de análisis de un proceso para identificar y evaluar qué podría salir o estar mal, básicamente mediante la resolución a preguntas clave (generadas por un grupo de expertos, así como por listas de verificación – *check list* – apropiadas), lo cual permite hacer una identificación de protecciones contra estos eventos y estimar el riesgo contenido, además de sugerir las mejoras que sean pertinentes.

En la aplicación del método se utiliza la información técnica disponible en la planta de distribución de Gas L.P. propiedad de **Nuevo Gas, S.A. de C.V.**, que en este caso corresponde tanto a los planos de los proyectos Civil, Mecánico, Eléctrico y Contra Incendio (servicios auxiliares estos últimos dos), además de la memoria técnico descriptiva y visitas en campo con la finalidad de verificar las condiciones en las que se encuentran las instalaciones, además de generar las preguntas clave de la lista de verificación y que las mismas sean acordes al proceso que se está analizando.

Como se ha mencionado, la técnica es ampliamente utilizada durante el tiempo de vida de la instalación o cuando se lleva a cabo modificaciones en el proceso, de igual manera es una herramienta que puede ser aplicada durante el proceso de diseño de una instalación nueva o previamente a la modificación de un proceso ya establecido, por lo que no se limita a casos en particular.

Justificación de la metodología What If...?

Para la operación de la planta de almacenamiento de gas l.p. se llevan a cabo únicamente operaciones de *trasiego* (transferencia de GLP de un recipiente a otro), por lo que el proceso es relativamente simple, limitándose a manejar el GLP mediante el sistema de trasiego, sin necesidad de efectuar reacciones químicas u operaciones unitarias.

Asimismo, y de acuerdo a la naturaleza de las eventualidades que se podrían suscitar en la instalación y que están asociadas al manejo de GLP, además de la cantidad y calidad de la información disponible son las razones por las cuales se elige la Metodología o Técnica *What If...?*, la cual tiene como objetivo la evaluación de las condiciones peligrosas posibles.



 <i>Una Nueva Opción</i>	N U E V O G A S S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH
	ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023

NO. DE VER. 01

Finalmente es menester mencionar que dentro de las ventajas que ofrece esta técnica o metodología, se encuentra la factibilidad para ser aplicada a cualquier proyecto, ya sea de nueva creación o en operación, así como a posibles modificaciones de ésta; de igual manera se verifica que de acuerdo con la información de la que se dispone, la aplicación de la técnica se ajusta totalmente a ésta.

Descripción del What If...?

Como su nombre sugiere, el método consiste es cuestionar cuál sería el resultado por la presencia de sucesos indeseables que pudiesen provocar consecuencias adversas, por lo que para llevar a cabo la aplicación de éste es conveniente contar con documentación detallada de la *instalación* y de las actividades que en ella se llevan a cabo, la cual debe incluir los procesos, procedimientos operativos y en algunas ocasiones se hará uso de entrevistas directas con el personal de la misma.

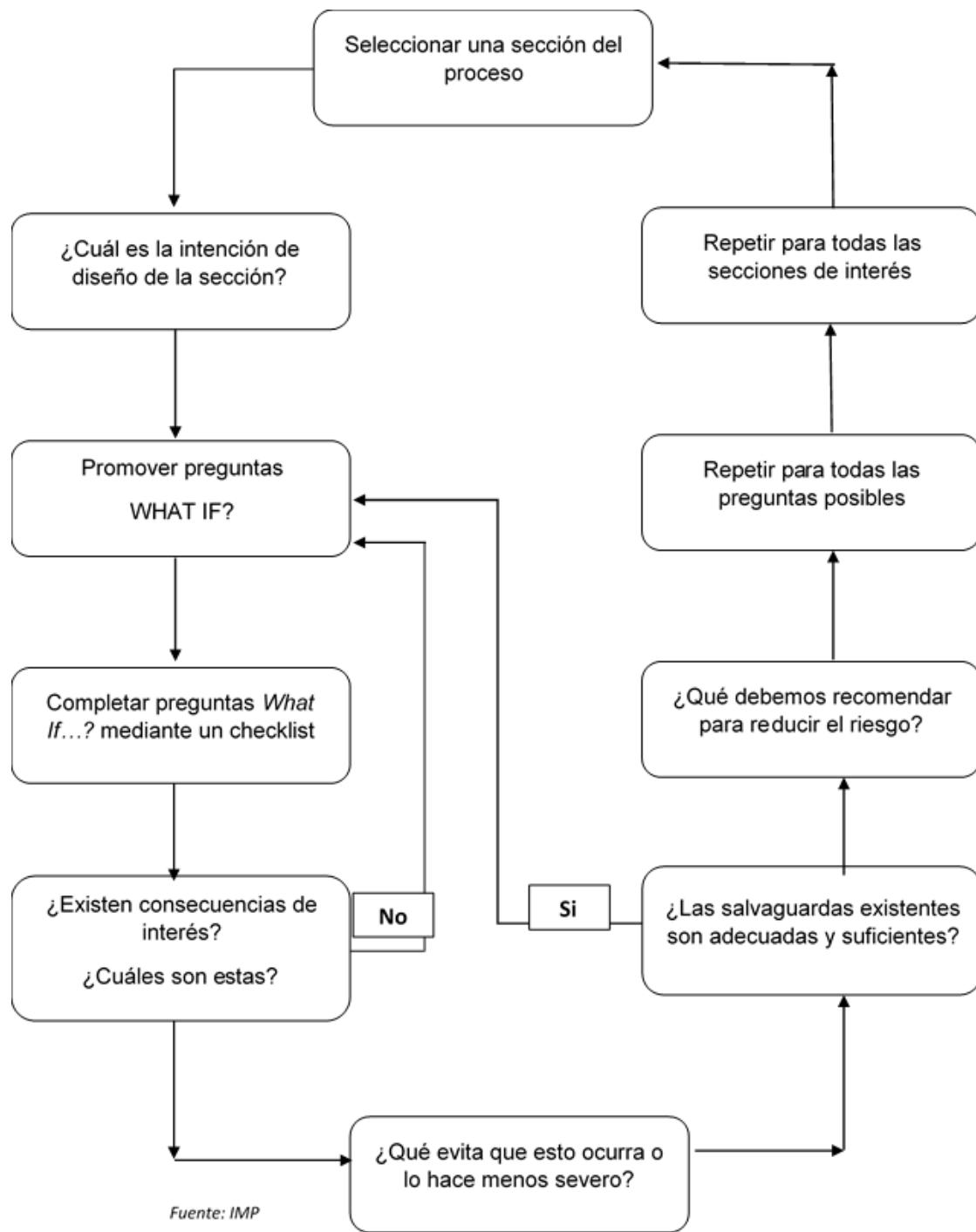
Durante la aplicación de esta técnica, se plantean posibles desviaciones que van desde el diseño, construcción, modificaciones al proceso o de las condiciones de operación de ésta, desviaciones en los procedimientos de operación y mantenimiento.

Es evidente que se requiere del conocimiento básico del sistema, por lo que, en el caso de la *instalación*, se debe de caracterizar plenamente el *sistema de trasiego* y cualquier elemento perteneciente a la planta de distribución de Gas L.P.; para poder verificar las posibles desviaciones y las condiciones normales de ésta.

El resultado de la aplicación del análisis mediante la técnica *What If...?*, es una lista de los posibles escenarios de accidentes potenciales, las consecuencias de éstos, las medidas de prevención y/o mitigación con las que cuentan las instalaciones, así como las recomendaciones para reducir o minimizar las consecuencias de los mismos.

Básicamente los pasos a seguir para la identificación de riesgos a través de la técnica *What If...?* son los siguientes:





Ámbito de aplicación.

Para el caso de la planta de distribución de Gas L.P. propiedad de Nuevo Gas, S.A. de C.V., se aplica a cada una de las áreas operativas de la misma, así como a sus sistemas auxiliares, siendo los de mayor relevancia:

 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01
---	---	----------------

- Recepción de carro-tanques (Tomas de recepción).
- Almacenamiento de Gas L.P. (Dos recipientes de almacenamiento con capacidad de almacenamiento de 250,000 litros al 100% agua cada uno y dos recipientes de almacenamiento con capacidad de almacenamiento de 450,000 litros al 100% agua cada uno).
- Suministro de Gas L.P. a autotanques (Tomas de suministro a autotanques).
- Suministro de Gas L.P. a semirremolques (Tomas de suministro a semirremolques).
- Servicios auxiliares, como son: Sistema contra incendio, sistema eléctrico y sistema neumático.

Es importante mencionar que dicha metodología también será empleada para la distribución de Gas L.P. mediante auto-tanques.

Las preguntas que se formulan están en función de la siguiente terminología:

Tabla V.19. Terminología usada en un análisis WHAT IF?

Intención del diseño	Propósito y función de la sección analizada
Preguntas	Retos a la intención de diseño, formulados con la frase: ¿Qué pasa si...?
Consecuencia	Descripción de los efectos potenciales, asumiendo que las salvaguardas fallan
Salvaguardas	Medios o mecanismos existentes por los cuales las consecuencias o las causas pudieran evitarse.
Recomendaciones	Sugerencias para añadir o mejorar salvaguardas

Fuente: IMP

También se hace énfasis en la revisión de aquellos factores que no son posibles detectar mediante verificaciones visuales, esto con el fin de identificar los riesgos potenciales con base en los conocimientos y experiencia en instalaciones similares, así como para establecer las medidas de control que sean más adecuadas para la *instalación*.

Propósito del What If...?

La técnica del *What If...?*, incluye tres aspectos como parte de sus propósitos al aplicar el método como técnica del análisis de riesgo:

- Identificar condiciones y situaciones peligrosas que puedan resultar de barreras y controles inadecuados.
- Identificar aquellos eventos que pudieran desencadenar accidentes mayores.
- Generar las recomendaciones pertinentes a fin de minimizar el riesgo de la *instalación*, así como para mejorar las condiciones de operación.
- La aplicación del análisis *What If...?*, se enfocó en evaluar los peligros en la Planta de distribución de gas l.p.

Preguntas típicas.

Para llevar a cabo la aplicación de la técnica *What If...?*, se realizan las siguientes preguntas típicas, mismas que son adaptadas a cada caso o área que se desea investigar, siendo estas:



 Una Nueva Opción	N U E V O G A S S. A. D E C. V. DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01
---	---	----------------

Tabla V.20. Preguntas típicas del Análisis WHAT IF?

¿Qué pasa sí...	Un componente específico falla en una condición específica?
¿Qué pasa sí...	Un parámetro de proceso específico (presión, flujo, nivel) es anormal?
¿Qué pasa sí...	Una acción específica de operación o mantenimiento se efectúa incorrectamente?
¿Qué pasa sí...	Un evento o condición externa ocurre?

Fuente: IMP

Tomando en cuenta las principales causas y consecuencias en procesos similares:

Tabla V.21. Causas y consecuencias en procesos similares

Evento	Fallas principales
Fuga en tanque de almacenamiento	Falla en las válvulas. Falla en los accesorios. Sobrepresión en el tanque.
Fuga en equipos	Falla de compresores. Falla en bombas.
Fugas en tuberías	Falla en las válvulas. Falla en los coples. Falla en la soldadura. Ruptura de tubos.
Fugas en mangueras	Falla en los coples. Falla en el dosificador. Ruptura de manguera. (fuertes, golpes, resquebrajamiento, maltrato)

V.1.3.1. Jerarquización de escenarios de riesgo.

La jerarquización de riesgos tiene como objetivo ordenar los escenarios de peligro previamente identificados de mayor a menor riesgo, con la finalidad de optimizar la implementación de acciones para su control, eliminación o minimización de sus efectos.

Existen varias técnicas de jerarquización que, conforme a la información disponible, se recomienda su utilización. Para este análisis de riesgos, se utilizó también la jerarquización de riesgos de acuerdo a los criterios establecidos en el documento COMERI 144 Rev. 2/ Guía Operativa GO-SS-TC-0002-2015 Ver. 1. Utilizando la tabla de categorías de consecuencias de los eventos y la tabla de categoría de frecuencias de ocurrencia de los eventos para determinar el nivel de riesgo de cada escenario.

Las áreas en las que se jerarquizan los riesgos con este lineamiento son:

- a) Daños al Personal.
- b) Efecto en la Población.
- c) Medio Ambiente
- e) Daño a las Instalaciones.

A continuación, se presentan las categorías de frecuencia, las categorías de consecuencias, así como sus correspondientes matrices de riesgo, que deben utilizarse para realizar los Análisis de Riesgos de Proceso en Petróleos Mexicanos y sus Organismos subsidiarios, se presentan a continuación (Guía Operativa GO-SS-TC-0002-2015 Ver. 1).



CONSULTORES ASOCIADOS EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.

PRIVADA 19 SUR 1907, COLONIA SANTIAGO, EN PUEBLA, PUEBLA. C.P. 72160. TEL: 222 281-02-89.

e - mail: a h g . c o n s u l t o r e s a m b i e n t a l e s @ g m a i l . c o m

 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016		
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH		
	ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01	

Tabla V.22. Criterios de ponderación de frecuencias.

Clasificación de frecuencia	Categoría	Descripción de la frecuencia de ocurrencia	Frecuencia/año
F6	Muy frecuente	Ocurre una o más veces en un año.	>1.0 ($\geq 1 \times 10^{+00}$)
F5	Frecuente	Ocurre una o más veces en un periodo mayor a 1 y hasta 5 años.	>0.2 a ≤ 1.0 ($> 2 \times 10^{-01}$ a $\leq 1 \times 10^{+00}$)
F4	Poco Frecuente	Ocurre una o más veces en un periodo mayor a 5 años y hasta 10 años.	>0.1 a ≤ 0.2 ($> 1 \times 10^{-01}$ a $\leq 2 \times 10^{-01}$)
F3	Raro	Ocurre una o más veces en un periodo mayor a 10 años.	>0.01 a ≤ 0.1 ($> 1 \times 10^{-02}$ a $\leq 1 \times 10^{-01}$)
F2	Muy raro	Puede ocurrir solamente una vez en la vida útil de la instalación.	>0.001 a ≤ 0.01 ($> 1 \times 10^{-03}$ a $\leq 1 \times 10^{-02}$)
F1	Extremadamente raro	Es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro.	>0.0001 a ≤ 0.0001 ($> 1 \times 10^{-04}$ a $\leq 1 \times 10^{-03}$)



CONSULTORES ASOCIADOS EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.

PRIVADA 19 SUR 1907, COLONIA SANTIAGO, EN PUEBLA, PUEBLA. C.P. 72160. TEL: 222 281-02-89.

e - mail: a h g . c o n s u l t o r e s a m b i e n t a l e s @ g m a i l . c o m

Tabla V.23. Criterios de ponderación de consecuencias.

Categoría de consecuencia	Daños al personal	Efectos en la población	Impacto ambiental	Daños a instalaciones (USD)
6 (Catastrófico)	Lesiones o daños físicos que puedan generar más de 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que puedan generar más de 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de las instalaciones. El control implica acciones mayores a 1 semana.	>500'000,000
5 (Mayor)	Lesiones o daños físicos que puedan generar de 2 a 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que puedan generar de 6 a 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de 1 día hasta 1 semana.	>50'000,000 a 500'000,000
4 (Grave)	Lesiones o daños físicos con atención médica que puedan generar incapacidad permanente o una fatalidad.	Lesiones o daños físicos mayores que generan de una a 5 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de hasta 24 horas.	>5'000,000 a 50'000,000
3 (Moderado)	Lesiones o daños físicos que requieren atención médica que pueda generar una incapacidad.	Ruidos, olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía. Se requieren acciones de evacuación y existe la posibilidad de lesiones o daños físicos.	Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora.	>500,000 a 5'000,000
2 (Menor)	Lesiones o daños físicos que requieren primeros auxilios y/o atención médica.	Ruidos, olores e impacto visual que se pueden detectar fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía con posibilidades de evacuación.	Fugas y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación, el control es inmediato.	>50,000 a 500,000
1 (Despreciable)	No se esperan lesiones o daños físicos.	No se esperan impactos, lesiones o daños físicos.	No se esperan fugas, derrames y/o emisiones por arriba de los límites establecidos.	<50,000

Matriz de resultados para la identificación y jerarquización de riesgos.

Como se mencionó con anterioridad, la asignación de probabilidades de falla de los subsistemas o sistemas analizados resulta una acción primordial, ya que dicha potabilización permite la jerarquización de eventos para la determinación de radios de afectación a través de modelos matemáticos de simulación, facilitando el trabajo del analista.

En muchos casos resulta efectivo la asignación de probabilidades a cada uno de los eventos. Una vez que se han identificado los eventos posibles, dentro de la metodología utilizada, se procede a la construcción de una matriz de riesgos en la cual se procederá a la ubicación de los escenarios de acuerdo a su categoría y a su jerarquía debiendo quedar la matriz de la siguiente forma:

Tabla V.24. Matriz de riesgo.

Frecuencias	Rango	Consecuencias					
		1	2	3	4	5	6
6	>1.0	C	B	A	A	A	A
5	2 X 10 ⁻¹ a 1.0	C	C	B	B	A	A
4	10 ⁻¹ a 2 X 10 ⁻¹	D	C	C	B	B	A
3	10 ⁻² a 10 ⁻¹	D	C	C	C	B	A
2	10 ⁻³ a 10 ⁻²	D	D	C	C	C	B
1	10 ⁻⁴ a 10 ⁻³	D	D	D	D	C	C

Clasificación

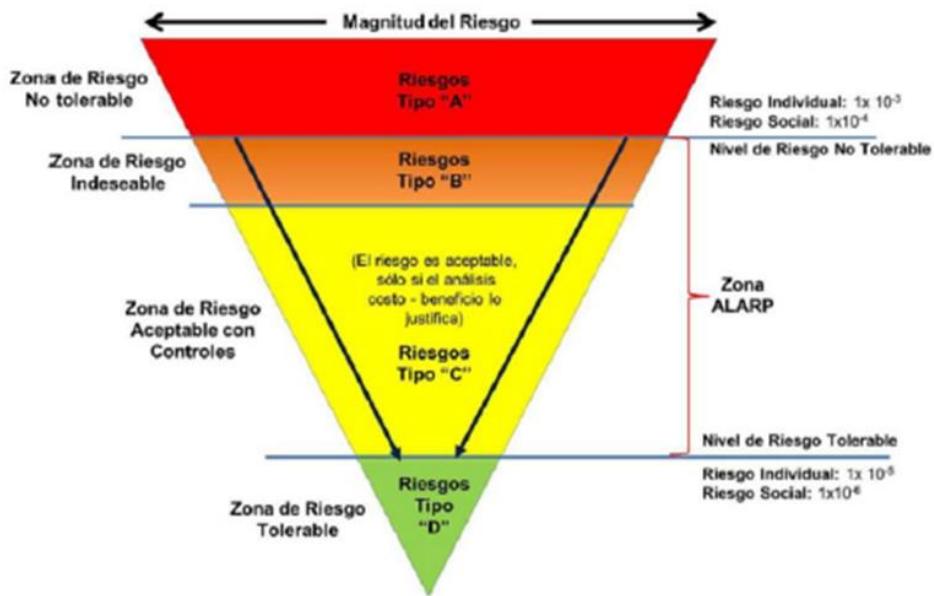
A: Riesgo no tolerable
B: Riesgo indeseable
C: Riesgo aceptable, pero con controles
D: Riesgo tolerable

Tabla V.25. Índices de riesgo

Índice de riesgo	Jerarquización / clasificación de riesgo	Descripción
A	Riesgo No Tolerable (Tipo A).	Riesgo No Tolerable (Tipo A): El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas temporales y permanentes. Un riesgo Tipo "A" representa una situación de riesgo no tolerable y deben establecerse Controles Temporales Inmediatos si se requiere continuar operando. Se debe realizar una administración de riesgos temporal y permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a Tipo "C". En caso de identificar un Riesgo Tipo "A" , se debe emplazar a la instalación o equipo por un periodo de 7 días naturales , para lo cual la MACT debe presentar al área de ASIPA correspondiente su Programa de Acciones Correctivas y Preventivas temporales y permanentes para la reducción de riesgos a tipo "C" para ser sancionado. La conclusión de las acciones correctivas y preventivas " Temporales " no deben ser mayores a 30 días naturales y la de las acciones correctivas y preventivas " Permanentes " no deben ser mayores a 90 días naturales después de entregar sus Programas de Acciones. El plazo de 90 días puede incrementarse siempre y cuando la atención del programa de Acciones Correctivas y Preventivas " Permanentes " lo justifique y esté autorizado por la MACT responsable de la instalación.
B	Riesgo indeseable (Tipo B)	Riesgo Indeseable (Tipo B): El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas permanentes. Un riesgo Tipo "B" representa una situación de riesgo Indeseable y deben establecerse Controles permanentes inmediatos. Se debe realizar una administración de riesgos permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos permanentes hasta reducirlo a Tipo "C" y en el mejor de los casos, hasta riesgo Tipo "D". En caso de identificar un Riesgo Tipo "B" , se debe emplazar a la instalación o equipos por un periodo de 15 días naturales para que la MACT debe presentar al área de ASIPA su Programa de Acciones Correctivas y Preventivas " Permanentes " para la reducción de los riesgos a tipo "C" o "D" para ser sancionado. La conclusión de las Acciones Correctivas y Preventivas permanentes no debe ser mayores a 180 días naturales después de entregar el Programa de Acciones Correctivas Permanente. Si la solución requiere de un plazo mayor, se deben establecer Controles Temporales Inmediatos, las cuales deben atenderse en un plazo no mayor a 30 días naturales después de entregar el Programa de Acciones Correctivas y Preventivas permanentes. La atención de estos riesgos no se determina en función de un Análisis Costo Beneficio.
C	Riesgo Aceptable, pero con controles (Tipo C)	Región Aceptable con Controles (Tipo C): El riesgo es significativo, pero se pueden gestionar con controles administrativos. Un riesgo Tipo "C" representa una situación de riesgo Aceptable siempre y cuando se establezcan Controles Permanentes. Las acciones correctivas y preventivas permanentes que se definen para atender estos hallazgos, deben darse en un plazo no mayor a 180 días. La administración de un riesgo Tipo "C" debe enfocarse en la Disciplina Operativa y en la Confiabilidad de las diferentes Capas de Seguridad y/o Sistemas de Protección. La prioridad de su atención para reducirlos a riesgos tipo "D", debe estar en función de un Análisis Costo Beneficio de las acciones correctivas y preventivas establecidas para dar atención a las recomendaciones emitidas para Administrar los Riesgos Identificados.
D	Riesgo Tolerable (Tipo D)	Riesgo Tolerable (Tipo D): El riesgo no requiere de acciones correctivas y preventivas adicionales, es de bajo impacto. Un riesgo Tipo "D" representa una situación de riesgo tolerable. Se debe continuar con los programas de trabajo para mantener la integridad de las capas de protección.

Cada uno de los peligros evaluados para la identificación de riesgos dentro de la metodología What if...? se clasificarán por medio de una matriz de riesgos donde se identificarán, por medio de la jerarquización, los posibles escenarios o incidentes en las áreas del proceso.

Las regiones de los niveles de riesgo por escenario se adecuan según el siguiente gráfico y definiciones con la previa evaluación obtenida.



Región de Riesgo No Tolerable o Intolerable: no debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos limitados, debe prohibirse el trabajo.

Región de Riesgo Indescriptible: No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya corregido el riesgo, puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando debe remediar el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.

Zona ALARP: As Low As Reasonably Practicable", (en español, "tan bajo como sea razonablemente factible"), es un término común en la normativa británica en el campo de la seguridad laboral y en particular la seguridad de sistemas críticos. El principio ALARP es que el riesgo residual debe ser tan bajo como sea razonablemente factible.

Riesgo Aceptable, pero con controles: se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implementarse en un periodo determinado.

Nivel de riesgo Tolerable: no se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo, se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica impórtante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo se mantiene en este nivel.

 <i>Una Nueva Opción</i>	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH
	ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023

NO. DE VER. 01

Cabe destacar, que dentro de cada una de las casillas se irán vaciando la cantidad de eventos que correspondan, toda vez que ya se hayan ubicado los eventos analizados en la zona correspondiente, interceptando los rubros de severidad y probabilidad de ocurrencia. Lo anterior es con la intención de observar la cantidad de eventos que se ubican dentro de las diferentes zonas de riesgo, con la finalidad de identificar y detallar las posibles fallas que recaen en la zona de alto riesgo para su posterior análisis. Una vez identificados los eventos y/o fallas dentro de la zona de alto riesgo se procede a detallar de una forma breve dichos eventos y sus posibles consecuencias con el objetivo de tener una visión más amplia de los posibles escenarios que pudieran presentarse (consecuencias) y las posibles acciones correctivas a considerar para la prevención y/o mitigación del riesgo asociado.

Dentro del análisis y evaluación de riesgos del proyecto de una planta de distribución de GLP se consideran diversos eventos, cabe destacar que la probabilidad de ocurrencia de dichos eventos que resultan ser poco probables debido a los sistemas de seguridad previstos, y a los procedimientos de seguridad que se implementan en las instalaciones. De igual forma, se revisó el equipamiento, los procedimientos y todas las acciones precautorias de seguridad de acuerdo a la experiencia que se posee de otros proyectos semejantes.

En el **“Anexo A. Anexos de la guía”**, se integra la aplicación de la técnica de evaluación de peligros What-If? para las áreas de la Planta de Distribución de Gas L.P. propiedad de Nuevo Gas, S.A de C.V., así como la distribución de Gas L.P. mediante autotanques.



 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016					
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH					
	ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023					NO. DE VER. 01

INTERPRETACIÓN DE LA MATRIZ DE RESULTADOS

Tabla V.26. Matriz de riesgo por daños al personal

Frecuencias	Rango	Consecuencias					
		1	2	3	4	5	6
6	>1.0	C	B	A	A	A	A
5	2 X10 ⁻¹ a 1.0	C	C	B	B	A	A
4	10 ⁻¹ a 2 X10 ⁻¹	D	C	C	B	B	A
3	10 ⁻² a 10 ⁻¹	D	C	C	C	B	A
2	10 ⁻³ a 10 ⁻²	D	D	C	C	C	B
1	10 ⁻⁴ a 10 ⁻³	D	D	D	D	C	C

Clasificación

A: Riesgo no tolerable
B: Riesgo indeseable
C: Riesgo aceptable, pero con controles
D: Riesgo tolerable



 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016					
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH					
	ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023					NO. DE VER. 01

Tabla V.27. Matriz de riesgo por efectos en la población

Frecuencias	Rango	Consecuencias					
		1	2	3	4	5	6
6	>1.0	C	B	A	A	A	A
5	2 X10 ⁻¹ a 1.0	C	C	B	B	A	A
4	10 ⁻¹ a 2 X10 ⁻¹	D	C	C	B	B	A
3	10 ⁻² a 10 ⁻¹	D	C	C	C	B	A
2	10 ⁻³ a 10 ⁻²	D	D	C	C	C	B
1	10 ⁻⁴ a 10 ⁻³	D	D	D	D	C	C

Clasificación

A: Riesgo no tolerable

B: Riesgo indeseable

C: Riesgo aceptable, pero con controles

D: Riesgo tolerable



CONSULTORES ASOCIADOS EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.

PRIVADA 19 SUR 1907, COLONIA SANTIAGO, EN PUEBLA, PUEBLA. C.P. 72160. TEL: 222 281-02-89.

e - mail: a h g . c o n s u l t o r e s a m b i e n t a l e s @ g m a i l . c o m

 Una Nueva Opción	NUEVO GAS, S.A. DE C.V.					
	DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN					
	Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016					
ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH				NO. DE VER. 01		
ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023				NO. DE VER. 01		

Tabla V.28. Matriz de riesgo por impacto ambiental

Frecuencias	Rango	Consecuencias					
		1	2	3	4	5	6
6	>1.0	C	B	A	A	A	A
5	2 X10 ⁻¹ a 1.0	C	C	B	B	A	A
4	10 ⁻¹ a 2 X10 ⁻¹	D	C	C	B	B	A
3	10 ⁻² a 10 ⁻¹	D	C	C	C	B	A
2	10 ⁻³ a 10 ⁻²	D	D	C	C	C	B
1	10 ⁻⁴ a 10 ⁻³	D	D	D	D	C	C

Clasificación

A: Riesgo no tolerable

B: Riesgo indeseable

C: Riesgo aceptable, pero con controles

D: Riesgo tolerable



CONSULTORES ASOCIADOS EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.

PRIVADA 19 SUR 1907, COLONIA SANTIAGO, EN PUEBLA, PUEBLA. C.P. 72160. TEL: 222 281-02-89.

e - mail: a h g . c o n s u l t o r e s a m b i e n t a l e s @ g m a i l . c o m

 Una Nueva Opción	N U E V O G A S S. A. D E C. V. DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016					
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH					
	ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023					NO. DE VER. 01

Tabla V.29. Matriz de riesgo por daños a instalaciones

Frecuencias	Rango	Consecuencias					
		1	2	3	4	5	6
6	>1.0	C	B	A	A	A	A
5	2 X10 ⁻¹ a 1.0	C	C	B	B	A	A
4	10 ⁻¹ a 2 X10 ⁻¹	D	C	C	B	B	A
3	10 ⁻² a 10 ⁻¹	D	C	C	C	B	A
2	10 ⁻³ a 10 ⁻²	D	D	C	C	C	B
1	10 ⁻⁴ a 10 ⁻³	D	D	D	D	C	C

Clasificación

A: Riesgo no tolerable
 B: Riesgo indeseable
 C: Riesgo aceptable, pero con controles
 D: Riesgo tolerable

Resultados derivados del What if...?

Derivado de la jerarquización de escenarios para la Planta de distribución de Gas L.P., se determinó que, en el rubro de daños al personal, el 19% de los escenarios se encuentran catalogados con un tipo de riesgo indeseable, mientras que un 17% se ubica como un riesgo aceptable, pero con controles. Y el 62% de los eventos restantes recaen en la zona de riesgo tolerable.

En cuanto a efectos en la población se refiere, son muy pocos los eventos que se ubican en la zona de riesgo indeseable, con el 8% del total de los casos, mientras que, en la zona de riesgo aceptable, pero con controles se ubica el 29% de los casos y un 63% son riesgos tolerables.

Del mismo modo, se tomó en cuenta el impacto ambiental que los eventos podrían generar, dando como resultado que el 6% de estos se ubicarían en la zona de riesgo indeseable, en tanto que, el 22% de los casos presentan un riesgo aceptable, pero con controles y, el 72% se ubicaría en la zona de riesgo tolerable.

En cuanto al riesgo por daño a instalaciones, se encontró que únicamente el 6% de los casos representaría un riesgo indeseable, en tanto que, el 22% representaría un daño aceptable, pero con controles y el 72% se ubica en la zona de riesgo tolerable.



 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN <small>Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016</small>							
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH							
	ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023							NO. DE VER. 01

V.1.4. Determinación de los escenarios de riesgo.

Para la determinación de los escenarios de riesgo de la Planta de Distribución de Gas L.P., se consideran aquellos resultantes de la metodología What if...? así como los que se ubican en la zona de riesgo aceptable pero con controles (zona ALARP), y riesgos de tipo indeseable para el posterior análisis de consecuencias.

Tabla V.30. Determinación de los escenarios de riesgo

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo (frecuencia por consecuencia)	Región de riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Identificación del subsistema	Sustancia involucrada
1	005	BLEVE del recipiente de almacenamiento debido a la pérdida de la integridad mecánica del recipiente a causa de un impacto mecánico sobre la superficie del tanque de 110,000 litros.	3 x 6	A – Riesgo No Tolerable	3 (Raro) Ocurre una o más veces en un periodo mayor a 10 años.	6 (Catastrófico) Lesiones o daños físicos que puedan generar más de 10 fatalidades.	Subsistema 1.2. Almacenamiento 1.2.4	Gas L.P.
			3 x 5	B – Riesgo Indeseable		5 (Mayor) Lesiones o daños físicos que puedan generar de 6 a 30 fatalidades.		
			3 x 5	B – Riesgo Indeseable		5 (Mayor) Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de 1 día hasta 1 semana.		
			3 x 5	B – Riesgo Indeseable		5 (Mayor) >50,000.000 a 500,000.000		



CONSULTORES ASOCIADOS EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.

PRIVADA 19 SUR 1907, COLONIA SANTIAGO, EN PUEBLA, PUEBLA. C.P. 72160. TEL: 222 281-02-89.

e - m a i l : a h g . c o n s u l t o r e s a m b i e n t a l e s @ g m a i l . c o m

 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH		
	ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01	

De acuerdo con la jerarquización anterior de los Escenarios de Riesgo, se establecen los escenarios de los más probables, los peores casos (BLEVE del carro-tanque, recipientes de almacenamiento de Gas L.P. y autotanque, donde la liberación de la sustancia es total y masiva), como se describen a continuación:

Tabla V.31. Escenarios de Riesgo

CLAVE DEL ESCENARIO IDENTIFICADO	SUBSISTEMA	DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO	TIPO DE CASO
ESC. 001. Fuga de Gas L.P. debido al desacoplamiento de la manguera de trasiego en fase líquida.	1.1. Recepción de carro-tanques	<p>Si al momento de que el carro-tanque se encuentre descargando el Gas L.P., el operador no conectara correctamente el acoplador de la manguera de líquido con la válvula de descarga, provocando el desprendimiento súbito de la manguera. Ante esta situación se considera que: se activa el paro de emergencia del compresor, dejando de inyectar vapor hacia el carro-tanque y el cierre automático de la fuga por medio del indicador de flujo tipo mirilla con función de no retroceso, ubicado en la tubería que dirige gas hacia el almacenamiento.</p> <p>Por lo que la masa fugada será la equivalente a la contenida en la manguera y en el tramo de 2.5 m de tubería de 51 mm de diámetro y que va hasta el indicador de flujo de gas con un no retroceso incorporado. Se considera que la manguera tiene un diámetro de 51 mm y una longitud de 3.0 metros. La masa fugada de GLP en fase líquida, por el cambio en la presión, produciría una evaporación súbita formando una nube de vapor no confinada la cual, dependiendo de las condiciones ambientales, la presencia de fuentes de ignición y los obstáculos que puedan provocar turbulencia en la nube, tendría lugar a una explosión y/o a una llamada o ambas.</p>	Caso más probable
ESC. 002. Fuga de Gas L.P. a través de la válvula de descarga del carro-tanque debido al desprendimiento de la manguera de líquido mientras el compresor sigue funcionando.	1.1 Recepción de carro-tanques	<p>Suponiendo que ocurriría el evento anterior (desprendimiento de la manguera de gas líquido durante la descarga) y la manguera de vapor se mantiene en su posición y el compresor sigue funcionando inyectando vapor al carro-tanque.</p> <p>Asimismo, el tipo de liberación a través de la válvula de descarga del carro-tanque es continua, formando una pluma que alcanzará su máxima extensión y se mantendrá durante todo el tiempo que dure la descarga. Se considera un tiempo de respuesta de 60 s.</p> <p>El compresor utilizado para el trasiego de Gas L.P. del semirremolque al recipiente de almacenamiento es marca Blackmer modelo LB 942 con una capacidad nominal de líquido de 2,650 LPM (123 GPM). La emisión de Gas L.P. a través de la válvula de descarga del carro-tanque se da mediante un chorro presurizado que se desplaza horizontalmente conforme a la capacidad del compresor, la cual ante la presencia de una fuente de ignición formará un dardo de fuego (Jet fire), donde el principal efecto negativo de este tipo de evento fundamentalmente es la radiación térmica generada por el incendio.</p>	Caso alterno
ESC. 003. BLEVE del carro-tanque debido al calentamiento de este a causa de la radiación térmica que genera el dardo de fuego originado por el chorro presurizado por el desprendimiento de la manguera de líquido mientras el compresor sigue funcionando.	1.1. Recepción de carro-tanques	<p>Suponiendo que el escenario anterior ocurriría, y se desarrollara un incendio en la zona la cual por las distancias obtenidas alcanzarían al carro-tanque y este no fuera sofocado a la brevedad, desencadenándose una serie de sucesos que permitirían dar paso al calentamiento del gas l.p. al interior del recipiente, el cual al expandirse y crear una fase de vapor mayor, podría llegar a generar el accionamiento de la válvula de seguridad del carro-tanque, y si el incendio continua la fase vapor incrementará dentro del recipiente hasta que la fase gaseosa sea mucho mayor, y dicha expansión constituirá la BLEVE del carro-tanque.</p> <p>Se considera que al producirse la BLEVE se vacía el carro-tanque, el cual contiene gas líquido en 80% de su capacidad aproximadamente, esto es, contiene 102,000 litros – ya que se considera que el semirremolque cuenta con una capacidad total por 127,500 litros.</p>	Peor caso
ESC. 004.1. BLEVE del recipiente de almacenamiento debido a la pérdida de la integridad mecánica del recipiente a causa de un impacto mecánico sobre la superficie del recipiente de 250,000 litros.	1.2. Almacenamiento de Gas L.P.	<p>BLEVE del recipiente de almacenamiento de Gas L.P. con capacidad de 250,000 litros a consecuencia de que un fragmento producto de la BLEVE del carro-tanque impacte la superficie del tanque de almacenamiento, provocando que este pierda su integridad mecánica dando lugar a la liberación instantánea de grandes cantidades de Gas L.P. en estado líquido, provocando que el gas licuado se encuentre súbitamente a la presión atmosférica y que este se evapore instantáneamente, generándose así una cantidad de vapor mucho mayor que la fase gaseosa ya contenida en el recipiente, en donde la expansión del vapor generado constituirá la BLEVE del recipiente.</p> <p>Se considerará que durante este suceso el recipiente se encuentra al 80% de su capacidad, esto es 200,000 litros.</p>	Peor caso



CONSULTORES ASOCIADOS EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.

PRIVADA 19 SUR 1907, COLONIA SANTIAGO, EN PUEBLA, PUEBLA. C.P. 72160. TEL: 222 281-02-89.

e - mail: a h g . c o n s u l t o r e s a m b i e n t a l e s @ g m a i l . c o m

Tabla V.31. Escenarios de Riesgo (Continuación)

CLAVE DEL ESCENARIO IDENTIFICADO	SUBSISTEMA	DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO	TIPO DE CASO
ESC. 004.2. BLEVE del recipiente de almacenamiento debido a la pérdida de la integridad mecánica del recipiente a causa de un impacto mecánico sobre la superficie del recipiente de 450,000 litros.	1.2. Almacenamiento de Gas L.P.	<p>BLEVE del recipiente de almacenamiento de Gas L.P. con capacidad de 450,000 litros a consecuencia de que un fragmento producto de la BLEVE del carro-tanque impacte la superficie del tanque de almacenamiento, provocando que este pierda su integridad mecánica dando lugar a la liberación instantánea de grandes cantidades de Gas L.P. en estado líquido, provocando que el gas licuado se encuentre súbitamente a la presión atmosférica y que este se evapore instantáneamente, generándose así una cantidad de vapor mucho mayor que la fase gaseosa ya contenida en el recipiente, en donde la expansión del vapor generado constituirá la BLEVE del recipiente.</p> <p>Se considerará que durante este suceso el recipiente se encuentra al 80% de su capacidad, esto es 360,000 litros.</p>	Peor caso
ESC. 005. Fuga de Gas L.P. ocasionada por el desprendimiento de la manguera de líquido durante el trasiego de Gas L.P. a un auto-tanque.	1.3. Suministro de GLP a autotanques.	<p>Si un autotanque estuviera cargando GLP y el operador no conectara correctamente el acoplador de la manguera de líquido con la válvula ubicada en la parte posterior del autotanque provocando el desprendimiento de la manguera, y que ante este súbito desprendimiento la <u>válvula de exceso de flujo instalada en la línea de líquido no cerrara oportunamente</u> se tendría la fuga de GLP, equivalente al contenido atrapado en la manguera y a la capacidad nominal de la tubería de gas líquido la cual tiene una longitud de 15.80 m (51 mm Ø) y 13.80 m (76 mm Ø), así como la cantidad que deja escapar <u>la bomba</u> en medio minuto, tomando en consideración que se están bombeando 454 LPM (120 GPM) a una presión de 3.0 kg/cm².</p> <p>Consideraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La actuación (cierre automático) de las válvulas de exceso de flujo tiene sus limitaciones, una vez que existen diversas causas de falla en el cierre las cuales pueden deberse a restricciones en el sistema de tuberías, rotura o daño en la línea corriente abajo no suficiente para cerrar la válvula, válvula de cierre en la línea parcialmente abierta, presión de gas I.p. corriente arriba de la válvula de exceso de flujo no suficientemente alta para producir un volumen de flujo de cierre, o bien, materia foránea alojada en la válvula que no permite el cierre. <i>ECCI Engineered Controls International, Inc. REGO Guía L-102-SV</i> - Tiempo de respuesta equivalente a medio minuto, debido a que en la línea se cuenta con una válvula de cierre de emergencia con actuador eléctrico, proporcionando el cierre automático, por lo que se considera este tiempo razonable para realizar la modelación. - Por las características del incidente, la masa fugada de GLP saldrá disparada como chorro horizontal <p>De la emisión que resulta del funcionamiento de la bomba y en caso de que exista una fuente de ignición en el punto de escape, se generaría un dardo de fuego. Asimismo, se considera que, por el cambio en la presión, produciría una evaporación súbita formando una nube de vapor no confinada la cual, dependiendo de las condiciones ambientales, la presencia de fuentes de ignición y los obstáculos que puedan provocar turbulencia en la nube, se daría lugar a una explosión y/o a una llamada o ambas.</p>	Caso más probable
ESC. 006. Fuga de Gas L.P. a través del sello mecánico de la bomba de trasiego provocado por cavitación de la misma.	1.3 Suministro de GLP a autotanques.	<p>Fuga de Gas L.P. a través del sello mecánico de la bomba marca Blackmer modelo LGL3E. El diámetro equivalente de fuga es de ¼".</p> <ul style="list-style-type: none"> - El daño al sello mecánico de la bomba puede ser ocasionado por operación de la bomba en seco, vibración excesiva, cavitación, etc. - Se propone un tiempo de fuga equivalente a 30 minutos. - El tipo de liberación es continua. <p>Por las características de la fuente, la masa fugada de Gas L.P. será emitida a la atmósfera mediante una emisión continua, la cual ante una ignición rápida formará un dardo de fuego. No obstante, si la ignición no ocurre inmediatamente después del inicio del escape, hay la posibilidad de que la nube de vapor inflamable evolucione, aumentando la posibilidad de que la misma encuentre un punto de ignición a cierta distancia del origen de la fuga; esta ignición retardada provocará la llamada y, eventualmente, una explosión con efectos mecánicos.</p>	Caso más probable

 Una Nueva Opción	<p style="text-align: center;">N U E V O G A S , S . A . D E C . V .</p> <p style="text-align: center;">DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN</p> <p style="text-align: center;">Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH</p>		
		ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01

Tabla V.31. Escenarios de Riesgo (Continuación)

CLAVE DEL ESCENARIO IDENTIFICADO	SUBSISTEMA	DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO	TIPO DE CASO
ESC. 007. Fuga de Gas L.P. ocasionada por el desprendimiento de la manguera de líquido durante el trasiego de Gas L.P. a un semirremolque.	1.3 Suministro de GLP a semirremolques.	<p>Si un semirremolque estuviera cargando GLP y el operador no conectara correctamente el acoplador de la manguera de líquido con la válvula de descarga del semirremolque provocando el desprendimiento de la manguera, y que ante este súbito desprendimiento la <u>válvula de exceso de flujo instalada en la línea de líquido no cerrara oportunamente</u> se tendría la fuga de GLP, equivalente al contenido atrapado en la manguera y a la capacidad nominal de la tubería de gas líquido la cual tiene una longitud de 3.75 m (51 mm Ø) y 18.25 m (76 mm Ø), así como la cantidad que deja escapar <u>la bomba</u> en medio minuto, tomando en consideración que se están bombeando 1,446 LPM (382 GPM) a una presión de 8.7 kg/cm².</p> <p>Consideraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La actuación (cierre automático) de las válvulas de exceso de flujo tiene sus limitaciones, una vez que existen diversas causas de falla en el cierre las cuales pueden deberse a restricciones en el sistema de tuberías, rotura o daño en la línea corriente abajo no suficiente para cerrar la válvula, válvula de cierre en la línea parcialmente abierta, presión de gas l.p. corriente arriba de la válvula de exceso de flujo no suficientemente alta para producir un volumen de flujo de cierre, o bien, materia foránea alojada en la válvula que no permite el cierre. <i>ECCI Engineered Controls International, Inc. REGO Guía L-102-SV</i> - Tiempo de respuesta equivalente a medio minuto, debido a que en la línea se cuenta con una válvula de cierre de emergencia con actuador eléctrico, proporcionando el cierre automático, por lo que se considera este tiempo razonable para realizar la modelación. - Por las características del incidente, la masa fugada de GLP saldrá disparada como chorro horizontal <p>De la emisión que resulta del funcionamiento de la bomba y en caso de que exista una fuente de ignición en el punto de escape, se generaría un dardo de fuego. Asimismo, se considera que, por el cambio en la presión, produciría una evaporación súbita formando una nube de vapor no confinada la cual, dependiendo de las condiciones ambientales, la presencia de fuentes de ignición y los obstáculos que puedan provocar turbulencia en la nube, se daría lugar a una explosión y/o a una llamarada o ambas.</p>	Caso más probable
ESC. 008. Fuga de Gas L.P. a través del sello mecánico de la bomba de trasiego provocado por cavitación de la misma.	1.3 Suministro de GLP a semirremolques.	<p>Fuga de Gas L.P. a través del sello mecánico de la bomba marca Corken modelo Z4500. El diámetro equivalente de fuga es de 1/4".</p> <ul style="list-style-type: none"> - El daño al sello mecánico de la bomba puede ser ocasionado por operación de la bomba en seco, vibración excesiva, cavitación, etc. - Se propone un tiempo de fuga equivalente a 30 minutos. - El tipo de liberación es continua. <p>Por las características de la fuente, la masa fugada de Gas L.P. será emitida a la atmósfera mediante una emisión continua, la cual ante una ignición rápida formará un dardo de fuego. No obstante, si la ignición no ocurre inmediatamente después del inicio del escape, hay la posibilidad de que la nube de vapor inflamable evolucione, aumentando la posibilidad de que la misma encuentre un punto de ignición a cierta distancia del origen de la fuga; esta ignición retardada provocará la llamarada y, eventualmente, una explosión con efectos mecánicos.</p>	Caso alterno
ESC. 009. BLEVE del semirremolque debido al calentamiento de este a causa de la radiación térmica que genera el dardo de fuego originado por la fuga de Gas L.P. a través del sello mecánico de la bomba.	1.4. Suministro de GLP a semirremolques.	<p>Durante el desarrollo del escenario anterior se considera que el incendio no es controlado, la cual incide en la parte baja de este, lo que haría que aumente la presión interna dentro del recipiente y cuando la presión alcance cierto valor, entrará en funcionamiento la válvula de seguridad, sin embargo, con el funcionamiento de esta, el nivel del líquido descenderá exponiendo una mayor área del tanque sin líquido a la radiación, lo que disminuirá su resistencia mecánica.</p> <p>Se considera que al producirse la BLEVE se vacía el semirremolque, el cual contiene gas líquido en 80% de su capacidad aproximadamente, esto es, contiene 36,990 litros – ya que se considera que el semirremolque cuenta con una capacidad total por 41,100 litros.</p>	Peor caso



 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH		
		ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01

Tabla V.31. Escenarios de Riesgo (Continuación)

CLAVE DEL ESCENARIO IDENTIFICADO	SUBSISTEMA	DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO	TIPO DE CASO
ESC. 010. Fuga de Gas L.P. a través del sello mecánico de la bomba de trasiego provocado por cavitación en el auto-tanque.	6.1 Bomba del auto-tanque.	<p>Fuga de Gas L.P. a través del sello mecánico de la bomba Blackmer TLGLF3 en un autotanque. El diámetro equivalente de fuga es de 0.0127 m.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El daño al sello mecánico de la bomba puede ser ocasionado por operación de la bomba en seco, vibración excesiva, cavitación, etc. • Se propone un tiempo de fuga equivalente a 10 minutos, en función a la respuesta del operador de la unidad. • El tipo de liberación es continua. <p>Por las características de la fuente, la masa fugada de Gas L.P. será emitida a la atmósfera mediante una emisión continua, la cual ante una ignición rápida formará un dardo de fuego. No obstante, si la ignición no ocurre inmediatamente después del inicio del escape, hay la posibilidad de que la nube de vapor inflamable evolucione, aumentando la posibilidad de que la misma encuentre un punto de ignición a cierta distancia del origen de la fuga; esta ignición retardada provocará la llamada y, eventualmente, una explosión con efectos mecánicos.</p>	Caso más probable
ESC. 011. BLEVE del auto-tanque debido a la pérdida de la integridad mecánica del recipiente a causa de un impacto mecánico sobre la superficie del tanque de 3,300 litros.	6.2. Auto-tanque	<p>Si por el exceso de velocidad con el que se maneja el auto-tanque, el operador perdiera el control ocasionando la volcadura de la unidad y este a su vez se fracturara, provocando que este pierda su integridad mecánica dando lugar a la liberación instantánea del Gas L.P. en estado líquido, provocando que el gas licuado se encuentre súbitamente a la presión atmosférica y que este se evapore instantáneamente, generándose así una cantidad de vapor mucho mayor que la fase gaseosa ya contenida en el recipiente, en donde la expansión del vapor generado constituirá la BLEVE del auto-tanque.</p> <p>Se considerará que durante este suceso el recipiente se encuentra al 80% de su capacidad, esto es 4,160 litros.</p>	Peor caso



CONSULTORES ASOCIADOS EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.

PRIVADA 19 SUR 1907, COLONIA SANTIAGO, EN PUEBLA, PUEBLA. C.P. 72160. TEL: 222 281-02-89.

e - m a i l : a h g . c o n s u l t o r e s a m b i e n t a l e s @ g m a i l . c o m

V.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGO.

V.2.1. Análisis de frecuencias.

ÁRBOL DE FALLAS. (FTA. Fault Tree Analysis)

El análisis detallado de frecuencias tiene como objetivo la estimación de la probabilidad o la frecuencia de las situaciones (consecuencias) no deseadas identificadas durante la evaluación cualitativa de riesgos.

El Árbol de Fallas, es una técnica deductiva que asume que un evento indeseado (evento tope y/o máximo) ha ocurrido y busca los elementos contribuyentes (eventos básicos), ya sean éstos fallas de equipo, errores humanos o eventos externos. En la aplicación de esta técnica se construye un diagrama lógico (árbol de fallas) que utiliza símbolos de álgebra Booleana, donde las ramas del árbol de fallas representan combinaciones de eventos capaces de ocasionar un evento tope y/o máximo.

Este método de evaluación analiza diversos aspectos de riesgo y es capaz de evaluar su magnitud y su probabilidad, por lo que se considera un método de evaluación cualitativo y cuantitativo.

Como método cuantitativo el árbol de fallas nos permite evaluar la probabilidad de pérdida y compararla con la magnitud de la pérdida, acciones que por tradición se han venido haciendo intuitivamente en la industria, sin la cuantificación de las probabilidades, de tal manera que difícilmente se toma una decisión con el pleno conocimiento de falla.

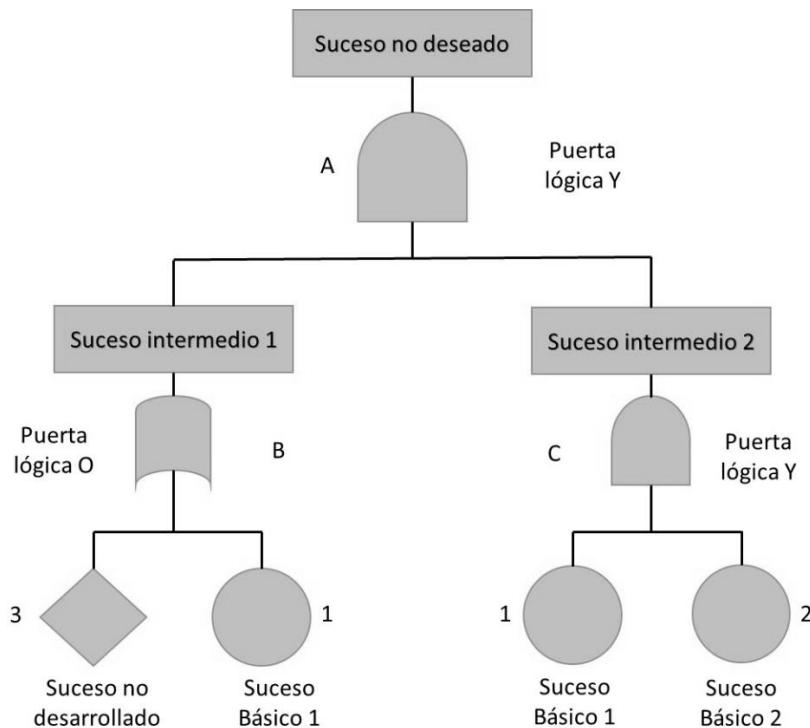


Figura V.4. Representación de un árbol de fallas.

 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01
---	--	----------------

Construcción del árbol de fallas

El árbol de fallas es un diagrama lógico en el cual cada evento o condición se muestra como una consecuencia lógica de la combinación de otros eventos o condiciones.

Pueden existir tres tipos de falla las cuales son:

- ♠ Fallas primarias: Aquellas en las que el componente es incapaz de desempeñar su función de diseño y bajo condiciones normales de operación
- ♠ Fallas secundarias: Aquellas causadas por fuerzas o efectos ajenos al sistema
- ♠ Fallas de mando: Aquellas que ocurren cuando el componente falla por condiciones de proceso excesivas

Para obtener un árbol de fallas adecuado es necesario contar con un diagrama de flujo que muestre todos los equipos involucrados, líneas de flujo, conexiones de arranque y auxiliares, elementos primarios de instrumentación, etc.

Para elaborar un árbol de fallas se sigue un procedimiento inductivo: desde los sucesos capitales (SC) hasta los sucesos básicos, iniciadores o causales (SB).

Algunos de los símbolos usados en el desarrollo del árbol de fallas se muestran a continuación:

- ♠ **Evento Tope.** El símbolo usado para indicar eventos indeseados es un rectángulo.
- ♠ **Compuerta “O” y Compuerta “Y”.** Un símbolo para una compuerta “O” es usado para indicar que cualquiera de los sub-eventos que sucedan, ocasionarán que el evento inmediatamente arriba de la compuerta ocurra. Un símbolo para una compuerta “Y” es usado para indicar que cuando todos los sub eventos ocurren simultáneamente, estos ocasionarán que el evento inmediatamente arriba de la compuerta ocurra.
- ♠ **Evento no desarrollado.** Las causas secundarias son puntos de paro escogidos porque no hay necesidad de información adicional y su símbolo es un diamante.
- ♠ **Evento externo.** El símbolo usado para indicar algo que “siempre” está ocurriendo o que “nunca ocurre” es una casa.
- ♠ **Evento condicionante.** Un ovalo es utilizado para indicar condiciones adicionales o situaciones que deben estar presentes en las compuertas a las cuales esta adherido, para permitir que el evento arriba de la compuerta ocurra.
- ♠ **Evento básico.** El símbolo usado para indicar una causa primaria o fundamental de un evento indeseado es un círculo.

La secuencia para la construcción del árbol de fallas es:

- ♠ Definir el evento máximo (falla del sistema de interés)
- ♠ Definir los límites y condiciones iniciales
- ♠ Definir la estructura del árbol
- ♠ Seguir el flujo de las fallas
- ♠ Hacer el árbol de fallas adecuado al propósito del estudio



 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01
---	---	----------------

Los pasos que anteceden al análisis cuantitativo en la aplicación de los árboles de falla son:

- ♠ Definir el sistema a ser analizado
- ♠ Construir el modelo lógico (árbol de fallas)
- ♠ Análisis cualitativo

Simbología de los Eventos Usados en la Construcción de Árboles de Fallas

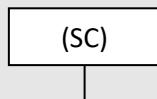
Se emplean símbolos lógicos para expresar relaciones e interacciones. A continuación, se definen las más usuales:

Relación causa – efecto: líneas _____

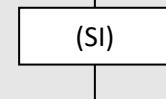
Sucesos:

- SC:** Suceso capital, de cabecera o complejo.
SI: Suceso intermedio.
SB: Suceso básico iniciador, causal o sencillo.
SND: Suceso no desarrollado porque no hay información o porque no se considera necesario. Se procesa como un SB.
SN: Suceso normal (condiciones operativas normales de diseño) o externo. Se procesa como un SB.

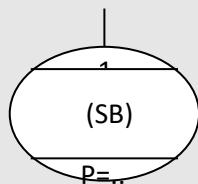
Suceso capital:



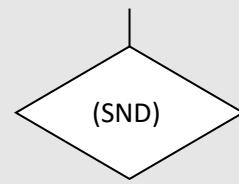
Suceso intermedio:



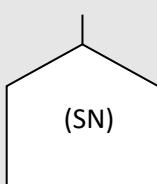
Suceso básico iniciador o causal:



Suceso no desarrollado:

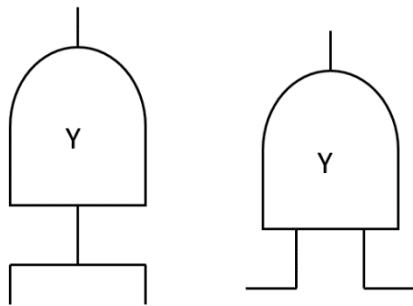


Suceso normal o externo:



Interacciones entre sucesos: Puertas lógicas.

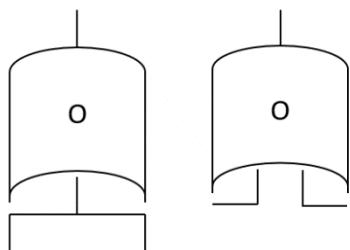
La puerta “Y”:



Para que ocurra el suceso inmediatamente superior deben ocurrir **todos** los sucesos conectados por la parte inferior del símbolo.

La probabilidad compuesta transmitida por la salida superior del símbolo es igual al *producto* de las probabilidades individuales que acceden o conectan por la parte inferior del mismo. La probabilidad se parte a través de una puerta “y”: el producto de dos factores menores que 1 es aún menor.

La puerta “O”:



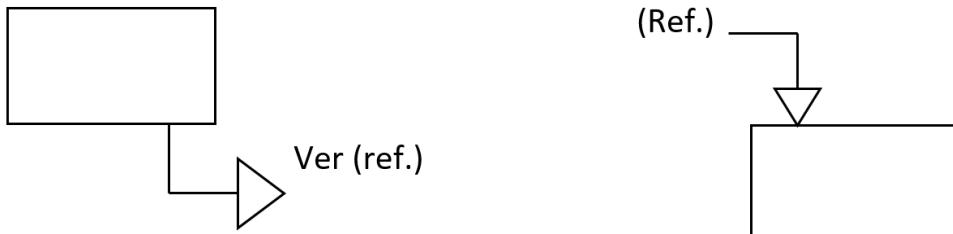
Para que ocurra el suceso inmediatamente superior basta que ocurra cualquiera de los sucesos conectados por la parte inferior del símbolo.

La probabilidad compuesta transmitida por la salida superior del símbolo es igual a la *suma* de las probabilidades individuales que acceden o conectan por la parte inferior del mismo. La probabilidad se transmite entera a través de una puerta “o”.

Símbolos de transferencia:

Se utilizan para enviar, de unas hojas a otras, partes de los árboles de fallas. Suelen añadirse a un suceso intermedio.

Principal (remite a):



Con base en las memorias técnicas descriptivas y los planos de la ingeniería de detalle de la Planta de Distribución de Gas L.P., se identificaron las siguientes áreas de riesgo:

 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01
---	---	----------------

- ⇒ Recepción de carro-tanques.
- ⇒ Almacenamiento de Gas L.P.
- ⇒ Suministro de Gas L.P. a auto-tanques.
- ⇒ Suministro de Gas L.P. a semirremolques.

Asimismo, se identificaron escenarios de riesgo debido a la distribución de Gas L.P. mediante auto-tanques.

De manera general se puede definir que los “*eventos tope*” para la operación de la *Planta de distribución de Gas L.P.*, así como la *distribución de Gas L.P. mediante auto-tanques* son:

- ⇒ Evento 001: Explosión en la descarga de Gas L.P. de los carro-tanques.
- ⇒ Evento 002: Explosión a través de válvulas o instrumentos.
- ⇒ Evento 003: BLEVE del carro-tanque.
- ⇒ Evento 004.1: BLEVE del recipiente de almacenamiento con capacidad de 250,000 litros al 100% agua.
- ⇒ Evento 004.2: BLEVE del recipiente de almacenamiento con capacidad de 450,000 litros al 100% agua.
- ⇒ Evento 005: Explosión en el suministro a autotanques.
- ⇒ Evento 006: Explosión en la bomba de suministro a autotanques.
- ⇒ Evento 007 y 008: Explosión en el suministro a semirremolques.
- ⇒ Evento 009: BLEVE del semirremolque.
- ⇒ Evento 010: Explosión en la bomba del auto-tanque.
- ⇒ Evento 011: BLEVE del auto-tanque.

La asignación de probabilidades se realizó con base en la siguiente tabla de valores:

Tabla V.32. Frecuencia de fallo

Orden de magnitud	Calificación	Frecuencia probable
10^{-1}	Muy probable	Puede ocurrir en cualquier momento.
10^{-2}	Probable	Ha ocurrido o puede ocurrir varias veces al año
10^{-3}	Medianamente probable	Ha ocurrido en un año
10^{-4}	Improbable	No se ha presentado en 5 años
10^{-5}	Remotamente probable	No se ha presentado en 10 años
10^{-6}	Muy improbable	No se ve posibilidad de que ocurra el riesgo.

FUENTE: Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas, J.M Storch de Gracia, Pág 322.

NOTA₁: Los datos de fiabilidad para asignar la probabilidad de ocurrencia y las que se manejan en el árbol de fallas fueron obtenidos de diferente bibliografía, al final del estudio se presenta la bibliografía correspondiente.

En el “Anexo 001. Anexos de la guía” se integra el Árbol de Fallas.

Con base en la **identificación y evaluación** de los posibles riesgos (latentes y/o potenciales) en lo que son las *instalaciones* propiedad de **Nuevo Gas, S.A. de C.V.** y la distribución de Gas L.P. mediante auto-tanques, a través del “método generalizado” del tipo semi – cuantitativo **What If...?** y de su posterior **jerarquización** con el **Árbol de Fallas** se obtienen los eventos máximos identificados:



 Una Nueva Opción	N U E V O G A S S. A. D E C. V.	
	DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN	Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH	ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023

Tabla V.33. Frecuencias de ocurrencia de los eventos de riesgo evaluados

Evento No.	Escenario	Probabilidad de ocurrencia
001	Explosión en la descarga de gas l.p. de los carro-tanques.	2.14×10^{-4}
002	Explosión a través de válvulas o instrumentos.	3.52×10^{-2}
003	BLEVE del carro-tanque.	1.04×10^{-8}
004.1	BLEVE del recipiente de almacenamiento (capacidad de 250,000 litros al 100%).	2.30×10^{-8}
004.2	BLEVE del recipiente de almacenamiento (capacidad de 450,000 litros al 100%).	2.30×10^{-8}
005	Explosión en el suministro de gas l.p. a autotanques.	2.14×10^{-4}
006	Explosión en la bomba de suministro a auto-tanques.	5.65×10^{-4}
007	Explosión en el suministro a semirremolques.	2.14×10^{-4}
008	Explosión en la bomba de suministro a semirremolques.	5.65×10^{-4}
009	BLEVE del semirremolque.	1.04×10^{-8}
010	Explosión en la bomba del auto-tanque.	5.65×10^{-4}
011	BLEVE del autotanque.	1.04×10^{-8}

NOTA: La frecuencia de ocurrencia de los eventos 003, 004.1, 004.2, 009 y 011, se consideró como **Muy Improbable (No se ve posibilidad que ocurra el riesgo)**, ya que el orden de magnitud rebasa los valores establecidos en la tabla de “Probabilidades de Fallo”.

- ⇒ **Eventos más probables:** De acuerdo a las frecuencias de ocurrencia que se tienen para cada evento, se puede concluir que, dadas las medidas de seguridad con que cuentan las instalaciones es difícil que se presente un evento que pueda generar un riesgo. Sin embargo, dentro de estos eventos, hay algunos que presentan mayor frecuencia de ocurrencia (respecto a los demás), como son los eventos 001, 005, 006, 007, 010 y 011. Pero en caso de presentarse, estos eventos pueden ser controlados fácilmente, sin que se tengan consecuencias mayores.
- ⇒ **Evento alterno:** De acuerdo al desarrollo del evento 002 (caso alterno), bajo las suposiciones planteadas, conllevaría al desarrollo del escenario 003, así como el desarrollo del escenario 008 el cual conllevaría al desarrollo del escenario 009.
- ⇒ **Evento catastrófico:** Si bien, la probabilidad el evento 003 es prácticamente improbable, este puede desencadenar el evento 004.1 y 004.2 (BLEVE del recipiente de almacenamiento), el cual es considerado el evento catastrófico por ser éste el evento que tiene en consideración la capacidad máxima de almacenamiento. Además, dentro de esta clasificación se encuentra el evento 009 (BLEVE del semirremolque) y 011 (BLEVE del autotanque).

Es importante mencionar que la instalación de la Planta cuenta con todas las medidas de seguridad para evitar que ocurran dichos eventos, por lo que se presentan como eventos sobreestimados, para poder predecir los posibles daños críticos.

Además, es necesario aclarar que, aunque se realizan los cálculos del evento catastrófico, estos resultan ser sobreestimados, ya que como se mencionó anteriormente su probabilidad es muy baja, y si consideramos que:

$$\text{RIESGO} = \text{PROBABILIDAD (FRECUENCIA)} * \text{DAÑO}$$



 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01
---	---	----------------

Aunque el daño puede resultar un tanto significativo, la probabilidad es tan baja que el riesgo es mínimo. Si evaluáramos estrictamente el riesgo de manera matemática, referente al evento catastrófico, tenemos:

$$Probabilidad = \frac{CERO - BLEVE - en - empresas - privadas}{En - 100 - años}$$

$$Daño = \frac{CERO - Víctimas}{Por - BLEVE - en empresas - privadas}$$

NOTA: Registro observado de un “Análisis Histórico de Incidentes BLEVE” reportado en el “Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras; Fundamentos, evaluación de riesgos y diseño, Vol. I, pág. 348 Ed. Mc Graw Hill”

Matemáticamente el valor del RIESGO es “**CERO víctimas al año debido a BLEVE en empresas privadas**”, sin embargo, sabemos que el riesgo siempre existe, además hallar un valor de riesgo siempre es una PREDICCIÓN, por lo que es importante incrementar medidas de seguridad, para disminuir radios de afectación.

Se considera que la explosión BLEVE tiene una probabilidad baja debido a que es consecuencia de una serie de eventos específicos como los que se describen a continuación:

SUCESO INICIAL.

Para que se diera el evento 004.1 y 004.2 que definimos como evento de menor probabilidad, pero de mayor daño, debe presentarse el evento 003, el cual se desarrolla en el supuesto de que ninguna medida mitigante funcione, situación sobreestimada.

Las medidas de seguridad que actuaran en caso de que se presente esta situación son:

Tabla V.40. Medidas de seguridad

Respuestas de seguridad.	Respuestas de control, respuestas de los operadores.
<ul style="list-style-type: none"> - Válvulas hidrostáticas en todas las tuberías necesarias. - Paros automáticos. - Válvulas de exceso de flujo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de paros automáticos, tablero eléctrico, - Capitación a los operarios (planteros). - Participación en el desarrollo de simulacros. - Formación de brigadas.
Mitigación.	Agentes externos.
<ul style="list-style-type: none"> - Viento. (Válvulas de seguridad para aliviar exceso de presión el tanque de almacenamiento). - Sistema de aspersión en área de almacenamiento. - Hidrantes. - Extintores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Promocionarán la participación y desarrollo de Programas de Prevención de Accidentes a nivel interno y externo; al igual que un Programa de Ayuda Mutua.
Operaciones de emergencia	Flujo adecuado de información.
<ul style="list-style-type: none"> - Alarmas. - Procedimientos de emergencia. - Equipos de protección personal 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollarán propuestas para informar a la población presente en los alrededores y principalmente a las industrias cercanas.



CONSULTORES ASOCIADOS EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.

PRIVADA 19 SUR 1907, COLONIA SANTIAGO, EN PUEBLA, PUEBLA. C.P. 72160. TEL: 222 281-02-89.

e - mail: a h g . c o n s u l t o r e s a m b i e n t a l e s @ g m a i l . c o m

 Una Nueva Opción	N U E V O G A S S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01
---	---	----------------

V.2.2. Análisis de consecuencias.

El análisis de consecuencias se define como el estudio y predicción de los efectos que pueden causar los efectos del desarrollo de los eventos o accidentes que involucran fugas y derrames de sustancias tóxicas, inflamables y/o explosivas, esto con el fin de cuantificar la magnitud del impacto que puedan tener las desviaciones sobre las personas, el medio ambiente y las instalaciones.

La severidad de los daños asociados a una desviación no deseable dependerá de las características de peligrosidad de los materiales involucrados en el evento. Los tipos de accidentes graves a considerar en las instalaciones que manejan sustancias peligrosas, puede producir diferentes fenómenos peligrosos como:

- Fenómenos de tipo mecánico: ondas de presión y proyectiles.
- Fenómenos de tipo térmico: radiación térmica.
- Fenómenos de tipo químico: fuga o derrames incontrolados de sustancias químicas peligrosas.

El objetivo en esta etapa es simular los escenarios de riesgo para estimar cualitativamente los impactos y efectos indeseables de los eventos o escenarios de riesgo definidos (fuego, explosiones, nubes inflamables, etc.) derivados de la carencia o perdida de controles de ingeniería o administrativos, además de determinar los radios potenciales de afectación, a través de la aplicación de modelos matemáticos de simulación, de los eventos máximos probables, casos alternos y del peor caso (catastrófico).

Por escenario de riesgo se entiende como la determinación de un evento hipotético, en el cual se considera la ocurrencia de un accidente bajo condiciones específicas, definiendo mediante la aplicación de modelos matemáticos y criterios acordes a las características de los procesos y/o materiales, las zonas que potencialmente pueden resultar afectadas.

Por otra parte, los eventos son causa o contribuyente de un incidente o accidente y se han clasificado de la siguiente forma.

- ♠ **Peor caso (Catastrófico):** Corresponde a la liberación accidental del mayor inventario del material o sustancia peligrosa contenida en un recipiente, línea de proceso o ducto, la cual resulta en la mayor distancia hasta alcanzar los límites por toxicidad, sobrepresión o radiación térmica.
- ♠ **Caso más probable:** con base a la experiencia operativa, es el evento de liberación accidental de un material o sustancia peligrosa, que tiene la mayor probabilidad de ocurrir.
- ♠ **Caso alterno:** Es el evento creíble de una liberación accidental de una Sustancia Peligrosa que es simulado, pero que no corresponde al Peor Caso ni al Caso Más Probable;

A continuación, se presenta la descripción de los eventos que pudieran presentarse en la Planta de Distribución de Gas L.P. propiedad de “Nuevo Gas, S.A. de C.V.”:



Tabla V.34. Descripción de los eventos susceptibles de presentarse durante la operación de las instalaciones.

Nombre	Descripción
Flamazo (flash fire)	Proviene cuando un gas o líquido inflamable con punto de inflamación bajo, es descargado a la atmósfera, formando una nube de gas. Si el vapor resultante se encuentra con un punto de ignición antes de la dilución de la nube sea menor al límite inferior de explosividad, ocurre el flamazo, cuya consecuencia primaria es la radiación térmica generada durante el proceso de combustión, sin embargo, dicho proceso tiene una corta duración, por lo tanto, los daños son de baja intensidad. Generalmente se asume que la zona limitada por el límite inferior de inflamabilidad producirá una letalidad del 100%, fuera de esta zona los efectos debidos a la radiación son inapreciables.
Dardo de fuego (jet fire)	Llama estacionaria y alargada (de gran longitud y poca amplitud) provocada por la ignición de un chorro turbulento de gases o vapores combustibles.
Bola de fuego (fire ball)	Resulta de la ignición de una mezcla líquido-vapor inflamable y sobre calentada que es descargada a la atmósfera. El evento de bola de fuego ocurre frecuentemente seguido a una explosión de vapores en expansión de un líquido en ebullición (BLEVE)
Explosión de vapores en expansión de un líquido en ebullición (BLEVE)	Se produce por la explosión del vapor a alta presión generado por la brusca ebullición de un líquido liberado súbitamente de un recipiente y que, en condiciones ambientales de presión, de temperatura o de presión y temperatura, sería un gas. Las sustancias que producen una BLEVE son los líquidos sobre calentados, los gases licuados a presión y los gases criogénicos. La causa de la explosión es la rotura del recipiente, que puede ser debida a una sobre presión, a un impacto externo o a un fallo mecánico.
Explosión por una nube de vapor	Se puede definir como una explosión que ocurre en el aire y causa daños por efecto de ondas de sobre presión. Comienza con una descarga de una gran cantidad de líquido que se evapora o gas inflamable procedente de un tanque o tubería y se dispersa en la atmósfera. De toda la masa de gas que se dispersa solo una parte de este se encuentra dentro de los límites superior e inferior de explosividad. Esta masa es la que después de encontrar una fuente de ignición genera sobre presión por la explosión.

Por otra parte, es importante señalar que la modelación de los eventos identificados y jerarquizados a través de la metodología descrita anteriormente se realizó con el software **SCRI – Fuego Ver. 2.0**, el cual realiza la simulación de las consecuencias de eventos con fuego y/o explosión, y siendo que en la instalación se hace uso del GLP, el cual se sabe cuenta con riesgos por su grado de inflamabilidad y bajo condiciones especiales de explosividad, se hace importante esta herramienta computacional a fin de poder modelar los escenarios identificados, así como las consecuencias que se podrían esperar derivadas de las fugas de GLP.

Los modelos de los que se vale SCRI – Fuego son metodologías publicadas en la EPA y la AIChE, las cuales se prueban extensivamente de manera comparativa con los resultados de los manuales de la EPA del RMP (Risk Management Program) y del TCPA (Toxic Catastrophe Prevention Act).

 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01
---	---	----------------

Criterios utilizados para las modelaciones de los escenarios de riesgo.

- Propiedades de la sustancia y condiciones de operación del escenario a modelar.**

A continuación, se describen las propiedades fisicoquímicas del Gas L.P., las cuales fueron calculadas considerando este como una mezcla propano/butano, en proporciones 60-40%.

Tabla V.35. Propiedades fisicoquímicas de la mezcla Propano (60%) / Butano (40%)

PROPIEDADES	MEZCLA	SUSTANCIA 1	SUSTANCIA 2
Nombre	GLP	Propano	Butano
CAS	68476-85-7	74-98-6	106-97-8
%	100	60	40
Peso molecular (kg/k-mol)	49.7100	44.097	58.123
Punto de ebullición (°K)	247.7300	231.02	272.66
Temperatura crítica (°K)	391.9460	369.83	425.12
Presión critica (Pa)	4067000	4248000	3796000
Volumen crítico (m ³ /kmol)	0.22	0.2	0.255
Calor de vaporización (J/kg)	406524.42	425043.02	385450.24
Densidad del líquido a temperatura de ebullición (kg/m ³)	591.82	582.51	602.41
Densidad del gas a temperatura de ebullición (kg/m ³)	2.01	2.417	2.7093
Capacidad calorífica del gas a temperatura de referencia (J/kg°K)	1678.19	0	0
Capacidad calorífica del líquido a temperatura de ebullición (J/kg°K)	2271.06	1872.46	-1
Constante de presión de saturación SPB (SLAB)	-1	-25.16	0
Relación de calores específicos (gamma)	1.11	1.13	1.09
Concentración estequiometria (%)	--	4	3.1
Calor de combustión (kJ/kg)	46045.82	46333	45719
Límite inferior de inflamabilidad	1.8	2.2	1.85
Límite superior de inflamabilidad	9.3	9.5	8.4

- Clase de emisión.**

Las emisiones accidentales de gas l.p. propuestas en el presente estudio se consideraron como escapes instantáneos formando una bocanada ("Puff") y/o escapes continuos sin depender del tiempo, formando un penacho ("Plume"), o bien, escapes continuos dependiendo del tiempo, lo anterior en función de las condiciones en las que se lleve a cabo la fuga.

De acuerdo con U.S.EPAb, 1997, se tiene que:

- Fuente instantánea: el contaminante se libera a la atmósfera en su totalidad en un lapso de tiempo muy corto o en forma inmediata (desde algunos pocos segundos a un minuto).



- b) Fuente continua: el contaminante se libera a una velocidad que permite asumir un modelo estacionario por un largo período de tiempo, y produce plumas de gas o vapor cuya forma depende de las condiciones de estabilidad atmosférica que imperen en el momento de la liberación del material.

Es conveniente mencionar que existe una gran diferencia en el comportamiento de la concentración de un gas con respecto al tiempo para una falla catastrófica (emisión instantánea) en un tanque de almacenamiento en comparación con una pequeña falla puntual (emisión continua) en el mismo tanque.

Asimismo, dependiendo de la procedencia de la fuga se tiene la:

1. Dispersión de chorro turbulento, a partir de una fuga de gas a presión.
2. Dispersión de nube neutra, para gases sometidos únicamente a las turbulencias atmosféricas.

Por lo que en función del tipo de emisión ante la presencia de una fuente de ignición ya sea rápida o tardía se pueden desarrollar fenómenos distintos, tal y como se muestra a continuación:

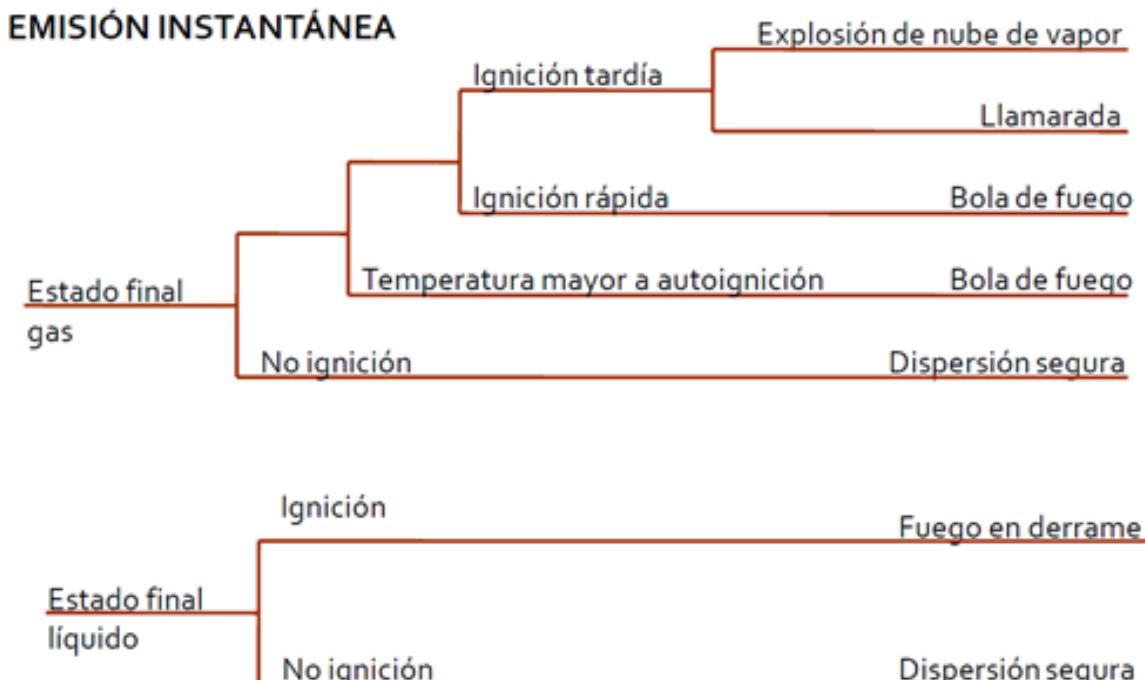


Figura V.5. Esquematización del desarrollo de una emisión instantánea.

EMISIÓN CONTINUA

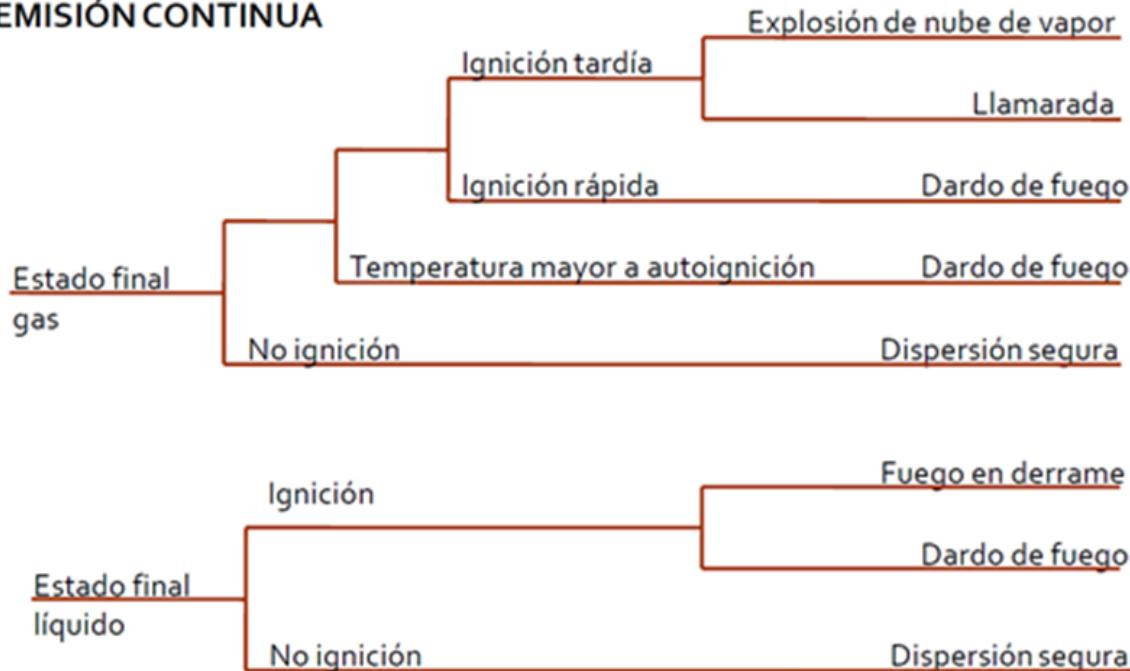


Figura V.6. Esquematización del desarrollo de una emisión continua.

Dependiendo de las condiciones de liberación se utilizaron modelos de emisión para determinar el flujo de descarga del material liberado, la cantidad total emitida y el estado físico del mismo.

- **Tamaño del orificio y tiempo de fuga.**

El material tiene la posibilidad de fugarse por orificios o grietas en los tanques o líneas, bridás, bombas, válvulas e incluso por la apertura de una válvula de seguridad que descargue a la atmósfera, como se muestra en la siguiente figura:

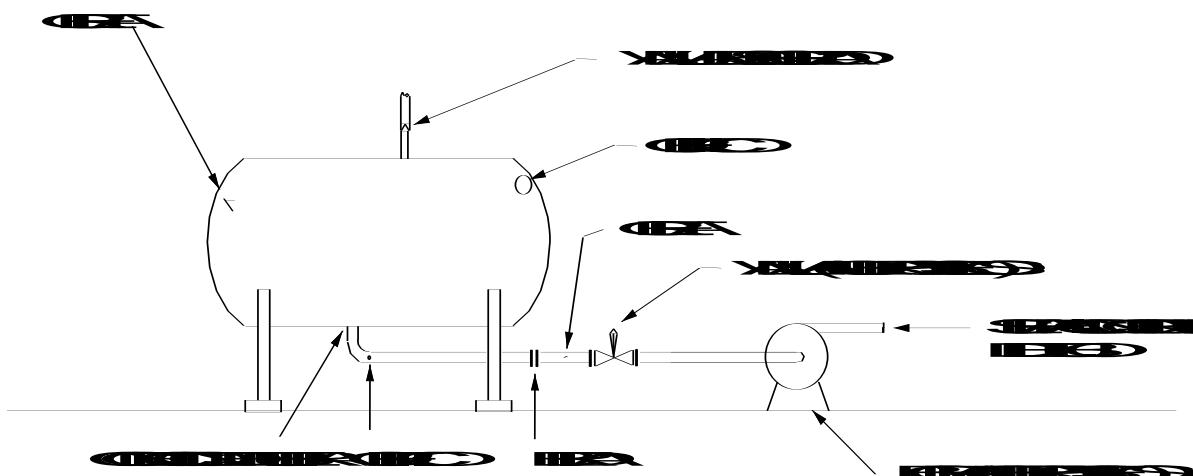


Figura V.7. Esquematización de las diferentes fuentes de emisión.

 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023	NO. DE VER. 01
---	---	----------------

En un proceso continuo, al presentarse una fuga, el material continuará liberándose hasta que ésta sea interrumpida; el tiempo que conlleva dependerá del tiempo para detectar la fuga, y el tiempo para tomar las acciones correctivas una vez que hayan sido decididas.

Por lo anterior se tomaron en consideración los valores sugeridos en el *Purple Book* de TNO, donde se menciona que los tiempos de duración de una fuga dependerán del tipo de sistemas para bloquear o controlar la misma. En tanto, se tiene un tiempo de 120 segundos para sistemas automáticos de detección y cierre, 600 segundos para sistemas controlados remotamente y de 1800 segundos para sistemas de bloqueo operados manualmente.

Para la selección de diámetro Equivalente de Fuga (DEF) para el caso más probable se consideraron los criterios establecidos en la Tabla, para el caso de líneas de proceso, ductos, bridas, sellos mecánicos en equipo rotatorio, sellos o empaquetaduras en válvulas de proceso.

Tabla V.36. Diámetro equivalente de fuga para el caso más probable.

Diámetro equivalente de fuga	
Línea de proceso $\frac{3}{4}'' \leq DN \leq 2''$	DEF= 0.20 veces del diámetro nominal (DN) de la línea de proceso.
Línea de proceso $2'' \leq DN \leq 4''$	DEF= 0.6" (por corrosión, pérdida de material, golpe o falla en la soldadura)
Línea de proceso $6'' \leq DN$	DEF= 0.75" para DN de 6" a 14" DEF= 1.25" para DN de 6" a 24" DEF= 2.0" para DN mayores de 30" (por corrosión, pérdida de material, golpe o falla en soldadura).
Bridas	Aplican los mismos criterios de las líneas de proceso para los casos más probables.
Sellos mecánicos en equipo de proceso rotatorio. Empaquetaduras en válvulas de proceso	DEF= calcularlo con el 40% del área anular que resulte.

Fuente: Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos, clave DCO-GDOESSPA-CT-001 Rev. 1

▪ **Condiciones meteorológicas.**

Las variaciones globales y regionales del clima y las condiciones topográficas locales tienen influencia directa sobre los modelos de dispersión durante el transporte de los gases o vapores. Dependiendo de la velocidad del viento, este puede afectar en gran medida la concentración o dispersión de gases o vapores en un área determinada.



 Una Nueva Opción	N U E V O G A S S. A. D E C. V.		
	DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016		
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH		ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023
			NO. DE VER. 01

Tabla V.37. Condiciones meteorológicas del sitio.

Descripción	Símbolo	Cantidad	Unidad
Temperatura media promedio.	T	22.1 ¹	°C
Velocidad de viento.	u	1.5	m/s
Humedad relativa del sitio.	H _w	63 ²	%
Presión atmosférica.	P _A	0.9624	bar

▪ **Criterios para definir y justificar las zonas de afectación.**

Para definir y justificar las zonas de protección en torno a la instalación, se utilizaron los parámetros que se indican a continuación:

Tabla V.38. Zonas de afectación por radiación térmica.

ZONA DE ALTO RIESGO POR DAÑO A EQUIPOS		ZONAS DE SEGURIDAD	
37.5 kW/m ²	12.5 kW/m ²	ALTO RIESGO 5 kW/m ²	AMORTIGUAMIENTO 1.4 kW/m ²
Suficiente para causar daños a equipos de proceso; colapso de estructuras. 100% de mortalidad en 1 minuto.	Energía mínima para encender madera después de una larga exposición, con llama ignición de tubos y recubrimientos de plásticos en cables eléctricos, daños severos a equipos de instrumentación.	ZONA DE ALERTA: Suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 20 seg. Quemadura de 1er grado. Improbable formación de ampollas.	Máximo soportable por personas con vestimentas normales y un tiempo prolongado.

Fuentes: Buettner, K., "Efectos del frío y calor extremos sobre la piel humana, II. Temperatura superficial, dolor y conductividad de calor en experimentos con calor radiante", Fis. Ap. Vol. 3. P. 703, 1951.

Metha, A.K., et al., "Medición de la inflamabilidad y potencial de combustión de tejidos", Reporte sumario a la Fundación Nacional de la Ciencia bajo concesión #GI-31881, Laboratorio de investigación de combustibles, MIT, Cambridge, Mass., 1973.

Tabla V.39. Zonas de afectación por sobrepresión.

ZONA DE ALTO RIESGO POR DAÑO A EQUIPOS.		ZONAS DE SEGURIDAD	
10.0 psi	3.0 psi	ALTO RIESGO 1.0 psi	AMORTIGUAMIENTO 0.5 psi
100% de daño sobre maquinaria pesada y equipo de la planta	50% de daño sobre equipo de proceso	Falla en conexiones. Demolición parcial de casas, estás quedan inhabitables	Daños menores a equipos de proceso. Daño estructural menor y limitado

Fuentes: Genserik Renier & Valerio Cozzani; Domino Effects in the process industries. Ed. Elsevier.

Lees, F.P.; Prevención de pérdidas en industrias de procesos. Vol. 1. Butterworths, London and Boston, 1980.

En el **Anexo 001. Anexos de la Guía**, se integra a la memoria de cálculo y simulaciones correspondientes de cada uno de los escenarios de riesgo identificados.

¹**Fuente:** SMN. Normales Climatológicas CNA. Normales climatológicas, Servicio Meteorológico Nacional. Comisión Nacional del Agua. Normales climatológicas. Estación Meteorológica estación meteorológica 00019004 Apodaca, ubicada en las coordenadas 25°47'37" latitud Norte y 100°11'50" latitud Oeste y a una altura de 430.0 MSNM.

²**Fuente:** Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA) de la estación Escobedo, el porcentaje de humedad relativa es del 63%.



 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016			
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH			
	ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023		NO. DE VER. 01	

RESUMEN DEL CÁLCULO DE LOS EVENTOS PROPUESTOS

Planta de Distribución de Gas L.P. propiedad de “Nuevo Gas, S.A. de C.V.”
en General Escobedo, Nuevo León.

Tabla V.41. Daños ocasionados por la explosión de una Nube de Vapor No Confinada de GLP (ondas de sobrepresión).

EVENTO	SUBSISTEMA	RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN			
		10.0 psi	3.0 psi	1.0 psi	0.5 psi
001	Recepción de carro-tanques.	7.25 m	14.79 m	33.77 m	57.41 m
002	Recepción de carro-tanques.	36.84 m	75.17 m	171.60 m	291.69 m
005	Suministro de Gas L.P. a autotanques.	22.51 m	45.93 m	104.84 m	178.22 m
006	Suministro de Gas L.P. a autotanques (Bomba de trasiego de Gas L.P.)	35.81 m	73.08 m	166.82 m	283.57 m
007	Suministro de Gas L.P. a semirremolques.	30.39 m	62.02 m	141.57 m	240.65 m
008	Suministro de Gas L.P. a semirremolques (Bomba de trasiego de Gas L.P.)	35.81 m	73.08 m	166.82 m	283.57 m
010	Bomba del autotanque.	39.41 m	80.43 m	183.61 m	312.10 m

Tabla V.42. Daños ocasionados por un dardo de fuego.

EVENTO	SUBSISTEMA	RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN			
		37.5 KW/m ²	12.5 KW/m ²	5 KW/m ²	1.4 KW/m ²
002	Recepción de carro-tanques.	27.83 m	47.26 m	73.36 m	134.98 m
005	Suministro de Gas L.P. a autotanques.	12.02 m	20.35 m	31.56 m	58.04 m
006	Suministro de Gas L.P. a autotanques (Bomba de trasiego de Gas L.P.)	3.98 m	6.74 m	10.46 m	19.23 m
007	Suministro de Gas L.P. a semirremolques.	20.94 m	35.44 m	54.95 m	101.04 m
008	Suministro de Gas L.P. a semirremolques (Bomba de trasiego de Gas L.P.)	3.98 m	6.74 m	10.46 m	19.23 m
010	Bomba del autotanque.	7.70 m	13.07 m	20.29 m	37.33 m



 Una Nueva Opción	N U E V O G A S , S . A . D E C . V . DISTRIBUCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO MEDIANTE PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Permiso núm. LP/14537/DIST/PLA/2016			
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL NIVEL 2/ARSH			
	ERAN2ARSH-DGLPPD-NG-14537-04-2023			NO. DE VER. 01

DAÑOS OCASIONADOS POR LA BLEVE DEL CARRO-TANQUE, RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO, SEMIRREMOLQUE Y AUTO-TANQUE.

Tabla V.43. Onda de sobrepresión (efecto radial) causada por la expansión del vapor y del líquido contenido en un recipiente.

EVENTO	SUBSISTEMA	RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN			
		10.0 psi	3.0 psi	1.0 psi	0.5 psi
003	Recepción de carro-tanques.	25.45 m	51.93 m	118.55 m	201.51 m
004.1	Almacenamiento de Gas L.P.	22.25 m	45.40 m	103.64 m	176.17 m
004.2		27.06 m	55.23 m	16.07 m	214.31 m
009	Suministro de Gas L.P. a semirremolques.	18.04 m	36.83 m	84.06 m	142.89 m
011	Autotanque.	6.12 m	12.49 m	28.50 m	48.45 m

Tabla V.44. Daños causados por la radiación térmica producida por la bola de fuego (efecto radial)

EVENTO	SUBSISTEMA	RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN			
		37.5 KW/m ²	12.5 KW/m ²	5.0 KW/m ²	1.4 KW/m ²
003	Recepción de carro-tanques.	238.19 m	460.19 m	738.10 m	1377.82 m
004.1	Almacenamiento de Gas L.P.	235.47 m	486.44 m	790.99 m	1485.31 m
004.2		282.19 m	585.89 m	953.59 m	1791.37 m
009	Suministro de Gas L.P. a semirremolques.	139.90 m	285.11 m	462.40 m	867.34 m
011	Autotanque.	71.15 m	142.72 m	230.73 m	432.20 m

Tabla V.45. Características de la bola de fuego formada por la combustión de la masa vaporizada.

NO. DE EVENTO	CARACTERÍSTICAS DE LA BOLA DE FUEGO		
	Diámetro $[D_{max} = 5.8M^{1/3}]$	Altura $[H = 0.75D_{max}]$	Duración máxima de deflagración
Evento 003 Recepción de carro-tanques	227.52 m	170.64 m	16.3 s
Evento 004.1 Almacenamiento de Gas L.P.	284.77 m	213.58 m	18.2 s
Evento 004.2 Almacenamiento de Gas L.P.	346.41 m	259.81 m	20.1 s
Evento 009 Suministro de Gas L.P. a semirremolques	162.25 m	121.69 m	12.6 s
Evento 011 Autotanque	78.32 m	58.74 m	6.1 s



CONSULTORES ASOCIADOS EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.

PRIVADA 19 SUR 1907, COLONIA SANTIAGO, EN PUEBLA, PUEBLA. C.P. 72160. TEL: 222 281-02-89.

e - mail: a h g . c o n s u l t o r e s a m b i e n t a l e s @ g m a i l . c o m

DAÑOS OCASIONADOS POR EL INCENDIO DE UN NUBE DE VAPOR (LLAMARADA O FLASH FIRE)

Tabla V.46. Zonas de afectación o zona de dispersión de una nube de gas inflamable.

EVENTO	SUBSISTEMA	RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN			
		Zona de quemado 0.5 L.I.I. (Graves daños a equipos)		Zona de letalidad L.I.I. (100% letalidad)	
001	Recepción de carro-tanques. (Emisión instantánea)	Distancia X=	Desde 0.01 hasta 3.09 m	Distancia X=	Desde 0.00 hasta 1.51 m
		Y de exclusión=	3.37 m	Y de exclusión=	2.41 m
		Dist. Máx.=	3.70 m	Dist. Máx.=	2.53 m
002	Recepción de carro-tanques. (Emisión chorro horizontal)	Distancia X=	Desde 3.80 m hasta 53.38 m	Distancia X=	Desde 4.13 m hasta 42.03 m
		Y de exclusión=	23.20 m	Y de exclusión=	15.07 m
		Dist. Máx.=	53.38 m	Dist. Máx.=	42.03 m
005	Suministro de Gas L.P. a autotanques. (Emisión chorro horizontal)	Distancia X=	Desde 1.85 m hasta 19.02 m	Distancia X=	Desde 1.93 m hasta 13.07 m
		Y de exclusión=	11.35 m	Y de exclusión=	8.13 m
		Dist. Máx.=	19.02 m	Dist. Máx.=	13.07 m
006	Suministro de Gas L.P. a autotanques (Bomba) (Emisión chorro horizontal)	Distancia X=	Desde 1.20 m hasta 6.03 m	Distancia X=	Desde 1.33 m hasta 3.19 m
		Y de exclusión=	1.59 m	Y de exclusión=	0.62 m
		Dist. Máx.=	6.03 m	Dist. Máx.=	3.19 m
007	Suministro de Gas L.P. a semirremolques (Emisión chorro horizontal)	Distancia X=	Desde 1.72 m hasta 37.09 m	Distancia X=	Desde 1.79 m hasta 27.12 m
		Y de exclusión=	16.70 m	Y de exclusión=	10.80 m
		Dist. Máx.=	37.09 m	Dist. Máx.=	27.12 m
008	Suministro de Gas L.P. a semirremolques (Emisión chorro horizontal)	Distancia X=	Desde 1.20 m hasta 6.03 m	Distancia X=	Desde 1.33 m hasta 3.19 m
		Y de exclusión=	1.59 m	Y de exclusión=	0.62 m
		Dist. Máx.=	6.03 m	Dist. Máx.=	3.19 m
010	Bomba del auto tanque (Emisión chorro horizontal)	Distancia X=	Desde 2.02 m hasta 14.62 m	Distancia X=	Desde 2.04 m hasta 8.93 m
		Y de exclusión=	3.13 m	Y de exclusión=	1.64 m
		Dist. Máx.=	14.62 m	Dist. Máx.=	8.93 m