

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev. 0 Página: 1 de 40
---	--	--

ANEXO I

RESUMEN EJECUTIVO

ANÁLISIS DE RIESGOS

PLANTA DE ALMACENAMIENTO PARA DISTRIBUCIÓN DE GAS LP

“Este documento contiene información de carácter reservada de conformidad con los Art. 13 frac I, y IV, y Art.14 frac. I de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental. Este documento no deberá ser copiado, transmitido, distribuido o reproducido en forma electrónica o manual sin la autorización expresa de los responsables de su manejo y custodia”

Fecha:			
Nombre y firma			
	Elaboró	Revisó	Aprobó

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev. 0 Página: 2 de 40
---	--	--

INDICE

1.	OBJETIVOS.....	3
2.	ALCANCE.....	4
3.	BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	5
4.1.	Recepción del producto por semirremolque.....	6
4.2.	Almacenamiento de gas LP líquido.....	6
4.3.	Operación de llenado de autotanques.....	6
4.4.	Operación de llenado de cilindros.....	7
4.5.	Descripción de los sistemas de seguridad.....	7
5.	RESUMEN DE LAS METODOLOGIAS UTILIZADAS.....	10
5.1.	HAZOP.....	10
5.2.	EVALUACIÓN DE FRECUENCIAS.....	12
5.3.	EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS.....	13
5.4.	RELACIÓN DE RIESGOS IDENTIFICADOS.....	14
6.	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE FRECUENCIAS Y CONSECUENCIAS DE LOS ESCENARIOS DE RIESGOS IDENTIFICADOS.....	18
6.1.	Análisis detallado de frecuencias.....	18
6.2.	Evaluación de consecuencias.....	19
6.2.1.	Identificación de las zonas de seguridad.....	20
6.2.2.	Matriz de resultados.....	22
7.	REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGOS.....	36
8.	CONCLUSIONES DEL ESTUDIO.....	38
9.	RECOMENDACIONES.....	40

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev. 0 Página: 3 de 40
---	--	--

1. OBJETIVOS

- Identificar los peligros inherentes al diseño y operación de la Planta de Distribución de gas LP, Puerto Morelos, Quintana Roo.
- Jerarquizar cualitativamente los escenarios de riesgo identificados, usando matrices de ponderación de frecuencia y consecuencia.
- Estimar cuantitativamente la probabilidad de ocurrencia de los escenarios de riesgo identificados.
- Evaluar cuantitativamente las consecuencias por incendio y explosión de los escenarios de riesgo identificados.
- Dar cumplimiento a lo establecido en el punto 6.9 “Evaluación de Consecuencias”, de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SESH-2014, Plantas de distribución de gas L.P. Diseño, construcción y condiciones seguras en su operación.
- Rejerarquizar los escenarios de riesgo evaluados.
- Emitir recomendaciones orientadas a la reducción de la frecuencia de la causa o consecuencia de los escenarios analizados.

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev. 0 Página: 4 de 40
---	--	--

2. ALCANCE

El presente análisis tuvo por alcance identificar los peligros inherentes al diseño y operación de la Planta de Distribución de gas LP mediante la metodología HAZOP (por sus siglas en inglés HAZard and OPerability).

El HAZOP analizó las operaciones de trasvase de gas LP de semirremolque a tanque de almacenamiento, la operación de llenado de autotanques y la operación de llenado de cilindros.

La información utilizada en el desarrollo del HAZOP fue la siguiente:

- Proyecto mecánico.
- Proyecto Civil.
- Proyecto Contra incendio.
- Proyecto eléctrico.
- Hoja de Datos de Seguridad de gas LP.

Los escenarios de riesgo identificados se jerarquizaron conforme a las matrices de ponderación de frecuencia y consecuencia definidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-013-SECRE-2012, lunes 30 de septiembre de 2013.

La estimación cuantitativa de frecuencia de los escenarios de riesgo identificados se realizó aplicando la metodología de árbol de eventos. En la aplicación de la metodología se evaluó el escenario desde el evento iniciador determinado en las hojas de trabajo HAZOP hasta los posibles eventos producto de la fuga de gas LP.

Posteriormente se seleccionaron algunos escenarios de riesgos identificados y se simularon las consecuencias y se presentaron los resultados en un plano a escala indicando las zonas de alto riesgo y las zonas de amortiguamiento por radiación térmica y explosión. Adicionalmente se realizó un análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos, o instalaciones próximas dentro de la Zona de Alto Riesgo. Las simulaciones se realizaron con el simulador PHAST (Process Hazard Analysis Software Tools).

Para el planteamiento de los escenarios en el análisis de consecuencias se consideraron los escenarios indicados en la NOM-001-SESH-2014.

- Rotura de manguera de trasiego en la toma de recepción.
- Rotura de manguera de trasiego en la toma de suministro.
- La contenida en el recipiente de almacenamiento.

	Análisis de Riesgos de Proceso	Proyecto: Puerto Morelos
	Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Fecha: Junio-2020
		Rev.: 0
		Página: 5 de 40

Por último se evaluó el aspecto de ubicación segura referente a: Localización geográfica, distribución de equipo e impacto hacia el entorno.

3. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso que se llevará a cabo en la Planta de Distribución de Gas LP consiste en almacenar gas LP en un tanque con capacidad de 250,000 litros volumen de agua. El tanque de almacenamiento será llenado por medio de semiremolques. Del tanque de almacenamiento, se realizará el trasiego de gas LP líquido para carga a autotanques y llenado de cilindros portátiles. Una vez llenados los cilindros serán cargados a camiones especiales que los transportarán a las zonas de ventas. En el caso de los autotanques, estos serán enviados también a los puntos de ventas. A continuación, se presenta el diagrama de bloques de la Planta.

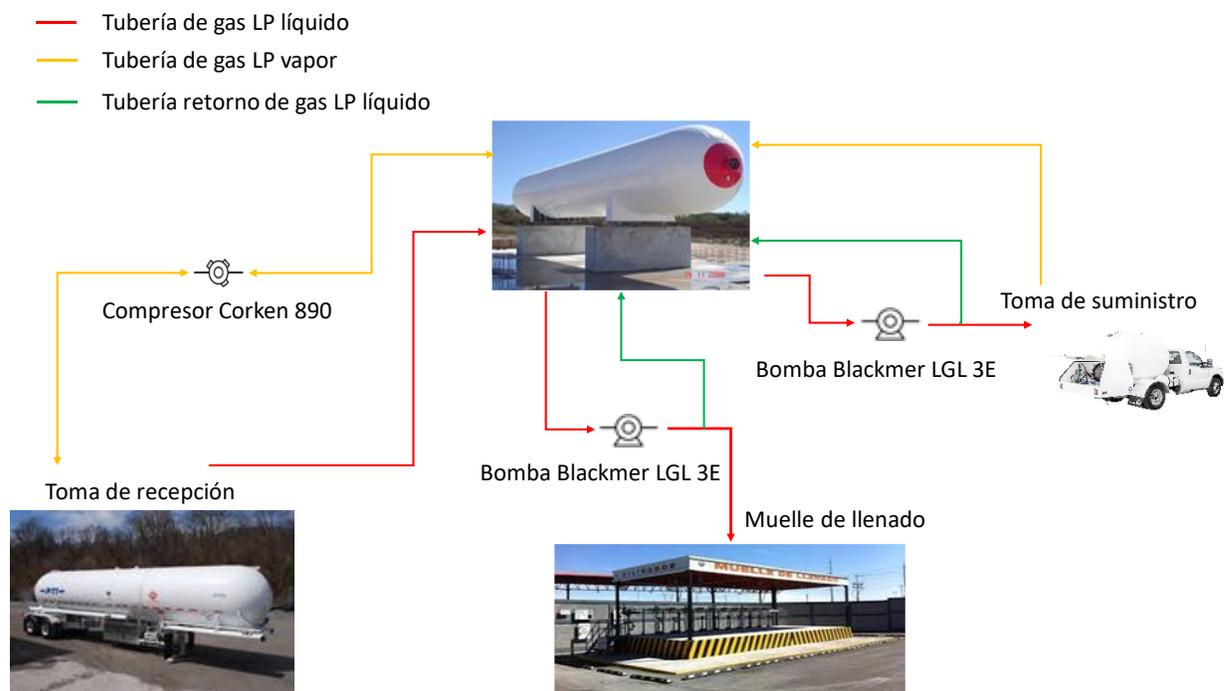


Figura 4-1. Diagrama de bloques de la Planta de Distribución de gas LP.

El proceso no realiza ninguna transformación de la materia, simplemente es almacenamiento y distribución de gas LP.

Dentro del proceso no se generan productos ni subproductos, la materia prima que se maneja es el Gas LP.

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev. 0 Página: 6 de 40
---	--	--

Las operaciones que se realizan en la planta de almacenamiento para distribución de gas LP son las siguientes:

4.1. Recepción del producto por semirremolque.

El gas LP líquido será suministrado por medio de semirremolques de 53,000 litros de capacidad.

Para descargar el gas del semirremolque y trasvasarlo al tanque de almacenamiento de 250,000 litros de capacidad, se usará un compresor de la marca Corken con una capacidad de 57 m³/hr.

Al entrar el semirremolque a la Planta se le coloca un matachispas, el semirremolque se coloca en la posición de recepción, se apaga el motor y se aplica el freno, se calzan las ruedas y se aterriza, y posteriormente se conectan las mangueras y se abren las válvulas correspondientes del tanque y el semirremolque. El compresor succiona el gas LP vapor contenido en el Tanque de almacenamiento de 250,000 litros mediante una línea de 2" de diámetro. El gas comprimido sirve como pistón de empuje para desalojar el gas LP líquido contenido en el Semirremolque y trasvasarlo al tanque de almacenamiento a través de una tubería de 3" de diámetro. Una vez vaciado el Semirremolque el compresor succiona los vapores de gas LP y los comprime para alimentarlos al tanque de almacenamiento. Se desconectan los equipos y se autoriza la salida.

4.2. Almacenamiento de gas LP líquido.

El gas LP para llenado de autotanques y llenado de cilindros se almacenará en un tanque cilíndrico horizontal con una capacidad de 250,000 litros cada uno. El tanque de almacenamiento contará con los instrumentos necesarios para monitorear las condiciones de temperatura, presión y nivel del gas LP almacenado. Además, contará con dos válvulas de sobrellenado, válvulas internas para gas vapor y gas líquido con actuador neumático, válvula de exceso de flujo para dren y válvulas de seguridad.

4.3. Operación de llenado de autotanques.

Para realizar la operación de llenado de autotanques con gas LP líquido se usará una bomba de la marca Blackmer con una capacidad de 120 GPM. La bomba succiona el gas LP líquido del Tanque de almacenamiento y lo bombea al autotanque. Al entrar el autotanque a la Planta se le coloca un matachispas, el autotanque se coloca en la posición de llenado, se apaga el motor y se aplica el freno, se calzan las ruedas y se aterriza, y posteriormente se conecta la manguera de llenado. Posteriormente se enciende la bomba y se llena el tanque hasta el 85%, se apaga la bomba y se purga la línea de llenado y se desconecta el equipo y se autoriza la salida.

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev. 0 Página: 7 de 40
---	--	--

4.4. Operación de llenado de cilindros.

Para realizar la operación de llenado de cilindros con gas LP líquido se usará una bomba de la marca Blackmer con una capacidad de 120 GPM. La bomba succiona de una tubería de 3 pulgadas y descarga a un múltiple de llenado de 3 pulgadas. El múltiple de llenado cuenta con seis llenaderas que constan de válvula de globo, manguera, una válvula eléctrica solenoide, una válvula de cierre manual y una válvula de cierre rápido con punta tipo POL. El muelle cuenta con básculas para pesar los cilindros. El operador coloca el cilindro en la báscula, conecta la llenadera, fija el peso de llenado y el sistema de control electrónico para llenado automático energiza la válvula solenoide y abre la válvula para iniciar el llenado. Cuando se alcanza el peso el sistema de control electrónico para llenado automático desenergiza la válvula solenoide y cierra la válvula para interrumpir la operación de llenado.

4.5. Descripción de los sistemas de seguridad

El tanque de almacenamiento de 250,000 litros contará con los siguientes dispositivos de seguridad:

- Indicador de nivel magnético y válvulas de sobrellenado.
- Indicador de presión y válvulas de seguridad de presión.
- Indicador de temperatura.
- Válvula interna para gas líquido con actuador neumático.
- Válvula no retroceso retorno de líquido.
- Válvula interna para gas vapor con actuador neumático.
- Válvula de exceso de flujo para dren.
- Válvulas de bloqueo manual en cada tubería.
- Conector flexible de neopreno en cada tubería.
- Sistema de conexión a tierra.

El compresor contará con los siguientes dispositivos de seguridad:

- Interruptor por alto nivel con acción a paro del compresor.
- PSV.
- PI en succión y descarga.
- Conectores flexibles de neopreno en succión y descarga.
- Válvulas de bloqueo manual.
- Sistema de conexión a tierra.

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev.: 0 Página: 8 de 40
---	--	---

Las bombas para llenado de autotanque y llenado de cilindros de gas LP, contarán con los siguientes dispositivos de seguridad:

- Válvula de recirculación interna.
- Válvula de retorno de gas LP líquido.
- Válvulas de cierre rápido en línea de succión.
- Conector flexible de neopreno en línea de succión.
- Sistema de conexión a tierra.

La toma de recepción contará con los siguientes dispositivos de seguridad:

- Niple con punto de ruptura en la boca terminal de gas LP líquido y en la boca terminal de gas LP vapor.
- Válvula de exceso de flujo en la boca terminal de gas LP vapor.
- Válvula de cierre de emergencia de actuación remota neumática en boca terminal de gas LP vapor.
- Válvula de cierre manual en boca terminal de gas LP líquido y boca terminal de gas LP vapor.
- Indicador de flujo unidireccional en boca terminal de gas LP líquido.
- Válvula de no retroceso en boca terminal de gas LP líquido.
- Válvula de relevo hidrostático en la boca terminal de gas LP líquido.
- Válvula de cierre manual en manguera de gas LP líquido y gas LP vapor.
- Acoplador de llenado en cada manguera.
- Sistema de conexión a tierra.

La toma de suministro contará con los siguientes dispositivos de seguridad:

- Niple con punto de ruptura en la boca terminal de gas LP líquido y en la boca terminal de gas LP vapor.
- Válvula de exceso de flujo en boca terminal de gas LP líquido y en boca terminal de gas LP vapor.
- Válvula de cierre de emergencia de actuación remota neumática en boca terminal de gas LP líquido y en boca terminal de gas LP vapor.
- Válvula pull away en boca terminal de gas LP líquido.
- Válvula de cierre manual en boca terminal de gas LP líquido y en boca terminal de gas LP vapor.
- Válvula de cierre manual en manguera de gas LP líquido y gas LP vapor.
- Acoplador de llenado en cada manguera.
- Sistema de conexión a tierra.

Las llenaderas contarán con los siguientes dispositivos de seguridad:

- Control automático de llenado electrónico mediante basculas de llenado.
- Conector especial para llenado (punta pool y maneral).

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev. 0 Página: 9 de 40
---	--	--

- Válvula de cierre rápido.
- Válvula de cierre manual.
- Sistema de conexión a tierra.

Para atender eventos de incendio la instalación cuenta con una red de agua contra incendios constituida por bombas, cabezales, aspersores e hidrantes. El agua se almacena en una cisterna y se suministra mediante bombas de motor eléctrico, motor de combustión interna y bomba jockey a un sistema de aspersores instalados alrededor del tanque de almacenamiento y a dos hidrantes con manguera de 30m. Adicionalmente se contará con extintores de polvo químico seco de 9 kg de capacidad. Las áreas que estarán protegidas por este tipo de extintores son: Toma de recepción, Toma de suministro, muelle de llenado, Bombas, Compresor, Zonas de almacenamiento, Estacionamientos, Oficinas, Vigilancia.

Se contará con 1 extintor de carretilla, con capacidad de 50 kg de polvo químico seco que se localizaran en el área de almacenamiento.

Adicionalmente la red contra incendio cuenta con una toma siamesa.

La función del Sistema de Paro de Emergencia (SPPE) es desenergizar la planta en su totalidad, parando el compresor y bombas. Para activar el SPPE se cuenta con botoneras de paro estratégicamente ubicadas.

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev. 0 Página: 10 de 40
---	--	---

5. RESUMEN DE LAS METODOLOGIAS UTILIZADAS

Para la realización del presente Análisis de Riesgo se utilizaron: la metodología HAZID y HazOp para detectar peligros en el proceso, estableciendo nodos con el propósito de investigar todas las posibles causas y consecuencias de las diferentes desviaciones a la intención del diseño y jerarquizando los eventos con matriz de riesgo; en seguida el Análisis detallado de frecuencias para estimar la probabilidad de los diversos eventos y Análisis de Consecuencias para determinar las afectaciones generadas por la materialización de dichos peligros considerando modelos para tasas de descarga, dispersión de gases, modelos de fuego (radiación) y modelos de explosión (ondas de sobrepresión) por medio del software especializado PHAST.

5.1. HAZOP

El estudio de peligros y operabilidad HAZOP, es una técnica recomendada para identificar los problemas de seguridad y de operabilidad que se pudiesen presentar en una instalación durante su operación normal, arranque y paro. En este análisis, un grupo multidisciplinario de especialistas usa un enfoque sistemático, basado en la aplicación sucesiva de palabras guía a puntos o nodos de estudio (bombas, compresores, líneas, recipientes), para proporcionar una estructura de razonamiento lógico facilitando la identificación de posibles desviaciones en la intención de diseño del nodo de estudio, con el objeto de conocer sus causas, consecuencias y acciones requeridas para minimizar riesgos durante la operación.

El proceso de análisis se resume en la figura 5.1.1.

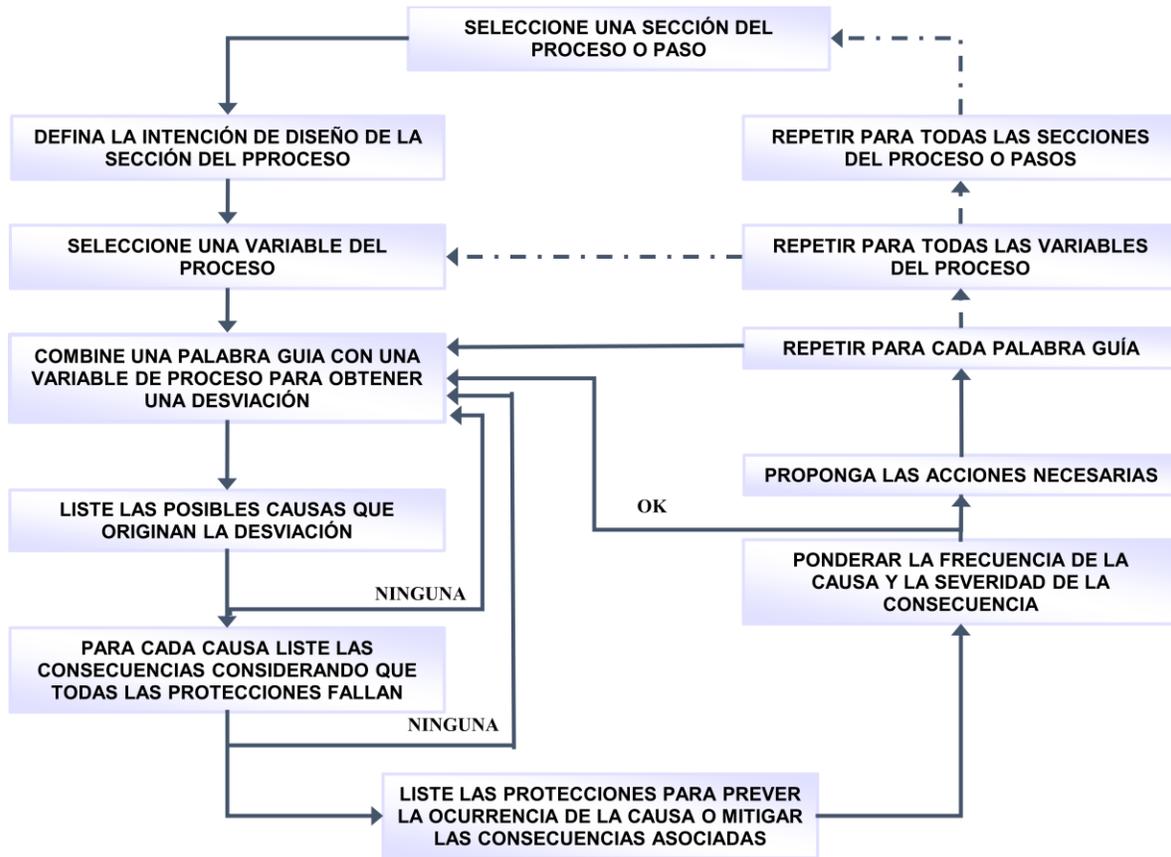


Figura 5.1.1. Proceso de análisis del estudio de Peligros y Operabilidad.

Una vez identificados los principales riesgos de la instalación, debe conocerse cuáles de éstos son los que por la magnitud de sus consecuencias definidas como fatalidades, accidentes con lesiones, liberación de HC y daños a bienes o por su nivel de recurrencia o frecuencia en que se presentan deben ser atendidos de manera inmediata o prioritaria. Lo anterior permite asignar prioridades a las recomendaciones indicadas en la identificación de peligros, lo que permite a la organización, enfocar mejor sus recursos. Las matrices usadas en la jerarquización de riesgos se muestran en la figura 5.1.2.

Frecuencia de ocurrencia acumulada anual		Clasificación de consecuencias				
Clase de Probabilidad	Rango	5	4	3	2	1
1	$>10^{-1}$	M	M	A	A	A
2	10^{-1} a 10^{-2}	B	M	M	A	A
3	10^{-2} a 10^{-3}	B	B	M	M	A
4	10^{-3} a 10^{-4}	B	B	B	M	M
5	10^{-4} a 10^{-5}	B	B	B	B	M
6	10^{-5} a 10^{-6}	B	B	B	B	B
7	$< 10^{-6}$	B	B	B	B	B

Clasificación

B: Bajo, Gestión mediante la mejora continua.
M: Medio, Incorporar salvaguardas y medidas de reducción del riesgo y mitigación de consecuencias
A: Alto, Intolerable, riesgo no aceptable

FUENTE: NORMA Oficial Mexicana NOM-013-SECRE-2012. Lunes 30 de septiembre de 2013 DIARIO OFICIAL.

Figura 5.1.2. Matrices de riesgo

5.2. EVALUACIÓN DE FRECUENCIAS

El análisis de árbol de eventos evalúa los accidentes posibles que pueden resultar de un evento iniciador específico, sea una falla de equipo o una anomalía en el proceso. Un árbol de eventos es un método gráfico que muestra los diferentes escenarios de accidente que pueden resultar a partir de un evento iniciador específico. El evento iniciador se coloca al lado izquierdo del árbol de eventos. El recorrido del árbol de eventos va de izquierda a derecha y cada rama representa el éxito o fracaso de los mecanismos de protección existentes o consideraciones fenomenológicas que afectan a la naturaleza de las consecuencias del accidente. Cada recorrido del árbol de eventos representa un escenario de accidente diferente. Cada recorrido consiste en el evento iniciador y en una combinación específica de éxitos o fracasos de los

mecanismos de protección o de las condiciones fenomenológicas. En cada rama, la suma de la probabilidad de éxito más la probabilidad de fracaso debe ser igual a 1. Ver figura 5.2-1.

Escenario No. de referencia: Descripción del escenario.						
A. Evento iniciador	B. Control de Proceso	C. Alarma	D. SPPE	E. PSVs	Resultado	Subconjuntos Mínimos
	P ₁				Control de Proceso	AB
		P ₂			Acción del operador	ABC
Frecuencia estimada						
			P ₃		Paro seguro del Proceso	ABCD
	1-P ₁					
		1-P ₂			Desfogue de gas	ABCDE
			1-P ₃			
				1-P ₃	Fuga	ABCDE
Notas:						

Figura 5.2-1 Árbol de eventos

5.3. EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS

Para determinar las posibles consecuencias de un accidente se simulo y cuantifico los escenarios de riesgo a través de los Modelos siguientes:

Modelos de Emisión

Los Modelos de Emisión son utilizados para determinar el flujo de descarga del material liberado, la cantidad total emitida y el estado físico del mismo. La modelación del fenómeno para una ruptura o derrame accidental de un material peligroso es frecuentemente el paso más crítico en la estimación exacta de la concentración del gas corriente abajo como resultado del accidente.

Modelos de dispersión

Los modelos de dispersión se utilizan para predecir el área afectada en función del tamaño y forma de la nube, la distancia a la cual se alcanza una concentración de interés, como puede ser el límite de explosividad inferior, LFL, de los vapores corriente abajo del punto de emisión y en todas direcciones, para evaluar efectos por explosión y fuego, estimar datos de concentración en función del tiempo a distancias dadas para evaluar efectos tóxicos en trabajadores y al público en general.

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev. 0 Página: 14 de 40
---	--	---

Modelos de Fuego y Explosión

Los modelos de fuego son correlaciones empíricas que nos permiten estimar los niveles de radiación térmica para una distancia dada y determinar zonas de afectación.

Se tienen diferentes modelos de fuego:

- Alberca de fuego (Pool Fire).
- Chorro de fuego (Jet Fire).
- Bola de fuego (Fire Ball).
- BLEVE.

Los modelos de explosión se usan para determinar radios y/o zonas de afectación para ciertos niveles de sobrepresión.

Se tienen diferentes Modelos de explosión:

- Modelo TNT.
- Modelo TNO.
- Explosión física.
- BLEVE.
- Explosión confinada.

Modelos de Efectos

El siguiente paso en un Análisis Cuantitativo de Riesgos es evaluar las consecuencias de los resultados de los accidentes. Un método de evaluación de las consecuencias de los resultados de accidentes es el modelo de efectos directo, el cual predice los efectos sobre las personas o estructuras basados en criterios predeterminados.

5.4. RELACIÓN DE RIESGOS IDENTIFICADOS

En la aplicación de la metodología HAZOP se identificaron los siguientes riesgos:

- Tanque de almacenamiento de gas LP.
 - Escenario 1.3.1. Relevo de PSVs debido al sobrellenado del tanque de almacenamiento.
 - Escenario 1.7.1. Fuga de gas LP por corrosión.
 - Escenario 1.8.1. Ruptura por falla de soldadura.

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev. 0 Página: 15 de 40
---	--	---

- Compresor Corken 690.
 - Escenario 2.1.1. Fugas de gas LP en uniones bridadas y/o roscadas debido al represionamiento por descarga bloqueada.
 - Escenario 2.3.1. Daño mecánico del compresor por presencia de líquido.
 - Escenario 2.9.1. Fuga de gas LP por falla de sellos.
 - Escenario 2.9.2. Fuga de gas LP por corrosión.
- Toma de recepción y Semirremolque.
 - Escenario 3.1.1. Fugas de gas LP en uniones bridadas y/o roscadas debido al represionamiento por descarga bloqueada.
 - Escenario 3.7.1. Fuga de gas LP por corrosión.
 - Escenario 3.7.2. Ruptura de manguera que origina fuga de gas LP por desplazamiento del semirremolque.
- Bomba para llenado de autotanques.
 - Escenario 4.1.1. Fuga de gas LP en uniones bridadas y/o roscadas debido al represionamiento por descarga bloqueada.
 - Escenario 4.8.1. Fuga de gas LP por falla de sellos mecánicos.
 - Escenario 4.8.2. Fuga de gas LP por corrosión.
- Toma de suministro y Autotanque.
 - Escenario 5.1.1. Fuga de gas LP en autotanque debido a que no se alinea la válvula de retorno de vapores.
 - Escenario 5.3.1. Relevo de PSVs debido al sobrellenado del autotanque.
 - Escenario 5.7.1. Fuga de gas LP por corrosión.
 - Escenario 5.7.2. Ruptura de manguera que origina fuga de gas LP por desplazamiento del autotanque.
- Bomba para llenado de cilindros.
 - Escenario 6.1.1. Fuga de gas LP en uniones bridadas y/o roscadas debido al represionamiento por descarga bloqueada.
 - Escenario 6.8.1. Fuga de gas LP por falla de sellos mecánicos.

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev. 0 Página: 16 de 40
---	--	---

Escenario 6.8.2. Fuga de gas LP en el múltiple de llenado por corrosión.

- Llenado de cilindros.

Escenario 7.3.1. Relevo de PSVs debido al sobrellenado del cilindro por error humano.

Escenario 7.3.2. Relevo de PSVs debido al sobrellenado del cilindro por báscula mal calibrada.

Escenario 7.3.3. Relevo de PSVs debido al sobrellenado del cilindro por falla del cierre automático.

Escenario 7.7.1. Fuga de gas LP por cilindros en mal estado.

- Vaciado de cilindros.

Escenario 8.3.1. Relevo de PSVs debido al sobrellenado del tanque de recuperación de líquidos por falla del indicador de nivel.

Escenario 8.3.2. Relevo de PSVs debido al sobrellenado del del tanque de recuperación de líquidos por error humano.

Escenario 8.7.1. Fuga de gas LP en el del tanque de recuperación de líquidos por corrosión.

Para la estimación de consecuencias se plantearon los siguientes escenarios de riesgos, identificados en las sesiones de trabajo HAZOP y al cumplimiento a los indicados en la NOM-001-SESH-2014. Estos escenarios son representativos de los posibles casos de fuga de gas LP que se pudiesen presentar.

- Escenario PD-PUERTO MORELOS-001. Fuga de gas L.P. en el tanque de almacenamiento de 250,000 litros por corrosión o falla de empaques en uniones bridadas y/o roscadas, diámetro equivalente del orificio 0.6”.
- Escenario PD-PUERTO MORELOS-002. Ruptura de la manguera en la toma de recepción por desplazamiento del semirremolque que origina fuga de gas L.P., diámetro equivalente del orificio 2”.
- Escenario PD-PUERTO MORELOS-003. Fuga de gas L.P. en tubería de la toma de suministro por corrosión o falla de empaques en uniones bridadas y/o roscadas, diámetro equivalente del orificio 0.4”.
- Escenario PD-PUERTO MORELOS-004. Ruptura de la manguera en la toma de suministro por desplazamiento del autotanque que origina fuga de gas L.P., diámetro equivalente del orificio 2”.
- Escenario PD-PUERTO MORELOS-005. Fuga de gas L.P. en tubería de la toma de recepción por corrosión o falla de empaques en uniones bridadas y/o roscadas, diámetro equivalente del orificio 0.4”.

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev. 0 Página: 17 de 40
---	--	---

- Escenario PD-PUERTO MORELOS-006. Fuga de gas L.P. en tubería del múltiple de llenado por corrosión o falla de empaques en uniones bridadas y/o roscadas, diámetro equivalente del orificio 0.4”.
- Escenario PD-PUERTO MORELOS-007. BLEVE del tanque de almacenamiento por fuego externo.

	Análisis de Riesgos de Proceso	Proyecto: Puerto Morelos
	Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Fecha: Junio-2020
		Rev.: 0
		Página: 18 de 40

6. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE FRECUENCIAS Y CONSECUENCIAS DE LOS ESCENARIOS DE RIESGOS IDENTIFICADOS

6.1. Análisis detallado de frecuencias

Referencia en HAZOP	Escenario	frecuencia calculada	Categoría de frecuencia Matriz de riesgo	Categoría de frecuencia HAZOP
1.7.1	Fuga de gas LP en tanque de almacenamiento por corrosión.	2.8E-05	5	3
	Incendio.	1.09E-05	5	4
	Explosión.	5.21E-06	6	4
3.7.1	Fuga de gas LP en tubería de toma de recepción por corrosión.	2.8E-05	5	2
	Incendio.	1.09E-05	5	3
	Explosión.	5.21E-06	6	3
3.7.2	Ruptura de manguera en toma de recepción por desplazamiento del Remolque, que origina fuga de gas LP.	1.0E-04	4	2
	Incendio.	4.0E-06	6	3
	Explosión.	2.3E-05	5	3
5.7.1	Fuga de gas LP en tubería de toma de suministro por corrosión.	2.8E-05	5	2
	Incendio.	1.09E-05	5	3
	Explosión.	5.21E-06	6	3
5.7.2	Ruptura de manguera en toma de suministro que origina fuga de gas LP por desplazamiento del autotanque.	1.0E-03	3	2

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev. 0 Página: 19 de 40
---	--	---

Referencia en HAZOP	Escenario	frecuencia calculada	Categoría de frecuencia Matriz de riesgo	Categoría de frecuencia HAZOP
	Incendio.	4.0E-05	5	3
	Explosión.	2.3E-04	4	3
6.8.2	Fuga de gas LP en múltiple de llenado por corrosión.	2.8E-05	5	2
	Incendio.	1.09E-05	5	3
	Explosión.	5.21E-06	6	3

6.2. Evaluación de consecuencias

A continuación se presentan los resultados obtenidos del Análisis de consecuencias para cada uno de los escenarios planteados. Se muestran las zonas de seguridad para eventos de riesgo por radiación térmica y sobrepresión y la matriz de resultados para los puntos de interés.

6.2.1. Identificación de las zonas de seguridad

Zona Intermedia de Salvaguarda								
			Efectos por Toxicidad		Efectos por Radiación térmica		Efectos por Sobrepresión	
Clave del escenario de riesgo	Nombre del Escenario	Clave clase de evento*	Riesgo IDLH	Amortiguamiento TLV ₈ ó TLV ₁₅	Riesgo 5 kW/m ²	Amortiguamiento 1.4 kW/m ²	Riesgo 1 psi	Amortiguamiento 0.5 psi
PD-PUERTO MORELOS-001	Fuga en Tanque de Almacenamiento	BOLF	N/A	N/A	39.0	57.4	--	--
		UVCE	N/A	N/A	--	--	35.1	48.1
PD-PUERTO MORELOS-002	Ruptura manguera en toma de recepción	CHOF	N/A	N/A	37.6	94.3	--	--
		UVCE	N/A	N/A	--	--	41.8	70.4
PD-PUERTO MORELOS-003	Fuga en tubería de toma de recepción	BOLF	N/A	N/A	26.3	39.0	--	--
		UVCE	N/A	N/A	--	--	32.9	40.3
PD-PUERTO MORELOS-004	Ruptura manguera de toma de suministro	CHOF	N/A	N/A	40.1	80.1	--	--
		UVCE	N/A	N/A	--	--	37.6	63.2
PD-PUERTO MORELOS-005	Fuga en tubería de toma de suministro	BOLF	N/A	N/A	26.3	39.0	--	--
		UVCE	N/A	N/A	--	--	32.9	40.3
PD-PUERTO MORELOS-006	Fuga en tubería de múltiple de llenado	CHOF	N/A	N/A	26.3	39.0	--	--
		UVCE	N/A	N/A	--	--	32.9	40.3
PD-PUERTO	BLEVE Tanque de	BOLF	N/A	N/A	815.4	1512.9	--	--



Análisis de Riesgos de Proceso

Planta de Distribución de gas LP
Puerto Morelos-Quintana Roo

Proyecto: Puerto Morelos

Fecha: Junio-2020

Rev. 0

Página: 21 de 40

Zona Intermedia de Salvaguarda								
			Efectos por Toxicidad		Efectos por Radiación térmica		Efectos por Sobrepresión	
Clave del escenario de riesgo	Nombre del Escenario	Clave clase de evento*	Riesgo IDLH	Amortiguamiento TLV ₈ ó TLV ₁₅	Riesgo 5 kW/m ²	Amortiguamiento 1.4 kW/m ²	Riesgo 1 psi	Amortiguamiento 0.5 psi
MORELOS-007	almacenamiento	UVCE	N/A	N/A	--	--	201.1	334.5

N/A: No Aplica. NH: No Hazard. BOLF: Bola de fuego. UVCE: Explosión de nube de vapor no confinada. CHOF: Chorro de fuego.

	Análisis de Riesgos de Proceso	Proyecto: Puerto Morelos
	Planta de Distribución de gas LP	Fecha: Junio-2020
	Puerto Morelos-Quintana Roo	Rev.: 0
		Página: 22 de 40

6.2.2. Matriz de resultados

Clave del escenario de riesgo	Equipo o sitio de la planta donde se presenta la fuga simulada	Nombre del material o sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Puntos de interés para evaluar las consecuencias				Consecuencias, recomendaciones y medidas preventivas de control y de mitigación	
			Sitios, instalaciones o equipos/distancias		Efectos alcanzados en el sitio, instalación o equipo por:			
			Receptores, sitios, instalaciones o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los Receptores, sitios, instalaciones o equipos al punto de fuga	Toxicidad (ppm)	Sobrepresión (psi)		Radiación Térmica (kW/m ²)
PD-PUERTO MORELOS-001	Fuga en Tanque de almacenamiento	Gas LP	Toma de suministro	9.5m	N/A	>5	>37.5	<p>En caso de incendio el personal puede sufrir quemaduras de segundo grado.</p> <p>En caso de explosión desplazamiento del tanque y ruptura de tuberías y ruptura de autotanque y posible muerte del personal por efectos de la onda de sobrepresión.</p> <p>Se recomienda elaborar un programa de inspección del tanque de almacenamiento y accesorios.</p> <p>Se cuenta con válvulas neumáticas de cierre remoto en cada boquilla del tanque, paro de emergencia con acción a paro de bombas y compresores, sistema de tierras para prever descargas eléctricas, sistema de aspersión de agua y monitores contra incendio.</p>
			Toma de recepción	15m	N/A	>5	>37.5	<p>En caso de incendio el personal puede sufrir quemaduras de segundo grado.</p> <p>En caso de explosión ruptura de tuberías y ruptura de semirremolque y posible muerte del personal por efectos de la onda de sobrepresión.</p>
			Múltiple de llenado	33m	N/A	1.0	12.5	<p>Si el personal no se aleja puede sufrir quemaduras de 2do grado.</p> <p>Por explosión se colapsará el techo del</p>



Análisis de Riesgos de Proceso

Planta de Distribución de gas LP
Puerto Morelos-Quintana Roo

Proyecto: Puerto Morelos

Fecha: Junio-2020

Rev. 0

Página: 23 de 40

Clave del escenario de riesgo	Equipo o sitio de la planta donde se presenta la fuga simulada	Nombre del material o sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Puntos de interés para evaluar las consecuencias			Consecuencias, recomendaciones y medidas preventivas de control y de mitigación		
			Sitios, instalaciones o equipos/distancias		Efectos alcanzados en el sitio, instalación o equipo por:			
			Receptores, sitios, instalaciones o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los Receptores, sitios, instalaciones o equipos al punto de fuga	Toxicidad (ppm)		Sobrepresión (psi)	Radiación Térmica (kW/m ²)
						muelle de llenado.		
			DDV de C.F.E.	48m	N/A	0.5	3.2	No hay consecuencias de interés
			Oficina	78m	N/A	0.02	0.13	No hay consecuencias de interés
			Casa Cervecera Pescadores	220m	N/A	0	0	No hay consecuencias de interés

Evento	Fatalidades	Lesiones	Liberación HC	Daños a Bienes
Fuga	5	5	4	5
Incendio	5	3	3	4
Explosión	2	3	3	3

Nota: Los valores asignados a las categorías de lesiones, fatalidades, liberación de HC y daños a bienes están referenciados a la tabla 8.1-1.



Análisis de Riesgos de Proceso

Planta de Distribución de gas LP
Puerto Morelos-Quintana Roo

Proyecto: Puerto Morelos

Fecha: Junio-2020

Rev. 0

Página: 24 de 40

Clave del escenario de riesgo	Equipo o sitio de la planta donde se presenta la fuga simulada	Nombre del material o sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Puntos de interés para evaluar las consecuencias					Consecuencias, recomendaciones y medidas preventivas de control y de mitigación
			Sitios, instalaciones o equipos/distancias		Efectos alcanzados en el sitio, instalación o equipo por:			
			Receptores, sitios, instalaciones o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los Receptores, sitios, instalaciones o equipos al punto de fuga	Toxicidad (ppm)	Sobrepresión (psi)	Radiación Térmica (kW/m ²)	
PD-PUERTO MORELOS-002	Ruptura manguera de toma de recepción	Gas LP	Tanque de almacenamiento	7.6m	N/A	14.5	31.6	<p>Por radiación térmica el personal puede sufrir quemaduras de 2do grado.</p> <p>En caso de explosión el tanque se desplazará provocando la ruptura de tuberías y posible muerte del personal por efectos de la onda de sobrepresión.</p> <p>Se recomienda capacitar al personal en el procedimiento operativo para el trasvase de gas LP de semirremolque a tanque de almacenamiento.</p> <p>Se cuenta con válvulas de exceso de flujo, válvulas de cierre neumático, paro de emergencia con acción a paro de bombas y compresores, sistema de tierras para prever descargas eléctricas, sistema de aspersión de agua y monitores contra incendio.</p>
			Toma de suministro	22.4m	N/A	2.7	12.2	Si el personal no se aleja puede sufrir quemaduras de 2do grado.
			Múltiple de llenado	22.4m	N/A	2.7	12.2	<p>En caso de incendio, si el personal no se aleja puede sufrir quemaduras de 2do grado.</p> <p>Por explosión se colapsa el techo del muelle de llenado.</p>
			Oficina	56m	N/A	0.75	4.3	<p>Los efectos por explosión son rotura de cristales y daño a marco de ventanas.</p> <p>Por radiación térmica el personal cuenta con el tiempo suficiente para alejarse.</p>



Análisis de Riesgos de Proceso

Planta de Distribución de gas LP
Puerto Morelos-Quintana Roo

Proyecto: Puerto Morelos

Fecha: Junio-2020

Rev. 0

Página: 25 de 40

Clave del escenario de riesgo	Equipo o sitio de la planta donde se presenta la fuga simulada	Nombre del material o sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Puntos de interés para evaluar las consecuencias				Consecuencias, recomendaciones y medidas preventivas de control y de mitigación	
			Sitios, instalaciones o equipos/distancias		Efectos alcanzados en el sitio, instalación o equipo por:			
			Receptores, sitios, instalaciones o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los Receptores, sitios, instalaciones o equipos al punto de fuga	Toxicidad (ppm)	Sobrepresión (psi)		Radiación Térmica (kW/m ²)
			DDV de C.F.E.	58m	N/A	0.71	4.2	Sin consecuencias de interés.
			Casa Cervecera Pescadores	210m	N/A	0	0	Sin consecuencias de interés.

Evento	Fatalidades	Lesiones	Liberación HC	Daños a Bienes
Fuga	5	5	5	5
Incendio	5	3	5	5
Explosión	2	3	4	4

Nota: Los valores asignados a las categorías de lesiones, fatalidades, liberación de HC y daños a bienes están referenciados a la tabla 8.1-1.



Análisis de Riesgos de Proceso

Planta de Distribución de gas LP
Puerto Morelos-Quintana Roo

Proyecto: Puerto Morelos

Fecha: Junio-2020

Rev. 0

Página: 26 de 40

Clave del escenario de riesgo	Equipo o sitio de la planta donde se presenta la fuga simulada	Nombre del material o sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Puntos de interés para evaluar las consecuencias					Consecuencias, recomendaciones y medidas preventivas de control y de mitigación
			Sitios, instalaciones o equipos/distancias		Efectos alcanzados en el sitio, instalación o equipo por:			
			Receptores, sitios, instalaciones o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los Receptores, sitios, instalaciones o equipos al punto de fuga	Toxicidad (ppm)	Sobrepresión (psi)	Radiación Térmica (kW/m ²)	
PD-PUERTO MORELOS-003	Fuga en tubería de toma de recepción	Gas LP	Tanque de almacenamiento	7.6m	N/A	14.5	Envuelto en llamas	<p>Por radiación térmica el personal puede sufrir quemaduras de 3er grado.</p> <p>La explosión originará desplazamiento del tanque provocando la ruptura de tuberías y posible muerte del personal por efectos de la onda de sobrepresión.</p> <p>Se recomienda elaborar programa de inspección de tuberías.</p> <p>Se cuenta con válvulas de exceso de flujo, válvulas de cierre neumático, paro de emergencia con acción a paro de bombas y compresores, sistema de tierras para prever descargas eléctricas, sistema de aspersión de agua y monitores contra incendio.</p>
			Toma de suministro	22.4m	N/A	7.6	10.8	<p>En caso de incendio, el personal cuenta con el tiempo suficiente para ponerse a salvo.</p> <p>Los efectos por explosión podrían provocar la ruptura del autotanque y muerte del personal.</p>
			Múltiple de llenado	22.4m	N/A	7.6	10.8	<p>En caso de incendio, el personal cuenta con el tiempo suficiente para ponerse a salvo.</p> <p>Por explosión se colapsa el techo del muelle de llenado.</p>
			Oficina	56m	N/A	0.17	0.13	<p>Los efectos por explosión son rotura de cristales y daño a marco de ventanas.</p>



Análisis de Riesgos de Proceso

Planta de Distribución de gas LP
Puerto Morelos-Quintana Roo

Proyecto: Puerto Morelos

Fecha: Junio-2020

Rev. 0

Página: 27 de 40

Clave del escenario de riesgo	Equipo o sitio de la planta donde se presenta la fuga simulada	Nombre del material o sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Puntos de interés para evaluar las consecuencias				Consecuencias, recomendaciones y medidas preventivas de control y de mitigación	
			Sitios, instalaciones o equipos/distancias		Efectos alcanzados en el sitio, instalación o equipo por:			
			Receptores, sitios, instalaciones o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los Receptores, sitios, instalaciones o equipos al punto de fuga	Toxicidad (ppm)	Sobrepresión (psi)		Radiación Térmica (kW/m ²)
			DDV de C.F.E.	58m	N/A	0.14	0.11	Sin consecuencias de interés.
			Casa Cervecera Pescadores	210m	N/A	0	0	Sin consecuencias de interés.

Evento	Fatalidades	Lesiones	Liberación HC	Daños a Bienes
Fuga	5	5	5	5
Incendio	5	3	4	5
Explosión	2	3	4	4

Nota: Los valores asignados a las categorías de lesiones, fatalidades, liberación de HC y daños a bienes están referenciados a la tabla 8.1-1.



Análisis de Riesgos de Proceso

Planta de Distribución de gas LP
Puerto Morelos-Quintana Roo

Proyecto: Puerto Morelos

Fecha: Junio-2020

Rev. 0

Página: 28 de 40

Clave del escenario de riesgo	Equipo o sitio de la planta donde se presenta la fuga simulada	Nombre del material o sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Puntos de interés para evaluar las consecuencias					Consecuencias, recomendaciones y medidas preventivas de control y de mitigación
			Sitios, instalaciones o equipos/distancias		Efectos alcanzados en el sitio, instalación o equipo por:			
			Receptores, sitios, instalaciones o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los Receptores, sitios, instalaciones o equipos al punto de fuga	Toxicidad (ppm)	Sobrepresión (psi)	Radiación Térmica (kW/m ²)	
PD-PUERTO MORELOS-004	Ruptura de manguera de toma de suministro	Gas LP	Tanque de almacenamiento	6.22	N/A	7.0	22.0	<p>Por radiación térmica el personal puede sufrir quemaduras de 2do grado.</p> <p>La explosión originará desplazamiento del tanque provocando la ruptura de tuberías y posible muerte del personal por efectos de la onda de sobrepresión.</p> <p>Se recomienda capacitar al personal en el procedimiento operativo para el trasvase de gas LP de tanque de almacenamiento a autotanque.</p> <p>Se cuenta con válvulas de exceso de flujo, válvulas de cierre neumático, paro de emergencia con acción a paro de bombas y compresores, sistema de tierras para prever descargas eléctricas, sistema de aspersión de agua y monitores contra incendio.</p>
			Toma de recepción	22.4	N/A	2.5	12.1	En caso de incendio, el personal cuenta con el tiempo suficiente para ponerse a salvo.
			DDV de C.F.E.	48m	N/A	0.79	4.2	Sin consecuencias de interés
			Oficina	85m	N/A	0.40	1.6	Los efectos por explosión son rotura de cristales y daño a marco de ventanas.
			Casa Cervecera Pescadores	220m	N/A	0	0	Sin consecuencias de interés

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev.: 0 Página: 29 de 40
---	--	--

Evento	Fatalidades	Lesiones	Liberación HC	Daños a Bienes
Fuga	5	5	5	5
Incendio	5	3	5	5
Explosión	2	3	4	4

Nota: Los valores asignados a las categorías de lesiones, fatalidades, liberación de HC y daños a bienes están referenciados a la tabla 8.1-1.

Clave del escenario de riesgo	Equipo o sitio de la planta donde se presenta la fuga simulada	Nombre del material o sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Puntos de interés para evaluar las consecuencias					Consecuencias, recomendaciones y medidas preventivas de control y de mitigación
			Sitios, instalaciones o equipos/distancias		Efectos alcanzados en el sitio, instalación o equipo por:			
			Receptores, sitios, instalaciones o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los Receptores, sitios, instalaciones o equipos al punto de fuga	Toxicidad (ppm)	Sobrepresión (psi)	Radiación Térmica (kW/m ²)	
PD-PUERTO MORELOS-005	Fuga en toma de suministro	Gas LP	Tanque de almacenamiento	6.22	N/A	14.5	Envuelto en llamas	<p>Por radiación térmica el personal puede sufrir quemaduras de 3er grado.</p> <p>La explosión originará desplazamiento del tanque provocando la ruptura de tuberías y posible muerte del personal por efectos de la onda de sobrepresión.</p> <p>Se recomienda elaborar programa de inspección de tuberías.</p> <p>Se cuenta con válvulas de exceso de flujo, válvulas de cierre neumático, paro de emergencia con acción a paro de bombas y compresores, sistema de tierras para prever descargas eléctricas, sistema de aspersión de agua y monitores contra incendio.</p>
			Toma de recepción	22.4	N/A	6.7	10.9	<p>Por radiación térmica, el personal cuenta con el tiempo suficiente para alejarse.</p> <p>La explosión originará desplazamiento del tanque provocando la ruptura de tuberías y posible muerte del personal por efectos de la onda de sobrepresión.</p>
			DDV de C.F.E.	48m	N/A	0.12	0.23	Sin consecuencias de interés
			Oficina	75m	N/A	0	0	Sin consecuencias de interés



Análisis de Riesgos de Proceso

Planta de Distribución de gas LP
Puerto Morelos-Quintana Roo

Proyecto: Puerto Morelos

Fecha: Junio-2020

Rev. 0

Página: 31 de 40

Clave del escenario de riesgo	Equipo o sitio de la planta donde se presenta la fuga simulada	Nombre del material o sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Puntos de interés para evaluar las consecuencias					Consecuencias, recomendaciones y medidas preventivas de control y de mitigación
			Sitios, instalaciones o equipos/distancias		Efectos alcanzados en el sitio, instalación o equipo por:			
			Receptores, sitios, instalaciones o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los Receptores, sitios, instalaciones o equipos al punto de fuga	Toxicidad (ppm)	Sobrepresión (psi)	Radiación Térmica (kW/m ²)	
			Casa Cervecera Pescadores	220m	N/A	0	0	Sin consecuencias de interés

Evento	Fatalidades	Lesiones	Liberación HC	Daños a Bienes
Fuga	5	5	5	5
Incendio	5	3	4	5
Explosión	2	3	4	4

Nota: Los valores asignados a las categorías de lesiones, fatalidades, liberación de HC y daños a bienes están referenciados a la tabla 8.1-1.



Análisis de Riesgos de Proceso

Planta de Distribución de gas LP
Puerto Morelos-Quintana Roo

Proyecto: Puerto Morelos

Fecha: Junio-2020

Rev. 0

Página: 32 de 40

Clave del escenario de riesgo	Equipo o sitio de la planta donde se presenta la fuga simulada	Nombre del material o sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Puntos de interés para evaluar las consecuencias					Consecuencias, recomendaciones y medidas preventivas de control y de mitigación
			Sitios, instalaciones o equipos/distancias		Efectos alcanzados en el sitio, instalación o equipo por:			
			Receptores, sitios, instalaciones o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los Receptores, sitios, instalaciones o equipos al punto de fuga	Toxicidad (ppm)	Sobrepresión (psi)	Radiación Térmica (kW/m ²)	
PD-PUERTO MORELOS-006	Fuga en múltiple de llenado	Gas LP	Tanque de almacenamiento	6m	N/A	14.5	Envuelto en llamas	<p>Por radiación térmica el personal puede sufrir quemaduras de 3er grado.</p> <p>La explosión originará desplazamiento del tanque provocando la ruptura de tuberías y posible muerte del personal por efectos de la onda de sobrepresión.</p> <p>Se recomienda elaborar programa de inspección de tuberías.</p> <p>Se cuenta con válvulas de exceso de flujo, válvulas de cierre neumático, paro de emergencia con acción a paro de bombas y compresores, sistema de tierras para prever descargas eléctricas, sistema de aspersión de agua y monitores contra incendio.</p>
			Toma de recepción	22.5	N/A	6.7	10.9	<p>Por radiación térmica, el personal cuenta con el tiempo suficiente para alejarse.</p> <p>La explosión originará desplazamiento del tanque provocando la ruptura de tuberías y posible muerte del personal por efectos de la onda de sobrepresión.</p>
			DDV de C.F.E.	40m	N/A	0.52	1.23	No hay consecuencias de interés.
			Oficina	46m	N/A	0.12	0.9	No hay consecuencias de interés.

	Análisis de Riesgos de Proceso	Proyecto: Puerto Morelos
	Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Fecha: Junio-2020
		Rev.: 0
		Página: 33 de 40

Clave del escenario de riesgo	Equipo o sitio de la planta donde se presenta la fuga simulada	Nombre del material o sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Puntos de interés para evaluar las consecuencias				Consecuencias, recomendaciones y medidas preventivas de control y de mitigación	
			Sitios, instalaciones o equipos/distancias		Efectos alcanzados en el sitio, instalación o equipo por:			
			Receptores, sitios, instalaciones o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los Receptores, sitios, instalaciones o equipos al punto de fuga	Toxicidad (ppm)	Sobrepresión (psi)		Radiación Térmica (kW/m ²)
			Casa Cervecera Pescadores	220m	N/A	0	0	No hay consecuencias de interés.

Evento	Fatalidades	Lesiones	Liberación HC	Daños a Bienes
Fuga	5	5	5	5
Incendio	5	3	4	5
Explosión	2	3	4	4

Nota: Los valores asignados a las categorías de lesiones, fatalidades, liberación de HC y daños a bienes están referenciados a la tabla 8.1-1.



Análisis de Riesgos de Proceso

Planta de Distribución de gas LP
Puerto Morelos-Quintana Roo

Proyecto: Puerto Morelos

Fecha: Junio-2020

Rev. 0

Página: 34 de 40

Clave del escenario de riesgo	Equipo o sitio de la planta donde se presenta la fuga simulada	Nombre del material o sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Puntos de interés para evaluar las consecuencias					Consecuencias, recomendaciones y medidas preventivas de control y de mitigación
			Sitios, instalaciones o equipos/distancias		Efectos alcanzados en el sitio, instalación o equipo por:			
			Receptores, sitios, instalaciones o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los Receptores, sitios, instalaciones o equipos al punto de fuga	Toxicidad (ppm)	Sobrepresión (psi)	Radiación Térmica (kW/m ²)	
PD-PUERTO MORELOS-007	BLEVE Tanque de Almacenamiento de 250,000 litros	Gas LP	Límite de instalación	70m	N/A	6.4	60	El personal que se localice dentro de estos límites morirá por los altos niveles de radiación térmica alcanzados. Destrucción de la planta. Para prever este evento se contará con dispositivos de cierre automático y con sistemas de agua contra incendio.
			Casa Cervecera Pescadores	220m	N/A	0.88	36.7	El personal que se localice dentro de estos límites puede sufrir de quemaduras de segundo grado. Daño a marcos y ventanas, demolición parcial de bardas.
			El Paraíso Mágico	250m	N/A	0.74	32.53	El personal que se localice dentro de estos límites puede sufrir de quemaduras de segundo grado. Daño a marcos y ventanas, demolición parcial de bardas.
			Carretera Chetumal-Cancún	270m	N/A	0.66	29.96	El personal que se localice dentro de estos límites puede sufrir de quemaduras de segundo grado. Rotura de cristales de automóviles.

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev.: 0 Página: 35 de 40
---	--	--

Evento	Fatalidades	Lesiones	Liberación HC	Daños a Bienes
BLEVE	2	2	2	2

Nota: Los valores asignados a las categorías de lesiones, fatalidades, liberación de HC y daños a bienes están referenciados a la tabla 8.1-1.

7. REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGOS

No.	DESCRIPCIÓN	PERSONAS FALLECIDAS			PERSONAS LESIONADAS			LIBERACION DE HIDROCARBUROS			DAÑOS A BIENES		
		F	C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R
1.7.1	Fuga de gas LP en tanque de almacenamiento por corrosión.	5	5	B	5	5	B	5	4	B	5	5	B
	Incendio.	5	5	B	5	3	B	5	3	B	5	4	B
	Explosión.	5	2	B	5	3	B	5	3	B	5	3	B
3.7.1	Fuga de gas LP en tubería de toma de recepción por corrosión.	5	5	B	5	5	B	5	5	B	5	5	B
	Incendio.	5	5	B	5	3	B	5	4	B	5	5	B
	Explosión.	6	2	B	6	3	B	6	4	B	6	4	B
3.7.2	Ruptura de manguera en toma de recepción por desplazamiento del Remolque, que origina fuga de gas LP.	3	5	B	3	5	B	3	5	B	3	5	B
	Incendio.	6	5	B	6	3	B	6	5	B	6	5	B
	Explosión.	5	2	B	5	3	B	5	4	B	5	4	B
5.7.1	Fuga de gas LP en tubería de toma de suministro por corrosión.	5	5	B	5	5	B	5	5	B	5	5	B
	Incendio.	5	5	B	5	3	B	5	4	B	5	5	B
	Explosión.	6	2	B	6	3	B	6	4	B	6	4	B
5.7.2	Ruptura de manguera en toma de suministro que origina fuga de gas LP por desplazamiento del autotanque.	3	5	B	3	5	B	3	5	B	3	5	B

No.	DESCRIPCIÓN	PERSONAS FALLECIDAS			PERSONAS LESIONADAS			LIBERACION DE HIDROCARBUROS			DAÑOS A BIENES		
		F	C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R
	Incendio.	6	5	B	6	3	B	6	5	B	6	5	B
	Explosión.	5	2	B	5	3	B	5	4	B	5	4	B
6.8.2	Fuga de gas LP en múltiple de llenado por corrosión.	5	5	B	5	5	B	5	5	B	5	5	B
	Incendio.	5	5	B	5	3	B	5	5	B	5	5	B
	Explosión.	6	2	B	6	3	B	6	4	B	6	6	B
	BLEVE	5	2	B	5	3	B	5	2	B	5	2	B

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev.: 0 Página: 38 de 40
---	--	--

8. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

El predio se ubica en Parcela 1230 Z2 P1, Ejido de Puerto Morelos, Municipio de Puerto Morelos en el Estado de Quintana Roo.

El predio del proyecto no se encuentra colindante con asentamientos humanos, áreas naturales protegidas, zonas de reserva ecológica y cuerpos de agua. La zona de asentamientos humanos más cercana al predio es la colonia Zetina Gasca de Puerto Morelos, ubicada a 3.7 Km de distancia del predio aproximadamente.

En cuanto a las áreas naturales protegidas, el predio del proyecto se localiza cercano a dos ANP: la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano (decretado como tal el 7 de diciembre del 2016 en el DOF) a más de kilómetro y medio de distancia y al Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (decretado en el DOF el 2 de febrero de 1998), localizado aproximadamente a 4 kilómetros de distancia del predio del proyecto. Este parque fue decretado internacionalmente como Sitio RAMSAR - 1343 Convención de Humedales. El cuerpo de agua más cercano es el mar Caribe, localizado aproximadamente a 1.6 kilómetros de distancia.

La zona no es susceptible a fenómenos naturales tales como: Terremotos, corrimientos de tierra, derrumbamientos o hundimientos, erosión o riesgos radiológicos, aunque es bien sabido que el estado de Quintana Roo es una zona de huracanes y tormentas tropicales, con sus consecuentes inundaciones y escurrimientos. Por ello, será necesario tomar medidas en caso de una contingencia como huracán o tormenta tropical.

En lo referente a la localización de los equipos cumplen con las distancias recomendadas por la NOM-001-SESH-2014.

El análisis HAZOP identifico los siguientes escenarios de riesgo:

- Relevo de PSVs por sobrellenado de tanque de almacenamiento, autotanque, cilindros, tanque de residuos.
- Fugas de gas LP en uniones bridadas o roscadas por alta presión debido a descarga bloqueada en las operaciones de trasvase, llenado de autotanque y llenado de cilindros.
- Fugas de LP en uniones bridadas o roscadas por falla de empaques.
- Ruptura de manguera por desplazamiento de semirremolque, autotanque debido a mala aplicación de procedimientos.

De las figuras 8.1-4, 8.1-5, 8.1-6 y 8.1-7 se determina lo siguiente:

- El 82.4% de los escenarios de riesgo por fatalidades se clasifica con riesgo bajo y el 17.6% con riesgo medio.
- El 87.3% de los escenarios de riesgo por personas lesionadas se clasifica con riesgo bajo y el 12.7% con riesgo medio.

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev.: 0 Página: 39 de 40
---	--	--

- El 95.1% de los escenarios de riesgo por liberación de hidrocarburos se clasifica con riesgo bajo y el 4.9% con riesgo medio.
- El 100% de los escenarios de riesgo por daños a bienes se clasifican con riesgo bajo.

El análisis detallado de frecuencias determino que los eventos iniciadores de los diferentes escenarios de riesgo están relacionados con error humano durante las operaciones de trasvase de gas LP de semirremolque a Tanque de Almacenamiento, llenado de autotanques y llenado de cilindros y falla de equipos (falla de sellos, corrosión), falla de instrumentos (medidor de nivel, sistema neumático de frenos), etc.

Los eventos con mayor frecuencia son la falla de sellos y falla de instrumentos y se estimo una vez cada diez años, aquí se debe dar énfasis en el programa de mantenimiento preventivo.

Para disminuir el error humano se debe enfocar en la capacitación del personal.

La estimación de consecuencias determinó que los escenarios con diámetros de orificio menores o iguales a 0.4 pulgadas no tienen efectos a componentes ambientales y asentamientos humanos, ya que no rebasan los límites de la propiedad.

Los eventos con diámetros de orificio de 2 pulgadas no tienen efectos a componentes ambientales y asentamientos humanos, ya que no rebasan los límites de la propiedad.

Solo en el caso de que se presente un evento catastrófico se tendrían efectos hacia fuera de los límites de instalación, con consecuencias menores. Aunque la probabilidad de que se presente este evento es muy baja considerando los diferentes sistemas de seguridad con que contará la Planta.

También se determinó que la ubicación de oficinas, vigilancia, edificio administrativo son adecuadas respecto a las áreas de proceso como tanque de almacenamiento, toma de recepción, toma de suministro y muelle de llenado.

Para mitigar los eventos de fuga determinados en el Análisis de Riesgo se cuenta con bloqueo con válvulas manuales, válvulas de exceso de flujo, válvulas de cierre de emergencia de actuación remota, red de agua contra incendio y extintores a base de polvo químico seco.

Además, se contará con un estricto control para eliminar fuentes de ignición, todos los equipos de proceso estarán aterrizados a una red de tierras, el personal usará ropa de algodón y los vehículos en sus escapes contarán con matachispas.

En base al análisis cuantitativo de riesgos se determinó que el nivel de riesgo de la Planta de Distribución de gas LP a instalarse en Puerto Morelos, Quintana Roo es clasificado como bajo.

	Análisis de Riesgos de Proceso Planta de Distribución de gas LP Puerto Morelos-Quintana Roo	Proyecto: Puerto Morelos Fecha: Junio-2020 Rev.: 0 Página: 40 de 40
---	--	--

9. RECOMENDACIONES

- 1. Adicionar medidor de nivel del tipo no intrusivo en el tanque de almacenamiento No. 1.
- 2. Capacitar al personal en la aplicación del procedimiento de operación para trasvase de gas LP de Remolque a Tanques de Almacenamiento.
- 3. Capacitar al personal en la atención de fugas de gas LP.
- 4. Elaborar Plan de respuesta a Emergencias.
- 5. Capacitar al personal en la aplicación del procedimiento de operación para la carga de gas LP a autotanque.
- 6. Adicionar válvula de bloqueo en línea de descarga del recipiente para recuperación de líquidos.
- 7. Capacitar al personal en la aplicación del procedimiento de operación para el llenado de cilindros.
- 8. Capacitar al personal para que realice las pruebas necesarias para verificar el buen estado de los cilindros.
- 9. Capacitar al personal en la operación del sistema de vaciado de cilindros.
- 10. Alinear la descarga de la PSV del recipiente para recuperación de líquido a un lugar seguro.

Recomendaciones derivadas del análisis de consecuencias

- Cuando se realicen operaciones de trasvase de gas LP de semirremolque a Tanque de Almacenamiento suspender las demás actividades (Trasvase de gas LP líquido a autotanque y llenado de cilindros).
- Capacitar al personal en la atención de emergencias por fuga de gas LP, para tener tiempos de respuesta menores y poder controlar las fugas.