

# **ANÁLISIS DE RIESGO**

- SECTOR HIDROCARBUROS –  
**Actividades Altamente Riesgosas**

## **ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN INDAMEX**

CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.



Marzo 2022

# ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN INDAMEX

## ANÁLISIS DE RIESGO

- SECTOR HIDROCARBUROS –  
**Actividades Altamente Riesgosas**

### CAPÍTULO 1

ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.



## CAPÍTULO 1 ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

### CONTENIDO

<b>1.1</b>	<b>BASES DE DISEÑO</b>	<b>1</b>
1.1.1	Objetivo	1
1.1.2	Generalidades del proyecto	1
1.1.3	Documentos de referencia	2
1.1.4	Ingeniería de Proceso	3
<b>1.2</b>	<b>DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO</b>	<b>5</b>
1.2.1	Descripción del proceso	5
1.2.2	Etapas del proceso	5
1.2.3	Hoja de seguridad	6
1.2.4	Servicios auxiliares	6
<b>1.3</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD</b>	<b>7</b>
1.3.1	Señalética	7
1.3.2	Paros de emergencia y extintores	7
<b>1.4</b>	<b>CONDICIONES DE OPERACIÓN</b>	<b>7</b>
1.4.1	Condiciones de operación en equipos y accesorios	7
1.4.1.1	Postes de descarga	7
1.4.1.2	Módulos del Sistema de Regulación de Presión	8
1.4.1.3	Línea de alta presión	10
<b>1.5</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO</b>	<b>11</b>
1.5.1	Delimitación del Sistema Ambiental	11
1.5.2	Área de Influencia	12
1.5.3	Caracterización y análisis de Sistema Ambiental	13
1.5.4	Medio Abiótico	13
1.5.4.1	Clima	13
1.5.4.2	Temperatura promedio mensual y anual	14
1.5.4.3	Precipitación	15
1.5.4.4	Velocidad del viento y Radiación Solar	15
1.5.4.5	Fenómenos climatológicos	16

1.5.4.6	Geología.....	19
1.5.4.7	Características de relieve.....	20
1.5.4.8	Susceptibilidad de riesgos.....	22
1.5.4.9	Suelo.....	24
1.5.4.10	Hidrología.....	25
1.5.5	Medio Biótico.....	29
1.5.5.1	Vegetación.....	29
1.5.5.2	Uso de suelo.....	30
1.5.5.3	Muestreo.....	31
1.5.5.3.1	Fauna.....	31
1.6	ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.....	33
1.6.1	Población.....	33
1.6.2	Lenguas indígenas.....	33
1.6.3	Educación.....	34
1.6.4	Tasa de analfabetismo.....	34
1.6.5	Calidad de vida.....	34
1.6.6	Servicios y conectividad en la vivienda.....	35
1.6.7	Tiempo de traslado.....	36
1.6.8	Medio de transporte al trabajo y al colegio.....	36
1.6.9	Población económicamente activa.....	37
1.6.10	Salud.....	38
1.7	PAISAJE.....	38
1.7.1	Unidades del Paisaje.....	39
1.7.2	Calidad Visual.....	39
1.7.3	Fragilidad Visual.....	40
1.8	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	40
1.8.1	Integración e interpretación del inventario ambiental.....	41
1.8.1.1	Factores abióticos.....	41
1.8.1.2	Factores bióticos.....	42
1.9	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	43
1.9.1	Objetivo.....	43
1.9.2	Alcance.....	44

<b>1.9.3</b>	<b>Definiciones</b> .....	44
<b>1.9.4</b>	<b>Análisis preliminar de riesgos</b> .....	50
<b>1.9.5</b>	<b>Antecedentes de incidentes y accidentes de proyectos y/o instalaciones similares</b> .....	51
<b>1.9.6</b>	<b>Identificación de peligros, evaluación y análisis de riesgo</b> .....	54
<b>1.9.6.1</b>	<b>Fase de identificación y análisis de riesgo cualitativo</b> .....	54
<b>1.9.6.1.1</b>	<b>Criterios de selección de las metodologías utilizadas para el análisis y evaluación de riesgos</b> .....	54
<b>1.9.6.2</b>	<b>Identificación de peligros y evaluación de riesgos</b> .....	55
<b>1.9.6.3</b>	<b>Descripción y desarrollo de la metodología para la identificación de riesgos</b> .....	55
<b>1.9.6.4</b>	<b>Evaluación de riesgos</b> .....	60
<b>1.9.6.5</b>	<b>Matriz de riesgos</b> .....	62
<b>1.9.6.6</b>	<b>Clasificación de los niveles de riesgo</b> .....	63
<b>1.9.6.7</b>	<b>Fase de análisis de riesgo</b> .....	63
<b>1.9.6.8</b>	<b>Nodos analizados del HazOp</b> .....	64
<b>1.9.6.9</b>	<b>Determinación de escenarios de riesgo (Jerarquización)</b> .....	64
<b>1.9.6.10</b>	<b>Sistemas analizados (metodología ¿Qué pasa sí...?)</b> .....	66
<b>1.9.6.11</b>	<b>Determinación de escenarios de riesgo (Jerarquización)</b> .....	67

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.2</b>	<b>Especificaciones de los Equipos que se utilizarán en el proyecto de la “Estación de Descompresión INDAMEX”</b> .....	4
<b>Tabla 1.3</b>	<b>Especificación del Gas Natural</b> .....	6
<b>Tabla 1.4</b>	<b>Áreas y superficies delimitadas para la “Estación de Descompresión INDAMEX”</b> .....	13
<b>Tabla 1.5</b>	<b>Estación climatológica más cercana al área del Sistema Ambiental definido para el proyecto</b> .....	14
<b>Tabla 1.6</b>	<b>Valores promedio de las “Normales Climatológicas” de la estación climatológica más cercana al área del Sistema Ambiental</b> .....	15
<b>Tabla 1.7</b>	<b>Valores promedio de Precipitación Pluvial Anual dentro del Sistema Ambiental</b> ....	15

<b>Tabla 1.8</b> Datos monitoreados durante los últimos 90 días a través de la estación climatológica más cercana al área de estudio (Sistema de Información y visualización de Estaciones Automáticas).....	16
<b>Tabla 1.9</b> Datos generales de la Estación “Zamora” (Sistema de Información y visualización de Estaciones Automáticas) .....	16
<b>Tabla 1.10</b> Zonas sísmicas en la República Mexicana .....	23
<b>Tabla 1.11</b> Descripción de las características presentes de los Vertisoles.....	25
<b>Tabla 1.12</b> Resumen de la Hidrología superficial del Sistema Ambiental.....	26
<b>Tabla 1.13</b> Vegetación representativa del municipio de Villamar, Michoacán.....	29
<b>Tabla 1.14</b> Vegetación ubicada en el municipio de Villamar y enlistada dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 .....	30
<b>Tabla 1.15</b> Especies de fauna reportadas en el municipio de Villamar, Michoacán .....	31
<b>Tabla 1.16</b> Población total en el municipio de Villamar, Michoacán .....	33
<b>Tabla 1.17</b> Sustancias de mayor índice de accidentes (1996-2002) .....	53
<b>Tabla 1.18</b> Clasificación de frecuencias para escenarios de riesgo.....	60
<b>Tabla 1.19</b> Descripción de las consecuencias.....	61
<b>Tabla 1.20</b> Matriz de riesgo .....	63
<b>Tabla 1.21</b> Niveles de riesgo .....	63
<b>Tabla 1.23</b> Resumen de resultados de la identificación de riesgos.....	64
<b>Tabla 1.24</b> Matriz de daños al personal.....	65
<b>Tabla 1.25</b> Matriz de daños a la población.....	65
<b>Tabla 1.26</b> Matriz de daños al medio ambiente.....	65
<b>Tabla 1.27</b> Matriz de daños a la instalación .....	66
<b>Tabla 1.28</b> Total de escenarios inherentes .....	66
<b>Tabla 1.29</b> Sistemas analizados en la identificación de riesgos mediante la Metodología ¿Qué pasa sí...? .....	66
<b>Tabla 1.30</b> Resumen de resultados de la identificación de riesgos.....	67
<b>Tabla 1.31</b> Matriz de daños al personal.....	67
<b>Tabla 1.32</b> Matriz de daños a la población.....	67
<b>Tabla 1.33</b> Matriz de daños al medioambiente .....	68
<b>Tabla 1.34</b> Matriz de daños a la instalación .....	68
<b>Tabla 1.35</b> Total de escenarios inherentes .....	68
<b>Tabla 1.36</b> Escenarios de riesgos identificados .....	69

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.1</b> Ubicación física de la “ <b>Estación de Descompresión INDAMEX</b> ” .....	1
<b>Figura 1.2</b> Polígono donde se ubicará la “ <b>Estación de Descompresión INDAMEX</b> ” .....	2
<b>Figura 1.3</b> Distribución de la “ <b>Estación de Descompresión INDAMEX</b> ” .....	3
<b>Figura 1.4</b> Esquema del Módulo de Regulación de Presión.....	9
<b>Figura 1.5</b> Placa de características del Módulo de Regulación de Presión .....	9
<b>Figura 1.6</b> Esquema del Módulo de Control de Calentamiento .....	10
<b>Figura 1.7</b> Placa de características del Módulo de Control de Calentamiento.....	10
<b>Figura 1.8</b> Identificación de las áreas definidas para la instalación de la_“ <b>Estación de Descompresión INDAMEX</b> ” .....	12
<b>Figura 1.9</b> Clima dentro del Sistema Ambiental y Área de desarrollo del proyecto.....	14
<b>Figura 1.10</b> Clasificación de la intensidad de sequía .....	17
<b>Figura 1.11</b> Monitoreo de sequía de México para el periodo comprendido entre el 01 y 15_de marzo de 2021 .....	18
<b>Figura 1.12</b> Monitoreo de sequía de México para el periodo comprendido entre el 01 y 15_de julio de 2021 .....	18
<b>Figura 1.13</b> Geología dentro del Sistema Ambiental y Área de desarrollo del proyecto .....	20
<b>Figura 1.14</b> Geomorfología dentro del Sistema Ambiental y área de desarrollo del proyecto.....	21
<b>Figura 1.15</b> Topografía dentro del Sistema Ambiental y Área de desarrollo del proyecto.....	22
<b>Figura 1.16</b> Regionalización sísmica de la República Mexicana.....	23
<b>Figura 1.17</b> Tipo de suelo dentro del Sistema Ambiental y área de desarrollo del proyecto .....	24
<b>Figura 1.18</b> Mapa de Regiones Hidrológico-Administrativas de la República Mexicana .....	25
<b>Figura 1.19</b> Cuencas Hidrológicas dentro del Sistema Ambiental y área de desarrollo del proyecto .....	27
<b>Figura 1.20</b> Hidrología superficial dentro del Sistema Ambiental y área de desarrollo del proyecto .....	27
<b>Figura 1.21</b> Profundidad al nivel estático (m) correspondiente al acuífero Ciénega Chapala .....	28
<b>Figura 1.22</b> Vegetación y Uso de suelo dentro del área de estudio .....	30
<b>Figura 1.23</b> Lenguas maternas habladas en Villamar, Michoacán .....	33
<b>Figura 1.24</b> Distribución de viviendas particulares en 2020 .....	34
<b>Figura 1.25</b> Porcentaje de población con enseres menores.....	35

<b>Figura 1.26</b> Porcentaje de población con acceso a servicios tecnológicos .....	35
<b>Figura 1.27</b> Porcentaje de población con acceso a transporte .....	35
<b>Figura 1.28</b> Distribución de la población según el tiempo de traslado al trabajo.....	36
<b>Figura 1.29</b> Medios de transporte utilizados en Villamar .....	37
<b>Figura 1.30</b> Población económicamente activa dentro de Villamar de acuerdo con el género .....	37
<b>Figura 1.31</b> Afiliación a los servicios de salud en el municipio de Villamar .....	38
<b>Figura 1.32</b> Unidad del paisaje definida como “Llanura Aluvial con actividad agrícola” .....	39
<b>Figura 1.34</b> Secuencia de elaboración de la metodología HazOp .....	58
<b>Figura 1.35</b> Secuencia para el desarrollo de la metodología ¿Qué pasa sí...?.....	59

# CAPÍTULO 1

## ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

### 1.1 BASES DE DISEÑO

#### 1.1.1 Objetivo

El presente Estudio tiene como objetivo describir los lineamientos técnicos sobre los cuales se diseñará la Ingeniería de detalle del proyecto denominado “**Estación de Descompresión INDAMEX**” en cumplimiento con la norma oficial mexicana NOM-010-ASEA-2016 que especifica los requisitos mínimos de seguridad para Terminales de Carga y Terminales de Descarga de Módulos de almacenamiento transportables y Estaciones de Suministro de vehículos automotores.

#### 1.1.2 Generalidades del proyecto

El proyecto “**Estación de Descompresión INDAMEX**” consiste en la Preparación del sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento de la Estación de Descompresión que tiene como finalidad reducir la presión del gas natural para su uso en la planta dedicada a la elaboración de derivados y fermentos lácteos, la cual se ubicará dentro de las instalaciones de INDAMEX

UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

1.1). Las dimensiones del proyecto tendrán una superficie de 421.20 m<sup>2</sup> (Figura 1.2) con las coordenadas en sus ejes colindantes que se presentan en la Tabla 1.1.

UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

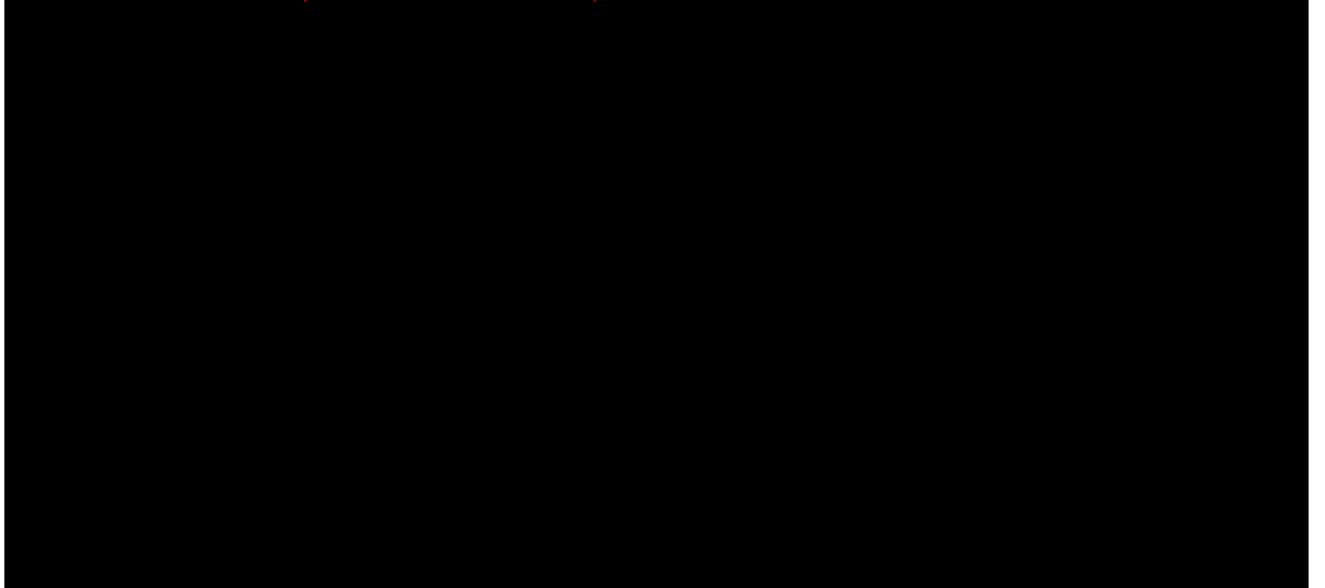
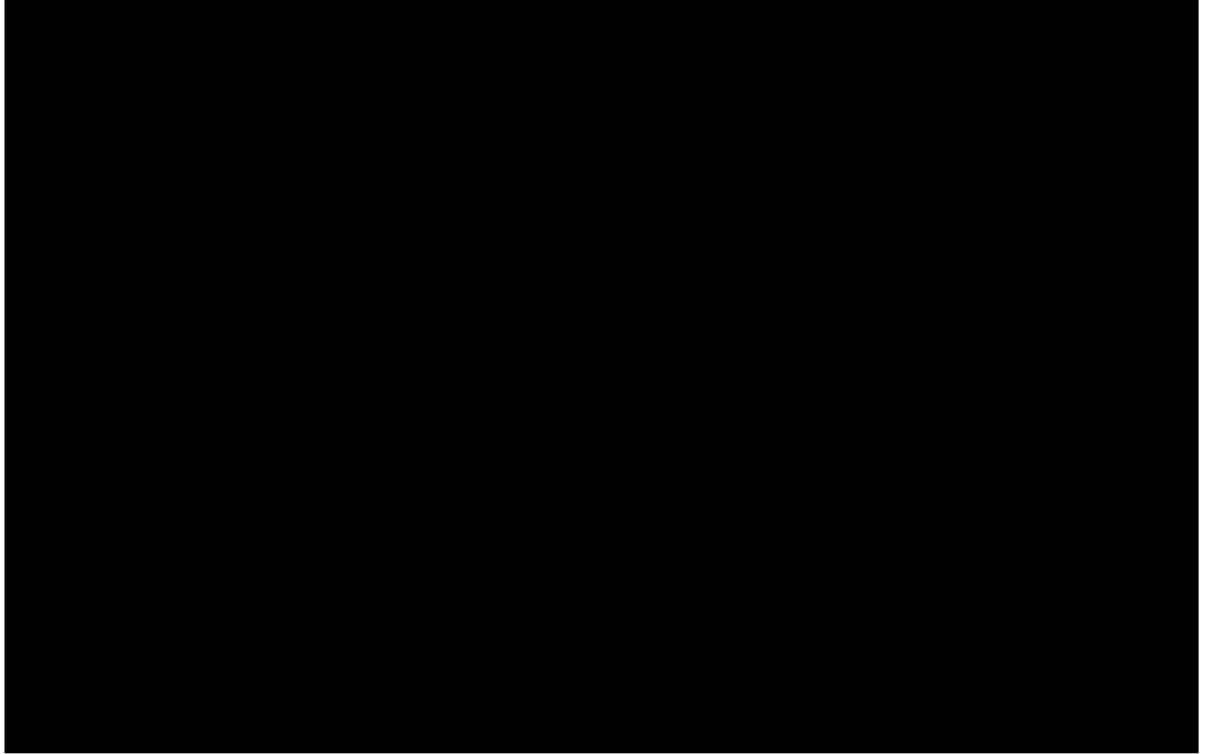


Figura 1.1 Ubicación física de la “Estación de Descompresión INDAMEX”

UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



**Figura 1.2** Polígono donde se ubicará la “Estación de Descompresión INDAMEX”

**Tabla 1.1** Coordenadas (UTM) de la “Estación de Descompresión INDAMEX”

COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

La “Estación de Descompresión INDAMEX” tiene como finalidad reducir la presión del gas natural para su uso en la planta dedicada a la elaboración de derivados y fermentos lácteos ubicada en Villamar, Michoacán, ya que el uso de gas natural es una alternativa energética que puede satisfacer los requerimientos industriales manteniendo beneficios tanto económicos como ecológicos, lo que implicará la mejora en la calidad de los procesos que se manufacturan en INDAMEX.

### 1.1.3 Documentos de referencia

Con la finalidad de identificar los componentes de la Estación de Descompresión a continuación se enuncian documentos Anexos:

- ✓ Anexo 1.1 Plano 02. Planta General y Detalles
- ✓ Anexo 1.2 Manual de Postes de Descarga
- ✓ Anexo 1.3 Manual de equipos de la Estación de Descompresión

#### 1.1.4 Ingeniería de Proceso

Para el diseño de la Estación de Descompresión se considerarán los códigos, estándares y normas nacionales e internacionales siguientes:

- ✓ **NOM-001-SECRE-2010.** Especificaciones de Gas Natural.
- ✓ **NOM-010-ASEA-2016.** Requisitos mínimos de seguridad para Terminales de Carga y Terminales de Descarga de Módulos de almacenamiento transportables y Estaciones de Suministro de vehículos automotores.
- ✓ **NOM-002-SEDE-2018.** Establece los requisitos mínimos de seguridad y eficiencia energética que deben cumplir los transformadores de distribución, además establece los métodos de prueba que deben utilizarse para evaluar estos requisitos.
- ✓ **NOM-018-STPS-2015.** Establecer los requisitos para disponer en los centros de trabajo del sistema armonizado de identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas, a fin de prevenir daños a los trabajadores y al personal que actúa en caso de emergencia.

Todas las disciplinas de Ingeniería deberán considerar en sus diseños tecnologías de punta en relación con los materiales y equipos especificados.

La “Estación de Descompresión INDAMEX” ocupará un área de 421.20 m<sup>2</sup> otorgada en comodato por parte del cliente a CORPORACIÓN C H 4, S.A. de C.V., su distribución se muestra en la Figura 1.3 (Anexo 1.1) y se compondrá de los siguientes elementos:

- ✓ Área de andenes para 2 módulos de almacenamiento móvil
- ✓ Dos Postes de descarga, cada uno con 2 mangueras y accesorios de alta presión
- ✓ Un Módulo de Reducción de Presión de 2,000 Nm<sup>3</sup>/h
- ✓ Un Módulo de Control de Calentamiento
- ✓ Una Caseta de Operación

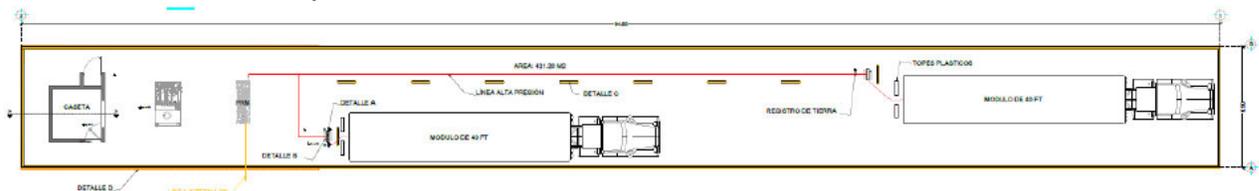


Figura 1.3 Distribución de la “Estación de Descompresión INDAMEX”

## Equipos

### Postes de descarga

La función de los postes de descarga es la de, como su nombre lo indica, descargar el gas natural entre los MAM y la PRM. El diseño y fabricación de los postes permite al operador intercambiar los MAM llenos por los MAM vacíos de forma segura sin interrumpir el suministro.

La “**Estación de Descompresión INDAMEX**” contará con dos postes. El manual de los postes de descarga que se utilizarán se incluye en el Anexo 1.2.

### Módulos del Sistema de Regulación de Presión

El PRM es una plataforma preensamblada y montada a una estructura de acero, que consta de 2 elementos: un Módulo de Regulación de Presión (PRM, *por sus siglas en inglés*) y de un Módulo de Control de Calentamiento (HCM, *por sus siglas en inglés*).

El PRM consta de un filtro de entrada, un intercambiador de calor de gas a agua, dispositivos de regulación de gas, tuberías y controles eléctricos, además de la medición del Gas Natural bajo parámetros Normalizados.

El HCM consta de una caldera de agua alimentada con gas natural, un dispositivo de regulación de gas, un medidor de flujo de agua, un separador de aire, un filtro y una bomba. El HCM calienta y bombea agua a través de un circuito continuo al PRM. Quema una cantidad relativamente pequeña de gas natural suministrado por el PRM.

El gas en expansión que proviene del MAM fluye hacia el PRM donde es filtrado y calentado por un intercambiador de calor, que recibió agua caliente de HCM. A continuación, el gas se regula, se mide y se descarga.

Las especificaciones de los modelos del Sistema de Regulación de Presión que se utilizarán en la “**Estación de Descompresión INDAMEX**”, se encuentran en la Tabla 1.2. Asimismo, en el Anexo 1.3 se incluyen los manuales de los equipos de la Estación de Descompresión, así como el esquema del PRM y el HCM.

**Tabla 1.2** Especificaciones de los Equipos que se utilizarán en el proyecto de la “**Estación de Descompresión INDAMEX**”

Equipo	Módulo	Modelo
IMW-PRSPRESSURE REDUCTION SYSTEM	PRM	WC1008414
	HCM	WC1008415
IMW-PRSPRESSURE REDUCTION SYSTEM	PRM	WC1008687
	HCM	WC1008686

## 1.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

### 1.2.1 Descripción del proceso

La modalidad de estaciones móviles para el suministro de Gas Natural es un proceso cíclico que inicia por el ingreso de un Módulo de Almacenamiento Móvil (MAM) que transportan Gas Natural Comprimido (GNC) vía terrestre, por medio de un tractocamión, al interior de la Estación de Descompresión donde se estacionará y acoplará en uno de los dos andenes disponibles; una vez descargado el GNC se retira el MAM y regresa a la Estación donde se cargará nuevamente de Gas Natural para repetir el procedimiento. En el Anexo 1.1 se presenta el Plano General y de Detalle de la Estación de Descompresión.

La instalación de la “**Estación de Descompresión INDAMEX**” de gas natural no tiene algún proceso químico, únicamente cuenta con procesos físicos que implican el cambio de estado de la estructura del gas, por diferencia de presión, por lo que no se trata de una industria extractiva.

Para asegurar el suministro continuo de Gas Natural a la empresa INDAMEX INDUSTRIALIZADORA DE ALIMENTOS MEXICANOS, en la “**Estación de Descompresión INDAMEX**” estará un MAM conectado a un Módulo de Regulación de Presión (PRM, *por sus siglas en inglés*) mediante una manguera de uno de los postes de descarga, en tanto un MAM lleno, proveniente de la planta de compresión, llegará con tiempo de anticipación a la Estación para conectarse al poste de descarga desocupado, en espera para ser puesto en servicio.

Una vez que el MAM conectado en “descarga” baje su presión hasta 20 bar, se abrirá la válvula del MAM “lleno” para igualar la presión y ponerlo en “descarga”; posteriormente el MAM “vacío” se desconectará del poste y será remolcado a la Estación para nuevamente iniciar el ciclo de compresión, transporte y descarga del Gas Natural.

### 1.2.2 Etapas del proceso

La Estación de Descompresión se estructurará con las siguientes etapas:

1. Etapa de regulación de presión y recepción de gas natural comprimido.
2. Etapa de filtración que se tendrá en el intercambiador de calor para eliminar pequeñas partículas del suministro de gas.
3. Etapa de recirculación del agua a través de una válvula de 3 vías.
4. Etapa de descompresión, es decir, que el MAM en descarga bajará su presión hasta 20 bar, para abrir la válvula de MAM lleno para igualar la presión y ponerlo en descarga, posteriormente el MAM vacío se desconectará del poste y será remolcado a la planta de Compresión para nuevamente iniciar el ciclo.

### 1.2.3 Hoja de seguridad

Para tener conocimiento del tipo y las características del gas natural que se utilizará en la Estación de Descompresión se anexa la Hoja de Seguridad de Gas Natural de la empresa CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V. (Anexo 1.4).

Para el caso de las especificaciones del gas natural que se empleará en la Estación, se tomarán los datos establecidos en la columna identificada como “Resto del País” (Tabla 1.3), tal y como lo establece la norma oficial mexicana NOM-001-SECRE-2010.

**Tabla 1.3** Especificación del Gas Natural

Propiedad	Unidades	Zona Sur			Resto del país
		Hasta el 31 de diciembre de 2010	Del 1 de enero de 2011 al 31 de diciembre de 2012	A partir del 1 de enero de 2013	
<b>Metano (CH<sub>4</sub>)-Min.</b>	% vol	NA	NA	83.00	<b>84.00</b>
<b>Oxígeno (O<sub>2</sub>)-Max.</b>	% vol	0.20	0.20	0.20	<b>0.20</b>
<b>Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)-Max.</b>	% vol	3.00	3.00	3.00	<b>3.00</b>
<b>Nitrógeno (N<sub>2</sub>)-Max.</b>	% vol	9.00	8.00	6.00	<b>4.00</b>
<b>Nitrógeno variación máxima diaria</b>	% vol	±1.5	±1.5	±1.5	<b>±1.5</b>
<b>Total, de inertes (CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>)- Max.</b>	% vol	9.00	8	6.00	<b>4.00</b>
<b>Etano- Max.</b>	% vol	14.00	12	11.00	<b>11.00</b>
<b>Temperatura de rocío de hidrocarburos-Max.</b>	K (°C)	NA	271,15 (-2)	271.15 (-2)	<b>271.15 (-2)</b>
<b>Humedad (H<sub>2</sub>O)-Max.</b>	Mg/m <sup>3</sup>	110.00	110.00	110.00	<b>10.00</b>
<b>Poder calorífico superior-Min.</b>	Mg/m <sup>3</sup>	35.30	36.30	36.80	<b>37.30</b>

### 1.2.4 Servicios auxiliares

Los servicios auxiliares que se necesitarán para la Estación de Descompresión serán los siguientes:

- Energía eléctrica
- Suministro de agua

Debido a que el sitio donde se desarrollará la Estación de Descompresión se ubicará dentro de INDAMEX INDUSTRIALIZADORA DE ALIMENTOS MEXICANOS, contando con las siguientes características y servicios:

- ✓ Plancha de concreto, donde será colocada la caseta de operaciones, el descompresor y los postes de descarga; de igual manera será adaptada para el área de andenes.
- ✓ Toma de agua que será utilizada principalmente para la limpieza del descompresor, ya que el equipo utiliza una mezcla de glicol/agua que se está recirculando constantemente; y
- ✓ Toma eléctrica de 440 Volts para la instalación del tablero eléctrico de donde se conectarán los equipos.

### **1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD**

La Estación de Descompresión de gas natural contará con los siguientes elementos de seguridad.

#### **1.3.1 Señalética**

La “**Estación de Descompresión INDAMEX**” contará con señalización de seguridad, con la finalidad de llamar la atención sobre situaciones de riesgo y hacer de ésta un lugar de trabajo más seguro. Las señales estarán en apego con la norma oficial mexicana NOM-018-STPS-2015, para indicar la ubicación de extintores, rutas de evacuación, EPP requerido y restricciones de uso de equipo de comunicación, riesgos de sustancias, entre otras.

También se encontrará con instrucciones de operación impresas para cambios de Módulos, operación de la PRM y protocolos en caso de sismo o incendio.

La ubicación de las señales de seguridad en el Área del proyecto, en la Caseta de operación y en el área de descarga 1 y 2, se puede observar en el Anexo 1.5.

#### **1.3.2 Paros de emergencia y extintores**

La Estación contará con Paros de emergencia ubicados en el PRM, HCM y los postes de descarga, asimismo, la ubicación de los extintores en las inmediaciones de la Caseta de operación, el PRM, HCM y los postes de descarga, clasificados de acuerdo con el riesgo presente (Anexo 1.6)

### **1.4 CONDICIONES DE OPERACIÓN**

#### **1.4.1 Condiciones de operación en equipos y accesorios**

##### **1.4.1.1 Postes de descarga**

La Estación cuenta con dos postes de descarga que desempeñan la función de descarga entre los MAM y la PRM.

El diseño y fabricación de los postes permite al operador intercambiar los MAM llenos por los MAM vacíos de forma segura sin interrumpir el suministro.

Cada poste se compone de:

- 1 estructura de acero con base para su anclaje
- 1 válvula de bola de 1" con palanca
- 1 válvula de bola de 1" con actuador neumático
- 1 válvula check de 1"
- 1 manifold de alta presión de 6 puertos
- 2 transmisores de presión
- 2 manómetro con su válvula de servicio
- 2 válvulas de seguridad
- 1 tablero de operación con paro de emergencia
- 2 mangueras con conector rápido de 1"
- 2 dispositivos de desprendimiento de manguera
- 2 válvulas para despresurización
- Tuberías y accesorio

#### 1.4.1.2 Módulos del Sistema de Regulación de Presión

El Sistema de Regulación de Presión con la que contará la Estación de Descompresión, es una plataforma preensamblada y montada a una estructura de acero, que consta de 2 elementos:

- Un Módulo de Regulación de Presión (PRM, por sus siglas en inglés): Tiene como función el reducir de forma segura la presión del gas, añadiendo la cantidad adecuada de calor para contrarrestar la reducción de temperatura debida a la despresurización. En la Figura 1.4 y Figura 1.5 se indica su esquema y placa de características, respectivamente.
- Un Módulo de Control de Calentamiento (HCM, por sus siglas en inglés): Su función es calentar y bombear el fluido a través de un circuito continuo al PRM para mantener caliente los tubos durante la despresurización del gas. En la Figura 1.6 y Figura 1.7 se muestra su esquema y placa de características, respectivamente.

La línea de entrada al PRM está conectada a una tubería, donde el gas que fluye hacia el PRM pasa a través de una válvula de entrada, normalmente cerrada, a prueba de fallas. Antes del intercambiador de calor se ubica un filtro de entrada para eliminar partículas pequeñas del suministro de gas.

Cuando el gas entra en la primera etapa de despresurización, es decir de regulación de presión, fluye a través del intercambiador de calor de carcasa donde los tubos de gas se mantienen calientes gracias a una corriente de fluido caliente (glicol/agua) que el HCM bombea a través de la carcasa.

En todo el sistema se utilizan manómetros para monitorear las presiones de gas del sistema y para configurar los reguladores, cuya medición es bajo parámetros Normalizados.

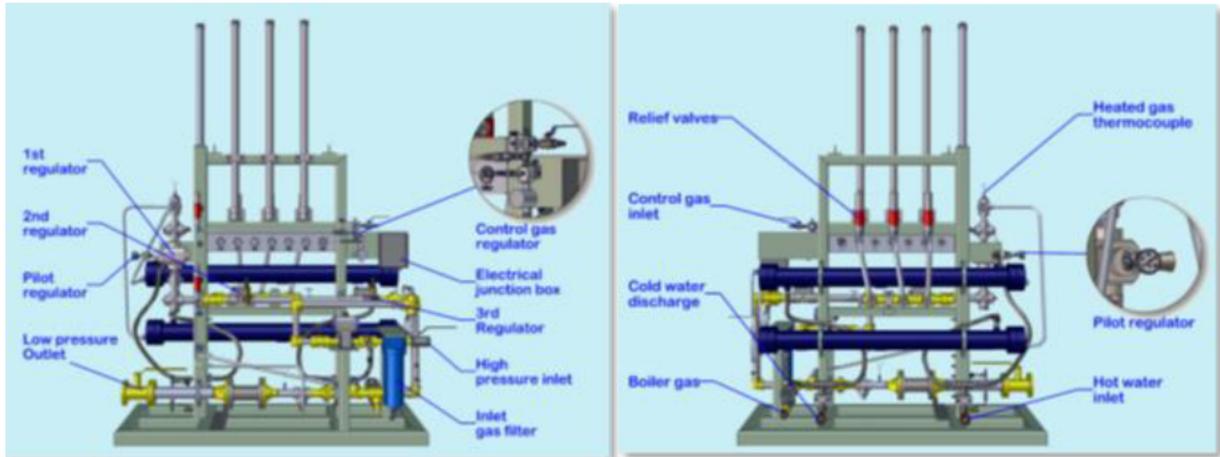


Figura 1.4 Esquema del Módulo de Regulación de Presión

 <b>IMW INDUSTRIES</b> www.imw.ca PRESSURE REDUCTION MODULE SKID		
MODEL	PRESSURE REDUCTION MODULE 2000NM3HR	
SERIAL NUMBER		CRN # N/A
DATE OF MANUFACTURE		
INLET PRESSURE	276	BARG
DISCHARGE PRESSURE	15	BARG
CAPACITY	2000	NM3/H
VOLTAGE	120V/24V	PHASE 3 FREQUENCY 60Hz
RATED LOAD AMPERES	2A/2A	
AMBIENT TEMPERATURE	-20C to 40C	TEMP CODE T3
EQUIPMENT SUITABLE FOR CLASS 1, DIVISION 2, GROUP D ENVIRONMENT		
LOCK OUT POWER BEFORE SERVICING		
FOR NATURAL GAS USE ONLY		

Figura 1.5 Placa de características del Módulo de Regulación de Presión

El HCM consta de una caldera alimentada con Gas Natural, mismo que se toma de la línea principal después del intercambiador de calor. Dicha toma puede ser desde un punto aguas abajo de la estación de regulación final, antes del medidor. La cantidad de gas necesaria para en este módulo es relativamente pequeña.

Se instalará en la entrada de la caldera un regulador y un manómetro, con la finalidad de garantizar la correcta presión de suministro. La corriente de fluido (glicol/agua) pasa a través de un filtro para eliminar los desechos, antes de ser bombeada a la caldera. Después del calentamiento, el fluido se recircula (en bucle) a través de la válvula de 3 vías.



Figura 1.6 Esquema del Módulo de Control de Calentamiento

 <b>IMW INDUSTRIES</b> www.imw.ca HEATING CONTROL MODULE SKID		
MODEL	HEATING CONTROL MODULE 840000BTU	
SERIAL NUMBER		CRN # N/A
DATE OF MANUFACTURE		
BOILER INPUT RATING	246	kW
BOILER OUTPUT RATING	209	kW
PUMP CAPACITY	475	LPM
VOLTAGE	460V	PHASE 3 FREQUENCY 60Hz
RATED LOAD AMPERES	5A	PUMP MOTOR POWER 3HP
AMBIENT TEMPERATURE	-20C TO 40C	
EQUIPMENT SUITABLE FOR NON-HAZARDOUS ENVIRONMENT		
LOCK OUT POWER BEFORE SERVICING		
<b>MADE IN CANADA</b>		

Figura 1.7 Placa de características del Módulo de Control de Calentamiento

Los controles eléctricos para cada uno de los componentes principales están alojados dentro de su ensamblaje, en un gabinete apropiado para la clasificación del área. Estos controles incluyen un paro de emergencia.

#### 1.4.1.3 Línea de alta presión

En la “Estación de Descompresión INDAMEX” se contará con un tendido de tuberías (Anexo 1.7) para el manejo de alta presión de gas natural comprimido proveniente del poste de descarga hacia la entrada de la PRM, esta tubería será calculada y construida de acuerdo con la capacidad requerida y en cumplimiento con la norma vigente NOM-010-ASEA-2016.

Se contratará el servicio de una Unidad Verificadora acreditada ante la e.m.a. con registro vigente, para la certificación de la línea de alta presión, a la cual se le proveerá de la documentación necesaria por parte de CORPORACIÓN C H 4, S.A. de C.V., INDAMEX INDUSTRIALIZADORA DE ALIMENTOS MEXICANOS, S.A. DE C.V. y de la contratista para formalizar el acta circunstanciada y posteriormente, el Dictamen final.

## 1.5 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

### 1.5.1 Delimitación del Sistema Ambiental

El Sistema Ambiental (SA) se define como el conjunto de interacciones entre el ecosistema (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales) de la región donde se pretende establecer el proyecto. Su delimitación es importante, pues nos permite realizar un análisis general e integral de aspectos como la hidrología, cobertura vegetal, geología, geomorfología, así como las áreas de afectación antropogénica y el uso de suelo actual dentro del área de estudio.

Para la delimitación del SA, se tomó como base la presencia de barreras físicas existentes, tales como bardas, carreteras, o caminos, mismas que fragmentan el paisaje y a la vez delimitan la extensión de los posibles impactos ambientales.

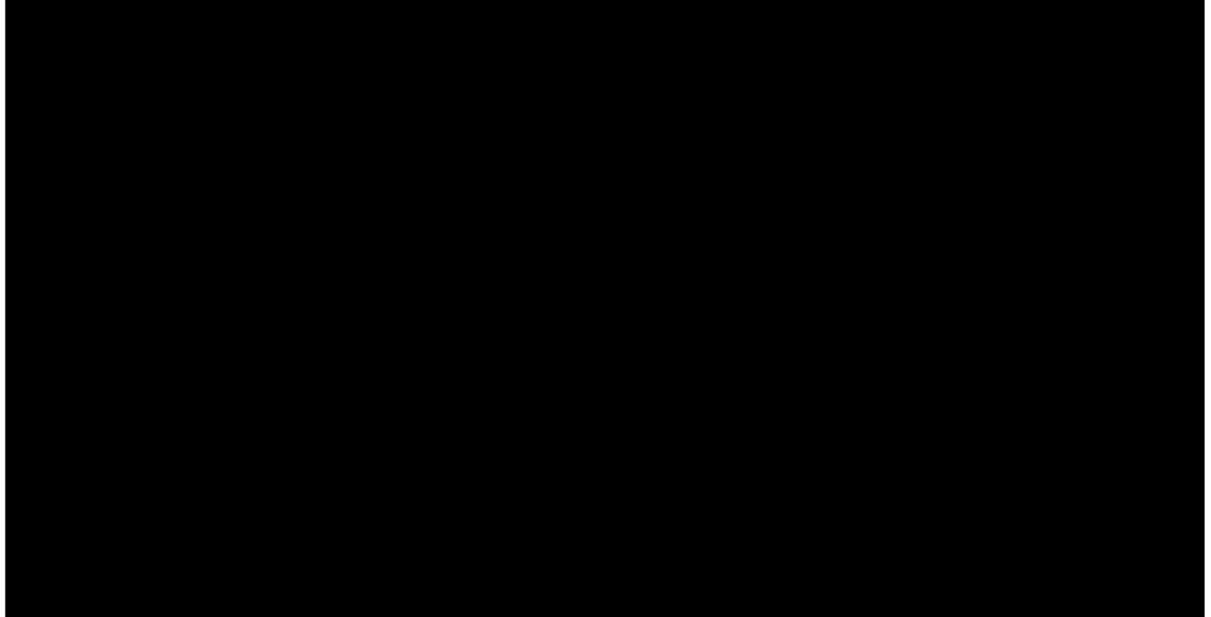
Asimismo, cabe destacar que, para el desarrollo del inventario ambiental y análisis del SA, se utilizó la información cartográfica disponible para cada uno de los componentes que interactúan en el SA tales como la hidrología superficial y subterránea, tipo de vegetación y uso de suelo, geología, geomorfología, clima, así como los aspectos culturales y centros poblacionales presentes en las áreas colindantes.

Con base en lo anterior, se hace referencia a la siguiente cartografía:

- Hidrología: Carta de Cuencas Hidrológicas (CONABIO, 1998)
- Vegetación: Carta de Uso de Suelo y Vegetación serie VII (INEGI, 2021)
- Geología: Conjunto de datos Geológicos de México (Servicio Geológico Mexicano, 2005)
- Geomorfología: Conjunto de datos Fisiográficos. serie I. (INEGI, 2001)
- Suelo: Carta Edafológica de México (CONABIO, 1995)
- Clima: Conjunto de datos Climáticos de México (E. García y CONABIO, 1998)
- Centros Poblacionales: Carta Topográfica clave E13B18 con nombre Terécuato (INEGI, 2014)

Con base en lo anteriormente descrito, considerando las dimensiones del proyecto, se estableció el límite físico del SA, cuya superficie resultante fue de 508,632 m<sup>2</sup> misma que se define como el área de estudio y de referencia (Figura 1.8).

UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



	<b>SISTEMA AMBIENTAL, ÁREA DE INFLUENCIA Y ÁREA DEL PROYECTO</b>			
	AUTOR: GRUPO INGENII	FECHA: FEBRERO DE 2022	FUENTE: GOOGLE, 2019	<b>IND</b>
ÁREA: MEDIO AMBIENTE	ESCALA: 1:8,000	SRC: WGS 84 / UTM 13N		

**Figura 1.8** Identificación de las áreas definidas para la instalación de la “Estación de Descompresión INDAMEX” (IND)

### 1.5.2 Área de Influencia

El Área de Influencia (AI) se define como el espacio geográfico sobre el que las actividades y componentes del proyecto ejercen algún tipo de impacto ambiental y social, ya sea directa o indirectamente (Gómez, 2013). En otras palabras, es la zona del proyecto donde inciden de una u otra manera, los factores bióticos, abióticos y socioculturales.

Un criterio importante para considerar la delimitación del AI fue la influencia potencial del proyecto sobre la superficie del terreno y las áreas colindantes. Lo anterior, con la premisa de que la ejecución de las actividades a desarrollar no generará impactos fuera de la superficie definida para la Construcción y Operación de la Estación de Descompresión. Así, se definió un polígono de 22,624 m<sup>2</sup> (Figura 1.8) correspondiente a las instalaciones de INDAMEX INDUSTRIALIZADORA DE ALIMENTOS MEXICANOS, S.A. DE C.V.

Además, considerando que los principales efectos derivados del proyecto tienen un carácter puntual para la instalación y operación de la Estación de Descompresión; el área de estudio (referida en adelante como Área del Proyecto o AP) se determinó con una superficie total máxima de 421.20 m<sup>2</sup> ubicados dentro del AI (Figura 1.8).

Derivado de lo anterior, en la Tabla 1.4 se muestran las áreas que fueron definidas y superficies, tal como se identifican en la Figura 1.8.

**Tabla 1.4** Áreas y superficies delimitadas para la “Estación de Descompresión INDAMEX”

No.	Áreas delimitadas	Superficie (m <sup>2</sup> )
1	Sistema Ambiental	508,632
2	Área de Influencia	22,624
3	Área del Proyecto	421.20

### 1.5.3 Caracterización y análisis de Sistema Ambiental

Este apartado y sus secciones tienen como objetivo recopilar información que ayude a identificar a detalle las principales características de los elementos físicos (abióticos) y biológicos (bióticos) dentro del SA para que, de esta manera, se logre obtener una caracterización de los recursos naturales que interactúan dentro del AI y AP.

Dicha caracterización se realizó conforme con la revisión de la bibliografía existente, recopilando la información de las características del medio abiótico y biótico que se encuentran dentro del SA, AI y AP delimitados para el proyecto.

### 1.5.4 Medio Abiótico

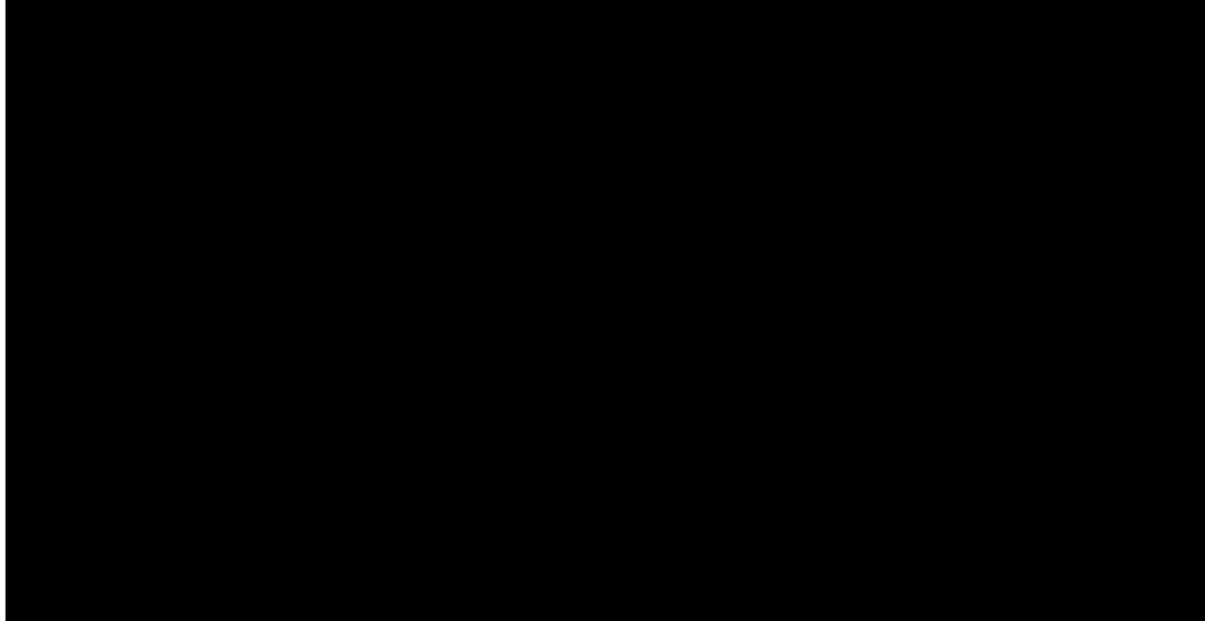
#### 1.5.4.1 Clima

Con base en la clasificación propuesta por Köppen, modificada por García, E. (2004), dentro del Sistema Ambiental definido para el proyecto, así como en las zonas colindantes se registra un clima con la siguiente clasificación:

**(A)C(wo):** Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2, y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual (E. García, 2004).

La Figura 1.9 muestra el clima representativo del municipio de Villamar en el estado Michoacán, localidad donde se desarrollará el proyecto.

UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



	<b>MAPA DE CLIMAS DENTRO DEL SISTEMA AMBIENTAL</b>			<b>IND</b>
	AUTOR: GRUPO INGENII	FECHA: FEBRERO DE 2022	FUENTE: E. GARCÍA, 1998	
	ÁREA: MEDIO AMBIENTE	ESCALA: 1:8,000	SRC: WGS 84 / UTM 13N	

**Figura 1.9** Clima dentro del Sistema Ambiental y Área de desarrollo del proyecto

#### 1.5.4.2 Temperatura promedio mensual y anual

Para el análisis de la temperatura dentro del SA, se hizo uso de los datos estadísticos proporcionados por las Estaciones Climatológicas monitoreadas por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) (Tabla 1.5), ello considerando la estación activa más cercana al Sistema Ambiental.

**Tabla 1.5** Estación climatológica más cercana al área del Sistema Ambiental definido para el proyecto

Clave de la estación	Nombre	Estado	Municipio	Coordenadas	Periodo del análisis
16186	Emiliano Zapata	Michoacán de Ocampo	Villamar	19.9919°, - 102.6186°	1951 - 2010

En promedio, los registros de estas estaciones, para el periodo 1951-2010 se presentan en la Tabla 1.6 (SMN,2010), registrando los siguientes promedios anuales de temperatura:

- Temperatura mínima promedio anual de 12.2 °C
- Temperatura media normal anual de 20.9 °C,
- Temperatura máxima promedio anual de 29.5 °C

**Tabla 1.6** Valores promedio de las “Normales Climatológicas” de la estación climatológica más cercana al área del Sistema Ambiental (SMN, 2010)

Temperatura (°C)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Máxima</b>	27.2	28.9	30.4	31.8	33.1	31.1	28.4	28.7	28.9	29.4	28.9	27.3	29.5
<b>Normal</b>	17.1	18.8	20.7	22.5	24.1	23.5	21.8	21.7	21.7	20.8	19.5	18	20.9
<b>Mínima</b>	7	8.7	11	13.1	15.1	15.9	15.2	14.8	14.5	12.2	10.1	8.7	12.2

#### 1.5.4.3 Precipitación

En el SA la temporada de lluvias comienza en el mes de junio y se prolonga hasta finales de septiembre. La precipitación promedio anual es de 781.6 mm (Tabla 1.7). El mes más húmedo es julio con una precipitación media de 195.3 mm, por el contrario, el mes más seco del año corresponde a marzo, con una precipitación media de 2.4 mm (SMN, 2010), lo cual confiere que haya lluvias de manera intermitente a lo largo del año.

**Tabla 1.7** Valores promedio de Precipitación Pluvial Anual dentro del Sistema Ambiental

Precipitación normal (mm)													
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual	
18.5	4.8	2.4	5.1	26.1	180.6	195.3	152.1	120.8	44.7	20	11.2	781.6	

#### 1.5.4.4 Velocidad del viento y Radiación Solar

El municipio de Villamar registra variaciones estacionales en el transcurso del año. La temporada con mayor viento corresponde al mes de marzo, con una velocidad promedio de 9.4 km/h. Por el contrario, la temporada que presenta menor actividad eólica corresponde al mes de julio, cuya rapidez del viento data a una velocidad promedio de 7.0 km/h.

En cuanto a radiación solar se refiere, el periodo del año con mayor incidencia comprende los meses de marzo a mayo, destacando el mes de abril por presentar los valores más altos de actividad solar con un promedio de 7.4 kW/h. Por el contrario, el mes con menor actividad solar es diciembre con un promedio de 4.6 kW/h (Global Modeling and Assimilation Office, 2015).

A continuación, en la Tabla 1.8 se muestran las condiciones climatológicas promedio de los últimos 90 días, mismas que fueron obtenidas a través de la estación meteorológica “Zamora” (Tabla 1.9).

**Tabla 1.8** Datos monitoreados durante los últimos 90 días a través de la estación climatológica más cercana al área de estudio (Sistema de Información y visualización de Estaciones Automáticas, 2021)

Estación Meteorológica	Dirección del Viento (°)	Dirección de ráfaga (°)	Rapidez de viento (km/h)	Rapidez de ráfaga (km/h)	Temp. del Aire (°C)	Humedad relativa (%)	Presión Atm. (hpa)	Radiación Solar (W/m <sup>2</sup> )
Zamora	291.5	340	9.36	17.82	25.1	27	844.8	73.5

**Tabla 1.9** Datos generales de la Estación “Zamora” (Sistema de Información y visualización de Estaciones Automáticas, 2022)

Estación Zamora	
<b>Red:</b>	SMN - ESMA
<b>Estado:</b>	Michoacán de Ocampo
<b>Municipio:</b>	Jacona
<b>Latitud:</b>	20.00972
<b>Longitud:</b>	-102.28194
<b>Altitud:</b>	1565 msnm

#### 1.5.4.5 Fenómenos climatológicos

##### Huracanes y tormentas tropicales

De acuerdo con el Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en México, publicado por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el estado de Michoacán debido a su localización geográfica es uno de los estados más vulnerable a huracanes y tormentas tropicales, específicamente en las zonas costeras colindantes al Océano Pacífico.

Dichos fenómenos meteorológicos son más latentes en los meses de mayo a noviembre; sin embargo, las probabilidades de riesgo disminuyen en los sitios tierra adentro de los ejes donde se ubican las principales cadenas montañosas que rodean al estado, mismas que están conformadas por la Sierra Madre Sur, y el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano o Eje Neovolcánico. Asimismo, estas fungen como una barrera protectora, permitiendo disminuir los efectos adversos de los fenómenos meteorológicos.

##### Sequías

La sequía es un fenómeno climático indicador del déficit de precipitación pluvial; monitoreado por la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) en conjunto con el SMN y evaluado según la Clasificación de Intensidad de la Sequía de acuerdo con el Monitor de Sequía de América del Norte (por sus siglas en inglés, NADM), el cual define grados de sequía (Figura 1.10).



**Figura 1.10** Clasificación de la intensidad de sequía (CONAGUA, 2021)

De acuerdo con los reportes de intensidad de sequía que evalúa el SMN, con el apoyo de la Clasificación de la Intensidad de Sequía según el NADM y con los valores de mínima y máxima precipitación pluvial dentro del área del SA, se observa que el mes de marzo (Figura 1.11) es considerado el mes más seco del año, por el contrario, el mes de julio se considera como el mes más húmedo para la región.

Los valores promedio de precipitación pluvial reflejados para el mes de marzo en el estado de Michoacán, permite definir los niveles de intensidad de sequía, que van de sequía moderada (D1) a sequía extrema (D3), lo cual corrobora la disminución en el porcentaje de precipitaciones pluviales registrados para esta región y puede significar un riesgo al incidir directamente en la ocurrencia de incendios forestales.

Por el contrario, el mes de julio es considerado el más húmedo para la región, con niveles de intensidad de sequía van de “sin sequía” principalmente en las zonas circundantes a la costa, hasta sequía extrema (D3), específicamente en la porción occidental del estado (Figura 1.12). Esto último refleja la susceptibilidad de la región ante este tipo de fenómenos climatológicos.

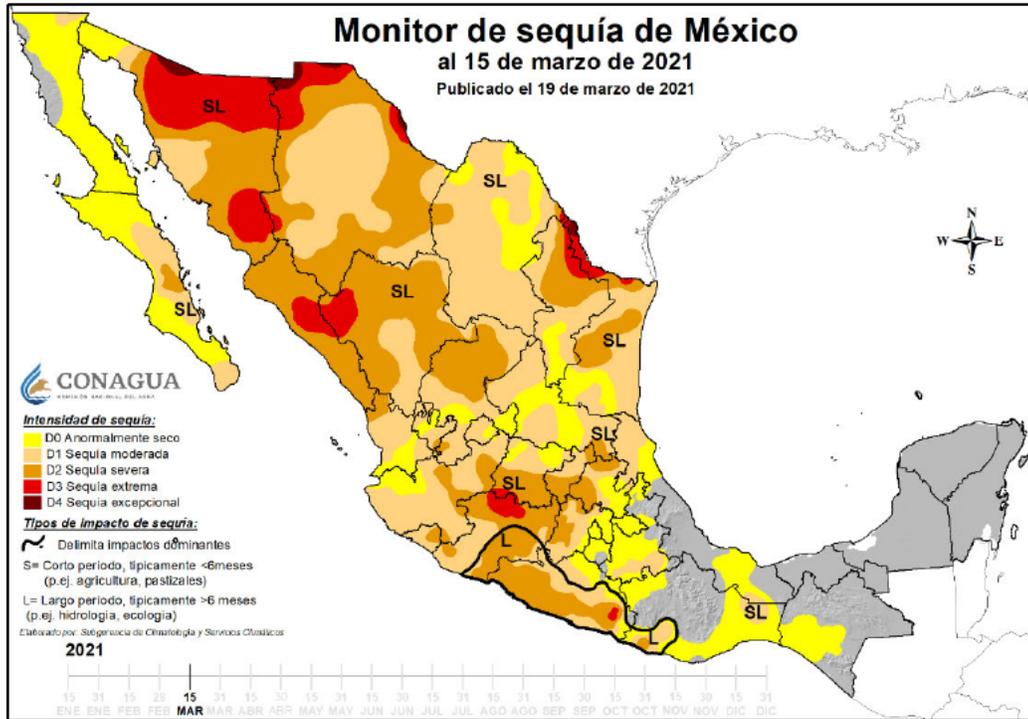


Figura 1.11 Monitoreo de sequía de México para el periodo comprendido entre el 01 y 15 de marzo de 2021

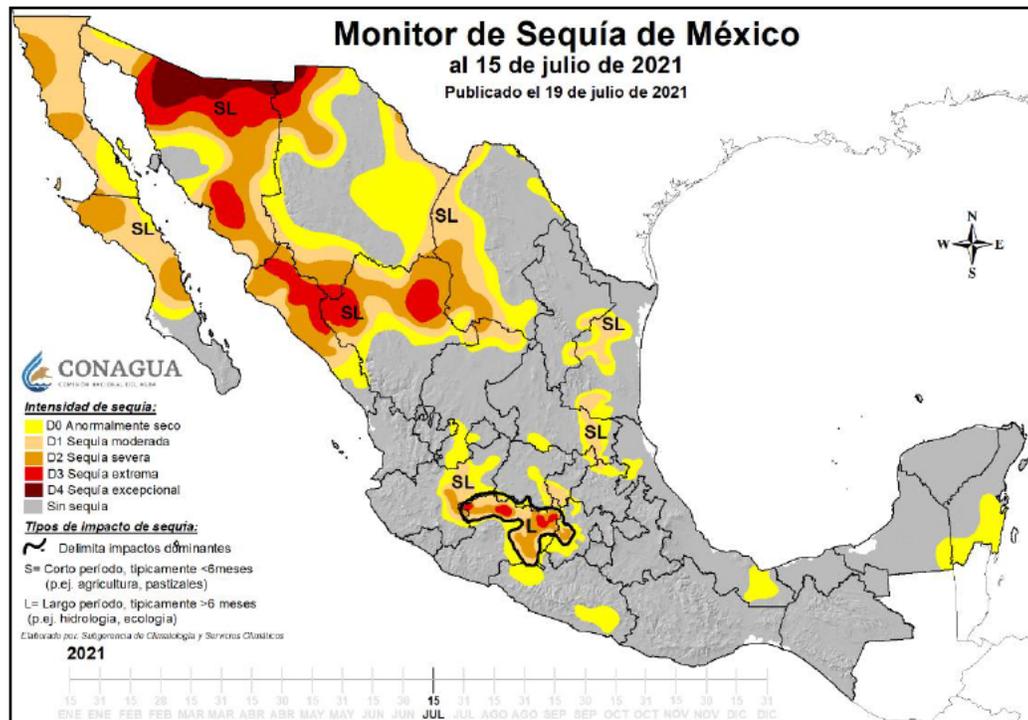


Figura 1.12 Monitoreo de sequía de México para el periodo comprendido entre el 01 y 15 de julio de 2021

#### 1.5.4.6 Geología

De acuerdo con la Carta Geológica F13-3 denominada "Colima" publicada por el Servicio Geológico Mexicano (SGM, 1999), la geología regional está conformada por los bloques Jalisco, Michoacán y Norteamérica, todos ellos cubiertos por el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano. En el extremo occidental el graben de Colima (área hundida entre sistemas de fallas) separa el bloque de Jalisco con respecto al bloque de Michoacán; en tanto que hacia el norte el semigraben de Chapala limita Norteamérica de Michoacán, finalmente hacia el NE, el sistema Chapala-Oaxaca representa el límite del bloque Michoacán.

La estratigrafía regional se encuentra constituida por una secuencia volcano-sedimentaria conformada por areniscas calcáreas, lutitas negras, tobas, derrames andesíticos y una cubierta superior de calizas de edad cretácica, evidenciando la fracción de un arco volcánico del cretácico inferior. Intercalada entre la secuencia volcano-sedimentaria, se tiene una secuencia piroclástica constituida por brechas, aglomerados e ignimbritas cuya composición varía de andesítica a riolítica.

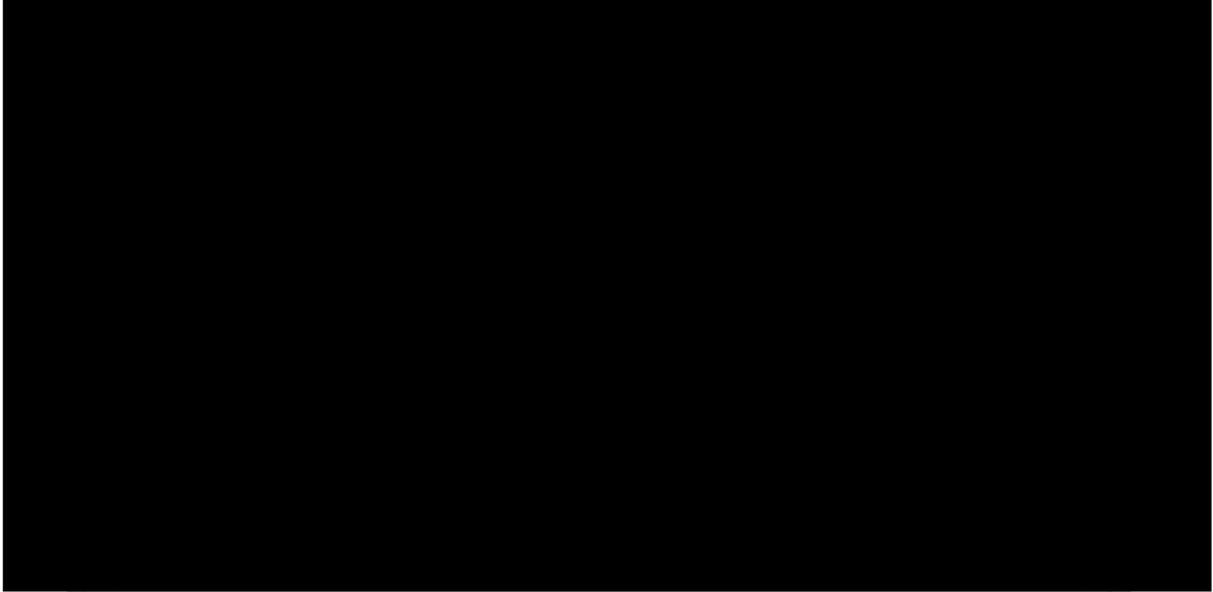
Desde el punto de vista estructural, se tienen estructuras en el dominio continuo (compresivo) de las que sobresalen algunas estructuras plegadas como el Anticlinal de Manantlán, el anticlinal de Jala y el anticlinal El Naranjo. Los sistemas de deformación discontinua (fallas) están relacionados a la parte norte del Graben de Colima y al Sistema de Chapala-Oaxaca. Este último corresponde a un lineamiento de dirección aproximada N 50° W y 100 km de longitud que representa una estructura cortical con movimiento lateral izquierdo que separa la porción norte de México de los bloques Guerrero y Michoacán.

De acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano del municipio de Villamar (2018), a nivel local la geología del municipio de Villamar está constituida por litología de edad cenozoica, principalmente por depósitos de suelos en su mayoría del tipo aluvial y en mucha menor medida por suelos residuales. Asimismo, en la región afloran rocas ígneas de carácter extrusivo básico (basaltos) mientras que en algunas zonas se puede observar la presencia de brecha volcánica. Estructuralmente hablando, dentro del municipio de Villamar se identifican siete fallas de carácter regional, específicamente en las zonas donde aflora la roca de carácter basáltico.

La geología en el SA (Figura 1.13) está integrada por rocas y suelos de edad Cuaternaria, siendo andesita basáltica la que cubre la mayor superficie del SA, por su parte los suelos que conforman la estratigrafía local corresponden al tipo aluvial y representan zonas utilizadas principalmente para actividades de cultivo.

De acuerdo con la información del SGM, en el SA definido para el Proyecto no se identifican rasgos estructurales (Carta Geológica F13-3 Esc. 1:250,000); sin embargo, a nivel regional se puede apreciar al menos un eje estructural, relacionado con fallamiento producto de la actividad tectónica referente a la interacción entre el bloque de Jalisco y Michoacán, aunque este rasgo estructural no infliere directa o indirectamente con el SA.

UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



	<b>GEOLOGÍA DENTRO DEL SISTEMA AMBIENTAL</b>			<b>IND</b>
	AUTOR: GRUPO INGENII	FECHA: FEBRERO DE 2022	FUENTE: SGM, 2005	
	ÁREA: MEDIO AMBIENTE	ESCALA: 1:8,000	SRC: WGS 84 / UTM 13N	

**Figura 1.13** Geología dentro del Sistema Ambiental y Área de desarrollo del proyecto

#### 1.5.4.7 Características de relieve

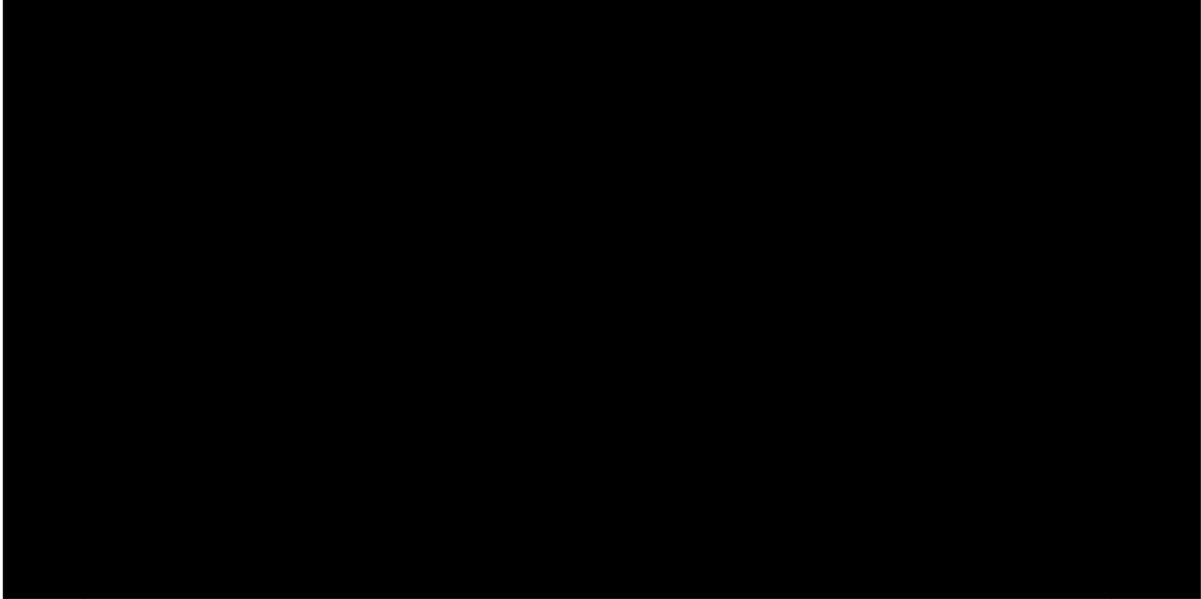
La gran variedad de aspectos litológicos, geológicos y morfológicos, así como la importancia económica del estado de Michoacán en cuanto a la explotación de recursos naturales se refiere, se deben en gran medida a su ubicación geográfica, pues es la zona donde convergen las provincias fisiográficas de la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico (Hubp & Córdoba, 1992), siendo esta última la provincia donde incide el SA y específicamente dentro de la subprovincia Chapala, asimismo, de acuerdo con el sistema de clasificación de topoformas, el SA se encuentra dentro de una llanura del tipo aluvial (Figura 1.14).

La provincia del Eje Neovolcánico es la provincia más alta del país, así como una de las de mayor variación de relieve y tipos de rocas. Su litología está conformada principalmente por rocas volcánicas, derrames de lava y otras manifestaciones ígneas de la era Cenozoica, asimismo, en esta provincia se encuentran los principales y más grandes volcanes del territorio.

Resultan características de esta provincia las amplias cuencas cerradas ocupadas por lagos como los de Pátzcuaro y Zirahuén, o los depósitos de lagos antiguos, como los de la cuenca endorreica del Valle de México, o bien la presencia de cuencas hundidas como la de Chapala convertida actualmente en un lago. En esta provincia nacen dos de los ríos más importantes de México: el Río Lerma y el Balsas, conocido también como Mezcala. Debido a su fisiografía, así como al conjunto de características geográficas, su flora se compone principalmente por bosques templados,

además de contar con bosques de coníferas y vegetación propia de glaciares de alta montaña (INEGI, 2012).

UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



	<b>GEOMORFOLOGÍA DENTRO DEL SISTEMA AMBIENTAL</b>			<b>IND</b>
	AUTOR: GRUPO INGENII	FECHA: FEBRERO DE 2022	FUENTE: INEGI, 2001	
	ÁREA: MEDIO AMBIENTE	ESCALA: 1:8,000	SRC: WGS 84 / UTM 13N	

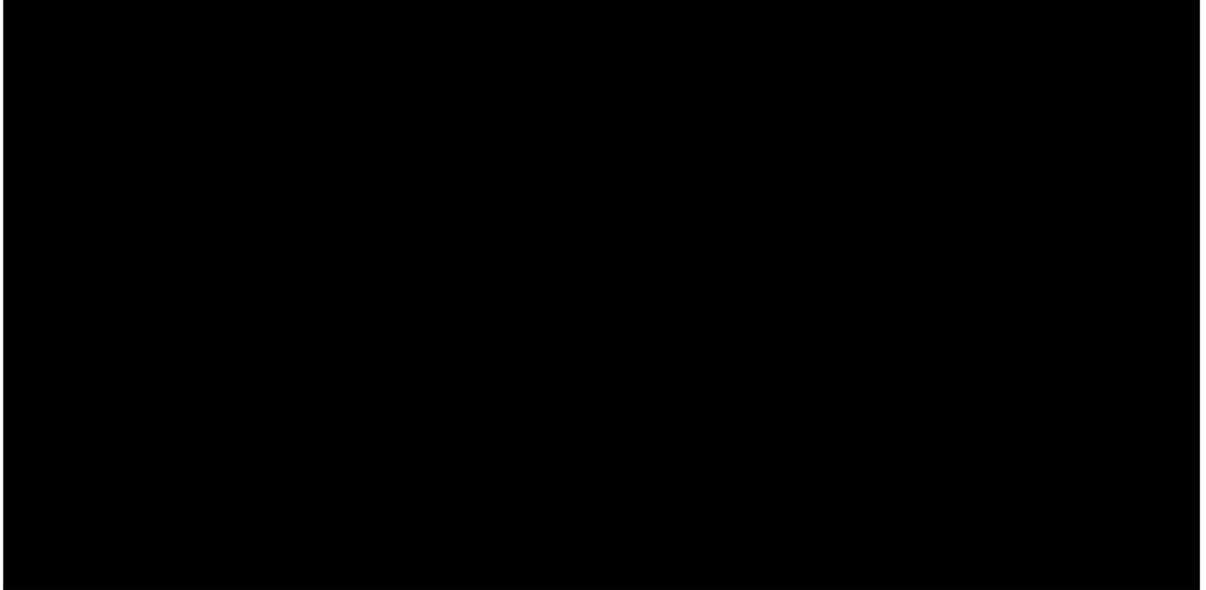
**Figura 1.14** Geomorfología dentro del Sistema Ambiental y área de desarrollo del proyecto

Por su parte, la subprovincia denominada Chapala, se caracteriza por la presencia predominante de rocas volcánicas de naturaleza basáltica-riolítica y las secuencias piroclásticas asociadas, por sedimentos lacustres y aluvión; a escala regional presenta diversas topofomas, desde relieves escarpados y cañadas a laderas tendidas, mesetas, llanos, valles y depresiones.

Esta subprovincia presenta una magnitud significativa en fallamiento asociado con manifestaciones volcánicas y grabens. Dentro de esta subprovincia se encuentra a 1,500 msnm el mayor lago del país, cuyas aguas ocupan un enorme graben ubicado entre sistemas de grandes fallas este-oeste y otras más pequeñas dirigidas burdamente de norte a sur. Por otro lado, el vulcanismo se desarrolló a lo largo de algunas líneas de fallas y levantó las sierras que bordean el lago. El resultado es un paisaje de origen unitario, pero de morfologías combinadas que aportan una notable singularidad a la provincia (CONAGUA, 2015).

En cuanto a topografía se refiere, el área del Proyecto se ubica a una altura de entre 1520 y 1540 metros sobre el nivel del mar (Figura 1.15). Por lo que se evidencian las bajas pendientes dentro del terreno, mismas que son características de los límites de una llanura aluvial.

UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP



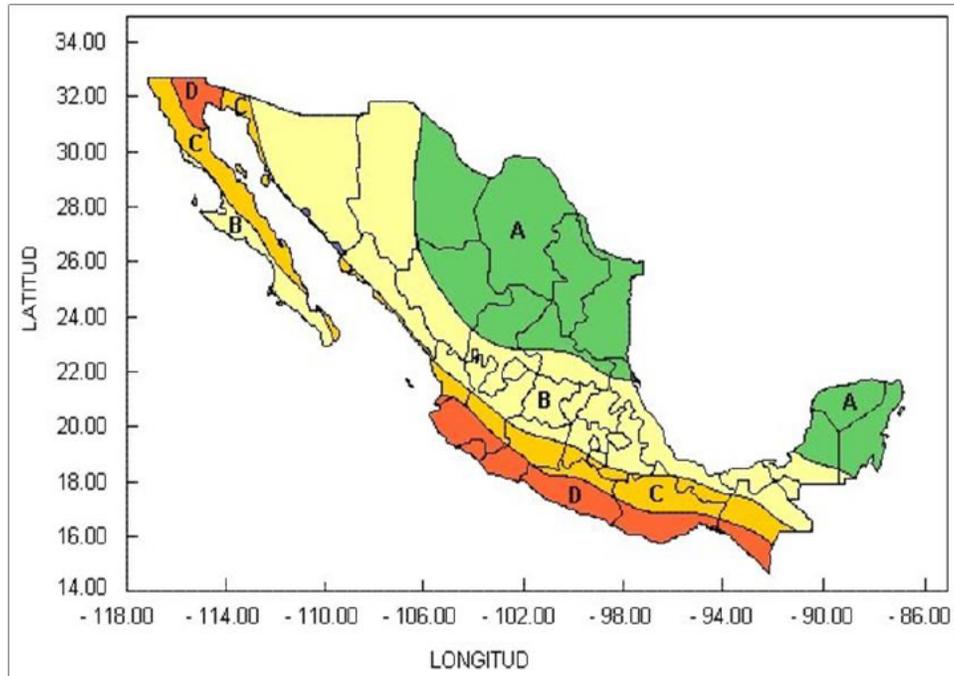
	<b>TOPOGRAFÍA DENTRO DEL SISTEMA AMBIENTAL</b>			<b>IND</b>
	AUTOR: GRUPO INGENII	FECHA: FEBRERO DE 2022	FUENTE: INEGI, 2019	
	ÁREA: MEDIO AMBIENTE	ESCALA: 1:8,000	SRC: WGS 84 / UTM 13N	

**Figura 1.15** Topografía dentro del Sistema Ambiental y Área de desarrollo del proyecto

#### 1.5.4.8 Susceptibilidad de riesgos

México es un país altamente vulnerable a la ocurrencia de fenómenos sísmicos, de acuerdo con el SGM, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Michoacán, Colima y Jalisco son los estados con mayor sismicidad en la República Mexicana, ello debido a la interacción de las placas oceánicas de Cocos y Rivera que subducen debajo de las placas continentales de Norteamérica y del Caribe.

Por lo anterior, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) tomando como base los registros sísmicos obtenidos a través del monitoreo histórico de los diversos movimientos telúricos que se han suscitado en nuestro territorio, ha definido cuatro zonas sísmicas (Figura 1.16 y Tabla 1.10). Dicha zonificación permite categorizar a las entidades que conforman el país tomando en cuenta la frecuencia de generación de eventos sísmicos.



**Figura 1.16** Regionalización sísmica de la República Mexicana

**Tabla 1.10** Zonas sísmicas en la República Mexicana

Zona	Características
<b>A</b>	Zona donde no hay registros históricos de sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración a causa de temblores
<b>B y C</b>	Zonas intermedias, donde se reportan sismos no tan frecuentes o afectaciones por altas aceleraciones, pero no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo
<b>D</b>	Zonas donde se han reportado grandes sismos históricos, cuya ocurrencia del sismo es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad

De acuerdo con la regionalización sísmica de la República Mexicana, el estado de Michoacán se clasifica dentro de las zonas B, C y D; sin embargo, el área donde se delimitó el SA se ubica dentro de la zona sísmica B es decir, corresponde a una zona intermedia donde el reporte de eventos sísmicos es poco frecuente y cuyas aceleraciones no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.

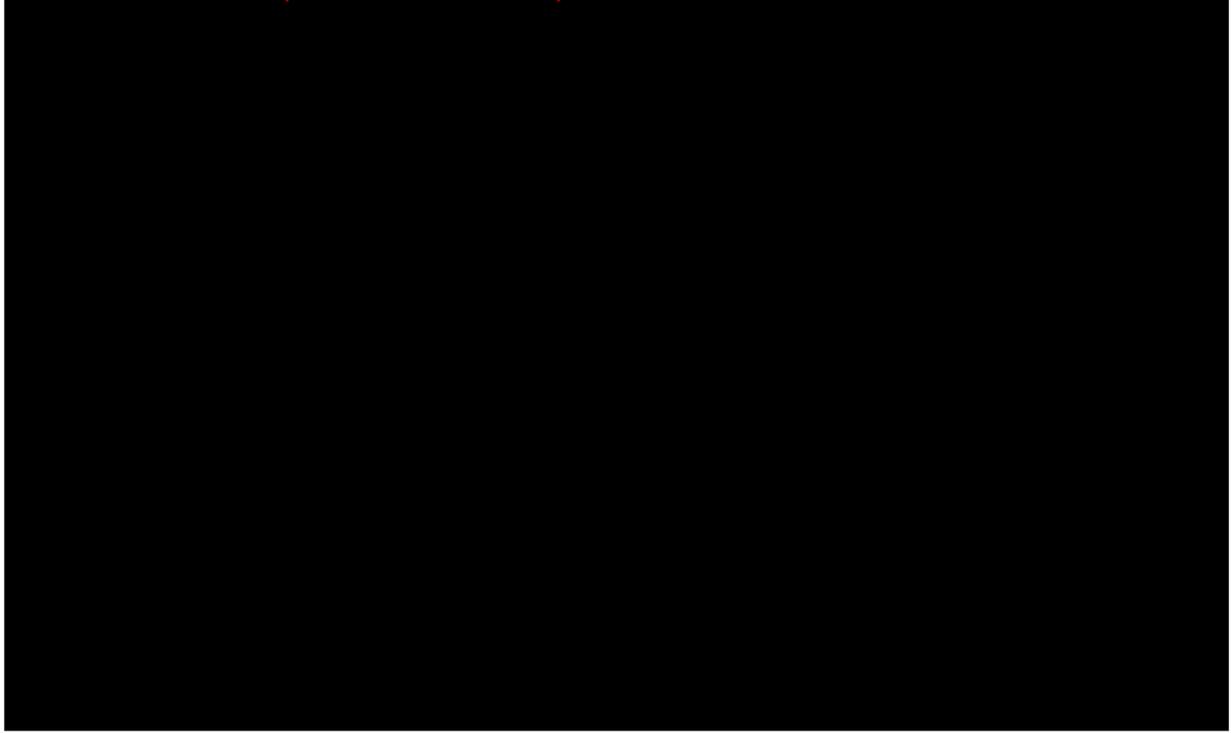
De acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano del municipio de Villamar (2018), debido a su topografía, el municipio es susceptible a deslaves y derrumbes, específicamente en las zonas donde las pendientes son abruptas debido a la propia morfología del terreno. Asimismo, se señala como zonas con alto riesgo los asentamientos humanos construidos sobre las corrientes hidrológicas y en algunos sitios con topografía accidentada. Finalmente, también se consideran vulnerables ante inundaciones las zonas con baja pendiente.

#### 1.5.4.9 Suelo

De acuerdo con la carta edafológica de CONABIO, el suelo dominante en SA corresponde a Vertisol (Vr) (Figura 1.17). A continuación, para efectos de mejor análisis, se describe la unidad de suelo presente en el SA:

**Vertisol (Vr):** Son suelos llamados pesados, se crean bajo condiciones alternadas de saturación - sequía, suelen formar grietas anchas, abundantes y profundas cuando están secos y con más de 30% de arcillas expandibles. Mediante un buen programa de labranza y drenaje son bastante fértiles para la agricultura por su alta capacidad de retención de humedad y sus propiedades de intercambio mineral con las plantas. Las obras de construcción asentadas sobre estos suelos deben tener especificaciones especiales para evitar daños por movimiento o inundación. Son bastante estables frente a la erosión y tienen buen amortiguamiento contra sustancias tóxicas. Se encuentran frecuentemente en las zonas agrícolas de regadío del país, como los bajíos de Michoacán, Guanajuato y Campeche, la región de Chapala, la depresión de Tepalcatepec y las fértiles llanuras costeras de Sonora, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz, así como en llanuras intermontanas de San Luis Potosí y Tamaulipas (INEGI, 2014).

UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



**Figura 1.17** Tipo de suelo dentro del Sistema Ambiental y área de desarrollo del proyecto

En la Tabla 1.11 se muestra un resumen de las características principales presentes en los Vertisoles.

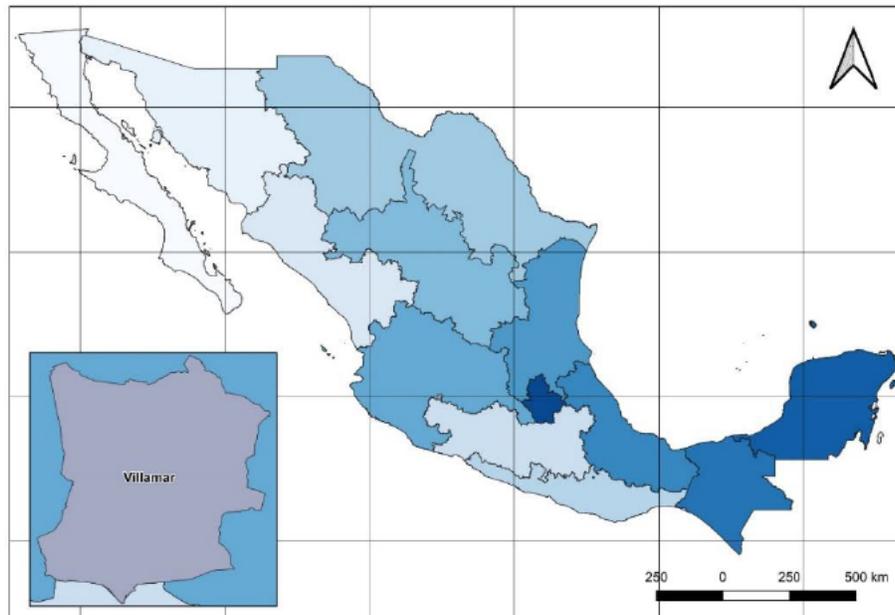
**Tabla 1.11** Descripción de las características presentes de los Vertisoles (FAO, 2014)

Características	Vertisoles
<b>Connotación</b>	Suelos de arcillas pesadas revueltas; del latín vertere, dar vuelta
<b>Material parental</b>	Sedimentos que contienen una alta proporción de arcillas expandibles producidas por neoformación a causa de la meteorización de rocas
<b>Ambiente</b>	Depresiones y áreas planas a onduladas, principalmente en climas tropicales y subtropicales, semiárido a subhúmedo y húmedo con alternancia de marcadas estaciones secas y húmedas. La vegetación clímax es de sabana, praderas naturales y/o bosques
<b>Desarrollo de perfil</b>	Desarrollo del perfil: La expansión y retracción alternada de arcillas expandibles dan lugar a grietas profundas en la temporada seca y la formación de slickensides y elementos estructurales en forma de cuña en el suelo subsuperficial. El comportamiento expansión-retracción puede ocasionar que se forme un microrelieve gilgai, especialmente en climas secos

#### 1.5.4.10 Hidrología

##### Hidrología superficial

Las cuencas son unidades naturales de terreno, definidas por la existencia de una división de las aguas debida a la conformación del relieve. Para propósitos de administración el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA, 2019) dirigido por la CONAGUA establece que las aguas nacionales se conforman en 13 Regiones Hidrológico-Administrativas (RHA), mismas que se agrupan en 37 regiones que a su vez se dividen en 757 cuencas hidrológicas (Figura 1.18).



**Figura 1.18** Mapa de Regiones Hidrológico-Administrativas de la República Mexicana

De acuerdo con el SINA, el SA delimitado para el proyecto incide dentro de la RHA Lerma - Santiago - Pacífico, la cual cubre la porción territorial norte y sur occidental del estado de Michoacán. A su vez, el área delimitada para SA se encuentra dentro de la cuenca hidrológica Lago Chapala (Figura 1.19), las características de esta última se encuentran en la Tabla 1.12.

**Tabla 1.12** Resumen de la Hidrología superficial del Sistema Ambiental

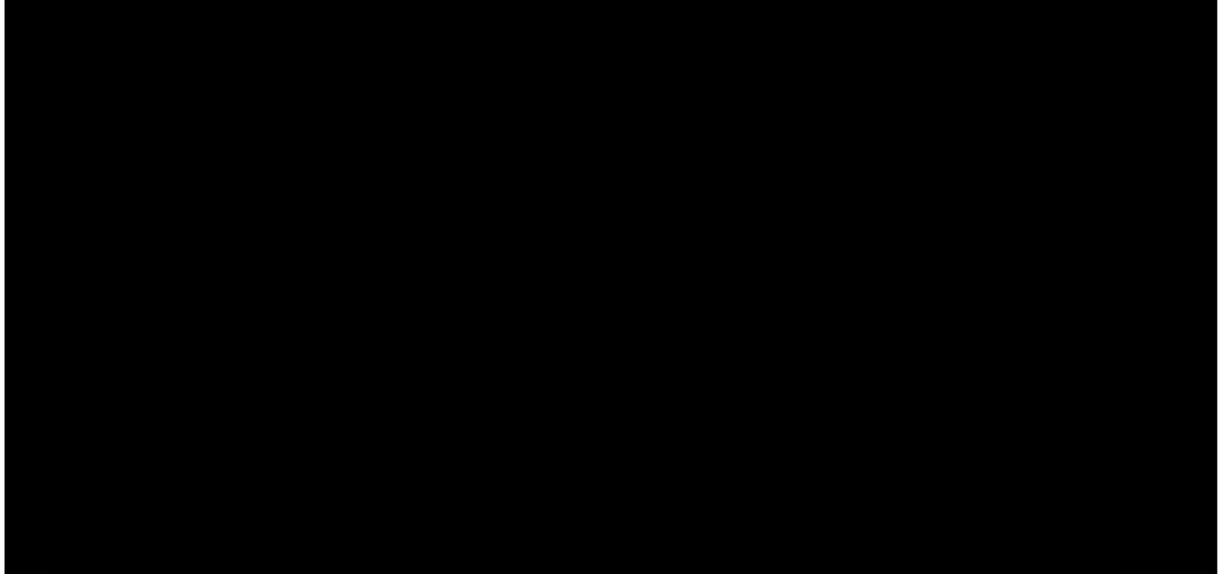
<b>Hidrología superficial en el SA</b>	
<b>Región Hidrológica</b>	Lerma – Santiago - Pacífico
<b>Cuenca</b>	Lago Chapala
<b>Subcuenca</b>	Chapala 3
<b>Corrientes de agua</b>	Corrientes de agua intermitentes
<b>Cuerpos de agua cercanos</b>	Sin cuerpos de agua representativos

En el estado de Michoacán se presenta una red fluvial de consideración, que tiene como arterias principales a dos grandes ríos del país, el Lerma y el Balsas. Dentro de la entidad se identifican tres grandes sistemas hidrográficos denominados por su posición geográfica, Centro, Sur y del Norte, este último es el sistema donde se localiza el SA.

El sistema hidrográfico norte incluye al importante río Lerma que nace en el Estado de México, atravesando el territorio michoacano en su porción nororiental, con una dirección de noreste a suroeste; en esta parte se encuentra la Presa Tepuxtepec con una capacidad de 371 millones de metros cúbicos. Los afluentes del Lerma se localizan abajo de dicha presa, siendo los principales los ríos Tlalpujahuá, Cachiví y Duero, este último considerado como el tributario más importante en la margen izquierda del Lerma, por su parte sus afluentes desembocan en el Lago de Chapala en su porción noreste (INAFED, 2016).

Asimismo, cabe mencionar que dentro del municipio de Villamar se identifican tres cuerpos de agua, el más grande se encuentra en la localidad de la Presa Nueva; el segundo cuerpo de agua con mayor tamaño se ubica en la comunidad de Jaripo, y el tercer cuerpo de agua se encuentra al norte de la comunidad de El Romerillo, conocido como zona turística “Los Negritos” (PDU del municipio de Villamar, 2018). A pesar de lo mencionado, el área del proyecto no incide sobre ningún cuerpo de agua, sin embargo, en las proximidades del SA es posible apreciar corrientes de carácter intermitente o escorrentías producto de las características geomorfológicas regionales (Figura 1.20).

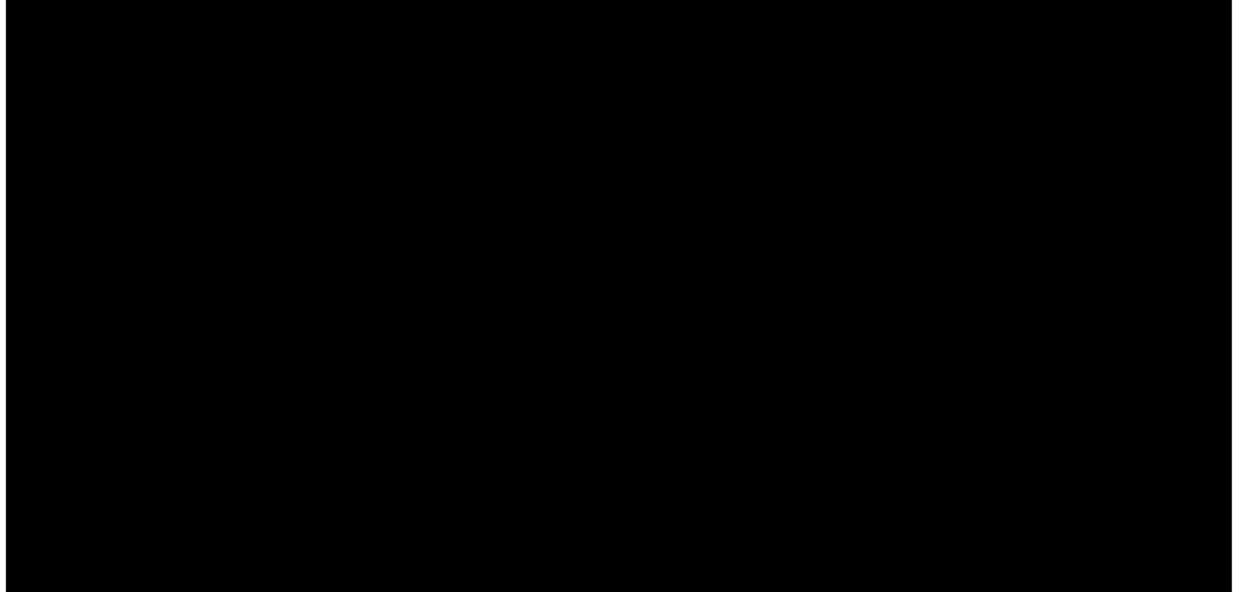
UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



	CUENCA HIDROLÓGICA EN EL ÁREA DEL PROYECTO			IND
	AUTOR: GRUPO INGENII	FECHA: FEBRERO DE 2022	FUENTE: CONABIO, 1998	
	ÁREA: MEDIO AMBIENTE.	ESCALA: 1:8,000	SRC: WGS 84 / UTM 13N	

Figura 1.19 Cuencas Hidrológicas dentro del Sistema Ambiental y área de desarrollo del proyecto

UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



	HIDROLOGÍA SUPERFICIAL DENTRO DEL SISTEMA AMBIENTAL			IND
	AUTOR: GRUPO INGENII	FECHA: FEBRERO DE 2022	FUENTE: INEGI, 2019	
	ÁREA: MEDIO AMBIENTE.	ESCALA: 1:8,000	SRC: WGS 84 / UTM 13N	

Figura 1.20 Hidrología superficial dentro del Sistema Ambiental y área de desarrollo del proyecto

## Hidrología subterránea

El Sistema Ambiental y Área del proyecto se encuentra dentro de los límites definidos por el acuífero Ciénega de Chapala, definido con la clave 1607 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo de las Aguas Subterráneas (SIGMAS) de la CONAGUA. Dicho acuífero se ubica en la porción sureste del estado de Jalisco y norte de Michoacán, abarcando una superficie de 2,329 km<sup>2</sup>.

El acuífero está constituido por una acumulación de materiales arcillosos depositados en un área hundida entre dos fallas geológicas de gran magnitud que constituyen el denominado “Graben de Chapala” y se extiende desde el río Duero al sur, con profundidades hasta de 500 m en algunos sitios. Estos materiales arcillosos son de muy baja permeabilidad, por lo que el potencial acuífero resulta desfavorable para su aprovechamiento (CONAGUA, 2020).

La profundidad a los niveles estáticos en el acuífero de Ciénega de Chapala, varían entre - 5 y poco más de 30 m, controlada por la configuración topográfica y por el bombeo de los pozos allí emplazados. En la Figura 1.21, se observa que los niveles del agua son más someros en las inmediaciones del lago de Chapala, con valores de 1 a 6 m, aumentando hacia la parte oriental de la zona, de tal modo que en el poblado de Briseñas de Matamoros se registran valores del orden de 10 m de la superficie, mientras que en las inmediaciones de la localidad de La Paz de Ordaz su rango es de 20 a 30 m de profundidad.



**Figura 1.21** Profundidad al nivel estático (m) correspondiente al acuífero Ciénega Chapala (Zapata, 2010)

## 1.5.5 Medio Biótico

### 1.5.5.1 Vegetación

De acuerdo con la revisión bibliográfica documental y digital, en el municipio de Villamar, Michoacán albergan 125 especies de plantas, y se cuentan con 190 registros proporcionados por el Sistema Nacional de Biodiversidad de México (SNIB), los cuales se clasifican en: Ambiental (7), Consumo Humano (17), Recursos maderables (7) y Ornamentales (32).

A continuación, en la Tabla 1.13 se enlistan las especies más representativas del área correspondiente a Villamar, Michoacán.

**Tabla 1.13** Vegetación representativa del municipio de Villamar, Michoacán

Nombre Científico	Nombre Común	Estrato
<i>Opuntia pyriformis</i>	Nopal pera	----
<i>Anacolia laevisphaera</i>	Musgo	----
<i>Erythrodontium longisetum</i>	Musgo	----
<i>Croton adspersus</i>	Solimán	Herbácea
<i>Croton ciliatoglandulifer</i>	Canelilla	Herbácea
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Casalina	Herbácea
<i>Prosopis laevigata</i>	Algarrobo	Arborea
<i>Commelina dianthifolia</i>	Baba de buey	Herbácea
<i>Tillandsia macdougallii</i>	Bromelia	----
<i>Mandevilla hypoleuca</i>	Flor de San Juan	Herbácea
<i>Asclepias curassavica</i>	Adelfilla	Herbácea
<i>Funastrum pannosum</i>	Apóca de coyote	Herbácea
<i>Gonolobus grandiflorus</i>	Talayote	Herbácea
<i>Asclepias linaria</i>	Algodoncillo	Herbácea

Fuente: CONABIO, 2022.

Cabe mencionar que, considerando la revisión bibliográfica dentro del municipio de Villamar, se reporta una (1) especie vegetal enlistada conforme con la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla 1.14), cuyo objetivo es identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en estatus de riesgo o protección dentro de la República Mexicana. Además, se realizó la consulta de la plataforma de CONABIO, 2022, con el objetivo de verificar la distribución e información de las especies.

**Tabla 1.14** Vegetación ubicada en el municipio de Villamar y enlistada dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Nombre común	Categoría de Riesgo
<i>Opuntia excelsa</i>	Nopal excelso	Sujeta a protección especial

Fuente: CONABIO, 2022.

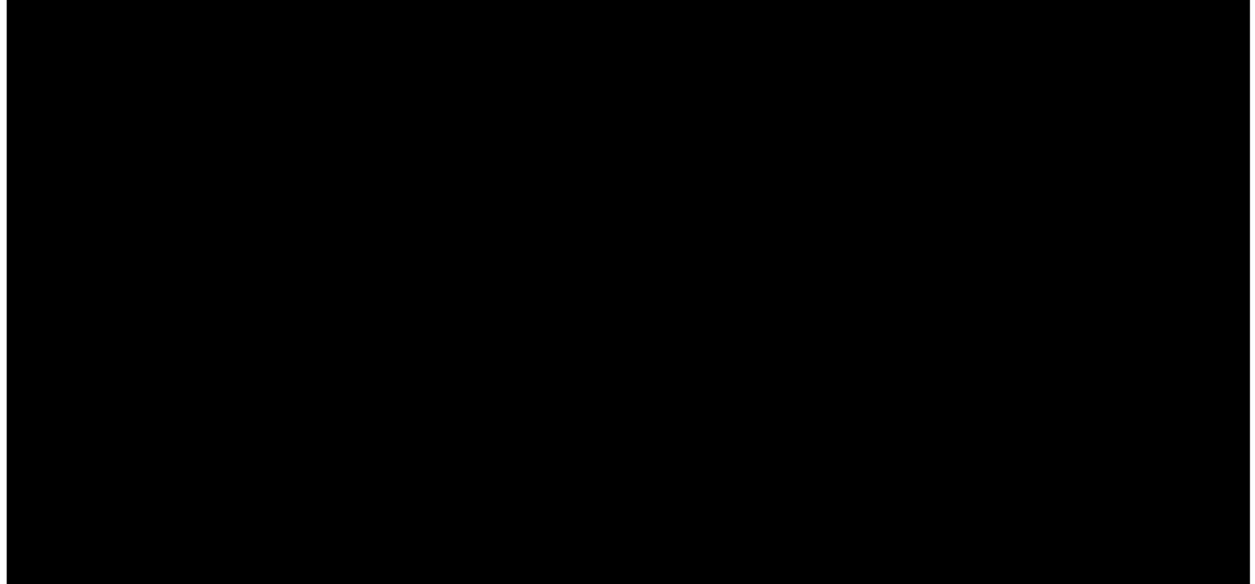
Debido a la ubicación del área de estudio y considerando que es una zona agrícola e industrial, no se reporta presencia de vegetación nativa, sino grandes extensiones de terreno dedicadas al cultivo agrícola. Por lo anterior, dentro del Sistema Ambiental no se reconocen especies de vegetación consideradas como de valor económico o maderables, ni especies enlistadas dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Adicionalmente, es importante indicar que el predio destinado para la instalación de la Estación de Descompresión carece de vegetación nativa (únicamente se preservan áreas verdes) debido a que es un área previamente impactada.

#### 1.5.5.2 Uso de suelo

Tomando como referencia la carta de Uso de Suelo y Vegetación serie VII (INEGI, 2021) el Sistema Ambiental se encuentra dentro de una zona con uso de suelo definido como Agrícola de Riego anual. Asimismo, por su parte las áreas próximas al SA corresponden únicamente a zonas con usos de suelo considerados como Agrícola de Temporal Anual, Pastizal Inducido y Vegetación Secundaria Arbustiva (Figura 1.22)

UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



VEGETACIÓN Y USO DE SUELO EN EL ÁREA DEL PROYECTO			
	AUTOR: GRUPO INGENII	FECHA: FEBRERO DE 2022	FUENTE: INEGI, 2021
	ÁREA: MEDIO AMBIENTE	ESCALA: 1:8,000	SRC: WGS 84 / UTM 13N
			<b>IND</b>

**Figura 1.22** Vegetación y Uso de suelo dentro del área de estudio

Mencionado lo anterior se tiene que, para el desarrollo del proyecto no se requiere del cambio de uso de suelo para terrenos forestales en términos de lo señalado en el artículo 28 fracción VII de la LGEEPA y 5, inciso O) del Reglamento de la LGEEPA.

Adicionalmente, es importante indicar que el predio destinado para la instalación de la Estación de Descompresión carece de vegetación tal como se ha evidenciado previamente.

### 1.5.5.3 Muestreo

#### 1.5.5.3.1 Fauna

De acuerdo con la revisión bibliográfica y digital realizada, el municipio de Villamar cuenta con 279 de especies animales, integradas principalmente por mamíferos, anfibios, reptiles y aves. A continuación, se enlistan las especies más representativas y/o amenazadas para la región (Tabla 1.15), así como su categoría de riesgo de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Tabla 1.15** Especies de fauna reportadas en el municipio de Villamar, Michoacán

<b>Mamíferos</b>			
<b>No.</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Categoría de riesgo</b>
1	<i>Baiomys taylori</i>	Ratón-pigmeo norteño	----
2	<i>Peromyscus levipes</i>	Ratón de la malinche	----
3	<i>Heteromys irroratus</i>	Ratón espinoso mexicano	----
4	<i>Reithrodontomys fulvescens</i>	Ratón cosechero leonado	----
5	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	----
6	<i>Peromyscus gratus</i>	Ratón piñonero	----
7	<i>Neotoma mexicana</i>	Rata cambalachera mexicana	----
<b>Anfibios</b>			
<b>No.</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Categoría de riesgo</b>
9	<i>Lithobates spectabilis</i>	Rana manchada	----
10	<i>Lithobates neovolcanicus</i>	Rana leopardo neovolcánica	Amenazada
11	<i>Dryophytes eximius</i>	Rana arborícola de montaña	----
12	<i>Anaxyrus compactilis</i>	Sapo de la meseta	----
13	<i>Hypopachus variolosus</i>	Rana termitera	----
<b>Reptiles</b>			
<b>No.</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Categoría de riesgo</b>
14	<i>Sceloporus torquatus</i>	Lagartija espinosa de color	----
15	<i>Sceloporus dugesii</i>	Lagartija espinosa de dugesi	----
16	<i>Trimorphodon tau</i>	Falsa nauyaca mexicana	----
17	<i>Kinosternon integrum</i>	Tortuga pecho quebrado mexicana	Sujeta a protección especial mexicana
18	<i>Rhinoclemmys rubida</i>	Tortuga de monte payaso	Sujeta a protección especial
19	<i>Aspidooscelis gularis</i>	Huico pinto de noreste	----
20	<i>Aspidooscelis sackii</i>	Huico manchado	----

<b>Reptiles</b>			
21	<i>Masticophis flagellum</i>	Culebra chirrionera roja	Amenazada
22	<i>Kinosternon hirtipes</i>	Tortuga pecho quebrado pata rugosa	Sujeta a protección especial
23	<i>Sceloporus scalaris</i>	Lagartija espinosa de pastizal	----
<b>Aves</b>			
No.	Especie	Nombre común	Categoría de riesgo
24	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero cardenal	----
25	<i>Ardea alba</i>	Garza blanca	----
26	<i>Calidris minutilla</i>	Playero Diminuto	----
27	<i>Polioptila caerulea</i>	Perlita Azulgrís	----
28	<i>Chondestes grammacus</i>	Gorrión arlequín	----
29	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero cheje	----
30	<i>Columbina passerina</i>	Tortolita Pico Rojo	----
31	<i>Columbina inca</i>	Tortolita Cola Larga	----
32	<i>Rallus tenuirostris</i>	Rascón azteca	En peligro de extinción
33	<i>Egretta rufescens</i>	Garza Rojiza	En peligro de extinción
34	<i>Anas diazi</i>	Pato mexicano	Amenazada
35	<i>Tachybaptus dominicus</i>	Zambullidor menor	Sujeta a protección
36	<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña americana	Sujeta a protección
37	<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de Cooper	Sujeta a protección
38	<i>Buteo lineatus</i>	Aguililla pecho rojo	Sujeta a protección
39	<i>Buteo swainsoni</i>	Aguililla de Swainson	Sujeta a protección
40	<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	Aguililla cola blanca	Sujeta a protección
41	<i>Passerina ciris</i>	Colorín sietecolores	Sujeta a protección
42	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón Peregrino	Sujeta a protección

Fuente: CONABIO, 2022.

Considerando que el área definida como Sistema Ambiental es una zona agrícola e industrial previamente perturbada, no se evidencia la presencia de fauna silvestre y por consiguiente dentro del mismo no se determinaron especies con algún estatus de conservación de acuerdo con la norma NOM-059-SEMARNAT-2010.

En congruencia con lo expuesto en el párrafo anterior, es importante indicar que el ecosistema natural se encuentra totalmente impactado, por lo que actualmente, el área presenta deforestación y está destinada a actividades agrícolas, lo que ha provocado que la fauna nativa disminuya radicalmente. Dentro del SA no se aprecian especies que sean de importancia por su rareza o se encuentren amenazadas o en peligro de extinción.

Actualmente, la fauna que se encuentra en el área es considerada como doméstica o de ganado, ya que son especies introducidas directamente por el hombre para el desarrollo de actividades agropecuarias o de compañía.

## 1.6 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

### 1.6.1 Población

De acuerdo con el censo poblacional de INEGI (2020-2021) la población del municipio de Villamar, Michoacán está conformada por 15,864 personas (Tabla 1.16). De los cuales, 7,630 son hombres (48.1%) mientras las mujeres son 8,234 (51.9%). Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron de 10 a 14 años (1332 habitantes), 5 a 9 años (1293 habitantes) y 0 a 4 años (1,276 habitantes, concentrando el 24.6% de la población total).

**Tabla 1.16** Población total en el municipio de Villamar, Michoacán

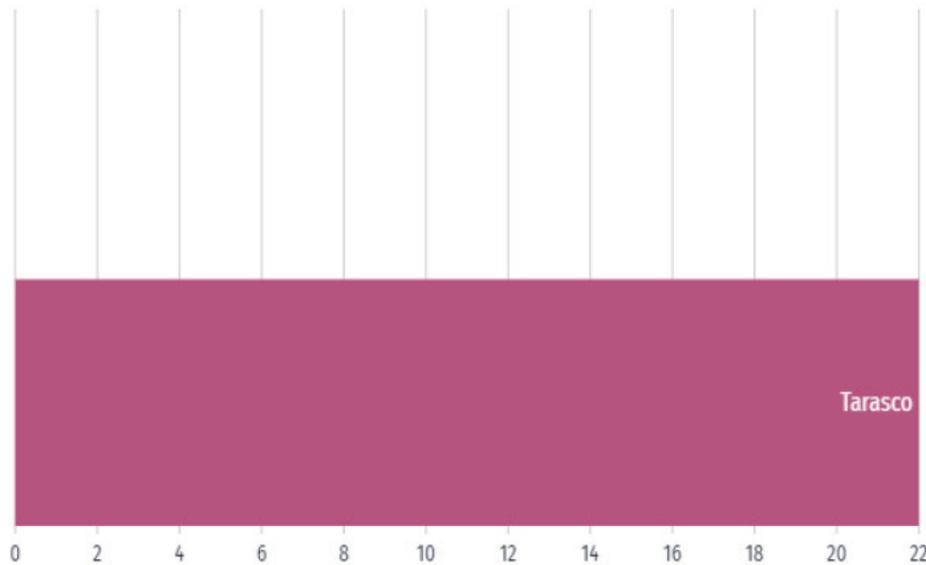
Sexo	Total	Porcentaje %
Hombres	7,630	49.2
Mujeres	8,234	50.8
<b>Total</b>	<b>15,864</b>	<b>100</b>

### 1.6.2 Lenguas indígenas

De acuerdo con el último censo poblacional del INEGI, la población de 3 años o más que habla al menos una lengua indígena fue de 22 personas, lo que corresponde a 0.14% del total de la población de Villamar, (Figura 1.23).

La lengua indígena más hablada fue: Tarasco (22 habitantes).

Principales lenguas indígenas habladas por la población de 3 años y más en Villamar



Fuente: Data México, 2020.

**Figura 1.23** Lenguas maternas habladas en Villamar, Michoacán

### 1.6.3 Educación

Con base en los datos de educación reportados por INEGI (2010), el municipio de Villamar contaba con un grado promedio de escolaridad de la población de 15 años de 6, mismo que indica un grado elevado de rezago educativo, así mismo la condición de rezago educativo afectó a 39.3% de la población, lo que significa que 7,167 individuos presentaron esta carencia social. Para el año 2022 no se cuenta con datos actualizados de educación.

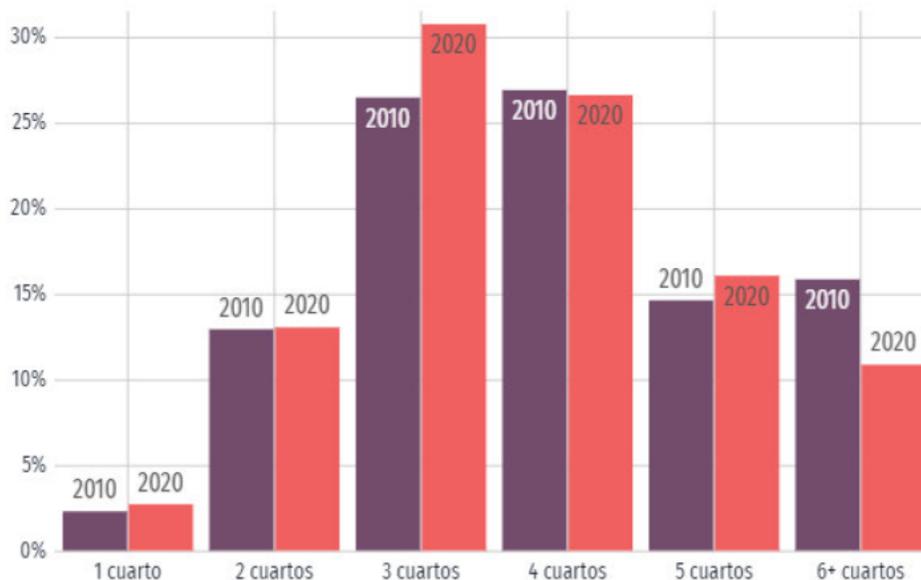
### 1.6.4 Tasa de analfabetismo

La tasa de analfabetismo es calculada considerando a la población mayor de 15 años que no sabe leer ni escribir. La tasa de analfabetismo en el Municipio de Villamar para el año 2015 fue de 12.8%, lo que corresponde a 1,553 personas (COESPO, 2020).

### 1.6.5 Calidad de vida

De acuerdo con el censo elaborado por el INEGI (2020), la mayoría de las viviendas particulares contaba con 3 y 4 cuartos, 30.7% y 26.6%, respectivamente (Figura 1.24). Para el mismo periodo, destacan las viviendas particulares habitadas con 2 y 1 dormitorios, 38% y 33.2%, respectivamente (Data México, 2020).

Distribución de viviendas particulares habitadas según número de cuartos en 2010 y 2020



Fuente: Data México, 2020.

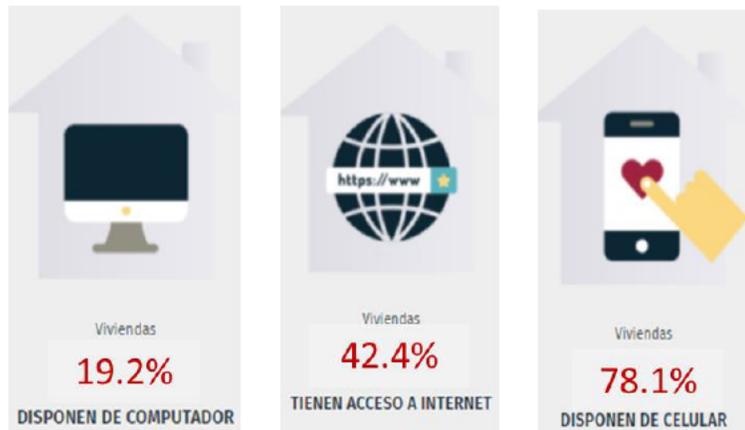
**Figura 1.24** Distribución de viviendas particulares en 2020

### 1.6.6 Servicios y conectividad en la vivienda

La Figura 1.25 representa el porcentaje de hogares que disponen de seres menores, la Figura 1.26 representa el porcentaje de hogares que tiene acceso a un servicio de tecnología mientras que la Figura 1.27 muestra el porcentaje de la población del municipio de Villamar que cuenta con disponibilidad de transporte (INEGI, 2020).



**Figura 1.25** Porcentaje de población con enseres menores



**Figura 1.26** Porcentaje de población con acceso a servicios tecnológicos

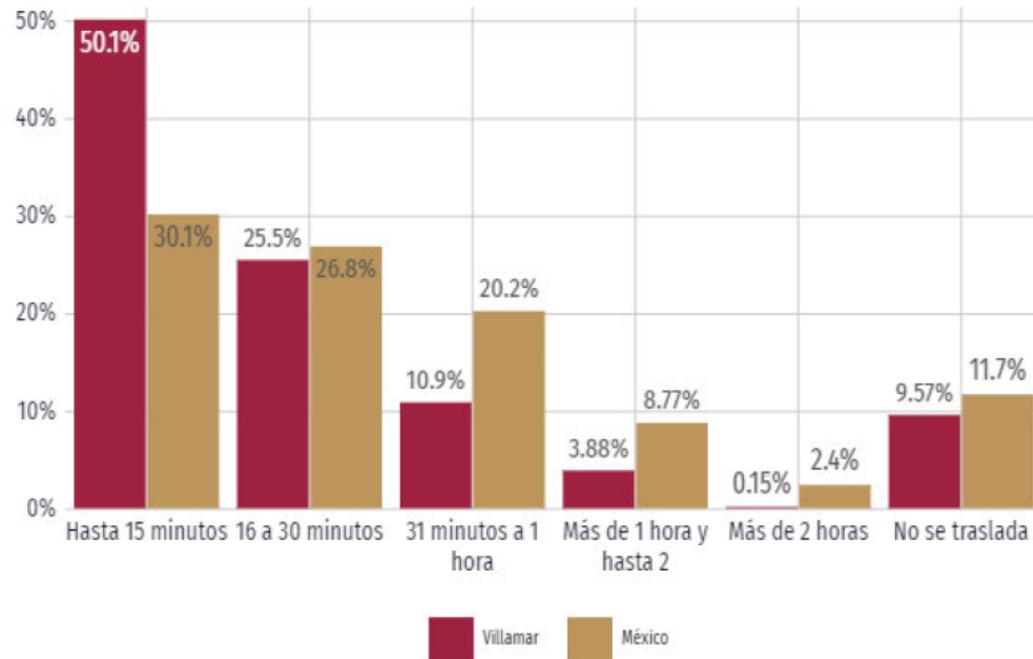


**Figura 1.27** Porcentaje de población con acceso a transporte

### 1.6.7 Tiempo de traslado

En el municipio de Villamar, el tiempo promedio de traslado del hogar al trabajo en el año 2020 fue de 20.4 minutos, 86.4% de la población tarda menos de una hora en el traslado, mientras que 4.07% tarda más de una hora en llegar a su trabajo. Por otro lado, el tiempo promedio de traslado del hogar al lugar de estudios fue de 10.8 minutos, 96.2% de la población tarda menos de una hora en el traslado, mientras que 1.39% tarda más de 1 hora (INEGI, 2020).

La Figura 1.28 muestra la distribución de población según tiempos de traslado hasta su trabajo en 2020 comparado con los tiempos de traslado a nivel nacional.



Fuente: Data México, 2020.

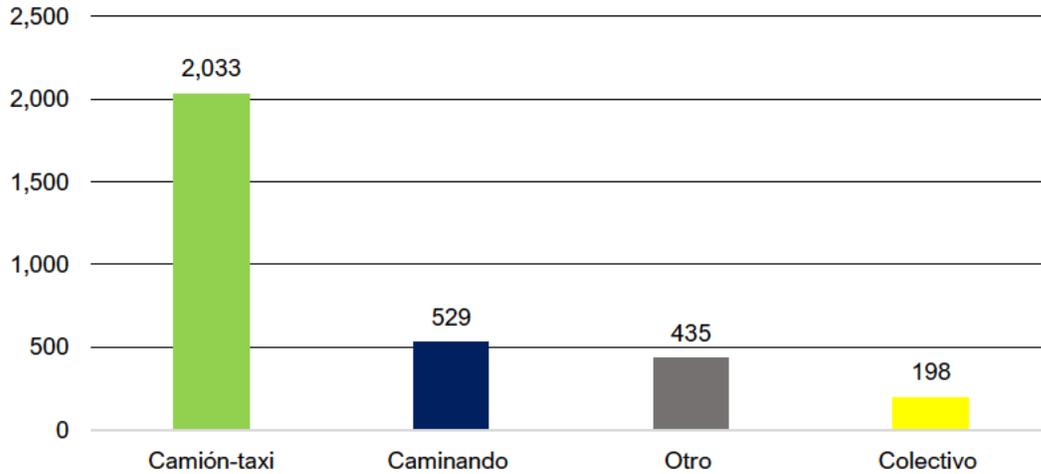
**Figura 1.28** Distribución de la población según el tiempo de traslado al trabajo

### 1.6.8 Medio de transporte al trabajo y al colegio

En el año 2020, el 62.5% de la población acostumbró a utilizar camión, taxi o colectivo como principal medio de transporte para dirigirse a su trabajo. En relación con los medios de transporte para ir al lugar de estudios, el 86.2% de la población acostumbró camión, taxi, combi o colectivo como principal medio de transporte.

La Figura 1.29 muestra la distribución de los medios de transporte hacia el trabajo y el lugar de estudios utilizados por la población de Villamar, de acuerdo con los tiempos de desplazamiento.

### Medios de transporte



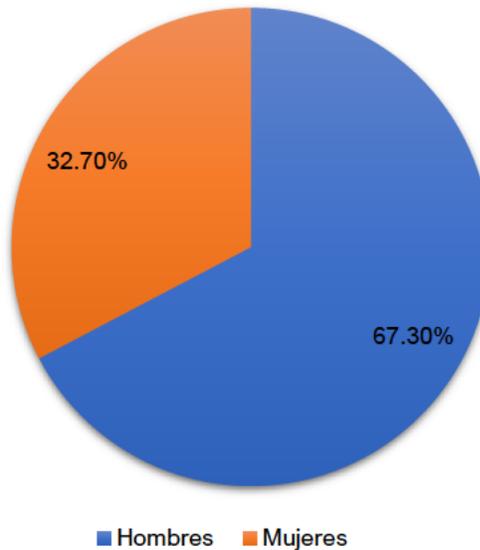
Fuente: Elaboración propia GRUPO INGENII

**Figura 1.29** Medios de transporte utilizados en Villamar

### 1.6.9 Población económicamente activa

Para el año 2020, INEGI reportó que para el municipio de Villamar la población económicamente activa, tomando en cuenta población con edad de 12 años en adelante mantiene los siguientes porcentajes: el 41.2% (6,573 personas) de la población se encuentra activa laboralmente, el 67.3% corresponde a los hombres, mientras que las mujeres representan el 32.7% (Figura 1.30).

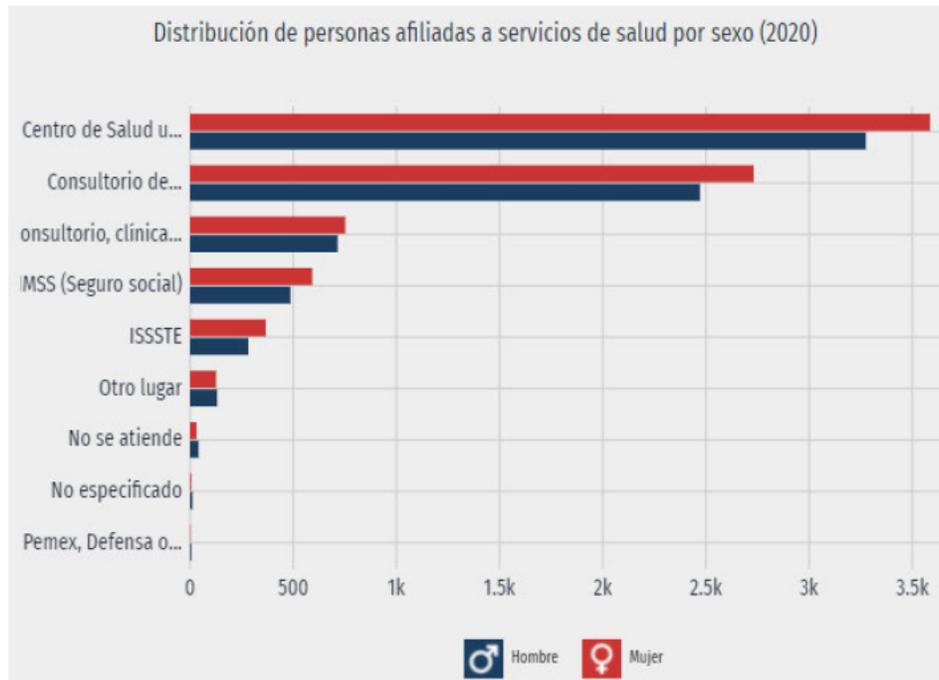
### Población económicamente activa en el municipio de Villamar



**Figura 1.30** Población económicamente activa dentro de Villamar de acuerdo con el género

### 1.6.10 Salud

En el municipio de Villamar, las opciones de atención de salud más utilizadas en 2020 (Figura 1.31) fueron centro de salud u hospital con 6,860 usuarios, consultorio de farmacia con 5,200 usuarios y clínica u hospital privado con 1,470 usuarios. En el mismo año, los seguros sociales que agruparon mayor número de personas fueron Pemex-Marina 6,700 usuarios y no especificado con 5,700 usuarios (INEGI,2020).



Fuente: Data México, 2020

**Figura 1.31** Afiliación a los servicios de salud en el municipio de Villamar

## 1.7 PAISAJE

La percepción del paisaje no sólo interesa por ser el origen de los fenómenos culturales o la interpretación del entorno, sino que además es necesaria para comprender y gestionar de mejor manera los recursos naturales mediante el proceso de percepción, el cual funciona mediante la selección de información, reconocimiento e interpretación visual de un área específica.

Un adecuado análisis del paisaje permite alcanzar objetivos deseables tales como la conservación de la integridad funcional de los ecosistemas, la permanencia de la funcionalidad ecológica, el control de tasas de erosión y la continuidad en la aportación de bienes y servicios ecosistémicos. Esto se fundamenta en el hecho de comprender a cualquier acción directa sobre el medio como una acción espacio-dependiente. Por lo que, a pesar de las diferencias de percepción, existen patrones comunes a identificar y valorar en los paisajes, mismos que ayudan a clasificarlo a partir de la evaluación de sus componentes naturales, antrópicos y las interrelaciones entre ellos.

### 1.7.1 Unidades del Paisaje

Dentro del SA se delimitaron las unidades de paisaje con base en aspectos como la homogeneidad del territorio y las acciones antrópicas como elemento principal de división para la clasificación de las mismas.

Tomando en cuenta lo anterior, en el SA se define una unidad de paisaje:

- Unidad de Paisaje N.º 1: Llanura Aluvial con actividad agrícola (Figura 1.32).



**Figura 1.32** Unidad del paisaje definida como “Llanura Aluvial con actividad agrícola”

Esta extendida planicie está compuesta principalmente por grandes extensiones de terrenos destinados a la actividad agrícola y de uso industrial, asimismo, destaca la presencia de sierras, mismas que conforman el paisaje como parte de su fondo escénico.

### 1.7.2 Calidad Visual

La unidad definida como “Llanura Aluvial con actividad agrícola” posee una calidad visual media, ello debido a la dominancia del plano horizontal de visualización, la nula evidencia de presencia de fauna, así como las intensas modificaciones de carácter antrópico, mismas que anulan la calidad visual del paisaje, sin embargo, destaca la presencia de vegetación agrícola, especialmente los contrastes entre tonos verdes y pardos producto de las zonas destinadas para la agricultura, así como el fondo escénico compuesto por pronunciadas elevaciones topográficas.

Por lo anterior, se concluye que a pesar de que el paisaje circundante ejerce cierta influencia visual dentro del área evaluada, se considera como un paisaje común en la región, con nula existencia de elementos únicos o singulares a los circundantes y con poca variación en color o contrastes, es decir, de carácter homogéneo y marcado por la presencia de actividades antropogénicas como el desarrollo de cultivos, o el desarrollo de la industria. Por tanto, se infiere que el desarrollo del proyecto no afectará la calidad visual del paisaje, al desarrollarse el mismo dentro de un predio y un área industrial previamente impactada.

### **1.7.3 Fragilidad Visual**

La determinación de la fragilidad visual permite evaluar la capacidad de absorción y respuesta de las unidades de paisaje ante las obras y actividades del proyecto. Dicha característica se basa en el análisis y clasificación de las mismas, en función de sus principales componentes divididos en 4 factores (biofísicos, visualización, singularidad y accesibilidad).

La unidad considerada para el proyecto presenta fragilidad visual media o moderada, pues las pendientes no son mayores al 15%, siendo una superficie con relieve suave considerado como llanura. A pesar de ello, la cubierta de la vegetación es relativamente densa debido a la presencia de cultivos, sin embargo, la diversidad de especies es baja. De igual forma, se ubican áreas moderadamente erosionadas, dominio de los planos medios de visualización (visión no mayor a los 4,000 m), el paisaje que se presenta es de importancia visual media y considerado habitual, sin presencia de elementos singulares a lo largo de la región. Por lo tanto, se considera que dentro de esta unidad la capacidad de absorción y respuesta del paisaje ante cualquier actividad proyectada en su superficie es moderada.

## **1.8 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

Para la presente sección se consideró integrar una síntesis objetiva y congruente del área de estudio, considerando los grados de conservación y/o deterioro de acuerdo con el inventario ambiental descrito previamente.

Para la delimitación del Área del Proyecto (AP) se consideró la definición del espacio físico que será ocupado para realizar las actividades del proyecto, durante todas sus etapas de desarrollo (etapas de Preparación del sitio y Construcción, Operación y Mantenimiento del proyecto). Para ello, se consideraron las obras que integran el proyecto, mismas que comprenderán únicamente el proceso de construcción y obra civil, así como pruebas de verificación, monitoreo y operación de las instalaciones.

Por su parte, para la delimitación del Área de Influencia (AI) del proyecto, se consideró la definición del espacio físico donde los efectos directos del mismo influyen sobre un determinado componente ambiental. Por tanto, se considera como aquellas zonas alrededor del Área del Proyecto donde se podrían evidenciar impactos de tipo indirecto por las actividades de este.

Considerando lo anterior, el Sistema Ambiental (SA) se delimitó tomando como referencia la colindancia entre predios, así como limitaciones o barreras físicas existentes mismas que fungen como delimitadoras de la extensión de los posibles impactos ambientales. Asimismo, se destaca el uso de la cartografía existente, principalmente la información hidrológica, geológica, fisiográfica, edafológica, climatológica, socioeconómica y de vegetación y uso de suelo, ello con la finalidad de realizar un mejor análisis espacial e interpretación del inventario ambiental.

## 1.8.1 Integración e interpretación del inventario ambiental

### 1.8.1.1 Factores abióticos

De acuerdo con la información proporcionada por el SMN y con la clasificación de Köppen modificada por E. García, el SA se ubica dentro de un área cuyo clima es considerado semicálido subhúmedo del grupo C, las cuales son condiciones climáticas típicas de la región geográfica, mismas que propician el desarrollo de vegetación y cultivos de temporal característicos de la zona.

Por su parte, a través de la información proporcionada por el Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en la República Mexicana, publicado por el CENAPRED, el estado de Michoacán es uno de los estados más susceptibles a huracanes y tormentas tropicales, específicamente en las zonas costeras colindantes al océano Pacífico. Sin embargo, el Sistema Ambiental es poco susceptible al impacto de estos fenómenos, ello debido a su ubicación rodeada por las cadenas montañosas que conforman al Eje Neovolcánico. Por tanto, la vulnerabilidad a este tipo de fenómenos naturales dentro del Área del Proyecto es baja.

Asimismo, debido al clima presente dentro del SA y a su temporalidad estacional, el mes de marzo es considerado como la época más seca de la región, alcanzando una precipitación media de 2.4 mm, dando como resultado niveles de intensidad de sequía que van de sequía moderada (D1) a sequía extrema (D3), lo cual puede propiciar a otros fenómenos naturales de importancia como lo son los incendios forestales. Por el contrario, el mes con mayor humedad es julio con una precipitación media de 195.3 mm, misma que se considera como moderada, sin embargo, debido a la topografía de la zona considerada como planicie y las propiedades del suelo, la zona puede verse susceptible a fenómenos naturales como inundaciones. Por otro lado, en cuanto a riesgos hidrometeorológicos, se ha registrado un potencial de peligro de moderado a alto por tormentas eléctricas, mientras que las nevadas son consideradas de bajo riesgo.

Los aspectos litológicos, geológicos y morfológicos característicos de la región se deben su ubicación dentro de la porción suroccidental del Eje Neovolcánico. En el caso del SA, este incide específicamente entre los límites de la subprovincia Chapala. De acuerdo con la información proporcionada por el SGM, la geología regional está conformada por secuencias volcano-sedimentarias producto de la actividad volcánica dentro de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, así como depósitos cuaternarios productos de la acción pluvial. Dentro de SA se identifican rocas de carácter andesítico – basáltico y depósitos aluviales. En cuanto a rasgos estructurales se refiere (fallas o fracturas), estos no son identificables a nivel local o dentro del AP, por lo que no se considera algún riesgo para el desarrollo del proyecto.

En cuanto a riesgos por sismo se refiere, tomando en consideración el Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (2008), el SA se ubica dentro de la zona sísmica clasificada como B, es decir, zonas donde el reporte de sismos es poco frecuente y donde estos no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo, razón por la cual el peligro sísmico es considerado de moderado a bajo.

Asimismo, de acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano del municipio de Villamar, debido a su topografía, el municipio es susceptible a deslaves y derrumbes, específicamente en las zonas donde las pendientes son abruptas debido a la propia morfología del terreno. Asimismo, se señala como zonas con alto riesgo los asentamientos humanos construidos sobre las corrientes hidrológicas y algunos sitios con topografía accidentada. Finalmente, también se consideran vulnerables ante inundaciones las zonas con baja pendiente. Por el contrario, el peligro por tsunamis o volcanes activos es prácticamente nulo. Tomando a consideración lo anterior, si bien de forma general el municipio de Villamar puede ser considerado como un área con cierto moderado, el AP se considera como una zona de baja susceptibilidad y vulnerabilidad para la ocurrencia y afectación de desastres naturales.

El suelo dominante en el SA corresponde a Vertisol Pélico (Vr), suelos característicos de zonas subhúmedas compuestos por arcillas, mismas que se expande al contacto con la humedad y se contraen con las sequías, lo cual suele causar agrietamiento en esta última temporada. Asimismo, dentro del SA se observa un grado moderado de erosión, siendo la actividad agrícola y ganadera la principal razón.

En cuanto a hidrología se refiere, el área delimitada para SA se encuentra en la parte oriental de la Región Hidrológica 12 Lerma Santiago Pacífico, dentro de la cuenca hidrológica Lago Chapala y dentro de la Subcuenca hidrológica Chapala. Dentro del SA, al tratarse de un área plana o llanura, no existen escorrentías de agua de importancia, excepto corrientes de agua intermitentes, mismas que se forman principalmente en temporada de lluvia. Por tal razón no se consideran impactos ambientales a los cuerpos de agua cercanos al SA. Por su parte, la hidrología subterránea está conformada por el acuífero Ciénega de Chapala cuyo uso de agua principal es el agrícola, urbano e industrial.

#### **1.8.1.2 Factores bióticos**

Debido a la ubicación del área de estudio y considerando que es una zona industrial altamente impactada y con presencia de centros de población en las proximidades, no se advierten vestigios de vegetación nativa, sino grandes extensiones de terreno dedicadas al cultivo agrícola.

Es importante señalar que la superficie propuesta para el desarrollo del proyecto tiene un uso de suelo definido como agrícola de riego anual los cuales se caracterizan por estar dominados por plantas de porte herbáceo, por lo que no existe una alteración a la vegetación producto del desarrollo del proyecto.

De igual forma, dentro del SA, únicamente se reportan especies de carácter doméstico, principalmente perros, gatos, y ganado equino y bovino. Ello debido a que como se hace mención anteriormente, el área correspondiente al SA donde se pretende realizar el proyecto se encuentra impactada por actividades antropogénicas (principalmente actividad industrial y zonas de cultivos), mismas que han propiciado la fragmentación del hábitat, afectando la biodiversidad terrestre, y provocando una restricción en la diversidad de especies y por ende del tamaño de su población.

Para los factores demográficos se realizó una investigación y análisis bibliográfico, tomando en consideración que en la década del 2000 la población ascendía a 20,579 habitantes, mientras que actualmente de acuerdo con las cifras del último censo nacional, la población del municipio asciende a los 15,864, por tanto, se evidencia una disminución en la tasa del crecimiento poblacional.

Asimismo, cabe destacar que, dentro de las proximidades del SA, AI y AP no se encontraron núcleos o poblados indígenas ni zonas con algún valor cultural, no obstante, existen zonas de asentamientos humanos, principalmente de carácter ejidal, mismos que se utilizan como zonas de carácter comercial, residencial y mayoritariamente como zonas de cultivo, por tanto, se consideran como zonas susceptibles a bajo impacto ambiental.

Finalmente, se determinó una unidad de paisaje misma que se definió como “Llanura Aluvial con actividad agrícola”. Dicha unidad posee una calidad y fragilidad visual media o moderada ello debido a la dominancia del plano horizontal de visualización, la nula evidencia de presencia de fauna y vegetación nativa, la ausencia de cuerpos de agua, así como las intensas modificaciones de carácter antrópico.

## 1.9 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

### 1.9.1 Objetivo

El principal objetivo es determinar el riesgo intrínseco de la Estación de Descompresión para la cual se definirá el estudio de Análisis de Riesgo de Sector Hidrocarburos del proyecto denominado “**Estación de Descompresión INDAMEX**” donde los objetivos de este proyecto serán los siguientes:

1. Identificar los riesgos de proceso referentes al recibo y distribución de gas natural para las instalaciones del proyecto denominado “Estación de Descompresión INDAMEX” mediante el uso de las metodologías de identificación de peligros como son el HazOp, What if...? (Qué pasa si...?) y Análisis de consecuencias.
2. Jerarquizar los riesgos identificados mediante el uso de una matriz de riesgos, clasificando los riesgos como riesgo alto, medio y bajo, pero con controles adicionales (ALARP) o Riesgo No tolerable.
3. Plantear escenarios de riesgo o postulados de las desviaciones clasificadas como riesgo no aceptable y no tolerable que involucren pérdida de contención de gas natural.
4. Evaluar cuantitativamente los efectos físicos (consecuencias) asociados a los postulados de los accidentes identificados, mediante el software Phast® (Process Hazard Analysis Software Tool) versión 6.7.

5. Elaborar una lista de recomendaciones encaminadas a disminuir el nivel de riesgo del proyecto “**Estación de descompresión INDAMEX**”.

### 1.9.2 Alcance

El presente estudio de Análisis de Riesgo de Proceso tomará como referencia para su desarrollo la Guía Para Elaboración de Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos, la normatividad mexicana aplicable y en estándares internacionales.

La identificación de riesgos del presente estudio de Análisis de Riesgo de Proceso tomó como referencia lo establecido en la Norma IEC-61882 “Guía de Aplicación para Estudios de Peligro y Operabilidad”.

La Evaluación de Consecuencias de los eventos de mayor riesgo, será por medio del software Phast® (Process Hazard Analysis Software Tool) en su versión 6.7.

### 1.9.3 Definiciones

**Administración del Riesgo:** Proceso de toma de decisiones que parte del estudio de riesgos y del análisis de opciones técnicas de control, considerando aspectos legales, sociales y económicos; establece un programa de medidas de eliminación, prevención y control, hasta la preparación de planes de respuesta a emergencias.

**Accidente:** Evento que ocasiona afectaciones al personal, a la población, a los bienes propiedad de la Nación, a los equipos e instalaciones, a los sistemas y/o procesos operativos y al medio ambiente.

**Accidente Mayor:** Acontecimiento agudo de eventos tales como una gran fuga, derrame, emisión, fuego o explosión, que de manera inmediata o retrasada llevan a serias consecuencias para la salud humana y/o fatalidades y/o daños ambientales y/o grandes pérdidas económicas.

**Ambiente:** Entorno dentro del cual una organización opera, incluyendo aire, agua, suelo, recursos naturales, flora, fauna, personas y sus interrelaciones.

**Amenaza:** Es el acto que por sí mismo o encadenado a otros, puede generar un daño o afectación al bienestar o salvaguarda al personal, población, medio ambiente, instalación, producción, otro.

**Análisis Cualitativo de Riesgo:** Es el desarrollo de técnicas que consisten en identificar los peligros en los procesos y examinar de qué manera se pueden reducir o eliminar los riesgos que presentan estos peligros, a los trabajadores, a la población aledaña o al medio ambiente. Ejemplo: lista de verificación, HazOp, Qué pasa si...?.

**Análisis de Consecuencias:** Estudio y predicción cualitativa o cuantitativa de los efectos que pueden causar eventos o accidentes que involucran fugas de tóxicos, incendios o explosiones entre otros, sobre la población, el medio ambiente y las instalaciones.

**Análisis de Riesgo de Procesos (ARP):** Aplicación sistemática de una o más metodologías específicas para identificar peligros y evaluar riesgos de un proceso o sistema, con el fin de determinar metodológicamente los escenarios de riesgo y verificar la existencia de dispositivos, sistemas de seguridad, salvaguardas y barreras suficientes ante las posibles amenazas que propiciarían la materialización de algún escenario de Riesgo identificado.

**Análisis Preliminar de Peligros:** Es el resultado de realizar un primer intento para identificar en forma general los posibles riesgos que pueden originar los peligros en un diseño o instalaciones en operación, para ubicar la situación actual que se tiene respecto de la administración de los riesgos.

**Consecuencias:** Posibles efectos causados por eventos o accidentes que involucran fugas y derrames de sustancias peligrosas, tóxicas, inflamables y/o explosivas.

**Criterios de Aceptación del Riesgo:** Criterios que son utilizados para expresar un nivel de riesgo que es considerado como límite superior para que la actividad en cuestión sea tolerable.

**Desviación:** Condición que se aparta de la intención de diseño del sistema o proceso.

**Disponibilidad:** Es la proporción del tiempo durante la cual un componente o sistema se desempeña tal cual y como se pretende según su diseño.

**Determinación de Riesgo:** Proceso general de realizar la valoración de riesgo incluyendo el establecer el contexto, desempeño del análisis de riesgo, evaluación del riesgo y asegurar que la comunicación y consultas, las actividades de revisión y supervisión, realizadas antes, durante y después del análisis han sido ejecutadas, resultan adecuadas y apropiadas con respecto a lograr las metas de la determinación.

**Efecto Dominó:** También conocido como encadenamiento de eventos, evento asociado a un incendio o explosión en una instalación, que multiplica sus consecuencias por efecto de la sobrepresión, proyectiles o la radiación térmica que se generan sobre elementos próximos y vulnerables, tales como otros recipientes, tuberías o equipos de la misma Instalación o Instalaciones próximas, de tal forma que puedan ocurrir nuevas fugas, derrames, incendios o explosiones que a su vez, pueden nuevamente provocar efectos similares.

**Escenario de Riesgo:** Determinación de un evento hipotético derivado de la aplicación de la metodología de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos, en el cual se considera la probabilidad de ocurrencia y severidad de las consecuencias y, posteriormente, determinar las zonas potencialmente afectadas mediante la aplicación de modelos matemáticos para la simulación de consecuencias.

**Evacuación:** Método planeado para abandonar la instalación en caso de emergencia.

**Evaluación:** Acción y resultado de atribuir un valor o una importancia determinada a una cosa.

**Evaluación de Riesgo:** Determinar si un riesgo resulta o no tolerable sobre la base del análisis de riesgo y la relación entre la frecuencia y consecuencia de los eventos.

**Evento:** Suceso relacionado con las acciones del ser humano, con el desempeño del equipo o con sucesos externos al sistema, que pueden causar interrupciones y/o problemas en el sistema. En este documento, evento es causa o contribuyente de un incidente o accidente o es también una respuesta a la ocurrencia de un evento iniciador.

**Explosión:** Liberación súbita y violenta de energía que causa un cambio transitorio en la densidad, presión y velocidad del aire circundante a la fuente de energía. Esta liberación de energía puede generar una onda de presión con el potencial de causar daño en su entorno.

**Exposición:** Contacto de las personas, población o elementos que constituyen el medio ambiente con sustancias peligrosas o contaminantes químicos, biológicos o físicos o la posibilidad de una situación peligrosa derivado de la materialización de un Escenario de Riesgo.

**Fallo:** La interrupción en la capacidad de una unidad funcional para realizar su función requerida.

**Fuga:** Liberación repentina o escape accidental por pérdida de contención, de una sustancia en estado líquido o gaseoso.

**Fuego:** Consecuencia visible de la combustión.

**Función de Seguridad:** Funciones de seguridad que requieren permanecer intactas con el fin de garantizar la seguridad del personal y/o limitar la frecuencia o consecuencia de un evento.

**Función Instrumentada de Seguridad (FIS):** Una combinación de sensores, controlador lógico y elemento final de control con un determinado Nivel de Integridad de Seguridad (SIL) que detecta una condición fuera de límite (anormal) y lleva al proceso a un estado seguro funcionalmente sin intervención humana, o iniciado por un operador entrenado en respuesta a una alarma.

**Grupo Multidisciplinario de Análisis y Evaluación de Riesgos (GMAER):** Grupo compuesto por personal del mismo centro de trabajo, o de otros que apoyen en el desarrollo de un análisis de riesgos de procesos, especialistas en disciplinas tales como análisis de riesgos, seguridad, operación, mantenimiento, ingeniería de diseño de proceso, salud, higiene industrial, protección ambiental, ergonomía y contra incendio, así como cualquier otra disciplina que se considere como necesaria dependiendo del caso que se trate.

**Identificación de Peligros:** Determinación de las características de los materiales y sustancias y las condiciones peligrosas de los procesos e instalaciones, que pueden provocar daños en caso de presentarse un fallo o accidente.

**IDLH (“Immediately Dangerous to Life or Health”, por sus siglas en inglés). Inmediatamente Peligroso para la vida o la salud:** Concentración máxima de una Sustancia Peligrosa, expresada en partes por millón (ppm) o en miligramos sobre metro cúbico (mg/m<sup>3</sup>), que se podría liberar al ambiente en un plazo de treinta minutos sin experimentar síntomas graves ni efectos irreversibles para la salud.

**Impacto Ambiental:** Cualquier cambio al ambiente, sea adverso o benéfico, resultado en parte o en su totalidad a consecuencia de las actividades, productos o servicios de la organización.

**Incendio:** Combustión no controlada.

**Incidente:** Evento o combinación de eventos inesperados no deseados que alteran el funcionamiento normal de las instalaciones, del proceso o de la industria; acompañado o no de afectación al ambiente, a las instalaciones, a la población y/o al personal del regulado, así como al personal de contratistas, subcontratistas, proveedores y prestadores de servicios.

**Instalación:** Es el conjunto de estructuras, equipos de proceso y servicios auxiliares, sistemas instrumentados, dispuestos para un proceso productivo específico. Las instalaciones forman parte de los Centros de Trabajo.

**Inflamabilidad:** Mayor o menor facilidad con la que una sustancia puede arder en aire o en algún otro comburente.

**Jerarquización (Ponderación, Categorización):** Ordenamiento realizado con base en criterios de prioridad, valor, riesgo y relevancia el cual se realiza con el propósito de identificar aquellas actividades de mayor importancia que pueden afectar la operación de la instalación.

**Mantenimiento Preventivo:** Se refiere a la realización de actividades programadas para la limpieza, lubricación, ajuste y sustitución de piezas para mantener los equipos e instalaciones en óptimas condiciones de uso.

**Mantenimiento Correctivo:** Se refiere a la realización de actividades no programadas para reparar o sustituir equipos o instalaciones dañadas o que no funcionan, para operar en condiciones seguras las estaciones de descompresión.

**Metodología Qué pasa sí?:** Método que analiza los peligros a partir de la realización de preguntas orientadas a saber qué pasa si sucede un evento determinado, la calificación de los riesgos se lleva a cabo por medio de matrices de riesgos.

**Nivel de Integridad de Seguridad (SIL, Safety Integrity Level, por sus siglas en inglés):** Es el nivel discreto (uno de cuatro) para especificar los requisitos de integridad de las funciones instrumentadas de seguridad que se asignarán a los sistemas instrumentados de seguridad.

**Nivel de Riesgo Tolerable:** Es la relación de accidentes o eventos riesgosos que PEP está dispuesto a aceptar al año.

**Nube Tóxica o Inflamable:** Porción de la atmósfera con una concentración de material tóxico o inflamable que tiene el potencial de causar daño o entrar en combustión. Su formación se debe a la liberación de una sustancia peligrosa.

**Nodo:** Sección del proceso o instalación sujeta a estudio que se aísla del resto para propósitos analíticos.

**Peligro:** Es toda condición física o química que tiene el potencial de causar daño al personal, a las instalaciones o al medio ambiente.

**Peor Caso:** Escenario derivado del Análisis de Riesgos, el cual corresponde al mayor volumen estimado del material, energía o sustancia peligrosa producto de una liberación accidental, y el cual pudiese resultar en la afectación a las personas, al medio ambiente o a las instalaciones.

**Personal Competente:** Personal capacitado y entrenado en los procedimientos operativos, de mantenimiento y de seguridad para el arranque, la operación y el mantenimiento de la estación de descompresión.

**Preparación ante Emergencia:** Medidas técnicas, operativas y organizativas, incluyendo los equipos necesarios que están planeados para ser usados bajo la administración de la organización de emergencia en caso de ocurrir situaciones accidentales o peligrosas, con el fin de proteger los recursos humanos y ambientales, así como los bienes.

**Probabilidad de un Suceso:** Es un número, comprendido entre 0 y 1, que indica la posibilidad de ocurrencia de ese suceso, correspondiendo la probabilidad 0 a un suceso imposible y la probabilidad 1 a un suceso cierto.

**Programa de Mantenimiento:** Actividades o tareas de mantenimiento asociadas a los elementos constructivos (edificaciones), equipos e instalaciones, con indicaciones sobre las acciones, plazos y recambios a realizar.

**Recomendaciones:** Son propuestas derivadas de la identificación de riesgos con la intención de evitar el riesgo y/o disminuir las consecuencias del mismo, cuando se considera que el nivel de protección existente no es el adecuado.

**Relación Anual de Fatalidades:** Es el número promedio de fatalidades al año.

**Respuesta ante Emergencia:** Acciones tomadas por el personal, arriba o fuera de las instalaciones, para controlar o mitigar un evento peligroso o iniciar y ejecutar la evacuación.

**Responsables del Análisis de Riesgos de Procesos:** Personal encargado de realizar el análisis de riesgos de procesos.

**Riesgo:** Combinación de la probabilidad o la frecuencia de un evento y las consecuencias de este sobre el personal, población, medio ambiente e instalaciones.

**Salvaguardas:** Son dispositivos, equipos y sistemas físicos orientados a proteger la integridad de las instalaciones. Son procedimientos operativos, acciones manuales de los operadores, procedimientos de ingeniería, diseño y cálculos, manuales, guías, normas y estándares orientados a la seguridad, procedimientos de mantenimiento que tienen el fin de proteger las instalaciones.

**Seguridad Funcional:** Parte de la seguridad relacionada con el proceso y cada uno de los sistemas básicos del control de proceso y su funcionamiento correcto de los sistemas instrumentados de seguridad y otras capas de protección.

**Sistemas de Seguridad:** Conjunto de equipos y componentes que se interrelacionan y responden a las alteraciones del desarrollo normal de los procesos o actividades en la instalación o centro de trabajo y previenen situaciones que normalmente dan origen a accidentes o emergencias.

**Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS):** Es un sistema instrumentado para implementar una o más funciones instrumentadas de cualquier combinación de sensores, controlador lógico y elementos finales de control.

**Simulación:** Representación de un escenario de riesgo o fenómeno mediante la utilización de sistemas o herramientas de cómputo, modelos físicos o matemáticos u otros medios, que permite estimar las consecuencias de dichos escenarios a partir de las propiedades físicas y químicas de las sustancias o componentes de las mezclas de interés, en presencia de determinadas condiciones y variables atmosféricas.

**Situaciones Definidas de Peligro y Accidente:** Selección de eventos peligrosos y accidentales que será usado para dimensionar la preparación ante una actividad de emergencia.

**Sustancia Explosiva:** La que en forma espontánea o por acción de alguna forma de energía genera una gran cantidad de calor y ondas de sobrepresión en forma casi instantánea.

**Sustancia Inflamable:** Aquella capaz de formar una mezcla con el aire en concentraciones tales para prenderse espontáneamente o por la acción de una fuente de ignición.

**Sustancia Peligrosa:** Cualquier sustancia que, al ser emitida, puesta en ignición o cuando su energía es liberada (fuego, explosión, fuga tóxica) puede causar daños al ambiente, a las personas

y a las instalaciones debido a sus características de toxicidad, inflamabilidad, explosividad, corrosión, inestabilidad térmica, calor latente o compresión.

**Sustancia Tóxica:** Aquella que puede producir alteraciones en organismos vivos, lesiones, enfermedades, al material genético o muerte.

**Tan Bajo Como Sea Razonablemente Factible (As Low As Reasonably Practicable "ALARP", por sus siglas en inglés):** Para que un riesgo sea considerado ALARP debe ser posible demostrar que el costo de continuar reduciendo ese riesgo es mayor en comparación con el beneficio económico que se obtendría.

**Tolerabilidad:** Se refiere a la voluntad de operar con cierto margen de riesgo con el fin de obtener algún beneficio y la confianza de que dicho riesgo es controlado de forma apropiada.

**TLV (15 min, STEL):** ("Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit", por sus siglas en inglés) (Valor umbral límite-Límite de Exposición a corto plazo). Exposición para un periodo de 15 minutos, que no puede repetirse más de 4 veces al día con al menos 60 minutos entre periodos de Exposición.

**TLV (8 h. TWA):** ("Threshold Limit Value-Time Weighted Average", por sus siglas en inglés). Valor umbral límite-Promedio ponderada en el tiempo. Concentración ponderada para una jornada normal de trabajo de ocho horas y una semana laboral de cuarenta horas, a la que pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día, sin que se evidencien efectos adversos.

**Vulnerabilidad:** Es la mayor o menor facilidad de la ocurrencia de una amenaza en virtud de las condiciones que imperan; puede decirse que son los puntos o momentos de debilidad que se tienen y pueden favorecer la ocurrencia de un acto negativo o el aumento de las consecuencias de este.

**Zona de Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo:** Área donde pueden permitirse determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de salvaguardar a la población y al ambiente.

**Zona de Alto Riesgo para el Análisis de Riesgo:** Área de restricción total en la que no se deben permitir actividades distintas a las del sector hidrocarburos e industrial.

#### 1.9.4 Análisis preliminar de riesgos

El análisis preliminar de riesgos se considera como una herramienta eficaz para identificar desviaciones de las buenas prácticas de seguridad recomendadas para el diseño y análisis de riesgo de instalaciones de producción o manejo de hidrocarburos, como parte de las metodologías denominadas como preliminar, este estudio contempla el desarrollo de un Análisis Histórico, el cual se comenta más a detalle.

**El Análisis Histórico de Accidentes (AHA), es una buena técnica preliminar o inicial, que da la pauta de los principales registros históricos de accidentes, y particularmente da la base para el desarrollo de otras técnicas más detalladas. De lo anterior, esta metodología se utilizó como base para la identificación preliminar de accidentes e incidentes ocurridos en instalaciones semejantes a la Estación de Descompresión.**

#### **1.9.5 Antecedentes de incidentes y accidentes de proyectos y/o instalaciones similares**

La tecnología relacionada con el manejo de Gas Natural tiene un récord excelente de seguridad operacional y de rendimiento en los últimos 20 años. No obstante, durante la construcción y puesta en marcha de este tipo de instalaciones se han registrado algunos incidentes, principalmente relacionados con el uso de gas natural para limpieza o purga de las líneas de gas previo al inicio de operaciones.

Por lo anterior, durante la etapa de construcción el contratista deberá estar obligado a implementar y desarrollar un plan de seguridad detallado, revisado y aprobado por el dueño de la instalación, previo al inicio de la etapa de operación.

#### **Accidentes por el manejo de gas natural en los Estados Unidos de América**

A continuación, se presenta la descripción de accidentes de manejo de gas natural más relevantes tomados de la base de datos de la Agencia de Seguridad Química e Investigación de Peligros de los Estados Unidos de Norteamérica (CSB, por sus siglas en inglés) ocurridos en los últimos 10 años.

- × **Kleen Energy en Middletown, Connecticut (2010).** Seis trabajadores perdieron la vida durante una actividad de trabajo prevista para limpiar los residuos de las tuberías de gas natural en Kleen Energy en Middletown, en el Estado de Connecticut. Para remover los residuos de la tubería, los trabajadores utilizaron gas natural a alta presión, aproximadamente a 650 psig. Durante este proceso el gas natural encontró una fuente de ignición y explotó.
  
- × **Con Agra Slim Jim en Garner, Carolina del Norte (junio, 2009).** La CSB realizó una investigación de una explosión de gas natural catastrófico que ocurrió en las instalaciones de la planta de Con Agra Slim Jim en Garner, en el estado de Carolina del Norte, el 9 de junio de 2009. Ese accidente originó la pérdida de cuatro vidas humanas y causó heridas a otras 67 personas. El accidente se produjo durante la operación de purga al aire libre de una tubería de acero de abastecimiento de gas que estaba conectada a un calentador de agua. Debido a las dificultades para encender el calentador de agua, la operación de purga se continuó durante un tiempo inusualmente largo, causando finalmente la nube de gas en el interior del edificio acumulando gas a una concentración por encima de su límite inferior de explosividad.

La nube de gas causó una explosión al ponerse en contacto con una fuente de ignición, causando daños en los edificios de la planta. La explosión también causó daño a la tubería del

sistema de la planta de enfriamiento a base de amoníaco, liberando aproximadamente 18,000 libras de amoníaco anhidro al medio ambiente.

× **Accidentes en México por el manejo de derivados de petróleo**

- El 11 de febrero del año 2013, se provocó accidentalmente una explosión de gas natural por trabajadores de la empresa OHL, quienes golpearon un ducto, de 10 in de diámetro de la empresa Gas Natural de México S.A. (Diganamex), al realizar trabajos de perforación para la construcción de un puente vehicular del Circuito Exterior Mexiquense, tercera etapa, resultando dos personas lesionadas y el desalojo de poco más de cinco mil habitantes.
- El siete de abril del año 2013 PEMEX precisó que el incendio se presentó en el gasoducto de 16 in Cinco Presidentes - Complejo Procesador de Gas La Venta, el cual fue ocasionado por el gas L.P. de una retroexcavadora de una empresa privada, a la altura de la carretera vecinal a Villa La Venta, en el municipio de Huimanguillo, resultando tres personas afectadas por ese accidente, a quienes no reporta con mayores problemas tras ser atendidas por servicios médicos comunitarios.
- El día 8 de Julio del año 2005 a las 10:45 PM a la altura del km 22 de la nueva autopista Reforma-Dos Bocas, personal de una compañía particular bajo cargo del gobierno estatal realizaba reparaciones en el puente "Dren Dos" debido a que presentaba con una capa aislante de 12 cm, el cual fue golpeado por una retroexcavadora provocando una fractura y fuga que se observa como burbujeo. Al no poder corregirla optan por suspender actividades y el personal de la empresa contratista abandonan el lugar.
- En el año 2001 se presentó una fuga en el gasoducto de 10 in de diámetro del cabezal Muspac-Batería Chiapas, la causa se relaciona con una falla de poro por corrosión exterior, se desfogó el ducto para despresurizarlo y efectuar reparación provisional.
- En el año 2000, fuga en gasoducto de 36 in de diámetro, A.P. Acometida Chiapas, la causa fue falla por rotura causando explosión, se realizó operativo de cierre de pozo e instalaciones y paro del envío de gas.
- Accidente en gasoducto de gas amargo de PEMEX, el 21 de Septiembre de 1991 en Cunduacán, Tabasco al estallar un ducto de 16 in de diámetro, fallecieron 6 obreros de PEMEX. Este percance sucedió cuando los trabajadores realizaban actividades de corte en la línea que transportaba gas amargo, debido a que las líneas no fueron desfogadas antes de los trabajos de corte.
- Fuga en gaseoducto de gas natural de PEMEX, fecha 15 de junio de 1992 en Xalostoc, debido a la ruptura de una válvula de alivio. No se reportaron daños ni víctimas.
- Diciembre de 1986, se presentó una fuga de gas natural en el gasoducto cercano al Municipio de Cárdenas, dicho incidente provocó dos personas intoxicadas y más de 20,000 personas evacuadas, la causa no fue reportada.

- × **Estadísticas de accidentes en México.** El Instituto Nacional de Ecología (INE), a través del Centro de Orientación para la Atención de Emergencias Ambientales (COATEA) supervisado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) clasificó las sustancias involucradas con mayor número de accidentes en distintos de procesos que se realizan en México, en la Tabla 1.17 se indican.

**Tabla 1.17** Sustancias de mayor índice de accidentes (1996-2002)

Nombre de la Sustancia	% de Accidentes
<b>Petróleo Crudo</b>	42.08
<b>Gasolina</b>	7.83
<b>Diésel</b>	6.80
<b>Combustóleo</b>	5.39
<b>Amoniaco</b>	4.05
<b>Gas L.P.</b>	3.19
<b>Gas Natural</b>	2.30
<b>Aceites</b>	2.27
<b>Ácido Sulfúrico</b>	2.26
<b>Solventes Orgánicos</b>	1.09
<b>Otras Sustancias</b>	27.21

De igual forma en los siguientes párrafos se indican algunos accidentes derivados del manejo de Gas Natural por ducto en México.

A continuación, se describen los accidentes e incidentes ocurridos (nacionales e internacionales), en la operación de proyectos y/o instalaciones similares y en su caso, aquellos ocurridos en sus propias Instalaciones. Resulta pertinente que se cubran los aspectos mínimos a verificar, donde se hayan aplicado las mejores prácticas nacionales e internacionales, así como haber implementado las lecciones aprendidas derivadas de los accidentes e incidentes relacionados con este tipo de proyectos y/o Instalación. Para lo anterior, a continuación se describen el histórico de accidentes, considerando: Evento, las causas, las sustancias involucradas, los daños materiales, pérdidas humanas, radios de afectación y las acciones realizadas para su atención.

El gas natural se transporta generalmente a través de gasoducto, siendo uno de los medios más utilizados, pero para llegar a las estaciones de descompresión se utiliza camiones de autotransporte denominados Modulo de Almacenamiento Móvil (MAM) la experiencia que se tiene en antecedentes de accidentes es la siguiente:

- En maniobras de cambio de módulos, en alguna ocasión un conductor no realizo el desacoplamiento del módulo al descompresor y engancho al tractor, sin darse cuenta de que aún estaba conectado dio marcha, lo que provocó la pérdida de contención en las mangueras de conexión. Por lo que ahora ya se instalaron las válvulas tipo Break-Away.
- Igualmente, en maniobras de acoplamiento, anteriormente no se tenían las herraduras de protección, por lo que muchas veces el módulo llegaba a golpear el descompresor. Por lo que se implementaron en todos los sistemas las herraduras de protección.
- En maniobras de transporte del módulo, un par de ocasiones se dio volcadura por exceso de velocidad, se da pláticas y capacitación a conductores.

No se cuenta en México con un centro de información que concentre los datos de accidentes ocurridos en los gasoductos, así como en instalaciones de compresión y/o descompresión la investigación realizada a los mismos se realiza para determinar las causas.

Como resultado de este análisis se observa que, en términos generales, la frecuencia de ocurrencia de incidentes y/o accidentes en este tipo de instalaciones, es baja a pesar de que el gas natural es una sustancia altamente inflamable, esto puede deberse al incremento de las medidas, equipos y sistemas de seguridad, así como a la creación y mejora de leyes y reglamentos y la toma de conciencia por parte de la población.

Las causas más frecuentes de este tipo de eventos se deben a fallas técnicas y errores humanos, por otro lado, las consecuencias más frecuentes son paro de proceso, emisiones, incendios y explosiones.

## **1.9.6 Identificación de peligros, evaluación y análisis de riesgo**

### **1.9.6.1 Fase de identificación y análisis de riesgo cualitativo**

#### **1.9.6.1.1 Criterios de selección de las metodologías utilizadas para el análisis y evaluación de riesgos**

Actualmente existe una serie de variables que influyen en la selección de las metodologías de evaluación de riesgos, todas estas variables giran en relación con:

- Motivación del estudio,
- Tipo de resultados requeridos,
- Tipo de información disponible para realizar el estudio,
- Riesgo percibido asociado con el proceso o actividad objeto del estudio y
- Disponibilidad de recursos y preferencia del analista/dirección

De acuerdo con el ciclo de vida de las instalaciones, a las características operativas del proceso, a la naturaleza de las sustancias manejadas en las instalaciones referidas y a las características de su entorno, se establece que las técnicas más adecuadas para la identificación de riesgos asociados con la operación de la instalación, para fines del presente estudio son:

- Análisis de Peligro y Operatividad (HazOp por sus siglas en inglés) para las operaciones unitarias de la estación de descompresión.
- ¿Qué pasa si...? (What if...?), factores internos y externos de la estación de descompresión.
- Análisis de consecuencias para la elaboración de los diagramas de pétalos de la Estación de Descompresión.

### 1.9.6.2 Identificación de peligros y evaluación de riesgos

La identificación de riesgos se llevó a cabo mediante las metodologías **HazOp** complementada con la de “¿Qué pasa sí...?” y análisis de consecuencias, las sesiones para el análisis de estas metodologías se llevaron a cabo los días 24 y 25 de febrero de 2022, en las oficinas de CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V., ubicadas en calle Luna, número 2495, Colonia Jardines del Bosque Centro, Código Postal 44520, Guadalajara, Jalisco, con la participación del Grupo Multidisciplinario de Análisis de Riesgos los cuales son especialistas en operación, mantenimiento y seguridad industrial, además de que parte del personal es especialista en la conducción de las técnicas de identificación de riesgos. En el Anexo 1.8 se indican los integrantes del Grupo Multidisciplinario del presente estudio y en el Anexo 1.9, la lista de asistencia.

El análisis de riesgo se dirigió hacia la identificación y evaluación de las causas y consecuencias de eventos no deseados, que potencialmente puedan afectar la seguridad del proceso y derivado de ello al personal (Per), población (Pob), ambiente (Amb) e instalación (Inst); considerando de manera importante la identificación de las protecciones existentes, que permite determinar la aplicación de medidas adicionales, que conlleven a la operación segura de la Estación de Descompresión.

### 1.9.6.3 Descripción y desarrollo de la metodología para la identificación de riesgos

El Estudio de Riesgo y Operabilidad (HazOp) del proyecto denominado: “**Estación de Descompresión INDAMEX**”, está integrado por una serie de metodologías cuyo objeto es el identificar las principales desviaciones durante el proceso, los cuales son:

- ✓ Metodología HazOp.
- ✓ Metodología: What if...?
- ✓ Jerarquización de Riesgos

La descripción de la metodología se da a continuación:

#### **Análisis de riesgo y operatividad (HazOp)**

La técnica de identificación de riesgos HazOp (Hazard and Operability Analysis, por sus siglas en inglés) es una metodología sistematizada de identificación de las situaciones que pueden desencadenar un evento no deseado, ocasionado por el descontrol del proceso.

El riesgo se define como el “producto” de la frecuencia y las consecuencias asociadas a la manifestación de un peligro de un proceso productivo; al aplicar la técnica HazOp, se pretende identificar aquellas circunstancias que no cuentan con medidas de seguridad, protección o emergencia suficientes, y que ponen en riesgo la operación segura de la instalación, derivando en posibles afectaciones al personal, ambiente, población, instalación.

Su aplicación en la identificación de riesgos dentro del presente análisis de riesgo, está fundamentada en el seguimiento de cada una de las variables operativas dentro de los procesos

llevados en la Estación de Descompresión, con la finalidad de determinar las posibles desviaciones no deseadas. Siendo una metodología cualitativa para la identificación de riesgos, requiriéndose adicionalmente la cuantificación de las consecuencias mediante el uso de tecnología diseñada para tal fin.

### **Nodos analizados**

La selección de nodos para la identificación de riesgos se definió utilizando como base la información proporcionada por la estación de descompresión.

Para el llenado de la información solicitada en el formato para HazOp, se consideraron las siguientes definiciones:

**Nodo:** Sección o partes funcionales, claramente localizados, en los cuales se divide un proceso para ser analizado, a efecto de determinar e identificar los riesgos a los procesos de forma metódica y sencilla.

**Equipo o sistema:** Considera la división del proceso en equipos típicos o sistemas funcionales de acuerdo con la filosofía del proceso.

**Intención de diseño:** Representa las características o función para la cual fue diseñado el proceso o sistema.

**Diagramas de Referencia:** Se listan los dibujos considerados de acuerdo al alcance del nodo.  
Condiciones de operación: Estos se obtuvieron de los datos presentados en la descripción del proceso.

**Variable o parámetro:** Propiedad física o química asociada con el proceso. Incluye aspectos generales como reacción, mezcla, concentración, pH, y aspectos específicos como temperatura, presión, flujo, etc.

**Palabra Guía:** Palabra o frase que combina con una variable o parámetro, expresa y define una desviación a partir de la intención de diseño.

**Desviación:** Indica la combinación de la palabra guía y variable del proceso, es decir, la presentación de una situación no normal dentro de un proceso o sistema, aplicando sistemáticamente las palabras guía.

**Causa:** Indican los eventos más probables o razones que pueden originar una desviación del proceso o sistema.

**Consecuencia:** Los resultados o afectaciones, por la presencia de una desviación al proceso.

Salvaguardas: Representan las bondades y flexibilidad del proceso con fundamento en sistemas de ingeniería o controles administrativos, que previenen las causas o reducen las consecuencias de la desviación.

**Recomendaciones:** Representan las adecuaciones en materia de ingeniería, cambios en la filosofía del proceso, derivadas del consenso multidisciplinario del personal que participó en las sesiones del HazOp; pudiendo requerirse estudios posteriores para su implementación.

El formato de trabajo también incluye las columnas de frecuencia y severidad de las consecuencias antes de la Reducción de Riesgo (Per, Amb, Pob, Ins/Prod) que se utilizarán para establecer la región de riesgo en cada uno de los escenarios de interés, a partir de la categorización de riesgos establecida en las Guías técnicas para realizar análisis de riesgos de Procesos 800-16400-DCO-GT-75. Lo anterior permite la aplicación de la técnica de revisión de riesgo de la Instalación (Facility Risk Review –FRR- por sus siglas en inglés). El significado de las letras utilizadas en los encabezados de cada columna es el siguiente: F: Frecuencia; Per: Afectaciones a la seguridad del personal; Pob: Afectación a la población; Amb: Afectación al medio ambiente; Ins/Prod: Daños a la instalación; RR: Región de Aceptación de riesgo.

El desarrollo de las sesiones de identificación de riesgos se realizó bajo las siguientes consideraciones:

- La aplicación de las técnicas de identificación de riesgos se enfocó en la identificación de peligros potenciales que comprometieran la seguridad del proceso; por lo que aquellas desviaciones que como consecuencia inciden en aspectos de calidad u operación del proceso se clasificaron como consecuencias “No relevantes para la seguridad”. Aunado a lo anterior, en aquellas desviaciones donde no se determinó la posibilidad de ocurrencia, se indicó con la frase “No Aplica” (N. A.).
- Se documentaron causas que no dependen directamente de la acción de ser humano, dada la complejidad de cuantificar este factor (por ejemplo: errores humanos ocasionados por la falta de capacitación, inexperiencia, agotamiento, rutina, distracción, indolencia; u otros motivos); salvo la consideración específica de aquellas actividades durante el mantenimiento de ductos submarinos a través de corridas de elementos de limpieza.
- Se hizo la consideración de llamar “lazo de control” al conjunto de elementos tales como elemento primario de medición, transmisor, controlador y válvula; con el fin de evaluar la causa posible como un todo y no hacer omisión de los componentes del arreglo de control.
- La documentación de las salvaguardas se realizó mediante una tipificación cualitativa basada en la efectividad de estas; la cual debe ser precisada cuantitativamente mediante la aplicación de técnicas cuantitativas completas, como por ejemplo el análisis de capas de protección.

La secuencia para la documentación de los resultados del HazOp se realizó de acuerdo con la Figura 1.34.

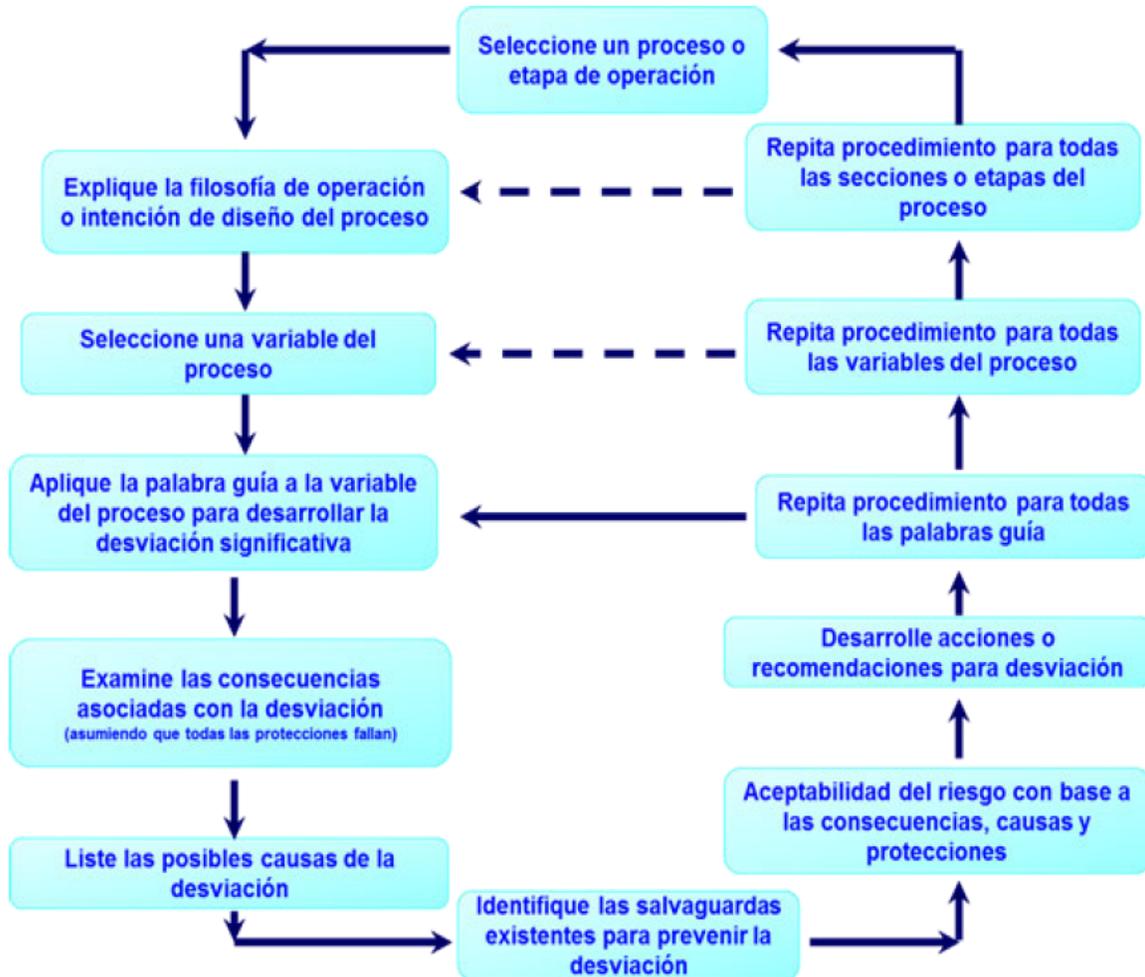


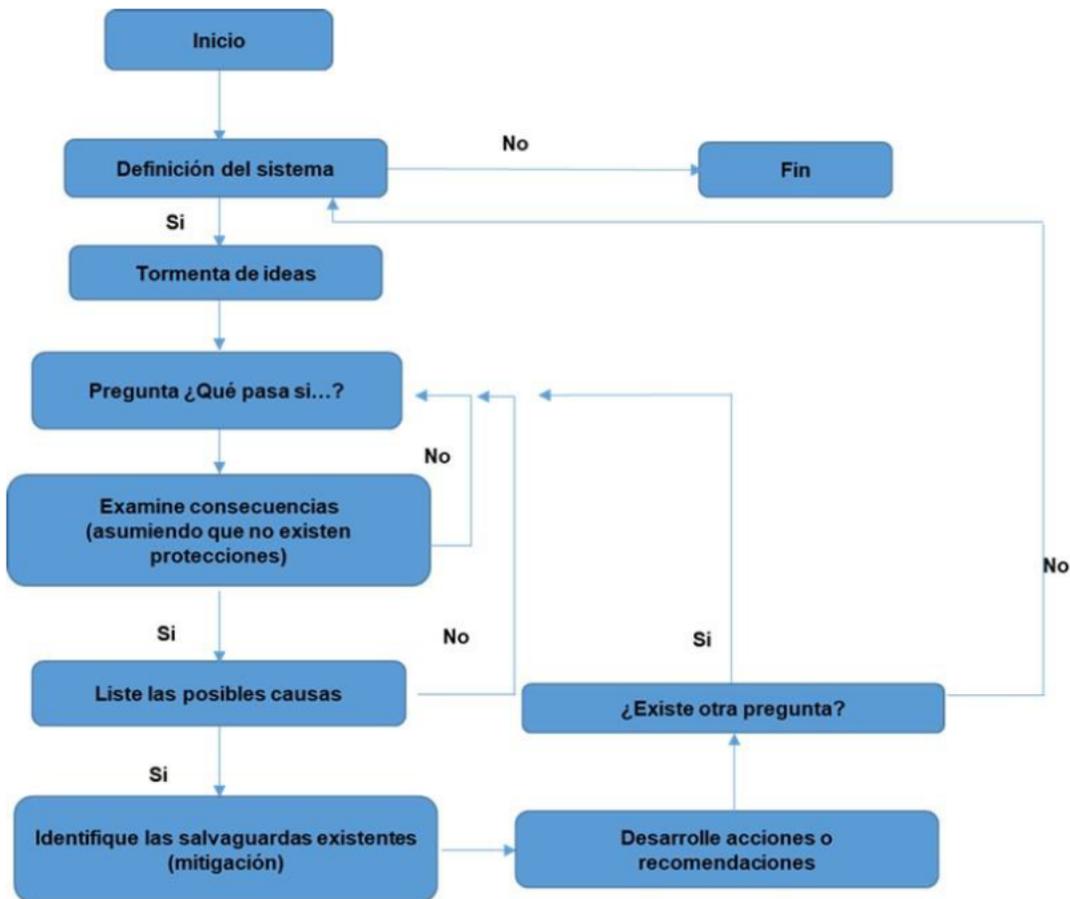
Figura 1.34 Secuencia de elaboración de la metodología HazOp

### Metodología ¿Qué pasa sí? (What if...?, por sus siglas en inglés)

La metodología ¿Qué pasa sí...?, tiene el enfoque de lluvia de ideas en la que el grupo multidisciplinario familiarizado con el proceso formula preguntas acerca de posibles eventos no deseados, el análisis no es un proceso estructurado como algunas otras metodologías, en su lugar requiere que el analista adapte el concepto básico a la aplicación específica para actividades rutinarias, como el servicio de combustible y sus actividades operativas que pueden ser intermitentes.

El propósito de la metodología es identificar situaciones de riesgo o eventos de accidentes específicos que pueden producir una consecuencia indeseable, el grupo multidisciplinario debe identificar las posibles situaciones de accidente, sus consecuencias y las medidas de seguridad existentes para sugerir alternativas de reducción de riesgos, el método puede involucrar la revisión de posibles desviaciones de diseño, construcción o de operaciones, requiere de un entendimiento básico de la intención del proceso, junto con la habilidad de combinar mentalmente las posibles

desviaciones del diseño que podrían resultar en un accidente, es una metodología aceptable si el personal es experimentado; de otra manera, los resultados serán probablemente incompletos.



Fuente: AIChE, 2002.

**Figura 1.35** Secuencia para el desarrollo de la metodología ¿Qué pasa si...?

Durante las sesiones del grupo multidisciplinario y para el desarrollo de la metodología ¿Qué pasa si...?, se consideraron las siguientes definiciones:

**Equipo o sistema:** Considera la división del proceso en equipos típicos o sistemas funcionales de acuerdo con la filosofía del proceso.

**Intención de diseño:** Representa las características o función para la cual fue diseñado el proceso o sistema.

**Condiciones de operación:** Estos se obtuvieron de los datos presentados en la descripción del proceso.

**Causa:** Indican los eventos más probables o razones que pueden originar una desviación del proceso o sistema.

**Consecuencia:** Los resultados o afectaciones, por la presencia de una desviación al proceso.

**Salvaguardas:** Representan las bondades y flexibilidad del proceso con fundamento en sistemas de ingeniería o controles administrativos, que previenen las causas o reducen las consecuencias de la desviación.

**Recomendaciones:** Representan las adecuaciones en materia de ingeniería, cambios en la filosofía del proceso, derivadas del consenso multidisciplinario del personal que participó en las sesiones; pudiendo requerirse estudios posteriores para su implementación.

#### 1.9.6.4 Evaluación de riesgos

La ponderación de riesgos consiste en asignar valores estimados de frecuencia y severidad de consecuencias a los escenarios de riesgo identificados con base en la experiencia del personal y la ocurrencia de eventos similares que se hubiesen presentado durante los años de operación en una estación similar, lo anterior sin considerar la acción de las salvaguardas, se emplean las categorías de frecuencia y consecuencias, evaluando cuatro rubros de afectación: Al personal, población, ambiente y daños a la instalación.

En el caso de la Estación de Descompresión, las categorías de frecuencia y consecuencia se presentan en las Tablas 1.18 y 1.19, donde se verifica la fila de categorías de frecuencia o probabilidad y se estima la ocurrencia del evento identificado, posteriormente se cruza con la columna de consecuencia o severidad y se obtiene el nivel de riesgo del escenario evaluado o identificado previamente por las metodologías de identificación de riesgos HazOp y ¿Qué pasa sí...?. Esta actividad se realiza para cada uno de los escenarios de riesgo identificados para la estación de compresión durante el desarrollo de ambas metodologías.

**Tabla 1.18** Clasificación de frecuencias para escenarios de riesgo

Clasificación	Categoría	Descripción	Frecuencia / año
F6	Muy frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un año	$F \geq 1.0$ ( $F \geq 1 \times 10^0$ )
F5	Frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 1 año y hasta 5 años	$0.2 \leq F < 1.0$ ( $2 \times 10^{-1} \leq F < 1 \times 10^0$ )
F4	Poco frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 5 años y hasta 10 años	$0.1 \leq F < 0.2$ ( $1 \times 10^{-1} \leq F < 2 \times 10^{-1}$ )
F3	Raro	Puede ocurrir una o más veces en un periodo entre 10 y 20 años	$0.5 \leq F < 0.1$ ( $5 \times 10^{-2} \leq F < 1 \times 10^{-1}$ )
F2	Muy raro	Puede ocurrir solamente una vez en la vida útil de la instalación	$0.03 \leq F < 0.05$ ( $3 \times 10^{-2} \leq F < 3 \times 10^{-2}$ )
F1	Extremadamente raro	Es posible que ocurra, pero a la fecha no existe ningún registro	$0.01 \leq F < 0.03$ ( $1 \times 10^{-3} \leq F < 3 \times 10^{-2}$ )

Análisis: GRUPO INGENII, S. DE R.L. DE C.V., 2021.

Tabla 1.19 Descripción de las consecuencias

Categoría	Daños al personal	Daños a la población	Daños al medio ambiente	Daños a la producción / Instalación (USD)
<b>C6 Catastrófico</b>	Lesiones o daños físicos que pueden generar más de una fatalidad	Lesiones o daños físicos que pueden generar más de 30 fatalidades	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones mayores a una semana	Pérdida total de la instalación. Daños a la instalación superiores a 500,000,000
<b>C5 Mayor</b>	Lesiones o daños físicos que pueden generar incapacidad permanente o una fatalidad	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 6 a 30 fatalidades con impacto a comunidades cercanas	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones entre 1 día y una semana	Entre 100 días y un año de tiempo perdido. Daño a las instalaciones con costo $\geq$ 50,000,000 a 500,000,000
<b>C4 Grave</b>	Lesiones o daños físicos que pueden generar incapacidad permanente o una fatalidad	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 1 a 5 fatalidades. Evento que requiere hospitalización	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones entre una hora y un día	Entre 10 y 100 días de tiempo perdido. Daño a las áreas de proceso (equipos y productos) con costo $\geq$ 5,000,000 a 50,000,000
<b>C3 Moderado</b>	Lesiones o daños físicos que requieren primeros auxilios y/o atención médica pero que no generan incapacidad	Ruidos, olores e impacto 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 la instalación. El control implica acciones de hasta una hora	Pérdida de entre 1 y 10 días de producción y/o daño a equipos con costo: $\geq$ 500,000 a 5,000,000
<b>C2 Menor</b>	Daños leves que no requieren atención médica	Ruidos, olores e impacto visual que se pueden detectar fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía con posibilidad de evacuación	Fugas y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación. el control es inmediato	Perdida de hasta entre 1 día de producción y/o producto. Daño mínimo a los equipos (<500,000 USD) 5,000,000
<b>C1 Despreciable</b>	No se esperan lesiones o daños físicos	No se esperan impactos con lesiones o daños físicos	No se esperan fugas, derrames y/o emisiones por arriba de los límites establecidos	No interrupciones ni al proceso ni a la producción

Análisis: GRUPO INGENII, S. DE R.L. DE C.V., 2021.

### 1.9.6.5 Matriz de riesgos

Las matrices de riesgos normalmente se emplean para calificar inicialmente el nivel de riesgo y podría ser la primera etapa dentro de un análisis cuantitativo de riesgos. Esa matriz aplica única y exclusivamente para la Estación de Descompresión de este estudio.

Las matrices de riesgos son gráficas en dos dimensiones en cuyos ejes se presenta la categoría de frecuencia de ocurrencia y la categoría de severidad de las consecuencias sobre él personal (Per), la población (Pob), el ambiente (Amb) y la instalación (Inst). Esas matrices están clasificadas en regiones que representan el riesgo alto (color rojo), riesgo medio (color amarillo) y riesgo bajo (color verde).

Una escala de valores de riesgo se diseña para contar con una medida de comparación entre diversos riesgos. Aunque un sistema de este tipo puede ser relativamente simple, la escala debe representar valores que tengan un significado para la organización y que puedan apoyar la toma de decisiones.

Esa escala debe de cumplir con las siguientes características:

- Ser simple de entender y fácil de usar por toda la organización
- Incluir todo el rango de frecuencia de ocurrencia de escenarios de riesgo potenciales a los que las instalaciones pueden estar expuestos
- Describir detalladamente las consecuencias en cada categoría (personal, población, ambiente e instalación), cada categoría es importante sin embargo población y el ambiente son temas sensibles y por lo tanto deben valorarse adecuadamente
- Definir claramente los niveles de riesgo resultantes de la aplicación de la matriz

La aplicación de las matrices de evaluación de riesgos como método para calificar los riesgos dentro de una instalación tiene ventajas y desventajas:

La ventaja del uso de una matriz de riesgo es:

- Ser simple de entender y fácil de usar.
- Bajo costo de aplicación.
- Algunas de sus desventajas son:
  - La evaluación de la frecuencia de ocurrencia es subjetiva, de “Probable” a “Improbable”
  - Las categorías de frecuencias y de consecuencias son cualitativas y generan un grado de incertidumbre para personas ajenas al negocio o actividad; muchas veces también por parte de las autoridades los rangos utilizados para la calificación de frecuencia y consecuencias son sujetos de revisión pero estas fueron elaboradas como ya se mencionó anteriormente con base en la experiencia del personal y la ocurrencia de eventos similares que se hubiesen presentado durante los años de operación en una instalación similar.

Cada matriz es única y se ajusta a los criterios y normativas de cada empresa, ya que existen diversas matrices; el uso de una u otra dependen del tipo de operación que realiza la instalación y está regida por la complejidad de los riesgos identificados y las acciones a considerar para su administración.

En el caso de la estación de descompresión, se empleó una matriz de evaluación de riesgos como se muestra más adelante, que se considera adecuada para calificar los riesgos de la misma estación.

La matriz empleada, funciona seleccionando las consecuencias o severidad apropiadas en la parte inferior y a continuación, haciendo referencia cruzada contra la fila que contiene la frecuencia o probabilidad, para obtener el nivel de riesgo, tal y como se indica en la Tabla 1.20.

**Tabla 1.20** Matriz de riesgo

Frecuencia		Consecuencias					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
		Despreciable	Menor	Moderado	Grave	Mayor	Catastrófico
F6	Muy frecuente	B	B	A	A	A	A
F5	Frecuente	C	B	B	A	A	A
F4	Poco frecuente	C	C	B	B	A	A
F3	Raro	C	C	C	B	B	A
F2	Muy raro	C	C	C	C	B	A
F1	Extremadamente raro	C	C	C	C	C	B

Análisis: GRUPO INGENII, S. DE R.L. DE C.V., 2021.

### 1.9.6.6 Clasificación de los niveles de riesgo

Las clasificaciones de los niveles de riesgo identificados para la Estación de Descompresión se interpretan como se muestran en la Tabla 1.21.

**Tabla 1.21** Niveles de riesgo

Tipo de riesgo	Descripción
A	Riesgo Alto: Riesgo intolerable que requiere medidas inmediatas. No se puede continuar operando hasta reducir el nivel de riesgo
B	Riesgo Medio: Riesgo que puede ser aceptado atendiendo las recomendaciones para su gestión
C	Riesgo Bajo: No requiere la implementación de medidas y se gestiona mediante el programa de mejora continua

Análisis: GRUPO INGENII, S. DE R.L. DE C.V., 2021.

### 1.9.6.7 Fase de análisis de riesgo

Para el desarrollo de la evaluación de riesgos se tomó como base la memoria descriptiva de la obra: “Estación de Descompresión INDAMEX” y los criterios establecidos por el Grupo

Multidisciplinario integrado por personal de CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V. y de GRUPO INGENII, S. de R.L. de C.V.

El Grupo Multidisciplinario se integró con la finalidad de identificar y evaluar los posibles peligros y riesgos correspondientes a la operación de la estación de descompresión.

#### 1.9.6.8 Nodos analizados del HazOp

La selección de los sistemas para la identificación de riesgos se definió de acuerdo a lo establecido por el Grupo Multidisciplinario, los cuales son desarrollados conforme a las actividades para la operación rutinaria de la estación de descompresión; quedando de la siguiente manera una vez ajustados para el análisis durante la identificación de riesgos.

En la Tabla 1.22 se presenta cada uno de los nodos analizados en la identificación y ponderación de los riesgos mediante la técnica HazOp y en el Anexo 1.10 se muestran los nodos marcados en el DTI.

**Tabla 1.22** Nodos analizados para la identificación y ponderación de los riesgos

Nodo	Descripción	Diagramas	
		DFP	DTI
1	De contenedor MAM a poste de descarga, pasando por el sistema de descompresión hasta entrega final de gas natural a cliente y línea de alimentación a caldera	---	DTI 700334
2	Salida de agua con glicol para calentamiento de gas natural	---	DTI 700334
3	Retorno de agua con glicol a calentador	---	DTI 700334

Análisis: GRUPO INGENII, S. de R.L. de C.V.

#### 1.9.6.9 Determinación de escenarios de riesgo (Jerarquización)

Como resultado de la metodología utilizada HazOp se obtuvieron 35 escenarios de riesgo, los cuales quedaron distribuidos de acuerdo con los sistemas analizados con el Grupo Multidisciplinario, quedando como se muestra en la Tabla 1.23.

**Tabla 1.23** Resumen de resultados de la identificación de riesgos

Nodo	Descripción
1	14
2	9
3	6

Análisis: GRUPO INGENII S. de R.L. de C.V.

Una vez identificados estos escenarios se inicia con la caracterización y jerarquización de riesgos, donde las consecuencias y probabilidades estimadas correspondientes a los escenarios, se posicionan en las zonas de riesgo de la matriz, lo cual será la base para la toma de decisiones y acciones con la finalidad de llevar los riesgos a un nivel de riesgo bajo, previniendo y/o mitigando sus posibles consecuencias.

En las Tablas siguientes se presentan las matrices para los escenarios de riesgos asociados a la frecuencia y consecuencias evaluados para daños a personal, a la población, al medioambiente y a la instalación.

**Tabla 1.24** Matriz de daños al personal

Frecuencia	Consecuencias					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	0	0	0	0	0	0
F5	0	0	0	0	0	0
F4	0	0	1	0	0	0
F3	3	0	3	1	0	0
F2	2	3	4	0	0	0
F1	0	0	2	0	0	0

Análisis: GRUPO INGENII, S. DE R.L. DE C.V., 2021.

**Tabla 1.25** Matriz de daños a la población

Frecuencia	Consecuencias					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	0	0	0	0	0	0
F5	0	0	0	0	0	0
F4	1	0	0	0	0	0
F3	4	3	0	0	0	0
F2	8	1	0	0	0	0
F1	2	0	0	0	0	0

Análisis: GRUPO INGENII, S. DE R.L. DE C.V., 2021.

**Tabla 1.26** Matriz de daños al medio ambiente

Frecuencia	Consecuencias					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	0	0	0	0	0	0
F5	0	0	0	0	0	0
F4	0	0	1	0	0	0
F3	4	0	3	0	0	0
F2	0	4	5	0	0	0
F1	0	0	2	0	0	0

Análisis: GRUPO INGENII, S. DE R.L. DE C.V., 2021.

**Tabla 1.27** Matriz de daños a la instalación

Frecuencia	Consecuencias					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	0	0	0	0	0	0
F5	0	0	0	0	0	0
F4	0	0	1	0	0	0
F3	0	7	0	0	0	0
F2	1	7	1	0	0	0
F1	0	0	2	0	0	0

Análisis: GRUPO INGENII, S. DE R.L. DE C.V., 2021.

**Tabla 1.28** Total de escenarios inherentes

Frecuencia	Escenarios			Total de escenarios
	A	B	C	
Al personal	0	2	17	19
A la población	0	0	19	19
Al medioambiente	0	1	18	19
A la instalación	0	1	18	19

Análisis: GRUPO INGENII, S. DE R.L. DE C.V., 2021.

#### 1.9.6.10 Sistemas analizados (metodología ¿Qué pasa sí...?)

La selección de los sistemas para la identificación de riesgos se definió de acuerdo con lo establecido por el Grupo Multidisciplinario, los cuales son desarrollados conforme con las actividades para la operación rutinaria de la Estación de Descompresión; quedando de la siguiente manera una vez ajustados para el análisis durante la identificación de riesgos.

En la Tabla 1.29 se presenta cada uno de los sistemas analizados en la identificación y ponderación de los riesgos mediante la técnica ¿Qué pasa sí...?

**Tabla 1.29** Sistemas analizados en la identificación de riesgos mediante la Metodología ¿Qué pasa sí...?

Sistemas	Subsistemas
2. Factores internos	1. Ambiente laboral
	2. Factores ergonómicos
3. Factores externos	1. Vandalismo / Sabotaje
	2. Bloqueo
	3. Colisión de Módulo de Almacenamiento Móvil (MAM)
	4. Climáticos
	5. Actividades agrícolas

Análisis: GRUPO INGENII, S. de R.L. de C.V.

### 1.9.6.11 Determinación de escenarios de riesgo (Jerarquización)

Como resultado de la metodología utilizada Qué pasa sí...? se obtuvieron 123 escenarios de riesgo y uno sin causa de interés, los cuales quedaron distribuidos de acuerdo a los sistemas analizados con el Grupo Multidisciplinario, quedando como se muestra en la Tabla 1.30.

**Tabla 1.30** Resumen de resultados de la identificación de riesgos

Sistema	Escenarios
Factores internos	80
Factores externos	43

El total es de 124 escenarios de riesgo, ya que se tiene un escenario sin causa de interés.

Análisis: GRUPO INGENII, S. de R.L. de C.V.

Una vez identificados estos escenarios se inicia con la caracterización y jerarquización de riesgos, donde las consecuencias y probabilidades estimadas correspondientes a los escenarios, se posicionan en las zonas de riesgo de la matriz, lo cual será la base para la toma de decisiones y acciones con la finalidad de llevar los riesgos a un nivel de riesgo bajo, previniendo y/o mitigando sus posibles consecuencias.

En las Tablas siguientes se presentan las matrices para los escenarios de riesgos asociados a la frecuencia y consecuencias evaluados para daños a personal, a la población, al medioambiente y a la instalación.

**Tabla 1.31** Matriz de daños al personal

Frecuencia	Consecuencias					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	0	0	0	0	0	0
F5	0	0	0	0	0	0
F4	17	8	12	0	0	0
F3	27	16	3	0	0	0
F2	31	4	5	0	0	0
F1	0	0	0	0	0	0

Análisis: GRUPO INGENII, S. DE R.L. DE C.V., 2021.

**Tabla 1.32** Matriz de daños a la población

Frecuencia	Consecuencias					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	0	0	0	0	0	0
F5	0	0	0	0	0	0
F4	24	6	12	0	0	0
F3	21	17	3	0	0	0
F2	28	4	8	0	0	0

Frecuencia	Consecuencias					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F1	0	0	0	0	0	0

Análisis: GRUPO INGENII, S. DE R.L. DE C.V., 2021.

Tabla 1.33 Matriz de daños al medioambiente

Frecuencia	Consecuencias					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	0	0	0	0	0	0
F5	0	0	0	0	0	0
F4	19	17	0	0	0	0
F3	24	19	4	0	0	0
F2	27	10	3	0	0	0
F1	0	0	0	0	0	0

Análisis: GRUPO INGENII, S. DE R.L. DE C.V., 2021.

Tabla 1.34 Matriz de daños a la instalación

Frecuencia	Consecuencias					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	0	0	0	0	0	0
F5	0	0	0	0	0	0
F4	14	22	0	0	0	0
F3	25	20	2	0	0	0
F2	30	10	0	0	0	0
F1	0	0	0	0	0	0

Análisis: GRUPO INGENII, S. DE R.L. DE C.V., 2021.

Tabla 1.35 Total de escenarios inherentes

Frecuencia	Escenarios			Total de escenarios
	A	B	C	
Al personal	111	12	0	123
A la población	111	12	0	123
Al medioambiente	123	0	0	123
A la instalación	123	0	0	123

El total es de 124 escenarios de riesgo, ya que se tiene un escenario sin causa de interés.

Análisis: GRUPO INGENII, S. DE R.L. DE C.V., 2021.

Tomando en cuenta la clasificación de escenarios en las distintas zonas de riesgo, de los cuatro rubros evaluados con la matriz y los escenarios procedentes de la revisión y jerarquización de riesgo empleando la metodología HazOp se obtuvieron 2 escenarios con riesgo de tipo "B", mientras que de la metodología ¿Qué pasa sí...? se obtuvo 12 escenarios con riesgo de tipo "B", por lo que de ellos se evaluarán los escenarios de consecuencias de ambas metodologías, en los Anexos 1.11 y Anexo 1.12, se muestran las Hojas de Trabajo del HazOp y del ¿Qué pasa sí...?, respectivamente.

De acuerdo con el listado de los Escenarios de Riesgo, se establece la tipificación de escenarios en peores casos (liberación masiva de toda la sustancia manejada o ruptura total del ducto y/o recipiente), casos más probables y de ser aplicable, los casos alternos, los escenarios desarrollados corresponden a eventos de fugas o pérdidas de contención de gas natural mostrados en la Tabla 1.36.

**Tabla 1.36** Escenarios de riesgos identificados

Número	Clave del escenario	Descripción	Tipo de Caso
1	E-01-PC	Ruptura en línea de entrada de 1.5" a la estación de descompresión, producida por colisión de MAM, con posibles daños a equipos e incendio y/o explosión con riesgo al personal, a la población, medio ambiente.	Peor caso
2	E-02-CMP	Fuga de gas natural en tuberías y/o accesorios por represionamiento en línea de 1.5" debido a taponamiento del filtro, con posibles daños a equipos e incendio y/o explosión con riesgo al personal, a la población y medio ambiente.	Caso más probable

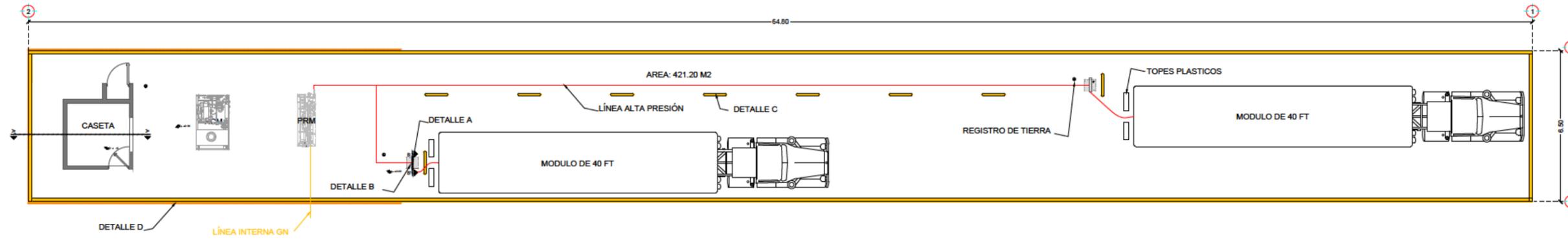
Fuente: GRUPO INGENII, S. de R.L. de C.V.

# ANEXOS

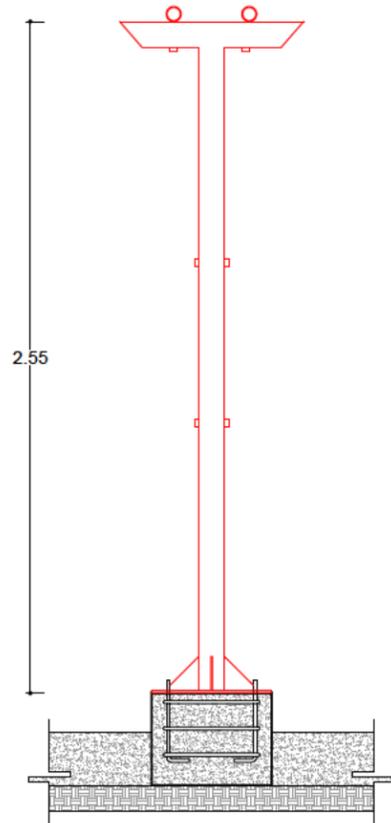
# ANEXO 1.1

Plano General y de Detalle de la  
Estación de Descompresión

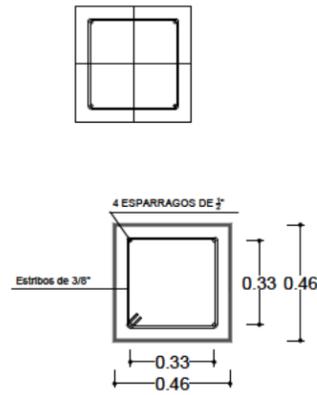
# PLANTA GENERAL



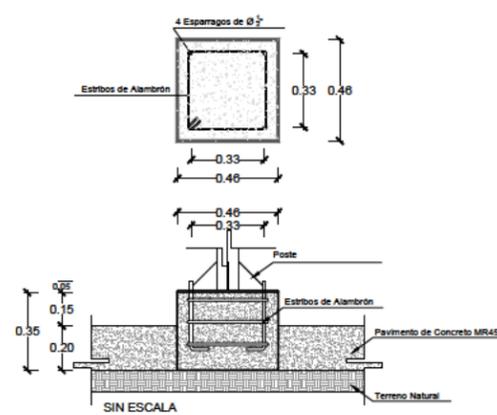
## DETALLE A



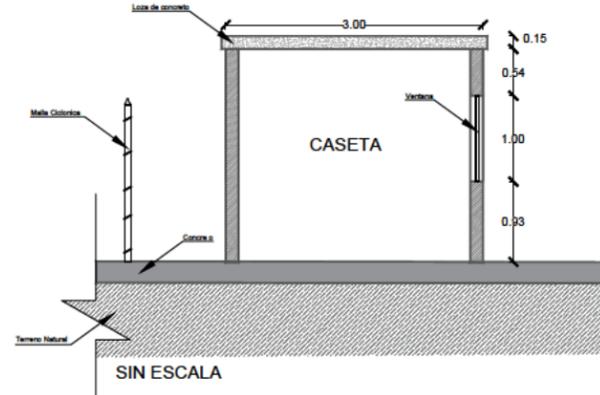
## DETALLE B



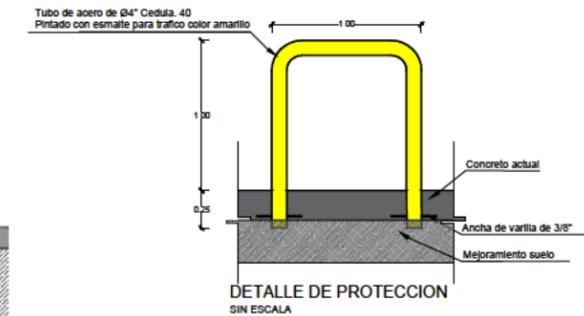
## CORTE B-B'



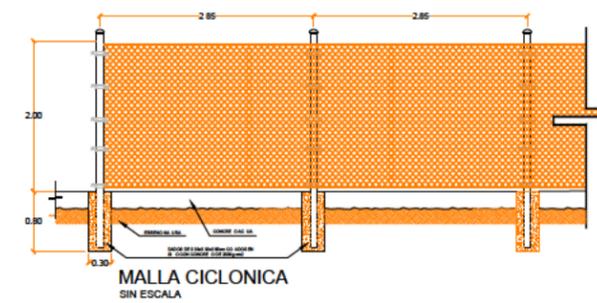
## CORTE A-A'



## DETALLE C



## DETALLE D



ORIENTACION



Macrolocalización



Microlocalización

Especificaciones:

Proyecto:  
LACTEOS FLORES

Propietario:  
CORPORACION C.H. & S.A. DE C.V.



Fecha:  
AGO 2021

Acotación:  
NA

Ubicación:  
JQUILPAN, MICHOACAN, MEX.

Plano:  
VISTA DE PLANTA Y DETALLES DE OBRA CIVIL

Escala:

S/E

No. de Plano:

02

OBRA CIVIL - ESTACION DESCOMPRESION GAS NATURAL LACTEOS FLORES

# ANEXO 1.2

## Manual de Postes de descarga

# TrailerdecantCNG

by  **Clean Energy**®



## INTEGRACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN

Con opciones de PLC integradas, se ejecuta automáticamente con la autorización del usuario y se integra con el sitio para apagar todo el sitio si se presentan situaciones de emergencia detectado.

## CONTROL Y SEGURIDAD

El diseño seguro del sistema protege a los usuarios y al equipo de los peligros de decantar grandes volúmenes de gas a alta presión, incluidas las temperaturas de gas por debajo del punto de congelación, los apagados automáticos por baja y alta temperatura del gas, la seguridad de conducción, la identificación del remolque, la apertura remota y retardada de la válvula para la seguridad del operador.

## RENDIMIENTO

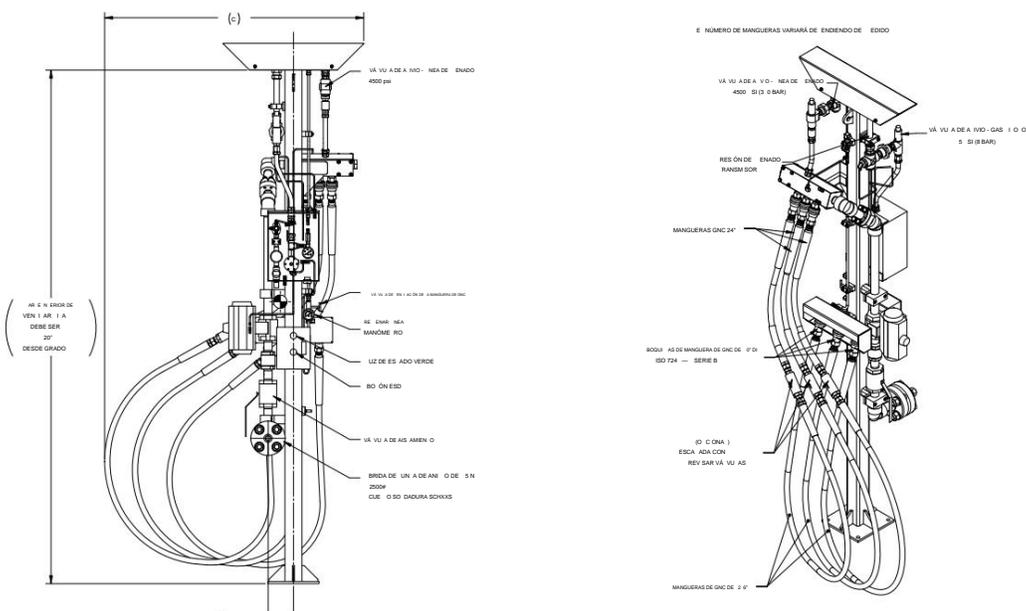
El rendimiento de la decantación de GNC se logra administrando la eficiencia de la decantación, las tasas de flujo y asegurando que la caída de presión se mantenga durante todo el ciclo de decantación: esto se logra con una atención detallada al tamaño del sistema, las contrapresiones, la temperatura y la caída de presión.

TrailerdecantCNG de Clean Energy Compression ofrece una solución superior de alto rendimiento para los requisitos de eficiencia de alto flujo de las aplicaciones de descarga de remolques de gas industrial, como las estaciones secundarias de Virtual Pipeline (VPL), y garantiza la máxima descarga.



# Decantación de alta eficiencia

## DECANTACIÓN DE EFICIENCIA DE FLUJO ALTO PARA LA DESCARGA DE GAS DE MISIÓN CRÍTICA



## características y beneficios

- **Altas tasas de flujo para disminuir la decantación del remolque tiempo**, lo que le permite transportar más gas con un menor costo operativo
- **Equipo estándar clasificado para baja temperatura** para permitir la operación continua a medida que la temperatura del gas desciende debido a la decantación a un caudal alto
- **Breakaways incluidos en todas las mangueras** que desconectan con seguridad la manguera en caso de que el remolque se aleje. Los controles internos detienen inmediatamente el flujo de cualquier gas al desconectar la manguera.
- **Cada poste de decantación se puede expandir de 1 a 3 mangueras**, dependiendo de los caudales y requisitos de llenado.
- **HMI y PLC opcionales incluidos en el puesto de decantación para el control local del dispositivo** por parte del operador de abastecimiento de combustible para eliminar la pérdida de tiempo y los costos operativos adicionales de ir a la sala de control para ingresar datos e iniciar y detener el llenado.
- **El PLC opcional con sensores internos adicionales permite el diagnóstico**, el registro de datos y la presentación de informes de todos los datos de abastecimiento de combustible a la sala de control principal. Estos datos se pueden utilizar para estadísticas de tuberías virtuales y métricas operativas.
- **Se pueden usar múltiples puestos de decantación en la misma estación secundaria de tubería virtual** con sistemas de control implementados para una programación inteligente y colas de decantación conectadas a los remolques. Se puede conectar una flota completa y con el horario por defecto, o uno personalizado, los centros pueden funcionar de forma totalmente automática.
- **Válvula de bola manual accionada por resorte opcional para ventilar las mangueras** después de un proceso completo de abastecimiento de combustible. La válvula accionada por resorte asegura que la válvula de ventilación nunca se deje en la posición abierta, que es un problema de seguridad cuando se inicia el siguiente proceso de abastecimiento de combustible. Dispositivo de control de flujo adicional agregado a la línea de ventilación para limitar el flujo de ventilación para reducir ruido y vibración durante la ventilación de alta presión.
- **Gabinete y soporte diseñados para exteriores industriales entornos**. Diseñado para soportar bajas temperaturas y ambientes con mucho viento. El soporte estructuralmente "rígido" elimina la preocupación de vibraciones o desviaciones que puede afectar la conexión entre el TrailerfillCNG y las tuberías del sitio.
- **Botones de inicio, parada y ESD incluidos** para permitir un control del operador del puesto de decantación sin uso del tacto pantallas
- **Las luces indicadoras y las alarmas opcionales** brindan información clara y estado conciso de la estación madre de decantación.
- **Cada manguera incluye una conexión giratoria** al decantar el puesto para garantizar la seguridad; la torsión regular durante la presurización y la despresurización no provocará que los accesorios se aflojen con el tiempo.
- **Circuito ESD diseñado para integrarse con ESD del sitio** para facilitar el cierre de todo el sitio en situaciones de emergencia
- **El regulador de control integrado** elimina los requisitos de costo y mantenimiento de un compresor de aire en el sitio.

## TÉCNICO

MEDIO	GAS NATURAL DULCE Y SECO	
PUNTO DE ROCÍO MÁXIMO PERMITIDO DE HIDROCARBUROS PESADOS	-40°C (-40°F)	
CONTENIDO MÁXIMO PERMITIDO DE GASOIL	5 ppm	
SECADO CON GAS RECOMENDADO	<4 LBS H2O/MMSCF	
TEMPERATURA AMBIENTE DE DISEÑO	-29–45 °C (-20–113 °F)	
PRESIÓN MÁXIMA DEL GAS DE ENTRADA	310 BAR (4500 PSIG)	
TEMPERATURA MÍNIMA DE ENTRADA DE GAS	-40 C (-40°F)	
PRESIÓN DE LLENADO	250 BAR (3625 PSIG) TEMPERATURA COMPENSADA A 15 C	
RANGO DE TEMPERATURA DE SALIDA DE GAS	-40-50 C (-40-120 F)	
TASA DE FLUJO DE DISEÑO	SCFM	2500
	NM <sup>3</sup> /H	4000
SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	PAÍSES 50HZ	380-400 VCA   120/200V
	PAÍSES 60HZ	380-400/460-480/575-600 VCA   120/200V
CONTROL DEL VOLTAJE	24 VCC	
CONEXIONES DE ENTRADA DE GAS	CONEXIONES DE COMBUSTIBLE DE CONEXIÓN RÁPIDA	
CONEXIÓN DE SALIDA DE GAS	BRIDA 1.5" CLASE 2500 RJ	
OPCIONES DE MANGUERA	1, 2 O 3 MANGUERAS DE DECANTACIÓN EN PARALELO	
DIMENSIONES	64" ANCHO X 46" PROFUNDIDAD X 127" ALTO (1620MM X 1170MM X 3230MM)	
PESO APROXIMADO	363 KG (800 LIBRAS)	
CLASIFICACIÓN ELÉCTRICA	CLASE 1 DIVISIÓN 1 GABINETE INTERIOR	
EL CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO	NFPA 52/70, ASME B31.3, CE	
OPCIONES	PAQUETE PARA CLIMA FRÍO (AMBIENTE POR DEBAJO DE -20 F) MONTAJE EN SUELO O MONTAJE EN CAJA SE RETIRARON LAS RUPTURAS DE LA MANGUERA EN LÍNEA (REQUIERE UN DISPOSITIVO DE SEGURIDAD PROPORCIONADO POR EL CLIENTE) MEDIDAS A IMPLEMENTAR EN SU LUGAR)	

## OPCIONES:

- Modelos estándar de 3500 scfm, alto flujo de 5000 scfm
- Filtraciones de entrada (siempre recomendadas pero pueden ser eliminado si el sitio tiene otros medios de filtración para asegurar corriente de gas limpio)
- HMI (siempre recomendado por puede no ser necesario si sitio tiene otros medios para que los operadores ingresen información en el sistema). Las unidades seguirán incluyendo el botón de inicio, parada y ESD junto con 3 luces de estado.
- Válvulas de bola de ventilación de operador estándar si el resorte está cargado uno no se considera necesario (siempre recomendado para la seguridad del operador)
- Opción de modelo de baja temperatura ambiente con todas las funciones
- Poste de decantación (con acoplamientos de manguera en modo conectado) mawp: 4500 psig (310 bar)
- Adecuado para el rango de temperatura ambiente: -40F a 150F (-40 C a 66C)
- Fluidos de trabajo: gas natural seco dulce
- La ubicación del punto de venta es aproximada
- Todos los conductos o cables eléctricos deben estar sellados para clase 1, div 1 grupo D según la ubicación clasificada existente

## ENERGIA LIMPIA COMPRESIÓN PRODUCTOS

### COMPRESIÓN

CleanCNG™

CleanCNG-C

GNC desenchufado

CompleteCNG™

### PRESIÓN REDUCCIÓN

limpioPRS

PRS completo

MóvilPRS

### DOSIFICACIÓN

TimefillCNG

TrailerfillGNC

RemolquedecantarGNC

### ALTA EFICIENCIA GASODUCTO VIRTUAL

OffgridGNC

## GESTIÓN DE PROYECTOS

Clean Energy Compression tiene una oficina dedicada a la gestión de programas que supervisa los proyectos en todas las fases; incluyendo el inicio, la ejecución de la planificación, el seguimiento, el control y la finalización. Todos los proyectos incluyen un acta de constitución del proyecto, registro de partes interesadas, matrices de responsabilidad asignada y cronograma del proyecto.

## FABRICACIÓN

Como líder mundial en la fabricación de sistemas de abastecimiento de GNC, Clean Energy Compression cumple con todos los protocolos ambientales y de seguridad del sistema de gas ión de calidad ISO 9001:2008. Clean Energy Compression ofrece sistemas completos de abastecimiento de GNC que se prueban internamente con gas natural y no salen de la fábrica hasta que estén 100 % certificados y listos para el uso.

## SERVICIO

Todos los proyectos de Clean Energy Compression están respaldados por una red de servicio global.

Los representantes de atención al cliente supervisan de cerca el rendimiento de las unidades en el campo en tiempo real las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Una red global de proveedores de repuestos y servicios está disponible para soporte de primera clase en todos los productos.



Compresión de energía limpia

43676 camino del progreso

Chilliwack, Columbia Británica, Canadá, V2R 0C3

Teléfono +1-604-795-9491

Fax +1-604-792-3806

[www.CleanEnergyFuels.com/compresión](http://www.CleanEnergyFuels.com/compresión)

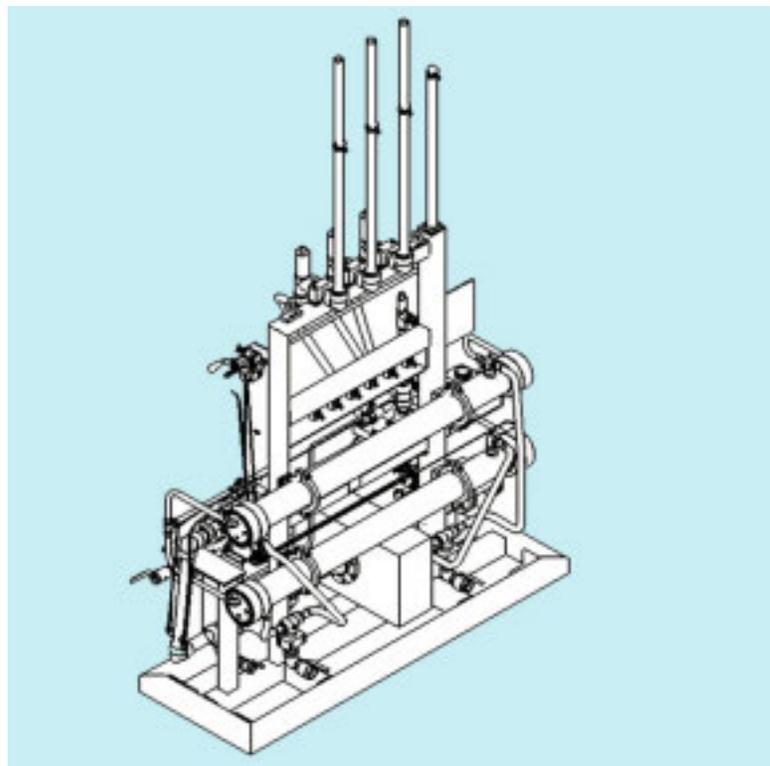
# ANEXO 1.3

## Manual de Equipos Instalación, Operación y Mantenimiento

ISO 9001



# SMI-PRS PRESIÓN REDUCCIÓN SISTEMA, Instalación operación y mantenimiento



(Para ilustración Es posible que no represente el producto real entregado)

PRM S/N: WC1005555-1

HCM S/N WC10055541

Nombre del cliente: MODELO

Fecha de instalación: Mayo 2013

CM-2012-002-Rev. 0 Junio de 2012

# Índice

Indice .....	3
I. Historial de revisión.....	7
II. EXENCIONES DE RESPONSABILIDAD .....	7
III. Propósito.....	7
VI. Alcance .....	7
V. Prácticas de trabajo seguro .....	8
VI. Roles y Responsabilidades del Personal de Mantenimiento Calificado .....	8
VII. Roles y responsabilidades del personal de operación .....	8
1. Quiénes somos y qué hacemos.. .	9
2. Centros de servicio .....	10
3. Representantes autorizados.....	11
4. Descripción general .....	12
5. Información general de seguridad y procedimientos de respuesta a emergencias .....	13
5.1 . Seguridad.....	13
5.2. Comunicación visual .....	13
5.2.1. Símbolos de peligro .....	13
5.2.2. Símbolos de advertencia.....	14
5.2.3. Símbolos del equipo de seguridad .....	14
5.3. Instrucciones de seguridad.....	15
5.3.1. Normas locales de seguridad .....	15
5.3.2. Entrar en un entorno peligroso .....	15
5.3.3. Procedimiento de bloqueo .....	15
5.3.4. Apertura del armario eléctrico .....	16
5.3.5. Observaciones de seguridad con respecto a la operación .....	16
5.3.6. Indicaciones de seguridad en caso de fugas de gas... ..	17
5.3.7. Riesgos de relámpago de arco y explosión de arco .....	17
5.3.8. Análisis de peligro de relámpago de arco .....	18
6. Módulos del sistema de reducción de presión .....	19

6.1. Módulo de reducción de presión .....	19
6.1.1. Identificación de los reguladores .....	20
6.1.2. Monitor en espera .....	20
6.1.3. monitor de trabajo .....	20
6.1.4. Ajuste del punto de ajuste del regulador operado por piloto ..	21
6.2. Módulo de control de calefacción - HCM.....	22
6.3. Módulo de control PRM/HCM – Descripción .....	23
7. Instalación .....	24
7.1. Instalación de PRM/HCM.....	24
7.1.1. Consideraciones Generales.....	24
7.1.2. Colocación física y seguridad .....	24
7.1.3. cimentacion de hormigon .....	25
7.1.4. Perno deslizante hacia abajo .....	25
7.1.5. Disposiciones de refugio de HCM .....	26
7.1.6. Disposiciones de ventilación de HCM .....	26
7.1.7. Compuerta de ventilación automática (si corresponde) ..	27
7.1.8. Información del terminal de ventilación .....	27
7.1.9. Válvula de alivio de presión y tubo de descarga .....	28
7.1.10. Tubería del sitio .....	28
7.1.11. Protección catódica.....	28
7.1.12. Válvulas de aislamiento .....	29
7.1.13. Requisitos de funcionamiento de la caldera .....	29
7.1.14. Clasificaciones eléctricas de área .....	29
7.1.15. Instalación de tablero de control eléctrico .....	30
7.1.16. Conexiones de cableado de campo eléctrico .....	30
7.1.17. Interruptores de seguridad de salida de llama y ventilación bloqueada (si corresponde) ..	30
8. Puesta en marcha y puesta en servicio .....	31
8.1. Preparación para la puesta en marcha.....	31
8.2. Procedimientos de puesta en marcha .....	31
8.2.1. Lista de verificación previa a la puesta en marcha (primera operación) - Gas ..	31

8.2.2. Purga de nitrógeno de la tubería de PRM .....	32
8.2.3. Lista de verificación previa a la puesta en marcha – Agua.....	32
9. Funcionamiento.....	33
9.1. Operación inicial.....	33
9.2. Funcionamiento de la operación .....	34
9.3. Condiciones de funcionamiento.....	34
9.4. Alarmas y avisos.....	35
9.4.1. Lista de alarmas.....	35
9.4.2. Lista de advertencias.....	36
9.5. Historial de alarmas.....	36
9.6. Detención de la operación.....	36
9.7. Puntos de ajuste.....	37
9.7.1. Alteración de los puntos de ajuste .....	37
9.8. Pantalla miscelánea .....	38
10 . Equipamiento opcional .....	39
10.1. Monitoreo de voltaje .....	39
10.2. Fuente de alimentación ininterrumpida (SAI) .....	39
10.2.1. Requisitos mínimos de SAI.....	39
10.2.2. Instalación de SAI .....	40
10.2.3. Opciones adicionales.....	40
11. Mantenimiento y solución de problemas .....	41
11.1. Elementos de interés de mantenimiento .....	41
11.1.1. Filtro de entrada .....	41
11.1.2. Transmisores de presión.....	41
11.1.3. Intercambiador de calor de coraza y tubos .....	41
11.1.4. Caldera.....	42
11.1.5. Las válvulas de alivio.....	42
11.1.6. Cabezal de ventilación.....	42
11.1.7. Interruptor de corte por bajo flujo de agua.....	42
11.1.8. Colador.....	43

11.1.9. Bomba.....	43
11.2. Programa de mantenimiento preventivo (PM) .....	43
11.3. Recomendación de par .....	44
11.4. Plantilla de registros de mantenimiento .....	44
11.5. Procedimiento de pedido de piezas .....	46
11.5.1. Piezas en garantía .....	46
11.5.2. Piezas fuera de garantía .....	47
11.5.3. Soporte técnico y llamadas de servicio de campo .....	47

## I. Historial de Revisión

revisión	Fecha de	Actualizado por	Sección	Aprobado el
0 de	junio de 2011	DDestro	Primera versión	ING, AM, QA

## II. RENUNCIAS

TM & ® 2011 IMW Industries, (una división de Clean Energy Corp.) Todos los derechos reservados. Este documento es el producto de intensos esfuerzos creativos y contiene información comercial confidencial que pertenece a IMW Industries. La duplicación no autorizada del material contenido en este documento podría dañar a IMW Industries. No se puede divulgar, distribuir o reproducir este material sin la autorización previa por escrito de IMW Industries. El uso, la divulgación, la difusión o la duplicación no autorizados de cualquier información contenida en este documento pueden generar responsabilidad según las leyes aplicables.

Este manual está destinado únicamente a personal cualificado. IMW Industries no asume ninguna responsabilidad por lesiones o daños a la propiedad que resulten del mal uso o la mala interpretación de la información contenida en este documento.

IMW Industries ha realizado todos los esfuerzos razonables para presentar aquí la información más actualizada disponible en el momento de la publicación. Sin embargo, algunos artículos pueden no reflejar exactamente lo que se encuentra en el producto entregado. En caso de discrepancias, comuníquese con IMW de inmediato.

IMW Industries cuenta con la certificación ISO 9001 y construye equipos bajo normas eléctricas y mecánicas como CE, ATEX, ASME y PED, entre otras. El cumplimiento de normas específicas varía con el producto final entregado. Para obtener más información sobre las características de conformidad de este producto específico, consulte las declaraciones relacionadas que se encuentran en este paquete de documentos.

### III. Propósito

El propósito de este manual es proporcionar a los operadores y al personal de mantenimiento local la información necesaria para operar, mantener, solucionar problemas y realizar reparaciones simples. IMW Industries considera que la información y los procedimientos para estas actividades descritos en este manual son adecuados y suficientes.

### IV. Alcance

Este manual brinda información para el despliegue, uso y mantenimiento de los sistemas en situaciones normales, incluidas descripciones de inspecciones de rutina, ajustes de rutina y actividades de mantenimiento preventivo. Un conjunto de documentos OEM relevantes completa este manual. Los Documentos OEM son responsabilidad de sus editores. Este manual no cubre extensos procedimientos de mantenimiento o reacondicionamiento, ni está destinado a la capacitación del personal.

Si necesita información más allá del alcance de este manual, comuníquese con:

**IMW Industries**

43676 Progress Way  
Chilliwack, BC V2R 0C3 Canadá  
[www.imw.ca](http://www.imw.ca) +1-604-795-9491

o uno de sus representantes.

### V. Prácticas laborales seguras

Todas las rutinas de mantenimiento deben cumplir con [CCOHS \(en Canadá\)](#) u [OSHA \(en los EE. UU.\)](#) las normas de seguridad ocupacional y de las reglamentaciones locales de seguridad laboral. En caso de duda, consulte con IMW Industries o con la agencia reguladora de seguridad laboral local para obtener más información.

Todo el personal de operación y mantenimiento debe estar debidamente capacitado y supervisado por profesionales calificados. No se debe permitir que el personal realice CUALQUIER rutina descrita en este manual sin la capacitación y supervisión adecuadas.

Debido a la gran cantidad de energía empleada y la presencia de un gas inflamable en todo el sistema, se recomienda enfáticamente que todas las rutinas de mantenimiento sean realizadas por un equipo de al menos dos profesionales capacitados.

### VI. Funciones y responsabilidades del personal de mantenimiento calificado.

Solo el personal de mantenimiento calificado capacitado por IMW Industries, o sus representantes, debe ser responsable de mantener el rendimiento del sistema, al tiempo que garantiza la seguridad dentro y alrededor del sistema.

El trabajo del personal de mantenimiento es garantizar que todo el sistema funcione dentro de los niveles especificados de calidad y seguridad a lo largo de la vida útil del sistema. Para este propósito, deben:

- no proponer, aceptar o tolerar ningún compromiso con respecto al desempeño y la seguridad por razones de conveniencia o de otra manera;
- asegurarse de que todas las herramientas, instrumentos y dispositivos de respuesta de emergencia necesarios estén disponibles y operativos en todo momento;
- Aplicar dispositivos de seguridad en cascada, como cerrojos, candados y barreras de contención, cada vez que se realicen procedimientos de mantenimiento.



### VIII. Roles y responsabilidades del personal de operación

Todos los operadores deben estar adecuadamente capacitados para desempeñar sus funciones de manera eficiente y segura. Los siguientes temas deben ser entendidos y seguidos por todo el personal de operación. Los operadores deben:

- informar inmediatamente al supervisor del sistema de cualquier discrepancia en las condiciones normales de funcionamiento;
- solicitar, utilizar, poner a disposición de los subordinados e insistir en la utilización adecuada de todo el equipo de seguridad;
- respetar las etiquetas de seguridad, las señales de advertencia y las instrucciones escritas sin compromiso ni interpretaciones;
- asegurarse de que todas las herramientas, instrumentos y dispositivos de respuesta de emergencia necesarios estén disponibles y operativos en todo momento;
- entender y ser capaz de operar dispositivos de seguridad tales como dispositivos de parada de emergencia (ESD).

## 4. Descripción general

Cada sistema de reducción de presión (PRS) consta de dos componentes principales: el módulo de reducción de presión (PRM) y el módulo de control de calefacción (HCM) .

El PRM consta de un filtro de entrada, un intercambiador de calor de gas a agua, dispositivos de regulación de gas, tuberías y controles eléctricos. La medición se puede proporcionar como una opción.

El HCM consta de una caldera de agua alimentada con gas natural, un dispositivo de regulación de gas, un medidor de flujo de agua, un separador de aire, un filtro y una bomba.

En muchas instalaciones, el gas en expansión del almacenamiento (fijo o móvil) fluye hacia el PRM donde es filtrado y calentado por un intercambiador de calor, que recibe agua caliente de HCM. Luego, el gas se regula hacia abajo, se mide y se descarga.

El HCM calienta y bombea agua a través de un circuito continuo al PRM. Quema una cantidad relativamente pequeña de gas natural suministrado por el PRM.

El gas a baja presión en la brida de salida de descarga del PRM está listo para ser conducido a equipos que consumen combustible, como calderas, calentadores, motores estacionarios u otros dispositivos.

Los controles eléctricos para cada uno de los componentes principales se alojan dentro de su conjunto o se montan de forma remota en un gabinete apropiado para la clasificación del área. Los controles eléctricos incluyen un dispositivo de apagado de emergencia (ESD).

La configuración específica de su sistema y sus componentes se puede determinar a partir de los dibujos, esquemas, listas de componentes y literatura de piezas que se encuentran en otras secciones de este paquete de documentación.

## **5. Información general de seguridad y procedimientos de respuesta ante emergencias**

### **5.1. Seguridad**

La seguridad siempre debe ser la principal preocupación de todo el personal involucrado en la operación y el mantenimiento de cualquier sistema que se emplee, como el IMW-PRS, gas natural presurizado, motores de alta potencia y controles eléctricos. NO intente realizar las tareas descritas en este manual si no está completamente calificado.

Es absolutamente esencial que todos los dispositivos de seguridad y el sistema de respuesta a emergencias estén completamente operativos y dentro de sus períodos de certificación antes de que se pueda permitir cualquier operación o servicio en el IMW-PRS.

Los siguientes símbolos pueden estar presentes en diferentes partes del IMW-PRS, o en sus alrededores. Asegúrese de que usted y sus compañeros de trabajo entiendan su significado y la razón por la que se colocan en ese lugar.

### **5.2. Comunicación visual**

IMW Industries utiliza amplias ayudas visuales basadas en los estándares de símbolos de seguridad ISO 3864-1/4, tanto en el equipo como en este manual. En el equipo, es esencial que todos los símbolos permanezcan a la vista, limpios y en buenas condiciones visuales durante la vida útil del equipo. Si un símbolo se daña o se pierde, comuníquese con IMW Industries para obtener un reemplazo de inmediato.

#### **5.2.1. Símbolos de peligro**

Los símbolos de peligro indican un riesgo elevado de muerte, lesiones graves y daños catastróficos a la propiedad, si no se siguen estrictamente las instrucciones transmitidas por el símbolo.

**¡Estos símbolos no permiten compromisos!**



Riesgo elevado de muerte o lesiones en caso de accidente. Todos los dispositivos de seguridad y ropa de seguridad apropiados DEBEN emplearse en todo momento.



No se pueden usar llamas abiertas, como sopletes o equipos de soldadura, en las cercanías.



Ningún cigarrillo, encendedor, fósforos u otro material similar puede encenderse o transportarse en las inmediaciones.



Debe haber un extintor de incendios en pleno funcionamiento en el área y clasificado por la junta de seguridad local para la clase de fuego adecuada

### 5.2.2. Símbolos de advertencia

Los símbolos de advertencia indican riesgo de muerte, lesiones o daños a la propiedad si se pasan por alto.



Peligro General. Existen Intrínsecos riesgos en las inmediaciones. Manténgase alerta a los cambios repentinos en el sonido

o la luz.



Riesgos eléctricos. Estos son riesgos relacionados con las conexiones eléctricas. Use equipo de protección eléctrica, como guantes de goma y zapatos aislantes.



Riesgo de explosión incontrolada liberación de fluidos o gases comprimidos. Use protección para los ojos y/u otro

equipo adecuado.



Riesgo de atrapamiento, aplastamiento o amputación de extremidades. No toque las piezas móviles. No use ropa holgada.



Superficie caliente. No toque ni deje objetos sobre el área.



En todo momento se debe usar el equipo de seguridad completo (PPE, equipo de protección personal certificado), según lo define la junta de seguridad local.

### 5.2.3. Símbolos de equipos de seguridad

Los siguientes símbolos indican equipos y/o dispositivos que mejoran la seguridad personal. Son obligatorios dondequiera que estos símbolos estén presentes.



Use protección ocular adecuada contra impactos, fluidos y/o luz intensa.



Use protección para los pies contra los riesgos de aplastamiento y penetración



Aplique protección de candado individual (cerrojos de bloqueo de enclavamiento) cada vez que se realice mantenimiento o servicio



Use guantes protectores contra cortes, penetración y riesgos de calor

### 5.3. Instrucciones de seguridad

Es muy importante que **LEA Y COMPRENDA** las siguientes instrucciones de seguridad. Si tiene alguna pregunta, consulte a su supervisor de seguridad o a una persona con más experiencia en este tipo de sistemas. **NO** intente operar, dar servicio, reparar o limpiar el equipo a menos que comprenda completamente los procedimientos y riesgos involucrados. Siempre se aplican las siguientes reglas:

- Todos los trabajos de operación, servicio, reparación y limpieza deben realizarse de conformidad con las normas locales;
- Está terminantemente prohibido fumar en las proximidades del equipo y de sus líneas de alimentación/entrega;
- El gas natural altamente comprimido, incluso en pequeñas cantidades, contiene una gran cantidad de energía y puede ser muy peligroso. Asegúrese de que todo el sistema esté completamente ventilado (abierto a la atmósfera), antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento o reparación;
- Las piezas giratorias y móviles de la máquina representan un riesgo especial de accidentes. No retire las protecciones y cubiertas durante el funcionamiento o las rutinas de mantenimiento energizado;
- No almacene materiales fácilmente inflamables cerca de la unidad compresora;
- No toque ningún cableado (expuesto o no) o componentes eléctricos cuando el sistema esté energizado;
- Si no es electricista certificado, no habrá ningún armario eléctrico.

#### 5.3.1. Reglamentos de seguridad locales

Las siguientes instrucciones de seguridad se basan en el **Reglamento de salud y seguridad en el trabajo (OHS) de WorkSafe BC (WSBC)** y es posible que no se apliquen fuera de la Columbia Británica, Canadá. Se proporcionan sólo como pautas. Para detalles de la información, consulta [WorkSafe BC website](#). For local-specific regulations, consulta tu agencia regional de salud y los estándares de seguridad.

#### 5.3.2. Entrar en un entorno peligroso

- No entre al cuarto del compresor hasta que se haya establecido como un entorno seguro (WSBC-OHS Reg. 4.3);
- Cuando se realiza el trabajo en el cuarto del compresor o en el área de almacenamiento, la atmósfera debe estar monitoreada por deficiencia de Oxígeno (O<sub>2</sub>) y los límites de explosivos de acuerdo con WSBC-OHS Reg. 9.26;
- Cuando se trabaje con o alrededor del contenedor, asegúrese de que el área esté bien ventilada, de acuerdo con WSBC-OHS Reg. 9.3

#### 5.3.3. Procedimiento de bloqueo

Un procedimiento de bloqueo significa que, mediante el uso de dispositivos como candados, cerrojos y cadenas, el equipo o sus módulos no pueden energizarse o recargarse por accidente mientras se realiza el trabajo.

El personal que esté realizando el trabajo debe tener el control total y exclusivo del dispositivo de bloqueo en todo momento, hasta que se complete el trabajo. Solo cuando se hayan quitado todos los dispositivos de bloqueo, se puede volver a energizar o recargar el equipo.

**NOTA: Nunca haga copias de las llaves de bloqueo.**

- Cuando se realiza trabajo en o alrededor del **patin** del compresor, el motor y todos los componentes eléctricos deben bloquearse de acuerdo con WSBC–OHS Reg. 10.4;
- Si se realiza algún trabajo en cualquier componente eléctrico, todo el sistema, incluidas las posibles fuentes de alimentación secundarias, deben desactivarse de acuerdo con WSBC–OHS Reg. 10.2;
- Durante los trabajos de mantenimiento a cualquiera de las líneas del compresor, las líneas de entrada y descarga deben estar cerradas y bloqueadas aplicando cadenas y candados a las válvulas principales.

#### **5.3.4. Apertura del armario eléctrico.**

Los paneles y armarios de control eléctrico solo deben ser abiertos por personal calificado y autorizado.

**Nota:** Lea la placa de identificación del compresor y/o el panel para conocer la clasificación real de áreas peligrosas, ya que pueden cambiar debido a los criterios de diseño específicos.

Antes de abrir cualquier panel de control o gabinete eléctrico, coloque el interruptor ONLINE/OFFLINE en la posición OFFLINE y bloquee todas las fuentes de alimentación del panel.

Antes de abrir los paneles antideflagrantes, se debe desclasificar la ubicación del panel de acuerdo con los siguientes procedimientos:

- Bloquear el compresor y los sistemas de tuberías dentro del área clasificada.
- Purgue todos los compresores y sistemas de tuberías con nitrógeno.
- Después de completar todo el trabajo en el panel de prueba de explosiones, si corresponde, reemplace y apriete todos sus pernos antes de permitir que el gas vuelva a llenar el compresor o la tubería.

El equipo está diseñado para materiales peligrosos o no clasificados Clase 1, División 1 o 2, grupo D. Por área las clasificaciones se refieren a la publicación CSA **CAN/CSA B149.1 Códigos de instalación de gas natural y propano**, o códigos equivalentes. Estos códigos se pueden encontrar en [CSA Website](#).

#### **5.3.5. Observaciones de seguridad relativas al funcionamiento**

Para que funcione de manera productiva, el sistema debe mantenerse en condiciones seguras, limpias y estables en todo momento, y debe ser inspeccionado regularmente. Las siguientes instrucciones pretenden guiar al operador sobre buenas prácticas de operación para maximizar el rendimiento y reducir el riesgo de accidentes.

- El sistema solo debe operar dentro de sus especificaciones técnicas. Cualquier situación que lo fuerce más allá de su capacidad puede ser peligrosa, tanto para la propiedad como para el personal. La operación fuera de las especificaciones técnicas puede anular la garantía;

- No permita ni acepte modificaciones a ninguna parte del sistema, incluso temporales, ya que pueden resultar en graves consecuencias. Cualquier modificación debe ser aprobada previamente por IMW Industries. Las modificaciones no autorizadas pueden anular la garantía;
- Antes de operar el sistema, asegúrese de que nadie esté realizando trabajos de inspección o mantenimiento en o alrededor del sistema;
- No toque ninguna tubería, especialmente la tubería de descarga, ni ninguna otra parte del sistema mientras esté en funcionamiento;
- Nunca realice ningún trabajo de limpieza mientras el sistema esté funcionando o energizado;

**NOTA:** Tenga en cuenta que el compresor puede arrancar automáticamente en cualquier momento. Por lo tanto, no asuma que un compresor que no está funcionando está desconectado o desenergizado.

### 5.3.6. Observaciones de seguridad en caso de fugas de gas

Las fugas de gas son una de las situaciones más peligrosas en torno a un compresor de gas. Si se detecta una fuga, o si sospecha que existe una fuga, tome las siguientes medidas inmediatamente:

- Aísle la máquina colocando el interruptor de llave en la posición Fuera de línea;
- Cortar toda la energía al sistema;
- Aislar los bancos de almacenamiento cerrando y bloqueando las válvulas de bola en los tanques de almacenamiento;
- Purgue todo el gas del sistema con nitrógeno;
- Localice y repare la fuga inmediatamente.

### 5.3.7. Riesgos de relámpago de arco y explosión de arco

Cualquier voltaje eléctrico puede producir un arco. En la industria, un arco, normalmente denominado "ARC FLASH", es la liberación repentina de grandes cantidades de energía en forma de calor y luz.

La exposición personal a un arco eléctrico con frecuencia resulta en una variedad de lesiones graves y, en algunos casos, la muerte. Los trabajadores pueden lesionarse a grandes distancias del arco eléctrico, a veces a más de 4 metros (12 pies) de distancia.

Aparte de las lesiones personales, el equipo puede dañarse gravemente, lo que resulta en tiempo de inactividad y costosos trabajos de reparación. Además, los materiales inflamables cercanos pueden encenderse.

Un arco eléctrico no solo produce calor y luz intensos, sino también presiones explosivas y sonidos fuertes. La ráfaga de arco a menudo hace que partes del equipo exploten, expulsando partes, materiales de aislamiento y estructuras de soporte con gran fuerza.

El aire caliente y los materiales vaporizados que rodean el arco se expanden rápidamente, provocando efectos comparables a una carga explosiva. A medida que los conductores se vaporizan, pueden proyectar partículas fundidas similares a los perdigones. Ocho (8) centímetros (3 pulgadas) de alambre de cobre

vaporizado de 2,5 mm (AWG 10) se expande a aproximadamente 28 litros (un pie cúbico), o más de 65.000 veces su volumen sólido. Las herramientas, las tuercas sueltas, los pernos y elementos similares en la trayectoria de un arco eléctrico pueden convertirse en proyectiles.

La fuerza total que alcanza a un trabajador parado frente a un recinto abierto puede exceder los 500 kg (aproximadamente 1000 libras). Esas fuerzas pueden aplastar el pecho de un trabajador, romper huesos, perforar pulmones u otros órganos e incluso empujar a los trabajadores contra equipos, paredes, ventanas, etc., causando un trauma adicional.

### 5.3.8. Análisis de peligro de arco eléctrico

La realización de un estudio de peligro de arco eléctrico es la piedra angular para la seguridad de los trabajadores cuando trabajan con equipos de alta energía como el IMW-PRS. El propósito de un estudio de peligro de relámpago de arco es determinar la posible ubicación y gravedad de los peligros de relámpago de arco, y sugerir cursos de acción apropiados para minimizarlos.

El estudio requiere experiencia en ingeniería eléctrica y un conocimiento profundo del sistema eléctrico de una instalación. Para obtener información detallada sobre cómo realizar una prueba de arco eléctrico, consulte:

#### Asociación Canadiense de Normas - Programa de Seguridad y Salud Ocupacional (CSA-OHS)

5060 Spectrum Way

Mississauga, ON L4W 5N6

Línea gratuita: 1 800 463-6727

<http://ohs.csa.ca/index.asp>;

o su asociación regional de estándares de ingeniería, pruebas y seguridad ocupacional.

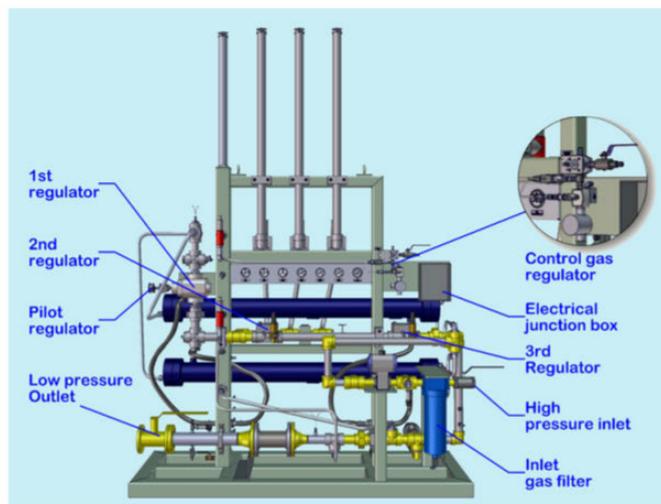
## 6. Módulos del Sistema de Reducción de Presión

### 6.1. Módulo de reducción de presión

El módulo de reducción de presión (PRM) de IMW reduce de forma segura la presión del gas añadiendo la cantidad adecuada de calor para contrarrestar la reducción de temperatura debida a la despresurización.

La línea de entrada al PRM está conectada a un almacenamiento fijo o móvil, o a una tubería. El gas que fluye hacia el PRM pasa a través de una válvula de entrada normalmente cerrada a prueba de fallas.

La válvula aísla el PRM del suministro de gas siempre que se apague el PRM o si se inicia una secuencia de apagado de emergencia.



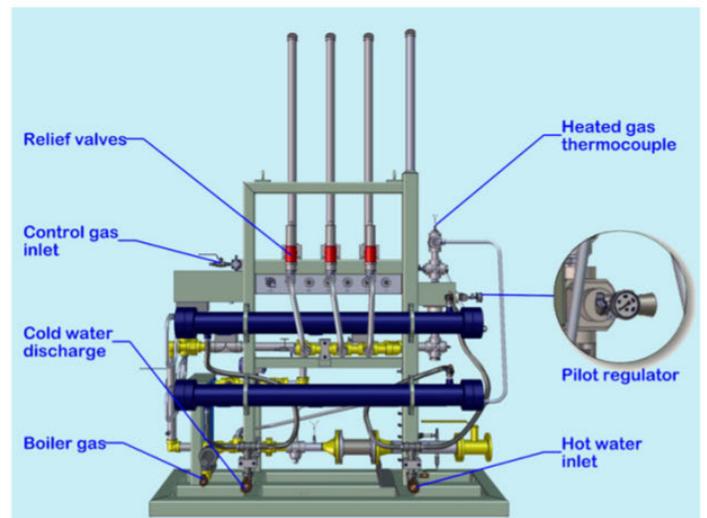
Las partículas pequeñas se eliminan del suministro de gas mediante un filtro de entrada, ubicado antes del intercambiador de calor.

El gas fluye a través de un intercambiador de calor de carcasa y tubos. Los tubos de gas se mantienen calentados por una corriente de fluido caliente (agua/glicol) que el HCM bombea a través de la carcasa, cuando el gas entra en la primera etapa de regulación de presión (despresurización). Se pueden emplear etapas adicionales de regulación para alcanzar la presión de salida final.

Se proporcionan manómetros en todo el sistema para monitorear las presiones de gas del sistema y para configurar los reguladores.

El suministro de gas para la caldera se toma de la línea principal después del intercambiador de calor. Puede regularse hasta 1,4 BARg (20 psig) a través de un regulador separado, o puede tomarse desde un punto aguas abajo de la estación de regulación final, antes del medidor.

Todas las tuberías de presión, incluidos los filtros, el intercambiador de calor, los reguladores, etc., están protegidas contra el exceso de presión mediante válvulas de alivio de seguridad o reguladores dobles tipo principal/de control con cierres bruscos. Todas las válvulas de alivio se ventilan a la atmósfera a través de una tubería de descarga común a una ubicación segura.



La tubería de descarga sirve como colector para ventilar el gas proveniente de la descarga de la válvula de alivio, así como también para las válvulas de drenaje manual. Todas las tuberías y tubos se fabrican y unen mediante conexiones roscadas y soldadas, o mediante accesorios de compresión para tubos. Están diseñados, fabricados y probados de acuerdo con los requisitos del código.

Para conocer los números de pieza y los diagramas de ensamblaje del PRM, consulte la sección Dibujos de ingeniería de este paquete de documentos.

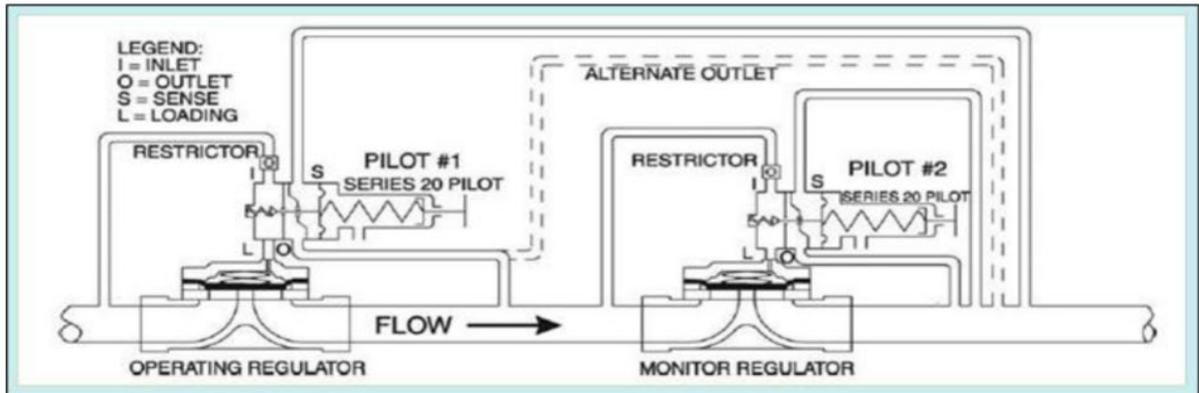
### 6.1.1. Identificación de reguladores

En la regulación de etapas múltiples, la primera etapa generalmente emplea reguladores de alta presión accionados por resorte para disminuir la presión a un nivel apropiado para la segunda etapa. Estos reguladores pueden ser pilotados, en paralelo o individualmente.

Si corresponde, la segunda (y tercera) etapa de regulación emplea reguladores operados por piloto, que reducen la presión a la presión de descarga deseada. Estos reguladores operados por piloto se instalan en una configuración de "Monitor en espera" o en una configuración de "Monitor de trabajo".

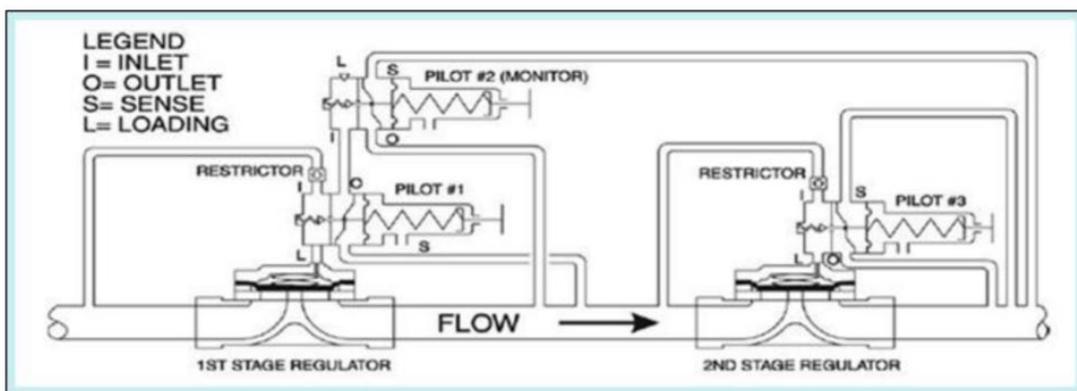
### 6.1.2. Monitor en espera

En una instalación de “Monitor **en espera**” (ver a continuación), el regulador operado por piloto aguas abajo se ajusta a una presión más alta y solo funciona en caso de falla del regulador operado por piloto aguas arriba. El punto de ajuste del monitor de espera debe ser ligeramente más alto que el regulador de funcionamiento (es decir, 5%).



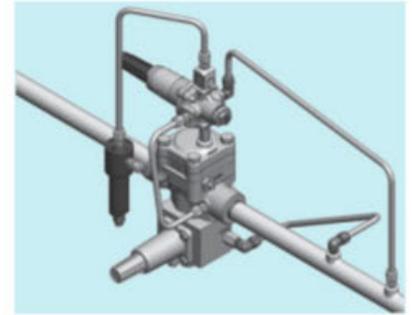
### 6.1.3. Monitor de trabajo

En una instalación de “**Monitor de trabajo**” (ver más abajo), ambos reguladores operados por piloto están trabajando para reducir la presión en una secuencia de dos etapas. El regulador de primera etapa (aguas arriba) se configurará significativamente más alto que el regulador de segunda etapa (aguas abajo). Las características específicas y las partes de su sistema se pueden encontrar en las secciones de Dibujos de ingeniería de este paquete de documentos.



#### 6.1.4. Ajuste del punto de ajuste del regulador operado por piloto

Los reguladores operados por piloto se instalan en serie en una configuración de trabajo o de espera. Para el "Monitor en espera", tenga en cuenta la presión diferencial para asegurarse de que la línea monitoreada esté instalada correctamente.



Los reguladores operados por piloto se configuran girando la perilla hexagonal en la parte superior del piloto debajo de la tapa. Si la unidad tiene una válvula de cierre de sobrepresión, primero ajuste la perilla en el frente de la válvula de cierre de golpe, monitoreando el manómetro instalado en la línea monitoreada a la presión establecida como se indica en el P&ID

Para la configuración "Monitor en espera", ajuste primero el regulador del monitor (aguas abajo y presión de ajuste más alta) ajustando la perilla en el piloto usando el manómetro instalado en la línea monitoreada a la presión de ajuste listada en el P&ID. Luego configure el regulador operativo (presión de ajuste superior e inferior) de la misma manera que el primero a la presión de ajuste que se indica en el P&ID.

Para la configuración del "Monitor de trabajo", ajuste primero el regulador de 1ra etapa (aguas arriba y presión de ajuste más alta) ajustando la perilla negra en el piloto usando el manómetro instalado entre los reguladores a la presión de ajuste indicada en el P&ID. Luego configure el regulador de segunda etapa (aguas abajo y presión de ajuste inferior) de la misma manera utilizando el manómetro instalado después del regulador de aguas abajo a la presión de ajuste que se indica en el P&ID.

*Nota: Las imágenes de esta página son solo para fines ilustrativos. Las piezas y especificaciones reales pueden variar.*

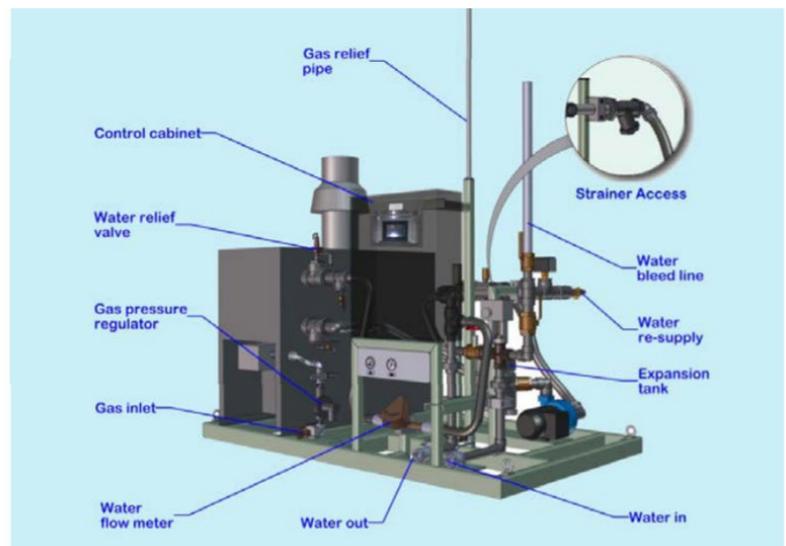
## 6.2. Módulo de control de calefacción - HCM

La línea de gas de entrada al HCM proviene del PRM. El gas que fluye hacia el HCM puede pasar a través de válvulas de entrada, que se utilizan para aislar el HCM.

En la entrada de la caldera se instala un regulador y un manómetro para garantizar la correcta presión de suministro.

Consulte el manual de la caldera para conocer los requisitos. Se instala una línea de purga de gas después del regulador.

El agua HCM fluye a través de la entrada pasando por un interruptor de flujo bajo. En este punto, una válvula de retención y un regulador proporcionan una entrada de agua adicional al sistema.



El agua va hacia el tanque separador de aire, que incluye un respiradero en la parte superior, eliminando el

aire atrapado en el sistema.

Desde el tanque, el agua pasa a través de un colador para eliminar los desechos, antes de llegar a la bomba. El agua se bombea a la caldera. Un caudalímetro instalado en el lado de descarga de agua controla el caudal. Después del calentamiento, el agua puede recircularse (en bucle) a través de la válvula de 3 vías o dirigirse al PRM.

El agua fluye a través de tuberías y conexiones galvanizadas o manguera tipo marino. Todos los accesorios de tubería y manguera están roscados.

Las tuberías de línea de gas usan accesorios de compresión. Están diseñados, fabricados y probados de acuerdo con los requisitos del código.

Para conocer los números de pieza y los diagramas de ensamblaje de HCM, consulte la documentación del OEM.

### 6.3. Módulo de control PRM/HCM – Descripción

La lógica de funcionamiento del PRS está controlada por un controlador lógico programable (PLC). En el caso de un sistema PRS autónomo, el PLC se monta en el panel de control PRS o el HCM.

Si el PRS es parte de un sistema de sitio grande con un compresor, el control puede incorporarse al PLC del sistema de compresión y no a un PLC independiente. Independientemente de su ubicación, el PLC inicia y detiene el PRS, monitorea continuamente su estado e indica condiciones de alarma.

El estado de PRS es monitoreado por varios sensores de presión, temperatura y flujo. Todos los sensores, interruptores, motores y válvulas de solenoide que se utilizan en el PRS están cableados utilizando métodos aprobados para la clasificación del área de instalación específica.

Todos los módulos PRS tienen un sistema ESD (apagado de emergencia) que está cableado e incorpora botones pulsadores de hongos rojos en ubicaciones clave.

Este sistema apaga y aísla de manera segura el PRS del suministro de gas.

Los interruptores En línea/Fuera de línea se encuentran en el panel HCM y en el panel de control. Ambos interruptores deben estar en la posición en línea para que el PRS funcione automáticamente.

	<p><b>¡ADVERTENCIA!</b> Los interruptores En línea/Fuera de línea NO deben usarse como interruptores de desconexión. No hacen que sea seguro trabajar en el PRS. Para realizar el mantenimiento de manera segura, apague y bloquee el disyuntor principal en el panel eléctrico.</p>
---	--

## 7. Instalación

La siguiente información se proporciona sólo como una guía general para la instalación del equipo. Teniendo en cuenta que los procedimientos de instalación varían mucho con la configuración de cada equipo y las características locales, es fundamental contratar los servicios de un técnico con experiencia en la instalación de dicho equipo y con pleno conocimiento de los códigos y reglamentos locales. Póngase en contacto con su representante local de IMW para obtener más información.

Todos los esquemas eléctricos del sitio y los planos de configuración general se encuentran en la sección Instalación de este paquete de documentación.

### 7.1. Instalación de PMR/HCM

#### 7.1.1. Consideraciones generales

Asegúrese de que se cumplen las siguientes condiciones previas antes de proceder con la instalación

- El diseño de la disposición del sitio DEBE cumplir con los códigos locales para la clasificación de áreas peligrosas;
- El sistema debe tener un espacio adecuado alrededor del patín para facilitar el acceso al mantenimiento. Consulte los planos de disposición general de IMW para conocer las dimensiones del patín;
- La tubería de entrada de gas debe tenderse de modo que no se obstruya el acceso a la unidad;

#### 7.1.2. Colocación física y fijación

**NOTA:** Antes de retirar el sistema de su vehículo de transporte o contenedor, inspeccione su estado general posterior al envío y que la lista de empaque coincide con lo que se encuentra. Si nota signos de daños durante el transporte o faltan componentes, NO continúe con la instalación. Comuníquese con su supervisor para obtener información sobre seguros y otros procedimientos legales que sean necesarios, así como las reparaciones que deban ejecutarse, antes se le permita continuar con la instalación.

Continuar con el proceso de instalación sin notificación puede anular la garantía.



#### Zona peligrosa

Debido a la naturaleza de los procedimientos de despliegue, incluido el peso del equipo, y alta energía de los suministros latentes, existe un riesgo elevado de accidentes durante el procedimientos de instalación. Use equipo de protección completo en todo momento.

El PRM está montado sobre patines, tiene un diseño abierto y es adecuado para montaje en exteriores sobre una pequeña plataforma de hormigón. El PRM está clasificado como Clase I, División 2 (Zona 2), Grupo D.

El HCM también está montado sobre patines y requiere un pequeño refugio de protección contra la intemperie con plataforma de hormigón.

La caldera debe instalarse de manera que los componentes del sistema de encendido de gas estén protegidos del agua (goteo, rociado, lluvia, etc.) durante la operación y el servicio.

El HCM está clasificado como no peligroso, pero debe ubicarse al menos a 4,5 m (15 pies) del PRM (si se monta por separado) o según lo requieran los códigos de instalación locales.

Como bien se le nombra, la cimentación es la base de un buen funcionamiento y larga vida del equipo. Los cimientos mal preparados conducen a una vibración excesiva, lo que provoca fallas prematuras del equipo, riesgo de accidentes y puede anular la garantía. Una vez que el patín esté asegurado a los cimientos, el chasis debe conectarse a una fuente de tierra eléctrica suficiente (conectada a tierra), de acuerdo con las reglamentaciones locales.

El HCM debe disponer en todo momento de un suministro suficiente de agua limpia presurizada, así como de un drenaje sin obstrucciones para el agua procedente de las válvulas de alivio.

### 7.1.3. Cimientos de hormigón

El PRM y el HCM deben contar con cimientos de hormigón independientes, planos y nivelados, al menos tan grandes como las dimensiones en planta de cada patín (si se montan por separado). Para el PRS se recomienda un margen de 24 pulgadas (61 cm) alrededor de todos los lados para el servicio. Si se entrega como un solo marco, use estas dimensiones para todo el patín.

La siguiente tabla muestra el área recomendada para el servicio:

Caldera Modelo	lados		traseros		Top		frontal (servicio)	
	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm
AAE	6	153	6	153	36	915	40	1016
SG	2	51	2	51	24	610	24	610

El espesor de las pastillas de hormigón y el refuerzo deben ser determinadas de acuerdo con la distribución del peso de los patines y las propiedades subyacentes del suelo. Todos los códigos de construcción locales relevantes deben cumplirse para este propósito.

Para el diseño de la plataforma de hormigón, se puede considerar que el peso bruto del equipo se distribuye uniformemente sobre el área del plano. Los cimientos mal preparados pueden causar la falla prematura del equipo y pueden anular la garantía. Consulte a un ingeniero civil local.

### 7.1.4. Perno deslizante hacia abajo

Los pernos PRM y HCM tienen dispositivos para el empernado mediante orejetas para empernar, con las ubicaciones que se muestran en el plano de disposición general.

Asegúrese de que TODAS las orejetas atornilladas estén ubicadas y utilizadas. Para la instalación, se recomienda el uso de "[sujetadores para hormigón tipo Hilti®](#)" o anclajes de hormigón de compresión o epoxi equivalentes.

Los cimientos de los equipos de concreto deben ser planos y estar nivelados de acuerdo con las prácticas estándar de montaje de máquinas.

Si las plataformas de cimentación de concreto están lo suficientemente niveladas, los patines se pueden asegurar a las plataformas sin necesidad de calzas o lechada adicionales.

#### **7.1.5. Disposiciones del refugio HCM**

Asegure un espacio de al menos 152 mm (6 pulgadas) desde la campana de tiro de la caldera y el conducto de humos, en cualquier dirección.

Se debe proporcionar suficiente suministro de aire a la caldera. Las aberturas de aire a la sala de HCM proporcionan aire para la combustión, la dilución de gases de combustión y la ventilación, independientemente de si el aire se toma del interior o del exterior. El tamaño y la ubicación de la abertura de aire (así como otras consideraciones sobre el suministro de aire y la ventilación) deben cumplir con todos los códigos, leyes, reglamentos y ordenanzas locales aplicables.

**NOTA:** La sala HCM nunca debe estar bajo presión negativa.

Proporcione siempre aberturas de aire del tamaño no solo de las dimensiones requeridas para la entrada total de todos los aparatos que funcionan con combustible en el espacio de la caldera, sino también para manejar la tasa de movimiento de aire de cualquier extractor o motor de aire que use aire del edificio o espacio. Las terminaciones de ventilación deben mantenerse siempre libres de obstrucciones (es decir, nieve, hielo, etc.). Las persianas y rejillas utilizadas en el suministro de aire y el sistema de ventilación deben mantenerse libres de polvo, suciedad o escombros que bloqueen el flujo de aire adecuado.

#### **7.1.6. Disposiciones de ventilación de HCM**

El instalador/instalador de gas es responsable de proporcionar una ventilación adecuada con una capacidad de tiro adecuada y en buenas condiciones de uso. Está prohibida la interferencia con el suministro de aire a la caldera.

La instalación de ventilación y el tipo de ventilación de gas o conector de ventilación deben seguir todos los códigos, leyes, reglamentos y ordenanzas locales aplicables.

Para conexiones de calderas a ventilaciones de gas o chimeneas, las instalaciones de ventilación deben estar de acuerdo con **Ventilación de Equipos, del Código Nacional de Gas Combustible, Parte 7, ANSI Z223.1, o Sistemas de Ventilación y Suministro de Aire para Aparatos, Sección 7, de CAN /CGA B149 Códigos de instalación**. Estos códigos se pueden obtener en el [sitio web de CSA](#). Fuera de Canadá, consulte a su agencia reguladora regional.

La ventilación deberá contar con el soporte requerido por los códigos aplicables. Los tramos horizontales deben tener una pendiente hacia arriba de no menos de ¼ de pulgada por pie (21 mm/m) desde la caldera hasta el terminal de ventilación.

La unidad debe instalarse con la campana extractora provista de fábrica en su lugar. La campana extractora es un dispositivo de seguridad diseñado para controlar las corrientes de aire de la chimenea que pueden afectar la combustión o apagar el piloto. La campana extractora suministrada con la caldera no debe modificarse. Se debe mantener la altura mínima de la falda como se indica en la campana extractora.

Los conectores de ventilación que sirven a la caldera no deben conectarse a ninguna parte de los sistemas de tiro mecánico que operen bajo presión positiva.

### **7.1.7. Compuerta de ventilación automática (si corresponde)**

Todas las calderas con una entrada de 300 000 Btu/h o menos se suministran con una compuerta de ventilación automática. Deben observarse las siguientes instrucciones:

- La compuerta de ventilación automática debe instalarse en la parte superior de la campana extractora suministrada de fábrica.
- El sistema de ventilación debe estar dispuesto de modo que la compuerta automática de ventilación con la que se suministró sirva únicamente a la caldera.
- Conectar el mazo de cables de la caldera a la compuerta de ventilación automática, como se indica en los esquemas eléctricos suministrados.
- El indicador de posición de la compuerta de ventilación automática debe estar claramente visible después de la instalación.
- Se debe mantener un espacio mínimo de no menos de 155 mm (6 pulgadas) entre el dispositivo de compuerta de ventilación automática y la construcción combustible. Se debe prever el acceso de servicio a la compuerta de ventilación automática.
- La compuerta de ventilación automática debe estar en posición abierta cuando el quemador principal de la caldera está funcionando. • Para una orientación distinta a la vertical, consulte las instrucciones de instalación de la compuerta de ventilación automática.

**NOTA:** No se permiten modificaciones a la compuerta de ventilación automática y pueden anular la garantía.

### **7.1.8. Información de la terminal de ventilación**

La distancia mínima desde la terminación de una terminal de ventilación hasta los pasillos públicos adyacentes, los edificios adyacentes, las ventanas que se pueden abrir y las aberturas de los edificios no debe ser inferior a los valores especificados en el **Código Nacional de Gas Combustible, ANSI Z223.1 y/ o Códigos**

de instalación CAN/CGA. Estos códigos se pueden obtener en el [sitio web de CSA](#). Fuera de Canadá, consulte a su agencia reguladora regional.

Para un funcionamiento adecuado, el terminal de ventilación debe mantenerse libre de nieve y otros desechos en todo momento.

Para evitar la decoloración y la degradación de los materiales de construcción por los gases de combustión y la condensación de gases de combustión, asegúrese de que el terminal de ventilación esté instalado libre de obstáculos cercanos. En todos los casos, la instalación se realizará de acuerdo con el código local.

Mantenga un espacio libre mínimo de 1,20 m (4 pies) horizontalmente. En ningún caso el espacio libre alrededor de los medidores eléctricos, medidores de gas, reguladores y equipos de alivio debe ser menor a 1,20 m (4 pies).

	<p><b>Peligro de quemaduras</b> Todos los conductos de ventilación y sus componentes adyacentes están extremadamente calientes. No los toque sin la protección adecuada.</p>
---	--

### 7.1.9. Válvula de alivio de presión y tubería de descarga

Se suministra una válvula de alivio de presión como equipo estándar. La válvula de alivio de presión es una protección adicional contra daños que podrían ser causados por controles defectuosos o presión de agua excesiva. Si no se utiliza una válvula de alivio de presión, la garantía quedará anulada. La válvula limitadora de presión se instala en la salida de la caldera con su husillo vertical.

Se debe utilizar una tubería de descarga. La salida del tubo de descarga debe colocarse sobre un desagüe adecuado y disponerse de manera que no haya peligro de escaldaduras (quemaduras por vapor).

La tubería de descarga debe inclinarse hacia abajo desde la válvula y no debe ser más pequeña que la salida de la válvula. El extremo de la tubería de descarga no debe ocultarse ni roscarse y debe protegerse contra la congelación. Los recorridos, trampas o curvas extensos podrían reducir la capacidad de la válvula de alivio de presión.

No se debe instalar ninguna válvula de ningún tipo entre la válvula de alivio de presión y la unidad o en la tubería de descarga. La válvula de alivio de presión es un requisito del código. La instalación en campo de la válvula de alivio debe ser consistente con el Código de Calderas y Recipientes a Presión ANSI/ASME, Sección IV.

	<p><b>Peligro de explosión</b> La válvula de alivio de presión descarga agua caliente a presión que puede convertirse en vapor. El vapor que sale por la salida de descarga puede expandirse explosivamente en cualquier dirección. Siempre mantenga una distancia segura de la salida de la tubería de descarga.</p>
---	---

#### **7.1.10. Tubería del sitio**

Para alcanzar la capacidad total del PRM, toda la instalación del sistema debe planificarse cuidadosamente para proporcionar una capacidad de flujo adecuada al suministro de gas aguas arriba conectado al PRM.

En el almacenamiento móvil, preste especial atención a las tuberías, las válvulas y el diseño del colector que se conecta al almacenamiento. Instale únicamente tuberías de alta presión desde los puestos de descarga de combustible hasta el PRM.

Las tuberías de suministro y retorno de agua entre el HCM y el PRM deben tener el tamaño adecuado para los requisitos de caudal. La caída de presión del agua entre el PRM y el HCM no debe exceder de 2 a 4 psi. Los diámetros de las tuberías deben aumentarse para tramos largos de tuberías, a fin de evitar caídas de presión.

También se debe proporcionar una línea de suministro de combustible de tamaño adecuado desde el PRM al HCM. Esta línea debe ser capaz de retener la presión a plena carga.

#### **7.1.11. Protección catódica**

Las tuberías de suministro de gas enterradas deben tener protección catódica de acuerdo con los códigos de instalación locales. Esto requiere el uso de bridas aislantes en la entrada y salida de la tubería del suelo y ánodos de sacrificio enterrados a intervalos, según lo exigen los códigos locales.

#### **7.1.12. Válvulas de aislamiento**

Las válvulas de aislamiento se suministran en cada entrada y salida tanto del PRM como del HCM. Estas válvulas son necesarias para el bloqueo y no se deben quitar.

#### **7.1.13. Requisitos de funcionamiento de la caldera**

Evite la reposición innecesaria de líquido/agua. Puede terminar en la entrada de aire al sistema causando corrosión. Además, los minerales disueltos en el suministro de agua se precipitan cuando se calientan y se depositan predominantemente en el intercambiador de calor.

No extraiga agua del sistema de calefacción para limpieza, descarga, etc.

La caldera está diseñada como un sistema de circuito cerrado. No está diseñado para sistemas abiertos, como calentar agua de piscina, o sistemas donde el agua se repone constantemente. Operar la caldera como un sistema abierto puede resultar en una falla prematura del intercambiador de calor y puede anular la garantía.

Los sistemas de calefacción con agua de retorno a baja temperatura pueden hacer que la humedad de los gases de combustión se condense en las superficies de transferencia de calor de la caldera, causando corrosión y restringiendo el flujo de gases de combustión, lo que resulta en una falla prematura.

El agua de retorno a baja temperatura también puede enfriar demasiado los gases de combustión, lo que

reduce la succión de ventilación. Estos son fenómenos naturales, independientes del diseño de la caldera. Como guía para evitar tales condiciones, es imperativo que la temperatura del agua de retorno se mantenga por encima de los 57 °C (135 °F).

#### 7.1.14. Clasificaciones eléctricas de área

Todo el equipo eléctrico en el patín PRM está diseñado para ubicaciones peligrosas mínimas de Clase I, División 2 (Zona 2), Grupo D.

NOTA: Consulte el PRM y HCM o la placa de identificación del panel para conocer la clasificación real del área peligrosa, ya que las divisiones y clasificaciones pueden cambiar según los criterios de diseño específicos.

Todo el equipo eléctrico dentro de las áreas de Clase I, División 2 (Zona 2), Grupo D debe diseñarse y cablearse en consecuencia. El cableado seguro no inflamable se usa en el patín del PRM para conectar sensores de presión y/o temperatura. En condiciones normales de funcionamiento, esto evita que se produzcan chispas que podrían encender el gas.

Las áreas suficientemente alejadas de los equipos que contienen gas (3 metros/10 pies - 5 metros/15 pies en los EE. UU.) se consideran no peligrosas y seguras para ubicar equipos que no están clasificados para un entorno de Clase I, División 2.

El cableado intrínsecamente seguro está presente para los sensores del interruptor en línea/fuera de línea y para algunos sensores de presión ubicados en áreas de División 1. Usan barreras intrínsecamente seguras para limitar la corriente que circula en el cableado. Esta configuración evita que se produzcan chispas que, de lo contrario, podrían encender el gas.

Para clasificaciones de área precisas, consulte la publicación CSA CAN/CSA B149.1 Códigos de instalación de gas natural y propano. Estos códigos se pueden obtener en el sitio web de CSA. Fuera de Canadá, consulte a su agencia reguladora regional.

	<p><b>Peligro de electricidad</b></p> <p>La sustitución de componentes puede comprometer la idoneidad del equipo para operar en un ubicación peligrosa.</p> <p>No reemplace ningún componente eléctrico en un área clasificada a menos que se haya desconectado y efectivamente bloqueado.</p>
---	--

#### 7.1.15. Instalación del panel de control

Los controles eléctricos aplicables (incluidos los del PRM) con gabinetes de panel eléctrico NEMA 12, 4 o 3R deben ubicarse de forma remota en un área no peligrosa.

Los paneles NEMA 4 y 3R son resistentes a la intemperie y aptos para montaje en exteriores. Los paneles NEMA 4 y 3R sujetos a bajas temperaturas invernales deben estar equipados con calentadores de espacio

controlados termostáticamente.

Los paneles NEMA 12 deben montarse en un edificio seguro resistente a la intemperie o en un quiosco especial. Si el panel de control eléctrico no está montado sobre una plataforma, debe atornillarse a los cimientos del piso o montarse en la pared.

### 7.1.16. Conexiones de cableado de campo eléctrico

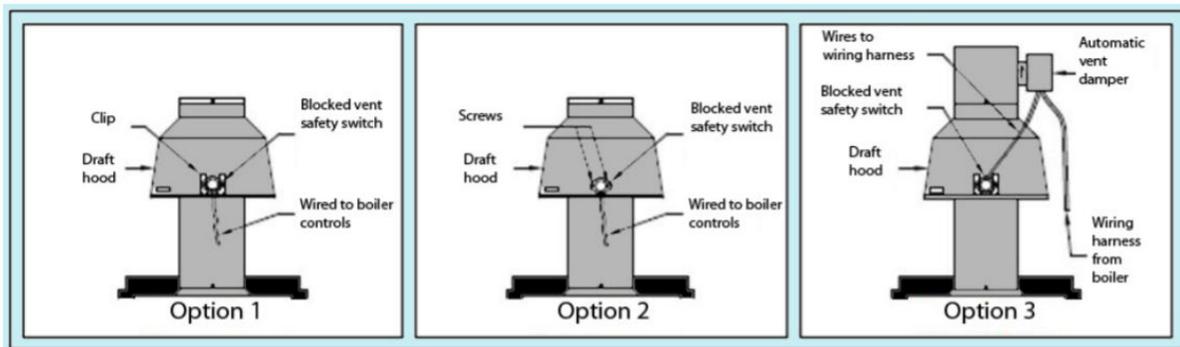
El instalador debe completar las conexiones eléctricas desde los controles eléctricos remotos hasta el PRM y el HCM. Las conexiones eléctricas se pueden hacer con cable sólido y conducto, o con conducto de cable flexible blindado. Si usa cableado enterrado, los tendidos eléctricos deben estar enterrados de 0,6 a 1,0 metros por debajo del nivel del suelo. Las conexiones en PRM y HCM se realizan con conductos y sellos, o prensaestopas de conexión en las cajas de conexiones correspondientes del equipo.

El cable eléctrico requerido, los tamaños de los puertos de la caja de conexiones y los detalles de las terminaciones eléctricas se proporcionan en los planos de instalación eléctrica del equipo que se encuentran en la sección Planos de ingeniería de este paquete de documentos.

### 7.1.17. Interruptores de seguridad de salida de llama y ventilación bloqueada (si corresponde)

Todas las calderas con una entrada de 300 000 Btu/h y menos están equipadas con interruptores de seguridad de salida de llama y ventilación bloqueada. Estos interruptores de seguridad se instalan en el clip provisto en la campana extractora (alternativa 1) o se montan con tornillos (alternativa 2).

El interruptor de seguridad de ventilación bloqueada está precableado de fábrica, ya sea directamente a los controles de la caldera (Alternativa 1 y 2), o a través de un arnés de cableado para calderas con una compuerta de ventilación automática (Alternativa 3).



Si la ventilación está bloqueada por hollín o corrosión, la caldera se apaga. Mantenga la ventilación libre de obstrucciones.

	<p><b>Peligro de envenenamiento</b> El apagado de la caldera por el respiradero "bloqueado" o por el "despliegue de llama". El interruptor de seguridad puede indicar que el monóxido de carbono se está ventilando incorrectamente en el local. Como resultado, la caldera DEBE ser reparada inmediatamente por una persona calificada. <b>ADVERTENCIA: ¡EL MONÓXIDO DE CARBONO ES UN GAS MORTAL, INCOLORO E INODORO!</b></p>
---	--

## 8. Puesta en marcha y puesta en servicio

### 8.1. Preparación para la puesta en marcha

Después de completar la instalación del sistema de reducción de presión (PRS) de acuerdo con todos los códigos, reglamentos e instrucciones del fabricante aplicables, la estación está lista para la puesta en marcha y la puesta en servicio.

El siguiente procedimiento de puesta en marcha recomendado debe ser realizado únicamente por personal técnico calificado, con experiencia en los procedimientos de puesta en marcha y operación de equipos de reabastecimiento de GNC recién instalados. Este procedimiento es genérico y es posible que deba modificarse para adaptarse a sitios y equipos específicos.

	<p><b>Peligro de explosión</b> Antes de permitir que cualquier gas de suministro de entrada ingrese al sistema recién instalado y conjuntos de tuberías de presión, todo el sistema y el sistema de tuberías deben purgarse de aire, utilizando nitrógeno (consulte las instrucciones a continuación). ¡De lo contrario, podría producirse una explosión dentro del compresor o del sistema de tuberías!</p>
---	--

### 8.2. Procedimientos de puesta en marcha

Estos procedimientos describen la secuencia de la primera ejecución tanto para el sistema de reducción de presión (PRS) como para el módulo de control de calefacción (HCM). Debe seguirse cada vez que el sistema se detenga por mantenimiento o se desconecte de la línea principal de suministro de gas.

**Advertencia:** si se confirma o sospecha que ha entrado aire en alguna línea, los procedimientos de purga deben ejecutarse de nuevo.

#### 8.2.1. Lista de verificación previa al arranque (primera operación) - Gas

Antes de la purga, verifique que todo el trabajo de instalación requerido esté completo con la siguiente lista de verificación:

1. Cierre todas las válvulas de bola de aislamiento de descarga de PRS;

2. Abra la válvula de bola de aislamiento en los paneles de prioridad, ESD y/u otros;
3. Todos los patines (PRM, HCM) y equipos auxiliares están posicionados y anclados a su respectiva losa de concreto;
4. La tubería de entrada de gas está instalada y protegida catódicamente, si es necesario, con la conexión de gas final completa;
5. Cada válvula de bola de aislamiento de entrada debe cerrarse para aislar la tubería aguas abajo;
6. Todas las tuberías del surtidor están instaladas con filtros y válvulas de aislamiento;

### **8.2.2. Purga de nitrógeno de las tuberías del PRM**

1. Cierre todas las válvulas de drenaje. Asegúrese de que las válvulas de bola de aislamiento de entrada y descarga de gas estén cerradas;
2. Con el programador de PLC, fuerce la apertura de las válvulas de entrada accionadas después de la válvula de entrada manual, si corresponde;
3. Desconecte la línea de drenaje del filtro de entrada y conecte una combinación de botella de gas nitrógeno/regulador/válvula al drenaje del filtro de entrada;
4. Abra la botella de gas N2 y ajuste el regulador a una presión máxima de 60 psig;
5. Abra la válvula de gas N2 y permita que el gas N2 llene el PRM;
6. Una vez que se haya alcanzado una posición de presión, abra la válvula de drenaje y permita que el gas se escape a través de las líneas de drenaje por un tiempo;
7. Cierre la válvula de la botella de N2 y desconecte el suministro de N2. Vuelva a conectar la línea de drenaje al drenaje del filtro de entrada;
8. Abra la válvula de drenaje en el cabezal de ventilación y deje que el nitrógeno se drene del sistema de tuberías. Una vez que se haya drenado el nitrógeno, cierre inmediatamente todas las válvulas de drenaje;

### **8.2.3. Lista de verificación previa a la puesta en marcha: agua**

1. Determine el volumen de la proporción 50/50 completa de la mezcla de agua y glicol;

**NOTA:** La mezcla de Agua/Glicol es un requisito. ¡No opere solo con agua!

2. Abra todas las válvulas y asegúrese de que las ventilaciones no estén obstruidas;
3. Llene el sistema con el volumen correcto de glicol;
4. Completar el sistema con agua, purgando en la bomba;

5. Forzar la circulación de la bomba, controlando la presión del circuito de agua;
6. Purgue el aire de los HX y cualquier otro punto alto;
7. Agregue agua para compensar las hemorragias;
8. Repita los pasos 6 a 8 anteriores hasta que la presión se estabilice;
9. Ajuste el refuerzo y los pasos 6 a 9, según sea necesario.

## 9. Funcionamiento

### 9.1. Primera puesta en funcionamiento

La caldera debe estar encendida y lista para calentar agua. Si la caldera no está lista, consulte el Manual del fabricante de la caldera en el Apéndice 1: Documentación del OEM, para obtener las instrucciones de encendido adecuadas.

La interfaz hombre-máquina (HMI) es un panel de pantalla táctil multifunción que se adapta a las necesidades operativas inmediatas. La barra superior siempre muestra el estado actual del sistema.

Para iniciar la operación, coloque el interruptor En línea/Fuera de línea (panel principal) en la posición "Fuera de línea" y luego presione el botón "Reiniciar".

Si se borran todas las alarmas, la barra de estado indicará "FUERA DE LÍNEA".

Si existe una condición de alarma, aparece el cartel de alarma para describir la condición de alarma. Corrija la causa de la alarma y presione restablecer nuevamente para borrar la condición de alarma. Una vez que se hayan borrado las alarmas y la barra de estado indique "Fuera de línea", el sistema está listo para funcionar.

Coloque el interruptor En línea/Fuera de línea en la posición "En línea".

El menú principal muestra el número de serie del PRS, el nombre del sitio (si está disponible) y la fecha/hora.

Al tocar cualquiera de las teclas de función correspondientes, la pantalla cambia para mostrar la información adecuada.

Algunas teclas de función son repetitivas en las distintas pantallas. Estas son funciones de navegación e información, y no tienen influencia directa en el funcionamiento del sistema. Estas teclas de función son:

- MENÚ PRINCIPAL vuelve al menú principal.
- IDIOMA alterna entre inglés y otro idioma (opcional).

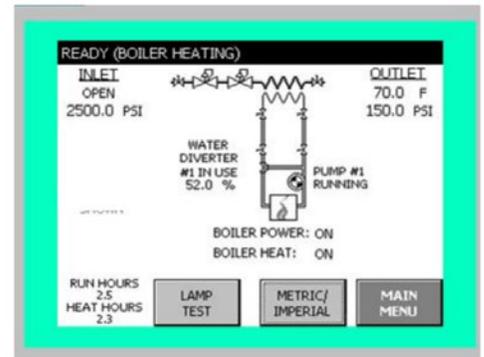


- PRUEBA DE LÁMPARAS enciende todas las lámparas en el gabinete de control y PRS.
- METRIC/IMPERIAL alterna entre unidades métricas (BAR, °C) e imperiales (PSI, °F)

## 9.2. Operación en funcionamiento

Cuando el PRS se coloca por primera vez en el modo En línea, el sistema completa un ciclo de "Calentamiento" que envía una señal de "solicitud de calor" a la caldera, luego coloca la válvula desviadora en una posición fija de 100% abierta. La cantidad de tiempo que el sistema se calienta se basa en el punto de referencia del cliente. El valor predeterminado es 180 seg.

Una vez que se completa el calentamiento, el sistema se declara "Listo". Controla automáticamente la temperatura de salida de los gases variando la temperatura del agua al intercambiador mediante la válvula de desvío de agua y la temperatura del agua de la caldera.



La válvula desviadora controla la cantidad de agua caliente que pasa a través del intercambiador de calor desviando una parte del flujo de regreso a la bomba. La cantidad de flujo que se desvía hacia la bomba está determinada por un algoritmo de control PID que garantiza que la temperatura del gas operativo en la descarga se mantenga entre 10 y 40 °C. (50-104 °F)

En algunos modelos, se utilizan bombas o válvulas de desvío duales para la redundancia. En estos modelos, las válvulas de desvío y las bombas se seleccionan manualmente usando los interruptores selectores en el panel de control y colocando las válvulas de bola manuales en la posición adecuada para el dispositivo seleccionado.

## 9.3. Condiciones de funcionamiento

Los siguientes eventos ocurren durante el funcionamiento normal, es decir, el selector en línea está en la posición "En línea" y no hay alarmas:

- La válvula de entrada permanece abierta cuando no hay alarmas;
- La alimentación de la caldera está "ENCENDIDA" cuando no hay alarmas;
- El calor de la caldera se enciende mientras la caldera está encendida;
- La bomba funciona continuamente, después de ser colocada en "Fuera de línea" (predeterminado: 60 segundos);
- La válvula de desvío de agua está preestablecida para abrirse durante el calentamiento (predeterminado: 100 %), después de lo cual el PLC controla la posición de la válvula;
- Si la temperatura del gas cae por debajo de un valor preestablecido (predeterminado: 10°C/50°F), la válvula desviadora de agua se abre completamente (100%). Esta acción envía toda el agua caliente disponible al intercambiador de calor;
- Si la temperatura del gas sube por encima de un valor preestablecido (predeterminado: 40°C/104°F), la válvula desviadora de agua se cierra (0%). Esta acción evita que el agua caliente llegue al intercambiador de

calor;

- Si la válvula desviadora de agua se cierra durante un período preestablecido (predeterminado: 5 min), la calefacción de la caldera se apaga.

La caldera autorregula la temperatura del agua encendiendo/apagando el calor. Sin embargo, se apaga automáticamente por cualquiera de los siguientes eventos:

- Advertencia de Bomba O / L
- Advertencia de flujo de agua bajo
- Advertencia de temperatura alta del gas
- Desviador de agua abierta demasiado tiempo.

## 9.4. Alarmas y advertencias

Cuando cualquiera de los sensores PRS señala una condición de falla al PLC, el PRS se apaga. Se enciende un indicador de alarma rojo en el panel de control y en el patín PRS.

Después de que el PLC registra una alarma, el PRS no puede funcionar hasta que se haya corregido la condición de falla y se haya reiniciado el panel de control del PRS. Incluso si la condición de alarma desaparece, las luces indicadoras permanecen iluminadas hasta que el panel de control se restablece manualmente.

Para restablecer todas las alarmas, primero asegúrese de que se hayan corregido todas las condiciones de alarma. Luego, presione el botón verde de reinicio en el panel de control. El PRS vuelve al funcionamiento normal. Si las condiciones de alarma no se han eliminado correctamente, la alarma vuelve a aparecer en la pantalla.

**NOTA 1:** Las advertencias no son alarmas; se muestran en la pantalla y pueden detener ciertas partes del sistema. Sin embargo, no detienen todo el sistema PRS.

**NOTA 2:** Las alarmas de baja temperatura del gas se ignoran durante el modo de calentamiento. Esto le da tiempo a la caldera para subir la temperatura del agua por encima del valor de alarma para que se pueda reanudar el funcionamiento.

### 9.4.1. Lista de alarmas

ELEMENTO	CAUSA	DISPOSITIVO	PREDETERMINADO	RETRASO
Error de E/S del	PLC Error o falla interna del PLC	na	na	na
Falla del PT de entrada/salida	Transmisor de presión fuera de rango o cable roto	4-20 ma	na	na
Falla de temperatura de gas (descarga o HX)	Termopar fuera de o cable roto	Termopar	na	na

ELEMENTO	CAUSA	DISPOSITIVO	PREDETERMINADO	RETRASO
Temperatura de gas baja (descarga)	La temperatura de gas es inferior al punto de ajuste	termopar de	ajuste 23F (-5C) -4F (-15C)	5 min 20 seg
Temperatura de gas baja (HX)	La temperatura de gas es inferior al punto de ajuste	termopar de	ajuste 59F ( 15C) 32F (0C)	5 min 20 seg
Fallo de PRV (alta presión) La presión de	La presión de salida sube por encima del punto de ajuste	PT	ajuste170 psi	2 seg
Presión de entrada alta Presión de	La presión de entrada por encima del punto de ajuste	PT	3750	0,5 seg
Uno o más PTS no escalados	Algunos transmisores de presión no están escalados	PT	na	na
ESD apretado	Se presiona el botón ESD	interruptor	na	0,5 s

na = no aplicable

#### 9.4.2. Lista de advertencias

ELEMENTO	CAUSA	DISPOSITIVO	PREDETERMINADO	RETARDO
Advertencia Error matemático del PLC Error	error matemático interno del PLC	PLC PLC	na	1 s
Advertencia bomba n.º 1 O/L	Demasiada corriente del motor o O/L en la posición APAGADA	O/L	en el dispositivo	na
Advertencia bajo flujo de agua	Flujo de agua bajo o nulo (durante el funcionamiento)	interruptor de flujo	na	60 s
Advertencia de temperatura de gas baja	Si la temperatura de gas es inferior al punto de ajuste	termopar de ajuste	32F (0C)	1 s
Advertencia de temperatura de gas alta	Si la temperatura de gas es superior al punto de ajuste	termopar de ajuste	131F (55C)	1 s

na = no aplicable

#### 9.5. Historial de alarmas

La pantalla del historial de alarmas muestra las últimas 20 alarmas que se han producido.

Se almacenan en el PLC, se marcan con fecha y hora y no se pueden borrar.

Utilice los botones "Próxima pantalla" y "Pantalla anterior" para desplazarse por la lista completa.

La alarma más nueva se coloca en la parte superior de la página uno, lo que obliga a la alarma más antigua a salir de la lista.

ALARM HISTORY (Page 1)					
M	D	H	M	S	DESCRIPTION
6	2	22	13	45	ESD PUSHED

NEXT SCREEN MAIN MENU

## 9.6. Detención de la operación

Para detener el sistema PRS, coloque cualquiera de los interruptores En línea/Fuera de línea en la posición "Fuera de línea". La caldera se apaga y la válvula de entrada se cierra inmediatamente. La bomba funciona durante un tiempo predeterminado antes de detenerse.

Las alarmas del sistema también detienen todo el sistema PRS. Sin embargo, estas alarmas hacen que la bomba se detenga inmediatamente.

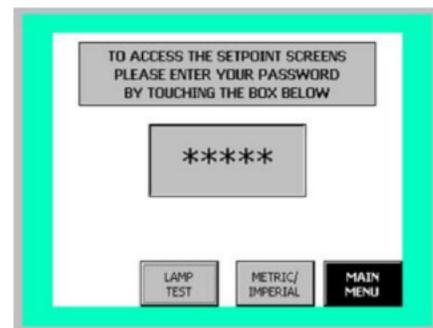
## 9.7. Puntos de referencia

	<p><b>¡ADVERTENCIA!</b> El ajuste incorrecto del punto de ajuste puede resultar en una operación errática, que puede provocar daños al sistema. Solo se debe permitir que personal capacitado y autorizado altere los puntos de ajuste!</p>
---	---

Cuando se presiona el botón "SET POINT SCREENS", se muestra la pantalla de contraseña.

Al tocar el cuadro de entrada de la contraseña, se muestra un teclado numérico. Ingrese la contraseña adecuada y presione la flecha de retorno.

Cuando se ingresa la contraseña correcta, se muestra la primera página de Puntos de ajuste.

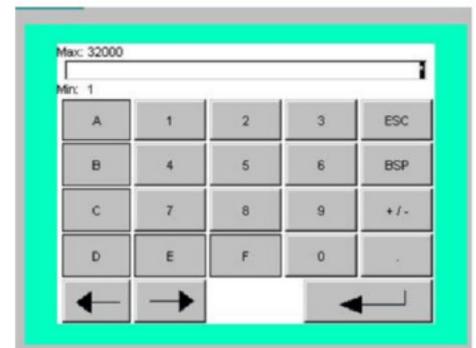


### 9.7.1. Modificación de los Puntos de ajuste

**NOTA:** Los puntos de ajuste solo se muestran e ingresan en unidades imperiales (PSI, °F).

Use los botones "PANTALLA SIGUIENTE" y "PANTALLA ANTERIOR" para navegar a través de las pantallas de puntos de ajuste. Para modificar los puntos de ajuste:

- Toque el punto de ajuste deseado. Se muestra el teclado numérico;
- Introduzca el nuevo valor. El nuevo valor debe estar dentro de los valores mínimo y máximo mostrados;
- Presione la flecha Regresar para confirmar. Una vez que el nuevo valor se muestra, se ha aceptado;
- Vaya a la PANTALLA SIGUIENTE hasta que aparezca la última pantalla. Esta pantalla da la opción de cargar todas las configuraciones predeterminadas de fábrica.



El botón "YES LOAD DEFAULT SETPOINTS" carga todos los puntos de configuración predeterminados de fábrica, sobrescribiendo todos los puntos de ajuste previamente modificados con el valor que se muestra en la columna predeterminada.

La columna SETPOINT muestra el valor que el PLC está utilizando actualmente.

La columna DEFAULT es el valor establecido en fábrica.

UNIT 1 SCALING:	SETPOINT	DEFAULT
SCALE INLET PT:	0 PSI	5000
SCALE OUTLET PT:	0 PSI	200
WARMUP TIME:	0 SEC	180

CHANGE PASSWORD    NEXT SCREEN    MAIN MENU

## 9.8. Pantalla Misc

La pantalla Misc (varios) se utiliza para cambiar la hora, la fecha y los parámetros de visualización de la pantalla.

Para cambiar la fecha, seleccione el botón MISC en la pantalla principal e ingrese los valores deseados, seguido de la flecha de retorno. La pantalla y el PLC se sincronizan en cinco segundos.

El botón PROGRAM SCREEN apaga la pantalla de control del sistema y abre sus propias funciones de configuración.

UNIT 1 SCALING:	SETPOINT	DEFAULT
SCALE INLET PT:	0 PSI	5000
SCALE OUTLET PT:	0 PSI	200
WARMUP TIME:	0 SEC	180

CHANGE PASSWORD    NEXT SCREEN    MAIN MENU

**NOTA:** No intente cambiar estos parámetros a menos que esté completamente calificado para hacerlo. Puede resultar en la pérdida de formato de pantalla. Puede ser necesario restablecer los valores de fábrica.

## 10. Equipo opcional

### 10.1. Monitor de voltaje

Se puede instalar un monitor de voltaje como parte del sistema de control para garantizar que los módulos eléctricos PRS reciban el voltaje correcto para su funcionamiento.

El monitor de voltaje está configurado para disparar una alarma cuando el voltaje de la línea sube por encima o cae por debajo del 10% del voltaje nominal. También monitorea la pérdida de fase y la rotación de fase.

En caso de caída de voltaje, pérdida de fase o cambio de rotación de fase:

- Se genera una alarma o advertencia del sistema y el PRS puede detenerse (dependiendo de la unidad);
- El operador debe asegurarse de que el voltaje del sistema vuelva a la normalidad antes de reiniciar el sistema. Es posible que sea necesario restablecer manualmente el monitor de voltaje/fase (dependiendo de la unidad);
- El operador debe reconocer la alarma presionando el botón de reinicio, devolviendo el sistema a la condición en línea (si se ha detenido).

**NOTA:** Se pueden producir daños graves si se produce un evento de voltaje o fase mientras el monitor no está presente, ha sido eliminado o anulado.

## 10.2. Fuente de alimentación ininterrumpida (UPS)

Se recomienda un UPS para el circuito PLC, ESD y la electrónica del dispensador. Si no se compra a IMW, cualquier UPS instalado debe cumplir con las especificaciones de IMW.

**NOTA:** No conecte dispositivos adicionales al UPS sin consultar a un representante de IMW.

El SAI se utiliza para proporcionar energía limpia a todos los circuitos del surtidor y del PLC. En caso de un corte de energía, evita que estos dispositivos se apaguen inesperadamente.

### 10.2.1. Requisitos mínimos del UPS

Cualquier UPS suministrado por el cliente debe cumplir o superar los siguientes requisitos:

entrada	salida
Potencia de(según las especificaciones del sistema), por ejemplo: 1500 KVAa	Regulación de voltaje: $\pm 2\%$ (117,6-122,4/215,6-224,4 V CA60)
Frecuencia: 50 Hz oHz	onda de salida: Onda sinusoidal
Ventana de frecuencia: 45-65 Hz	Regulación de: $\pm 0,25$ Hz (batería o modo de marcha libre)
Ventana de sincronización: $\pm 3$ Hz	Distorsión-TDH: <3% Carga lineal, <5% Carga no lineal
Factor de potencia (cos $\varphi$ ): 0,97	Respuesta transitoria: 4 % (cambio de carga del 100 %)
	Capacidad de sobrecarga: 125 % durante 1 min/150 % 10 s
	Factor de cresta: 3:1
	Eficiencia: >86 %por el

Los sistemas UPS suministrados por cliente también deben proporcionar protección contra:

- Cortocircuito de salida
- Voltaje anormal
- Frecuencia anormal
- I/O Ruido

- I/O Picos y transitorios
- Drenaje completo de la batería

### 10.2.2 Instalación del UPS

Los paneles de control IMW están diseñados para soportar los sistemas UPS y se suministran con terminales de interconexión estándar para permitir para facilitar la instalación

Un panel de control IMW típico tiene una fila vertical de terminales rojos, incluidos

- terminales etiquetados como '100', 'N', 'X1' y 'X2';
- etiqueta junto a los terminales '100' y 'N' que dice “De UPS”;
- etiqueta al lado de 'X1' y 'X2' que dice “To UPS”.

Si la energía de entrada para el UPS proviene del panel de control IMW, los terminales utilizados son 'X1' y 'X2'.

Si la energía proviene de un suministro externo, el cliente debe asegurarse de que, independientemente del voltaje de entrada, el voltaje de salida sea de 120 voltios. La salida del SAI debe terminar en los terminales '100' y 'N'.

Si el panel de control IMW viene con un receptáculo y un cable eléctrico en el costado del gabinete, el UPS se debe enchufar directamente.

**NOTA:** Si el UPS es suministrado por IMW, el fabricante del UPS recomienda cargarlo durante 4 horas antes de la operación.

### 10.2.3. Opciones adicionales

Otras opciones disponibles para el sistema de reducción de presión son:

- Sistema redundante
- Interruptor sísmico
- Alarma de exceso de flujo de gas
- Motor de bomba
- Válvulas desviadoras redundantes (conmutación manual)
- Detector de gas HMS
- Termopar o lectura de temperatura de 4-20 mA

# 11. Mantenimiento y solución de problemas

## 11.1. Elementos de interés de mantenimiento

### 11.1.1. Filtro de entrada

**NOTA:** Todas las recomendaciones de filtros e instalación de tuberías asumen el suministro de **gas natural dulce, seco y limpio**. El gas natural contaminado o de baja calidad puede dañar rápidamente los elementos del filtro y otros componentes. Puede ser necesario un filtro de separación de entrada adicional.

El filtro de entrada proporciona la eliminación de partículas del gas de entrada y también funciona como una trampa de condensado. Requiere drenaje cada 2 semanas.

Para drenar el filtro de entrada:

1. Apague el sistema;
2. Abra la válvula de drenaje del filtro de entrada en la parte inferior de la carcasa del filtro o el cabezal de ventilación y permita que los condensados recolectados se drenen en el cabezal de ventilación;
3. Cierre la válvula de drenaje del filtro de entrada y reinicie el compresor.

Después de la puesta en marcha, el filtro debe ser cambiado de acuerdo con el siguiente cronograma:

- Primera fase: 25 horas después de la puesta en marcha y puesta en marcha de la estación compresora;
- Segunda fase: cada 50 horas de funcionamiento hasta 475 horas después de la puesta en marcha;
- Tercera fase: cada 1000 horas como parte de un programa de servicio y mantenimiento programado.

### 11.1.2. Transmisores de presión

Los transmisores de presión se instalan en la entrada y descarga del PRM. Ambos transmiten señales al PLC, que compara la señal de un transmisor de presión con un punto de ajuste de presión alta y baja, apagando el PRS cuando se exceden los puntos de ajuste.

Se recomienda probar periódicamente todos los puntos de ajuste para el apagado correcto del PRS, de acuerdo con el programa de mantenimiento preventivo.

### 11.1.3. Intercambiador de calor de carcasa y tubos

El recipiente transfiere calor de un fluido a otro. Esto se logra aumentando el área de contacto efectivo entre el gas natural y el refrigerante. El resultado es que un fluido se calienta (gas) mientras que el otro fluido (mezcla de agua y glicol) se enfría. La carcasa de los intercambiadores de calor se debe enjuagar con agua dulce y proporcionar una nueva mezcla de agua/glicol 50/50 anualmente para evitar la corrosión y proporcionar lubricación a los componentes de los recipientes.

#### 11.1.4. Caldera

La caldera calienta una mezcla 50/50 de agua y glicol, que funciona en un circuito cerrado hacia los intercambiadores de calor de carcasa y tubos.

La caldera también tiene una entrada de suministro de agua externa para reponer automáticamente el sistema, desde el sistema de reposición de agua/glicol compensando las pérdidas por evaporación y pequeñas fugas. La presión del agua en este punto siempre debe estar entre 12 y 15 PSI. También se puede agregar agua en este punto usando una bomba manual y un tambor.

Para obtener instrucciones de mantenimiento detalladas, consulte el **documento OEM**, incluida en este paquete de documentación

#### 11.1.5. Válvulas de alivio

Las válvulas de alivio brindan protección contra sobrepresión a los componentes presurizados del PRS, como tuberías, válvulas, filtros y accesorios.

Aunque el sistema está protegido por interruptores de presión en todas sus etapas, en el improbable caso de que falle un sensor de enclavamiento o un control eléctrico, las válvulas de alivio ventilan de manera segura el gas sobrepresurizado. Cada puerto de descarga de la válvula de alivio se conecta directamente a la atmósfera oa través de un cabezal de ventilación, lo que ventila el gas a una altura segura.

Las válvulas de alivio se ajustan y prueban para ventilar el gas a un ajuste de presión preciso determinado por las presiones máximas de trabajo de los componentes que protegen.

#### ¡ADVERTENCIA!



Se recomienda quitar y probar todas las válvulas de alivio de presión CADA TRES AÑOS por un taller certificado de pruebas de válvulas de alivio, según los códigos y estándares de seguridad locales.

Si una válvula no descarga a su presión nominal, DEBE repararse o reemplazarse.

#### ¡Peligro!



Mientras se ha quitado una válvula de alivio:

- *¡No inicie el sistema!*
- *¡ Mantenga todas las áreas del sistema de control bloqueadas!*

• *¡No tape ni obstruya el puerto de la válvula de alivio!*

#### 11.1.6. Cabezal de ventilación

Un cabezal de ventilación es un colector que puede conducir algunas descargas de válvulas de alivio para una ventilación segura a la atmósfera. La parte inferior del cabezal de ventilación también es un colector común para todos los condensados drenados de los filtros. El cabezal de ventilación debe drenarse cada 2 semanas

abriendo la válvula de bola de drenaje ubicada en la base del cabezal.

### 11.1.7. Interruptor de corte por bajo flujo de agua

El bajo flujo de agua está montado en el HCM, antes de la bomba y monitorea el flujo de agua. En el caso de una falla en el sistema de calefacción que provoque un flujo de agua insuficiente, la caldera se apaga de manera segura a través de una condición de alarma generada por PLC.

El interruptor de corte por bajo caudal de agua debe comprobarse para el correcto funcionamiento de apagado de la caldera cada 1000 horas de funcionamiento. En algunos lugares, se agrega al sistema un interruptor adicional de bajo nivel de agua para cumplir con el código local.

### 11.1.8. Filtro

El filtro asegura que no entren sólidos en la bomba. El colador debe abrirse y limpiarse cada 2 semanas.

### 11.1.9. Bomba

La bomba hace circular una mezcla de agua y glicol (en una proporción de 50/50) en un circuito cerrado hacia los intercambiadores de calor de carcasa y tubos. La dirección de rotación debe verificarse cuando se inicia por primera vez o se reemplaza la bomba. Asegúrese de que gira en la misma dirección que indica la flecha en su cuerpo.

Se requiere que el motor de la bomba tenga sus cojinetes lubricados como parte de un programa de mantenimiento y servicio programado. Los intervalos de lubricación varían según las condiciones de funcionamiento a las que está sujeto el motor. Las condiciones ideales de funcionamiento se describirían como un entorno limpio (sin polvo), temperatura ambiente inferior a 40°C y un máximo de 8 horas de funcionamiento al día. Si las condiciones de funcionamiento existentes son más severas, se debe aumentar la frecuencia de lubricación, de acuerdo con la tabla a continuación.

Severidad	Horas/día	Temperatura ambiente	Contaminación atmosférica
Estándar	8	40°C	Limpio, poca corrosión
Severo	16+	50°C	Suciedad moderada, corrosión
Extrema	16+	>50°C	Suciedad severa, polvo abrasivo, corrosión,

### 11.2. Programa de mantenimiento preventivo (PM)

Elementos de mantenimiento recomendado	Quincenal	mensual	500 horas o 6 meses	1000 h	1500 horas o 1 año	2000 horas o 1 año	3000 h	5000 h	10000 h	20000 h	40000 h
Recorrido del Sistema	●										
comprobación del indicador de nivel de agua del tanque de relleno	●										
colador	●										
filtros de drenaje	●										
cabecera drenaje de cabezal de ventilación	●										
Bomba de agua		●									
válvula de cierre de agua baja		●									
Cambie los elementos del filtro					●						
Enjuague/reemplace el refrigerante					●						
Retire/pruebe las válvulas de alivio						●					

### 11.3. Recomendación de torque

- Intercambiador de calor: 108 NM (80 lb-ft);
- Todos los demás pernos deben seguir la especificación general de torque para tamaño y material;
- LOS equipos y piezas OEM, como reguladores, válvulas y bridas, deben seguir las especificaciones del fabricante

### 11.4. Plantilla de registros de mantenimiento

Utilice la plantilla de registro de mantenimiento en la página siguiente para registrar todas las intervenciones



## 11.5. Procedimiento de pedido de piezas

### 11.5.1. Piezas en garantía

Para enviar piezas en garantía, IMW necesita validar la información sobre las piezas que se reemplazarán y el equipo donde se utilizan las piezas. Cuando se comunique con IMW, tenga a mano la siguiente información:

- Nombre de la pieza (o descripción) y número de pieza (consulte los dibujos y esquemas);
- Número de serie del equipo;
- Lectura de horómetros de equipos;
- Breve descripción que indique cómo falló la pieza y/o por qué la pieza necesita ser reemplazada;
- Una dirección clara y completa a donde se enviará la nueva pieza;
- El nombre y número de teléfono de al menos una persona plenamente consciente del reclamo de garantía. Un correo electrónico con esta información al departamento de ([posventaaftermarket@imw.ca](mailto:posventaaftermarket@imw.ca)) es suficiente para iniciar el proceso. Después de que IMW confirme el reclamo de garantía, puede enviar una pieza de reemplazo de inmediato.

En caso de duda sobre el reclamo de garantía, pero la situación se considera urgente, IMW puede enviar un reemplazo de inmediato. Sin embargo, IMW requiere que el cliente emita una Orden de Compra.

IMW también puede solicitar que la parte antigua se envíe a la sede de IMW, oa una de sus oficinas o agentes. En este caso, IMW genera un número **RMA (Autorización de devolución de material)** y proporciona instrucciones claras sobre dónde y cómo enviar la pieza.

**NOTA:** ¡No envíe la pieza hasta que haya recibido el número RMA!

Solo después de evaluar la pieza recibida, se puede otorgar una garantía total.

Si la pieza vieja no se recibe dentro de los 30 días, o si la pieza recibida no se considera un caso de garantía, se genera una factura con cargo a la pieza enviada.

Este proceso es el mismo para una o más partes, siempre que el proceso se inicie como un solo reclamo.

### 11.5.2. Piezas fuera de garantía

El procedimiento para enviar las piezas de repuesto compradas es similar al procedimiento anterior. Cuando se comunique con IMW, tenga a mano la siguiente información:

- Nombre de la pieza (o descripción) y número de pieza (consulte los dibujos y esquemas);
- Número de serie del equipo;
- Lectura del *horómetro del equipo (Opcional. Sólo para fines estadísticos)*;

- Una dirección clara y completa a donde se enviará la nueva pieza;
- El nombre y número de teléfono de al menos una persona plenamente consciente de la orden.

Un correo electrónico con esta información al departamento de([posventaaftermarket@imw.ca](mailto:posventaaftermarket@imw.ca)) es suficiente para iniciar el proceso. Al recibir la solicitud, IMW genera una cotización formal y proporciona una fecha estimada de entrega.

Una vez que se confirma la cotización mediante una orden de compra, se programa el envío de la pieza y se informa al contacto de todos los detalles del envío.

Es posible que una pieza defectuosa, como una CPU o una válvula, pueda ser restaurada por IMW o por el fabricante OEM y, por lo tanto, tenga un valor central. En este caso, IMW solicita la devolución de la pieza vieja, analiza su estado y emite un crédito al cliente por el valor estimado del núcleo.

Los resultados de la evaluación de IMW son finales y no negociables.

### **11.5.3. Soporte técnico y llamadas de servicio de campo**

La respuesta y los costos del soporte técnico varían mucho de una región a otra.

Comuníquese con el departamento de IMW Industries ([posventa deaftermarket@imw.ca](mailto:posventa deaftermarket@imw.ca)) para obtener información sobre los servicios en su área.

## **CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO**

**Nombre del cliente:** IMW INDUSTRIES LTD  
43676 PROGRESS WAY CHILLIWACK BC V2R 0C3 CANADÁ

**Número de orden decliente:** compra delPO1012670

**Descripción del artículo:** Cant.: (6) 81-12151V37G11 ¾" MACHO X 1" HEMBRA  
Serie 8100 Número(s) de serie 887554 - 887559 Ajuste a 150 psi PN del cliente  
Capacidad SCFM Aire 557

**Número de kit de reparación:** 11V1G11

**Número de orden de venta de válvula Mercer:** AN492

**Número de orden de trabajo de válvula Mercer:** AN492-6

**Instrucciones de ajuste de válvula:**

**Presión de ajuste:** 150 psi

**Tolerancia de presión de ajuste:** 3%

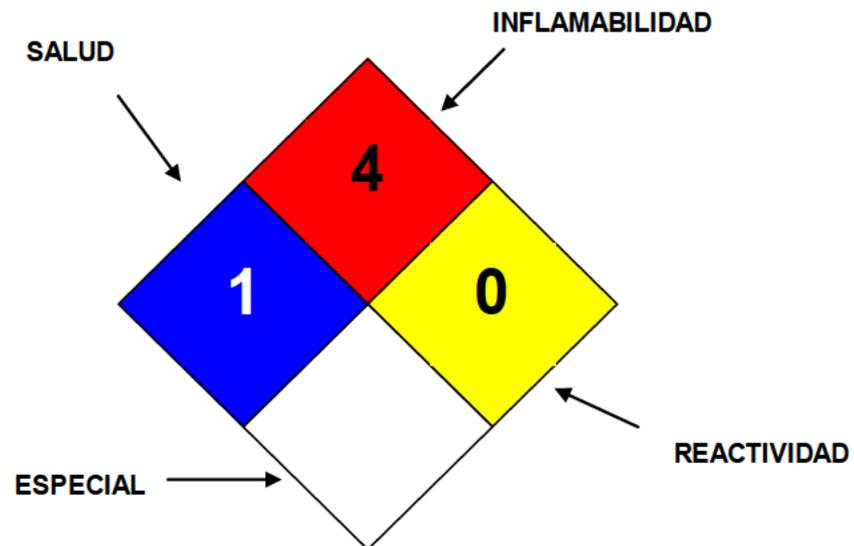
**Medio de prueba:** Aire

Esto certifica que las válvulas compradas en el número de orden de venta anterior se construyeron según la sección VIII, División 1 de ASME Código de caldera y recipiente a presión indicado por UV en la placa de identificación.

# ANEXO 1.4

## Hoja de Datos de Seguridad

### Rombo de Clasificación de Riesgos



**GRADOS DE RIESGO:**

- 4. MUY ALTO
- 3. ALTO
- 2. MODERADO
- 1. LIGERO
- 0. MINIMO



## HOJA DE SEGURIDAD GAS NATURAL

### 1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

Hoja de Seguridad No: HDS-DGQ-001

Nombre del Producto: Gas Natural

Nombre Químico: Metano

Familia Química: Hidrocarburos del Petróleo

Fórmula Molecular: Mezcla (CH<sub>4</sub>+ C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>+ C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)

Sinónimos: Gas natural licuado, gas natural comprimido, gas de los pantanos, grisú, hidruro de metilo, Liquefied Natural Gas (LNG)

### 2. COMPOSICION E INFORMACION DE LOS COMPONENTES

<b>MATERIAL</b>	<b>%</b>	<b>Número CAS (Chemical Abstracts Service)</b>	<b>LEP (Límite de Exposición Permisible)</b>
<b>Gas Natural (Metano)</b>	<b>89</b>	<b>74-82-8</b>	<b>Asfixiante Simple</b>
<b>Etano</b>	<b>5</b>		
<b>Propano</b>	<b>1</b>		
<b>Etil Mercaptano</b>	<b>17-28 ppm</b>		<b>Odorífico</b>

El CAS del Etil Mercaptano es 75-08-01 y el ACGIH TLV: 0.5 ppm

### 3. IDENTIFICACION DE RIESGOS

**HR: 3**

(HR = Clasificación de Riesgo, 1 = Bajo, 2 = Mediano, 3 = Alto).

El gas natural es más ligero que el aire (su densidad relativa es 0.61, aire = 1.0) y a pesar de sus altos niveles de inflamabilidad y explosividad, las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas en el aire.



## HOJA DE SEGURIDAD GAS NATURAL

Esta característica permite su preferencia y explica su uso cada vez más generalizado en instalaciones domésticas e industriales y como carburante en motores de combustión interna. Presenta además ventajas ecológicas ya que al quemarse produce bajos índices de contaminación, en comparación con otros combustibles.

### ***SITUACION DE EMERGENCIA***

**Gas altamente inflamable. Deberá mantenerse alejado de fuentes de ignición, chispas, flama y calor.**

Las conexiones eléctricas domésticas o carentes de clasificación son las fuentes de ignición más comunes. Debe manejarse a la intemperie ó en sitios abiertos a la atmósfera para conseguir la inmediata disipación de posibles fugas. Se deberá evitar el manejo del gas natural en espacios confinados ya que desplaza al oxígeno disponible para respirar. Su olor característico, por el odorífico utilizado, puede advertirnos de la presencia de gas en el ambiente; sin embargo, el sentido del olfato se perturba, a tal grado, que es incapaz de alertarnos cuando existan concentraciones potencialmente peligrosas.

### ***EFECTOS POTENCIALES PARA LA SALUD***

El gas natural no tiene color, sabor, ni olor, por lo que es necesario administrar un odorífico para advertir su presencia en caso de fuga.

---

## **4. PRIMEROS AUXILIOS**

---

**Ojos:** El gas natural licuado puede salpicar a los ojos provocando un severo congelamiento del tejido, irritación, dolor y lagrimeo. Aplique, con mucho cuidado, agua tibia en el ojo afectado. Solicite atención médica. Deberá manejarse con precaución el gas natural cuando esta comprimido ya que una fuga provocaría lesiones por la presión contenida en los cilindros.

**Piel:** Al salpicar el gas natural licuado sobre la piel provoca quemaduras por frío, similares al congelamiento. Mojar el área afectada con agua tibia o irrigar con agua corriente. No use agua caliente. Quítese los zapatos o la ropa y impregnada. Solicite atención médica.

**Inhalación:** No deberá exponerse a altas concentraciones de gas, en caso de lesionados, aléjelos del área contaminada para que respiren aire fresco. Si la víctima no respira, inicie de inmediato resucitación cardiopulmonar. Si presenta dificultad para respirar, adminístrese oxígeno medicinal (solo personal calificado). Solicite atención médica inmediata. El gas natural es un asfixiante simple, que al mezclarse con el aire ambiente, desplaza al oxígeno y entonces se respira un aire deficiente en oxígeno. Los efectos de exposición prolongada pueden incluir dificultad para respirar, mareos, posibles náuseas y eventual inconsciencia.

**Ingestión:** La ingestión de este producto no es un riesgo normal

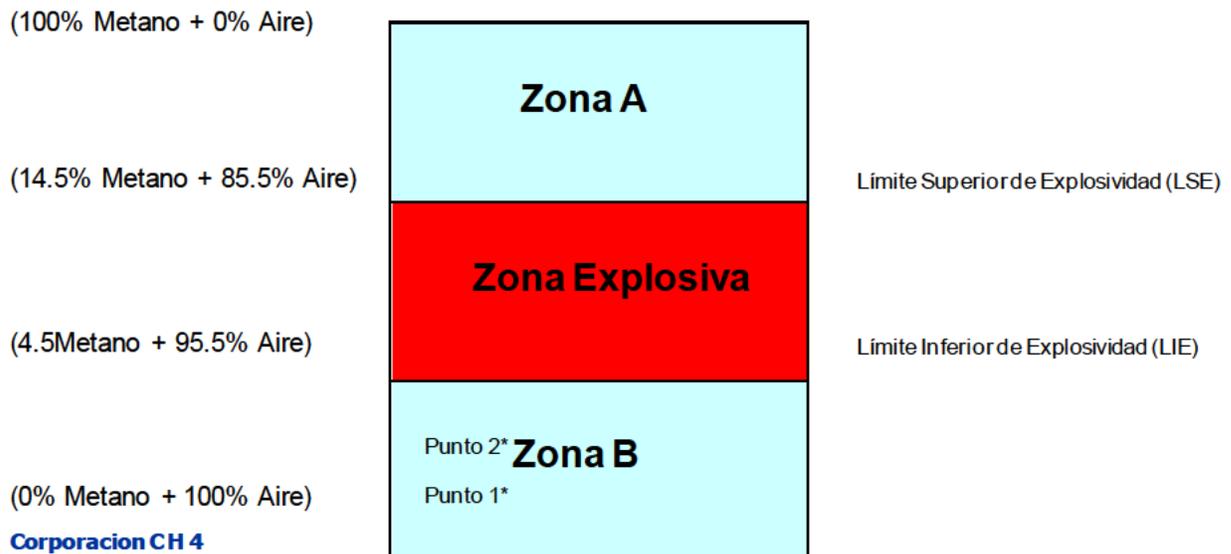
## 5. PELIGROS DE EXPLOSION E INCENDIO

Punto de Flash:	-222.0 °C	
Temperatura de Auto ignición:	650.0°C	
Límites de Explosividad:	Inferior	4.5 %
	Superior	15.0 %

**Punto de Flash:** Una sustancia con punto de flash de 38 °C o menor se considera peligrosa; entre 38 °C y 93 °C, moderadamente inflamable; mayor a 93 °C la inflamabilidad es baja (combustible). El punto de flash del gas natural (– 222.0 °C) lo hace un compuesto sumamente inflamable.

**Zonas A y B:** En condiciones ideales de homogeneidad, las mezclas de aire con menos de 4.5% y más de 15.0% de gas natural no explotarán, aún en presencia de una fuente de ignición, sin embargo, en condiciones prácticas, deberá desconfiarse de las mezclas cuyos contenidos se acerquen a la zona explosiva. En la Zona Explosiva solo se necesita una fuente de ignición para desencadenar un incendio o explosión.

### Mezcla de Aire + Gas Natural



**Calibración de las alarmas en los detectores de mezclas explosivas:**

Punto 1 = 20% del LIE.- Alarma visual y audible de presencia de gas en el ambiente.

Punto 2 = 60% del LIE.- Se deberán ejecutar acciones de bloqueo de válvulas, disparo de motores, etc., antes de llegar a la Zona Explosiva.

**Zona Explosiva.** Las mezclas del gas natural con aire en concentraciones entre 4.5% y 14.5% son explosivas, solo hará falta una fuente de ignición para que se desencadene una violenta explosión.

**Extinción de Incendios:** Polvo químico seco (púrpura K = bicarbonato de potasio, bicarbonato de sodio, fosfato monoamónico), bióxido de carbono y aspersión de agua para las áreas afectadas por el calor o circundantes. Apague el fuego bloqueando la fuente de fuga.

**Instrucciones Especiales para el Combate de Incendios:**

**a) Fuga de gas natural a la atmósfera, sin incendio**

Si esto sucede a la intemperie el gas natural se disipa fácilmente en las capas superiores de la atmósfera; contrariamente, cuando queda atrapado en la parte inferior de techumbres se forman mezclas explosivas con gran potencial para explotar, y explotarán violentamente al encontrar una fuente de ignición. Algunas recomendaciones para evitar este supuesto escenario son:

- ❖ El gas natural o metano es más ligero que el aire y por lo tanto, las fugas ascenderán rápidamente a las capas superiores de la atmósfera, disipándose en el aire. Las techumbres deberán tener preventivamente venteos para desalojar las nubes de gas, de lo contrario, lo atraparán riesgosamente en las partes altas.

- ❖ Verificar anticipadamente por medio de pruebas y Auditorias que la integridad mecánica-eléctrica de las instalaciones está en óptimas condiciones (diseño, construcción y mantenimiento):
  - Especificaciones de tubería (válvulas, conexiones, accesorios, etc.) y prácticas internacionales de ingeniería.
  - Detectores de mezclas explosivas, calor y humo con alarmas audibles y visuales.
  - Válvulas de operación remota para aislar grandes inventarios, entradas, salidas, etc., en prevención a posibles fugas, con actuadores local y remoto en un refugio confiable.
  - Redes de agua contra incendio permanentemente presionadas, con sistemas disponibles de aspersion, hidrantes y monitores, con revisiones y pruebas frecuentes.
  - Extintores portátiles.
  
- ❖ El personal de operación, mantenimiento, seguridad y contra incendio deberá estar capacitado, adiestrado y equipado para cuidar, manejar, reparar, y atacar incendios o emergencias, que deberá demostrarse a través de simulacros operacionales (falla eléctrica, falla de aire de instrumentos, falla de agua de enfriamiento, rotura de ducto de transporte, etc.) y contra incendio.

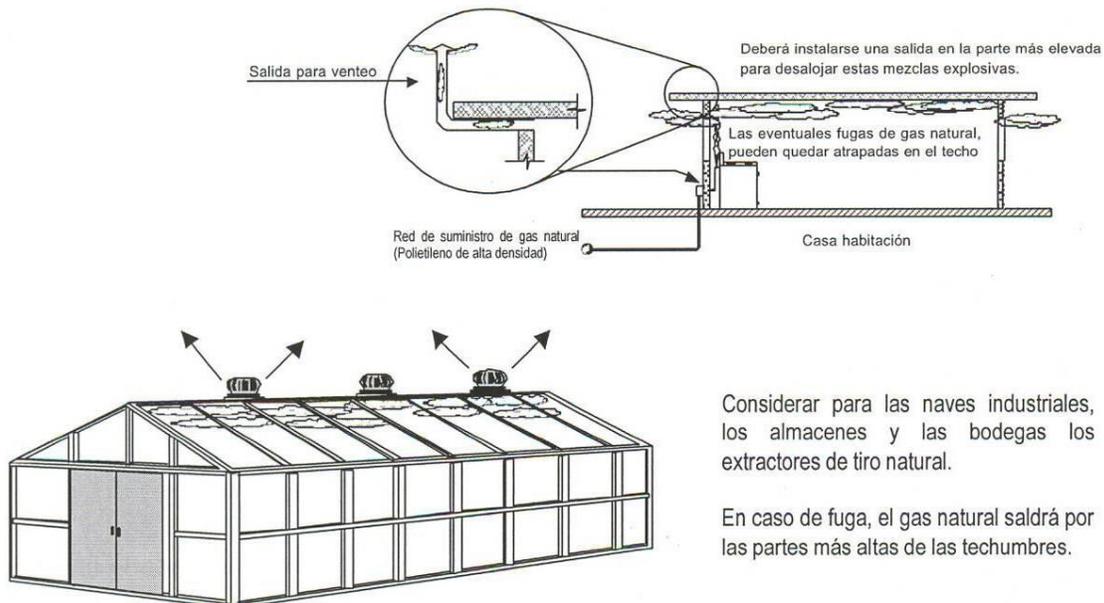
**b) Incendio de una fuga de gas natural:**

- ❖ Active el Plan de Emergencia según la magnitud del evento.
- ❖ Aún sin incendio, asegúrese que el personal utilice el equipo de protección para combate de incendios.
- ❖ Bloquee las válvulas que alimentan la fuga y proceda con los movimientos operacionales de ataque a la emergencia mientras enfría con agua las superficies

expuestas al calor, ya que el fuego, incidiendo sobre tuberías y equipos provoca daños catastróficos.

### **c) Peligro de Incendio y Explosión:**

El gas natural y las mezclas de éste con el aire ascenderán rápidamente a las capas superiores de la atmósfera; en ciertas concentraciones son explosivas. En una casa, habitación, o techumbre industrial, una fuga de gas natural asciende hacia el techo, y si ésta no tiene salida por la parte más alta, se quedará atrapada como se muestra en los dibujos (abajo), parte del gas sale por las ventanas y puertas hacia la atmósfera exterior, y otra parte se queda “atrapada” en la parte inferior del techo y en el momento en que se produzca alguna chispa (al energizar algún extractor, ventilador o el alumbrado) se producirá una violenta explosión.



---

## **6. RESPUESTA EN CASO DE FUGA**

---

### **Fuga en Espacios Abiertos:**

Proceda a bloquear las válvulas que alimentan la fuga. El gas natural se disipará fácilmente. Tenga presente la dirección del viento.

### **Fuga en Espacios Cerrados:**

Elimine precavidamente fuentes de ignición y prevenga venteos para expulsar las probables fugas que pudieran quedar atrapadas.

---

## **7. PRECAUCIONES PARA EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO**

---

Todo sistema donde se maneje gas natural debe construirse y mantenerse de acuerdo a especificaciones que aseguren la integridad mecánica y protección de daños físicos. En caso de fugas en un lugar confinado, el riesgo de incendio o explosión es muy alto.

### **Precauciones en el Manejo:**

Evite respirar altas concentraciones de gas natural. Procure la máxima ventilación para mantener las concentraciones de exposición por debajo de los límites recomendados. Nunca busque fugas con flama o cerillos. Utilice agua jabonosa o un detector electrónico de fugas.

---

## **8. CONTROLES CONTRA EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL**

---

### **Controles de Ingeniería:**

Utilice sistemas de ventilación natural en áreas confinadas, donde existan posibilidades de que se acumulen mezclas inflamables. Observe las normas eléctricas aplicables para este tipo de instalaciones.

### **Equipo de Protección Personal:**

Es obligatorio el uso del uniforme de trabajo durante toda la jornada:

- ❖ Casco: Para la protección de la cabeza contra impactos, penetración, shock eléctrico y quemaduras.
- ❖ Lentes de seguridad: Para protección frontal, lateral y superior de los ojos.
- ❖ Ropa de trabajo: Camisola manga larga y pantalón u overall de algodón 100 % y guantes de cuero.
- ❖ Botas industriales de cuero con casquillo de protección y suela anti-derrapante a prueba de aceite y químicos.
- ❖ Evite el contacto de la piel con metano en fase líquida ya que se provocarán quemaduras por congelamiento.

### **Protección Respiratoria:**

Utilizar líneas de aire comprimido con mascarilla, o aparatos auto contenidos para respiración (SCBA) ya que una mezcla aire + metano es deficiente en oxígeno y asfixiante para respirarlo. La mezcla puede ser explosiva, requiriéndose aquí, precauciones extremas, ya que al encuentra una fuente de ignición, explotará.

---

## 9. PROPIEDADES FÍSICAS / QUÍMICAS

---

Fórmula Molecular Mezcla:	<b>(CH<sub>4</sub> + C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> + C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)</b>
Peso Molecular:	<b>18.2</b>
Temperatura de Ebullición @ 1 atmósfera:	<b>-160.0 °C</b>
Temperatura de Fusión:	<b>-182.0 °C</b>
Densidad de los Vapores (Aire = 1)@15.5 °C:	<b>0.61 (Más ligero que el aire)</b>
Densidad del Líquido (Agua = 1) @ 0°/4 °C:	<b>0.554</b>
Relación de Expansión:	<b>1 lt de líquido se convierte en 600 lt de gas</b>
Solubilidad en Agua @ 20 °C:	<b>Ligeramente soluble (de 0.1 @ 1.0%)</b>
Apariencia y Color:	<b>Gas incoloro, insípido y con ligero olor a huevos podridos, por la adición de mercaptanos para detectar su presencia en caso de fugas.</b>

---

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

---

### **Estabilidad Química:**

Estable en condiciones normales de almacenamiento y manejo.

### **Condiciones a Evitar:**

Manténgalo alejado de fuentes de ignición y calor intenso ya que tiene un gran potencial de inflamabilidad, así como de oxidantes fuertes con los cuales reacciona violentamente (pentafluoruro de bromo, trifluoruro de cloro, cloro, flúor, heptafluoruro de yodo, tetrafluoroborato de dioxigenil, oxígeno líquido, ClO<sub>2</sub>, NF<sub>3</sub>, OF<sub>2</sub>).



## HOJA DE SEGURIDAD GAS NATURAL

### Productos Peligrosos de Descomposición:

Los gases o humos que produce su combustión son: bióxido de carbono y monóxido de carbono (gas tóxico).

### Peligros de Polimerización:

No polimeriza.

---

## 11. INFORMACION TOXICOLOGICA

---

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

---

## 12. INFORMACION ECOLÓGICA

---

El gas natural es un combustible limpio, los gases producto de la combustión, tienen escasos efectos adversos en la atmósfera. Sin embargo, las fugas de metano están consideradas dentro del grupo de Gases de Efecto Invernadero, causantes del fenómeno de calentamiento global de la atmósfera (con un potencial 21 veces mayor que el **CO<sub>2</sub>**). El gas natural no contiene ingredientes que destruyen la capa de ozono. Su combustión es más eficiente y limpia por lo que se considera un combustible ecológico que responde satisfactoriamente a los requerimientos del INE, SEMARNAP y la Secretaría de Energía, así como a la normatividad que entró en vigor a partir de 1998.

---

### 13. DISPOSICION DE LOS RESIDUOS

---

El gas natural no deja residuos.

---

### 14. INFORMACION SOBRE SU TRANSPORTACION

---

Nombre Comercial: Gas Natural  
Identificación: \*DOT 1971 y 1972 (Organización de Naciones Unidas)  
Clasificación de Riesgo: \*DOT Clase 2; División 2.1  
Leyenda en la etiqueta: **GAS INFLAMABLE**



\*DOT: (Departamento de Transporte de los Estados Unidos).  
1971 = Número asignado por ONU al gas natural.  
1972 = Número para gas natural licuado o refrigerado  
2 = Clasificación de Riesgo de DOT

---

### 15. REGLAMENTACIONES

---

#### Leyes, Reglamentos y Normas:

La cantidad de reporte del gas natural es de 500 kg, de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

---

## **16. INFORMACION ADICIONAL**

---

Las instalaciones, equipos, tuberías y accesorios (mangueras, válvulas, conexiones, etc.) utilizados para el almacenamiento, manejo y transporte de gas natural deben diseñarse, fabricarse y construirse de acuerdo a las normas aplicables y mantenerse herméticos para evitar fugas.

El suministro de gas natural, para quemarse en las fuentes fijas, se hace a través de ductos subterráneos de transporte y distribución. Se suministra en diferentes rangos de presión (de 4 a 32 kgf/cm) y temperatura (de 8 a 38 °C) a la industria y a las redes de distribución comercial y doméstica, donde se utiliza en:

- ❖ Generación de energía eléctrica (termoeléctricas).
- ❖ Generación de vapor.
- ❖ Calentadores de fuego directo.
- ❖ Turbo-maquinaria (turbo-compresores, turbo-bombas, turbo-sopladores).
- ❖ Estaciones distribuidoras de gas natural para carburación de motores (tractores agrícolas, automotores, camiones, etc.). Se utilizan dos sistemas: gas natural comprimido (temperatura ambiente y presión máxima de 210 kgf/cm) y gas natural licuado a 6.3 kgf/cm y temperatura de -140°C con tanques termo.
- ❖ Usos domésticos y comerciales.
- ❖ En la industria petroquímica se utiliza principalmente como materia prima para producir amoníaco, metanol, etileno, polietileno.

Se requiere que el personal que trabaja con gas natural sea entrenado apropiadamente en los procedimientos de manejo y operación, de acuerdo a las



## HOJA DE SEGURIDAD GAS NATURAL

normas aplicables. La instalación y mantenimiento de los sistemas y recipientes debe realizarse por personas calificadas y entrenadas.

### FECHA DE ELABORACION

Junio de 2005

Jesus Velazquez Aguirre

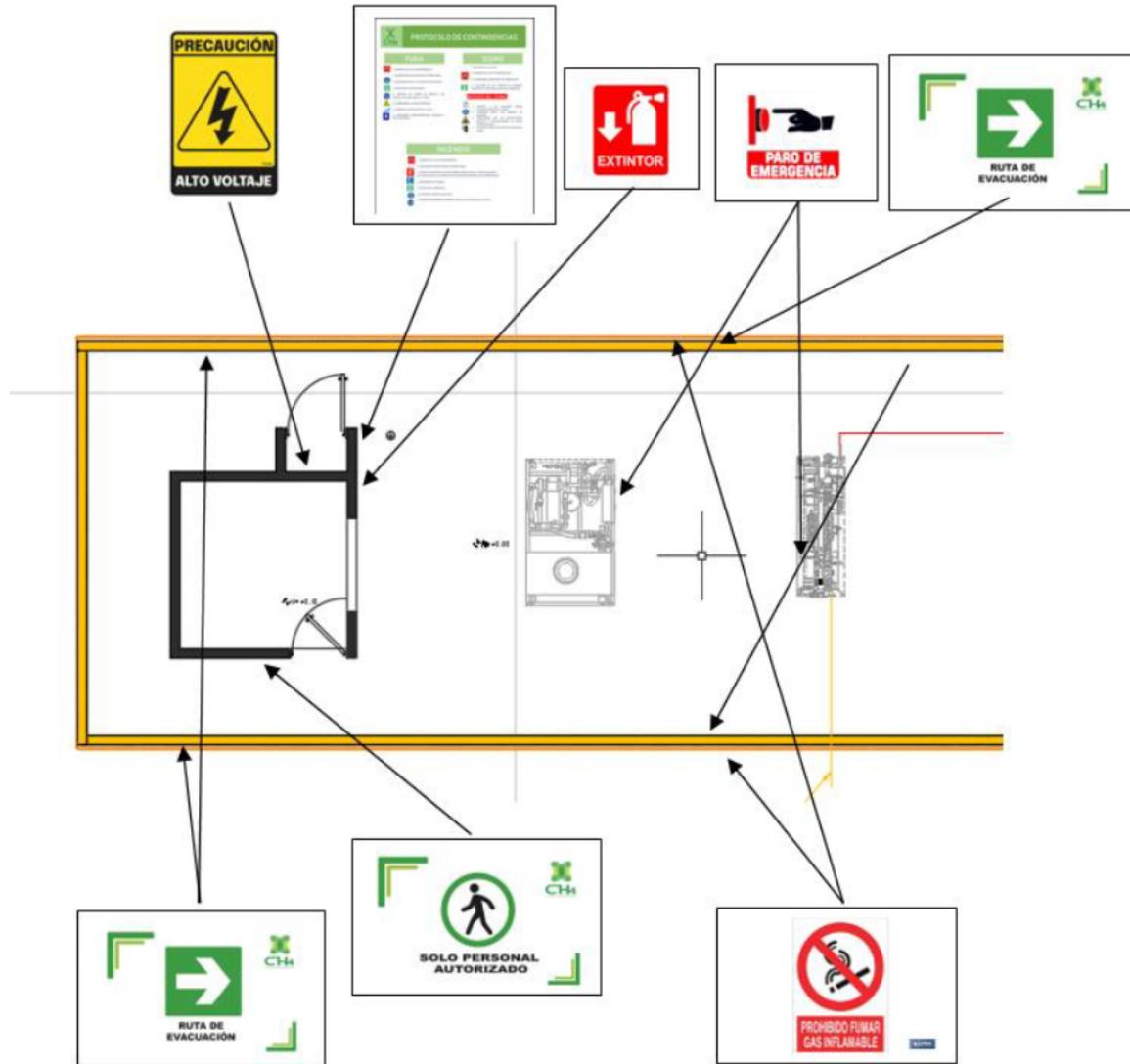
PCMASS

*La información presentada en este documento se considera verdadera a la fecha de emisión. Sin embargo, no existe garantía expresa o implícita respecto a la exactitud y totalidad de conceptos que deben incluirse, o de los resultados obtenidos en el uso de este material. Asimismo, el productor no asume ninguna responsabilidad por daños o lesiones al comprador o terceras personas por el uso indebido de este material, aún cuando se cumplan las indicaciones de seguridad expresadas en este documento, el cual se preparó sobre la base de que el comprador asume los riesgos derivados del mismo*

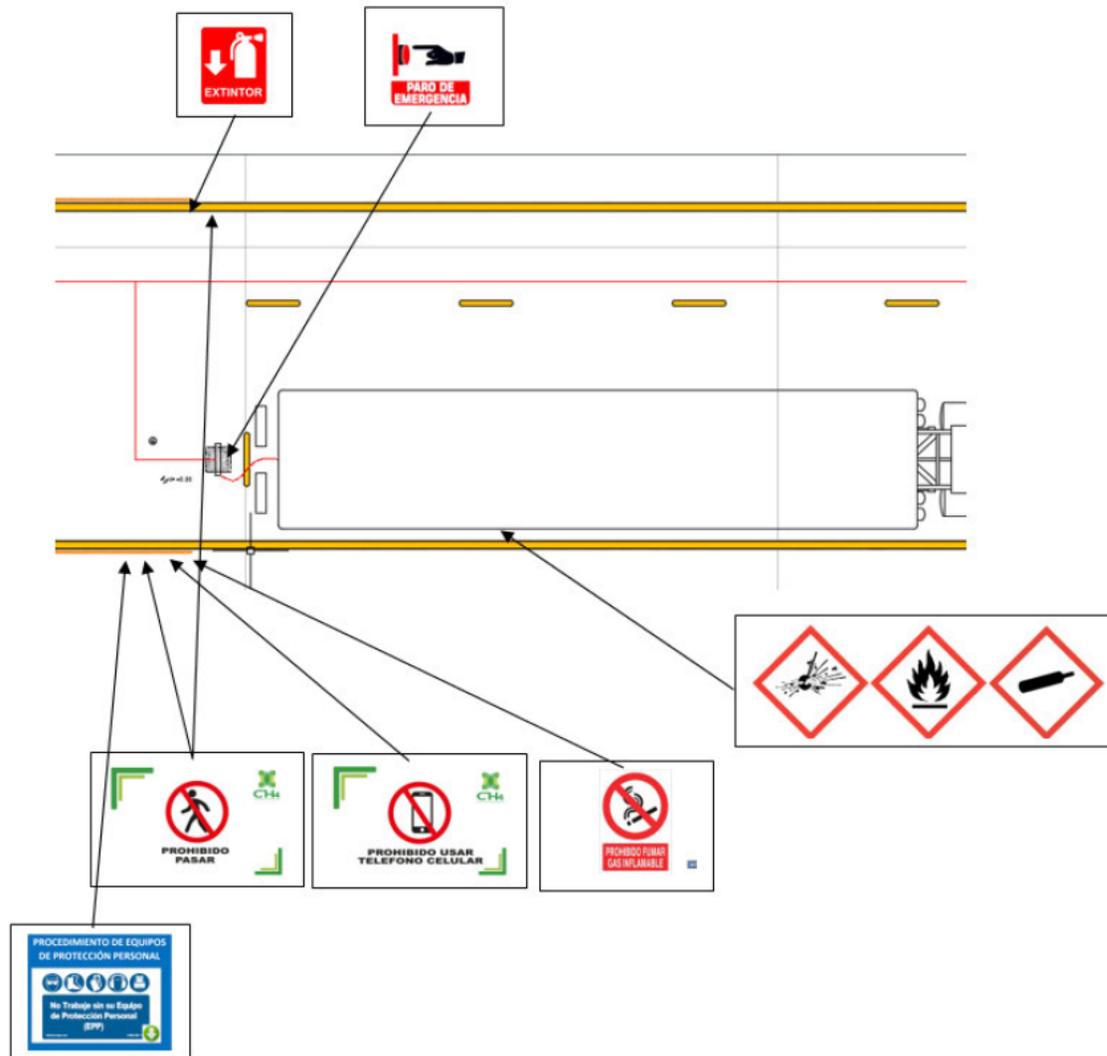
**Corporación CH 4**  
Calle Puerto San Blas S/N  
El muelle, C.P. 45680 El Salto, Jalisco.  
Tel. +52 (33) 36 88 15 25  
Tel. +52 (33) 36 88 00 36

# ANEXO 1.5

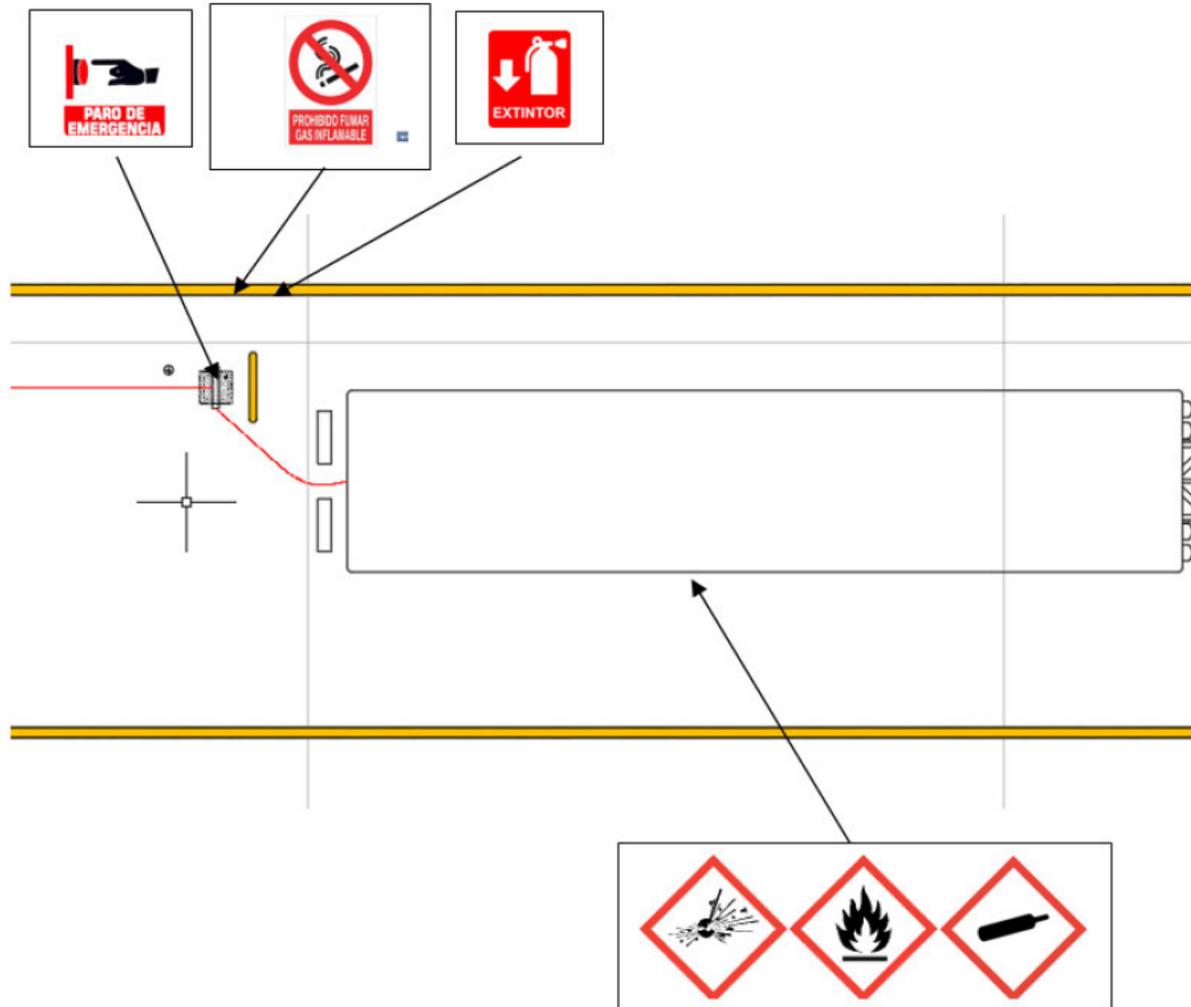
## Señales de Seguridad en la Estación de Descompresión



Ubicación de señalética en área de Descompresión y Caseta



Ubicación de señalética en área de descarga andén 1

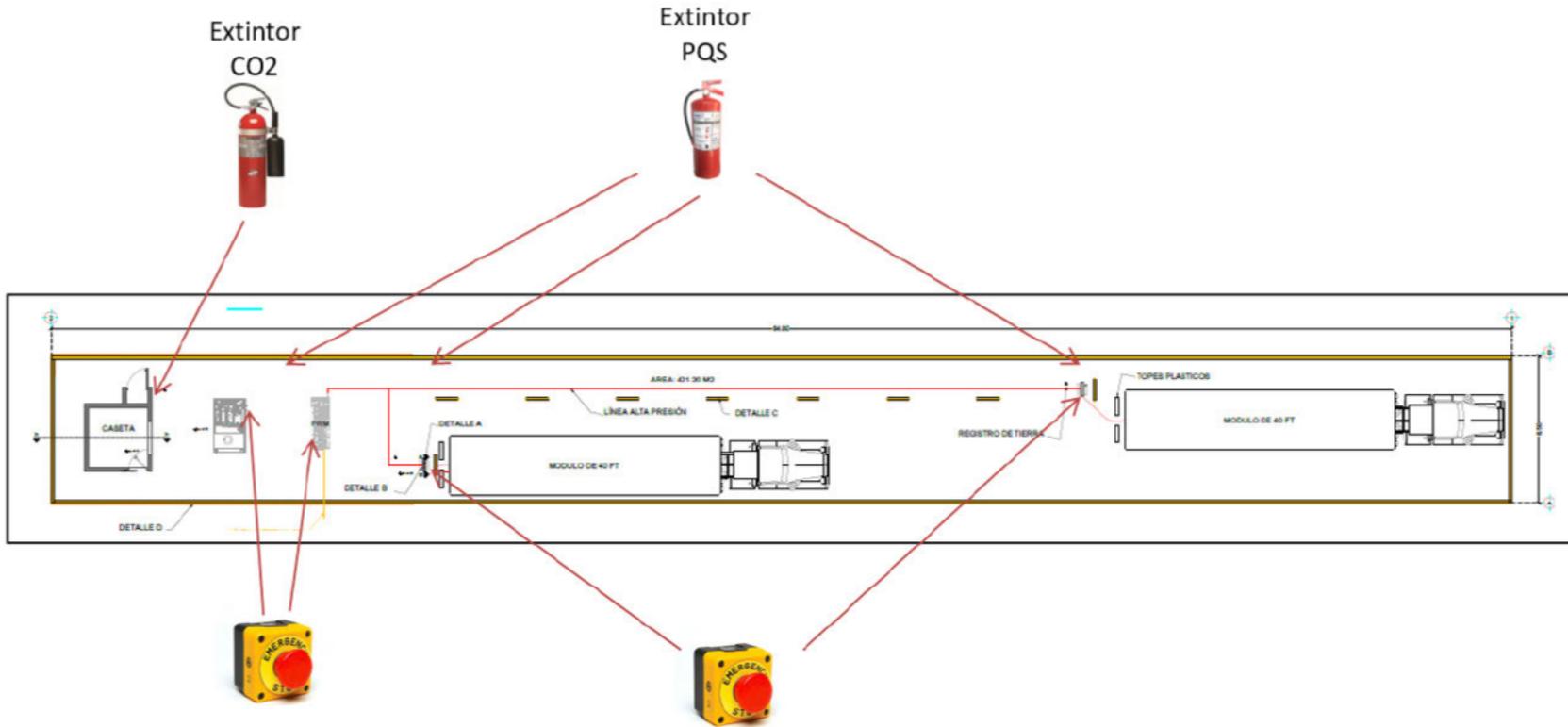


Ubicación de señalética en área de descarga andén 2

# ANEXO 1.6

Paros de emergencia y extintores  
en la Estación de Descompresión

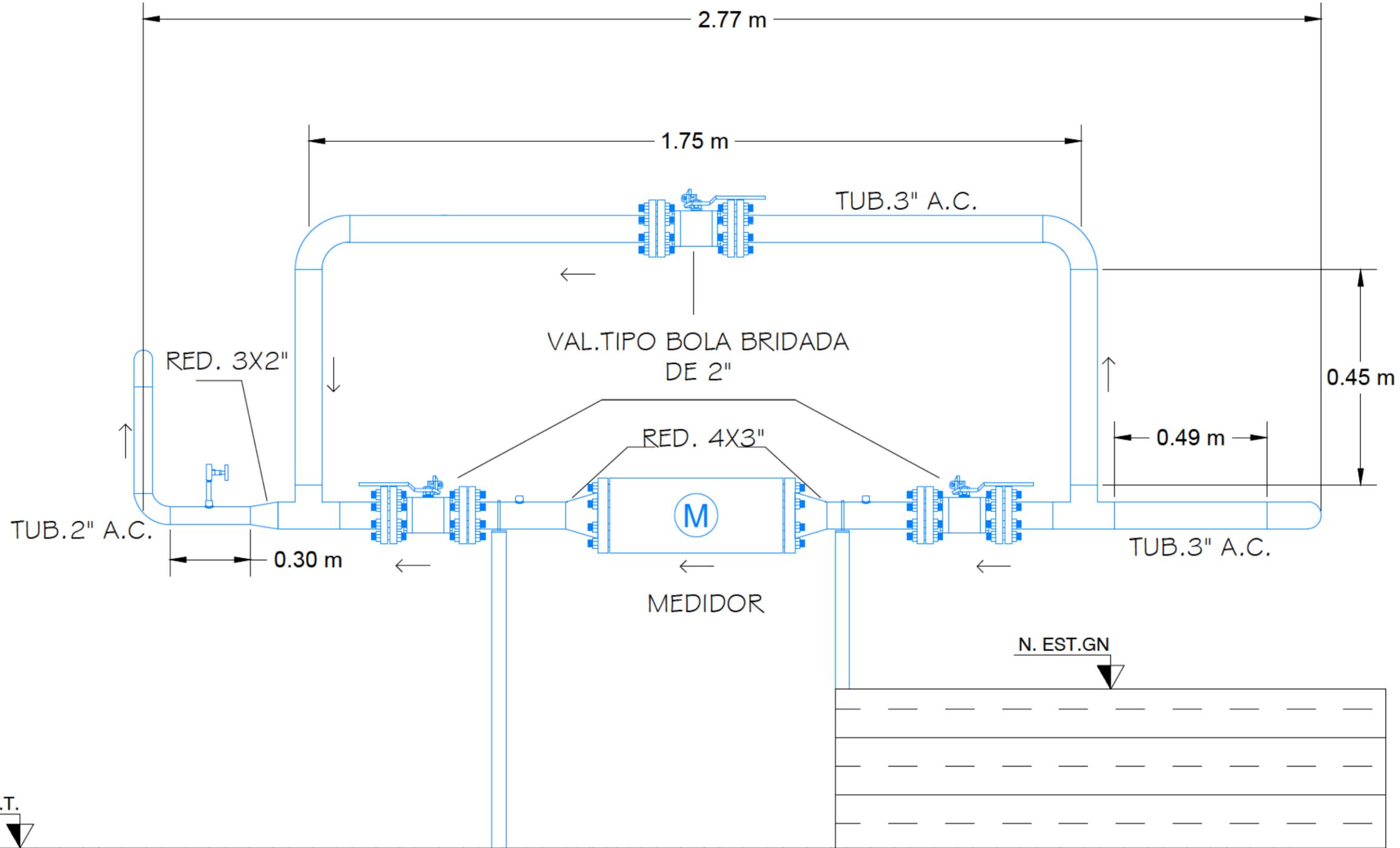
La estación contará con paros de emergencia ubicados en el PRM, HCM y postes de descarga. Los extintores serán ubicados en las inmediaciones de la Caseta, PRM, HCM y Postes de descarga, clasificados de acuerdo con el riesgo presente.



Localización e indicación de tipo de Extintores y Paros de emergencia

# ANEXO 1.7

## Tuberías en la Estación de Descompresión



# VISTA EN ALZADO BY PASS TUBERÍA GAS NATURAL



Macrolocalización
Microlocalización

Especificaciones:
-------------------

Proyecto:	LACTEOS FLORES
Propietario:	CORPORACIÓN CH 4 S.A. DE C.V.
Fecha:	AGO 2021
Ubicación:	J. QUIRIPÁN, MICHOACÁN, MEX.
Plano:	DETALLE BY PASS ESTACION GN
Escala:	S/E
No. de Plano:	04

PLANO ESTACIÓN DESCOMPRESIÓN GAS NATURAL LACTEOS FLORES

Norte



ORIENTACION

Macrolocalización

Microlocalización

Especificaciones:

Proyecto:  
LACTEOS FLORES

Propietario:  
CORPORACIÓN CH 4 S.A. DE C.V.



Fecha:  
AGO 2021

Anotación:  
NA

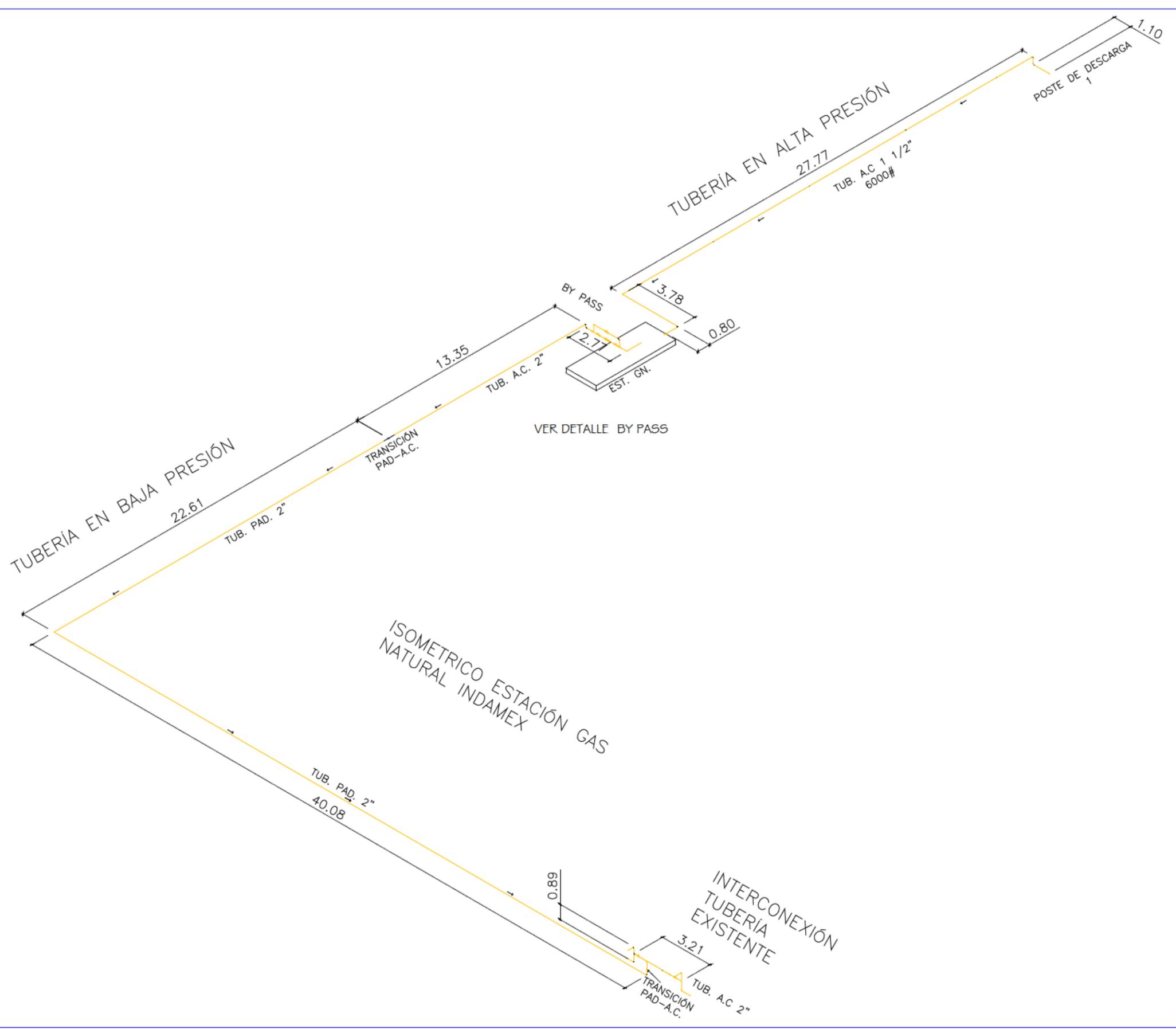
Ubicación:  
JQUIPILAN, MICHOACÁN, MEX.

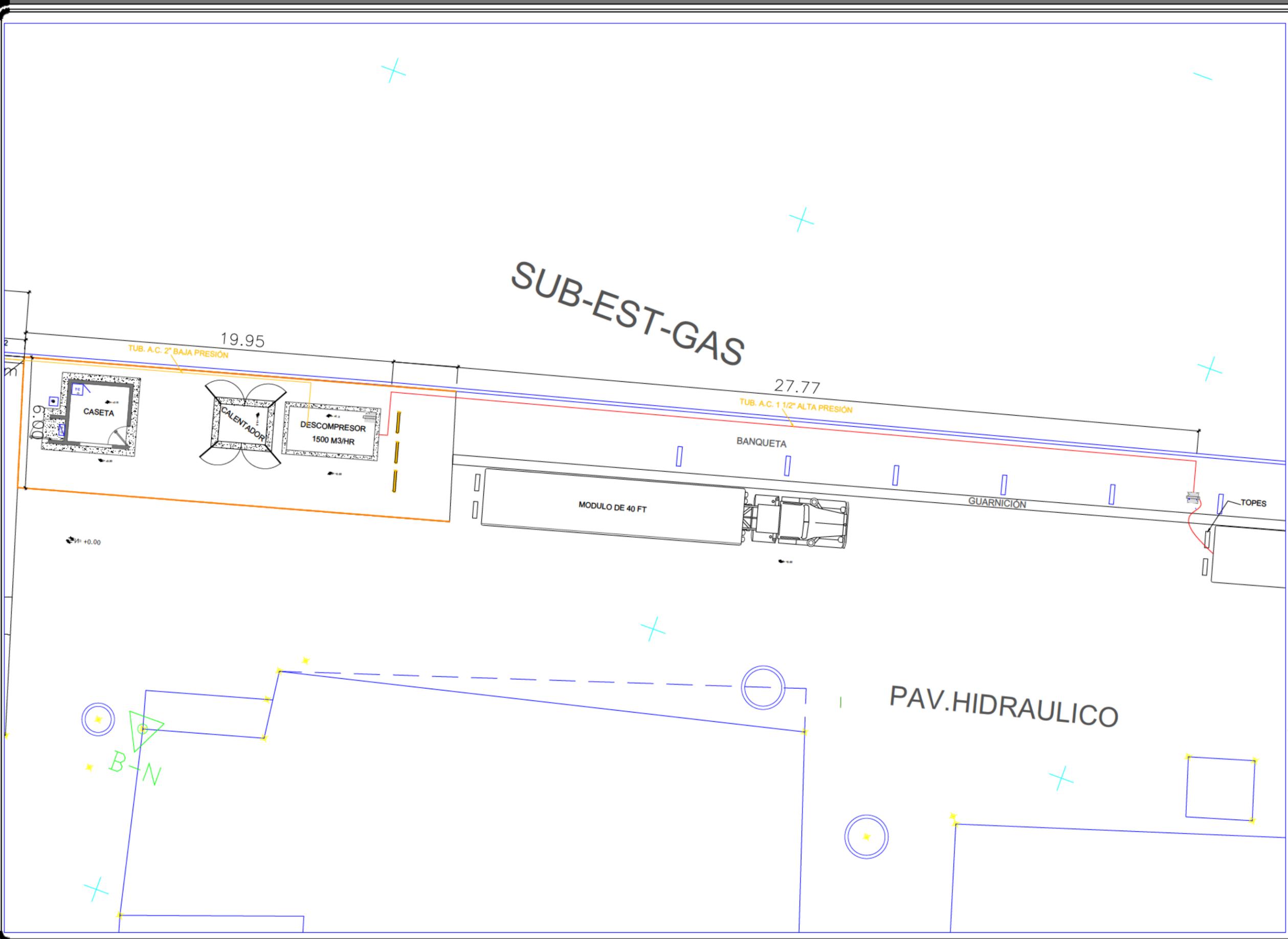
Plano:  
ISOMETRICO ALTA  
Y BAJA PRESION

Escala:  
S/E

No. de Plano:  
03

PLANO ESTACIÓN DESCOMPRESIÓN GAS NATURAL  
LACTEOS FLORES





ORIENTACION

Macrolocalización

Microlocalización

Especificaciones:

Proyecto:  
JUILPAN, MICHOACAN, MEX.

Propietario:  
CORPORACION CH 4 S.A. DE C.V.

Fecha: Dic. 2021 | Aotación: N/A

Ubicación:  
JUILPAN, MICHOACAN, MEX.

Plano:  
TUBERIA BAJA Y ALTA  
JUILPAN, MICHOACAN,  
MEX.

Escala:  
**S/E**

No. de Plano:  
**02**

PLANO ESTACION DESCOMPRESION GAS NATURAL  
JUILPAN, MICHOACAN, MEX.

# ANEXO 1.8

Acta Constitutiva

Grupo Multidisciplinario

Guadalajara, Jalisco. 24 de febrero 2022.

Asunto: ACTA CONSTITUTIVA

**CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.**  
**ACTA CONSTITUTIVA**  
**GRUPO MULTIDISCIPLINARIO DE ANÁLISIS DE RIESGOS**

**Lugar:** Sala de Juntas de la empresa CORPORACIÓN C H 4, S.A. de C.V.  
Calle La Luna, número 2495, Colonia Jardines del Bosque Centro, Código Postal 44520,  
Guadalajara, Jalisco.

En reunión efectuada en las oficinas de la empresa CORPORACIÓN C H 4, S.A de C.V. se declara formalmente constituido el Grupo Multidisciplinario para llevar a cabo el análisis de riesgos por la metodología HazOp y What if, para el proyecto denominado "Estación de Descompresión INDAMEX", quedando integrado de la siguiente manera:

**NOMBRE COMPLETO**

**EMPRESA Y CARGO**

**FIRMA**

**NOMBRE Y FIRMA DE LA PERSONA FÍSICA, ART. 116 DEL PRIMER PÁRRAFO LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**





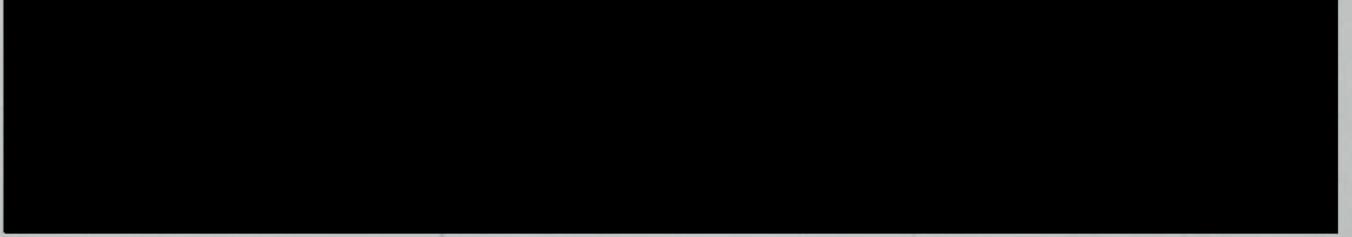
CH4.COM.MX

NOMBRE COMPLETO

EMPRESA Y CARGO

FIRMA

NOMBRE Y FIRMA DE LA PERSONA FÍSICA, ART. 116 DEL PRIMER PÁRRAFO LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



NOMBRE COMPLETO	EMPRESA Y CARGO	FIRMA

Se acuerda que los días 24 y 25 de febrero de 2022 en un horario de 10:00 a 14:00 horas se reunirá el Grupo Multidisciplinario para tratar los temas de la presente Acta Constitutiva, en las oficinas de la empresa CORPORACIÓN C H 4, S.A de C.V. y se firmará una lista de asistencia.

Corporación C H 4 SA de C.V.



La Luna 2495 · Jardines del Bosque · C. P. 44520 · Guadalajara, Jalisco · México

# ANEXO 1.9

## Lista de Asistencia



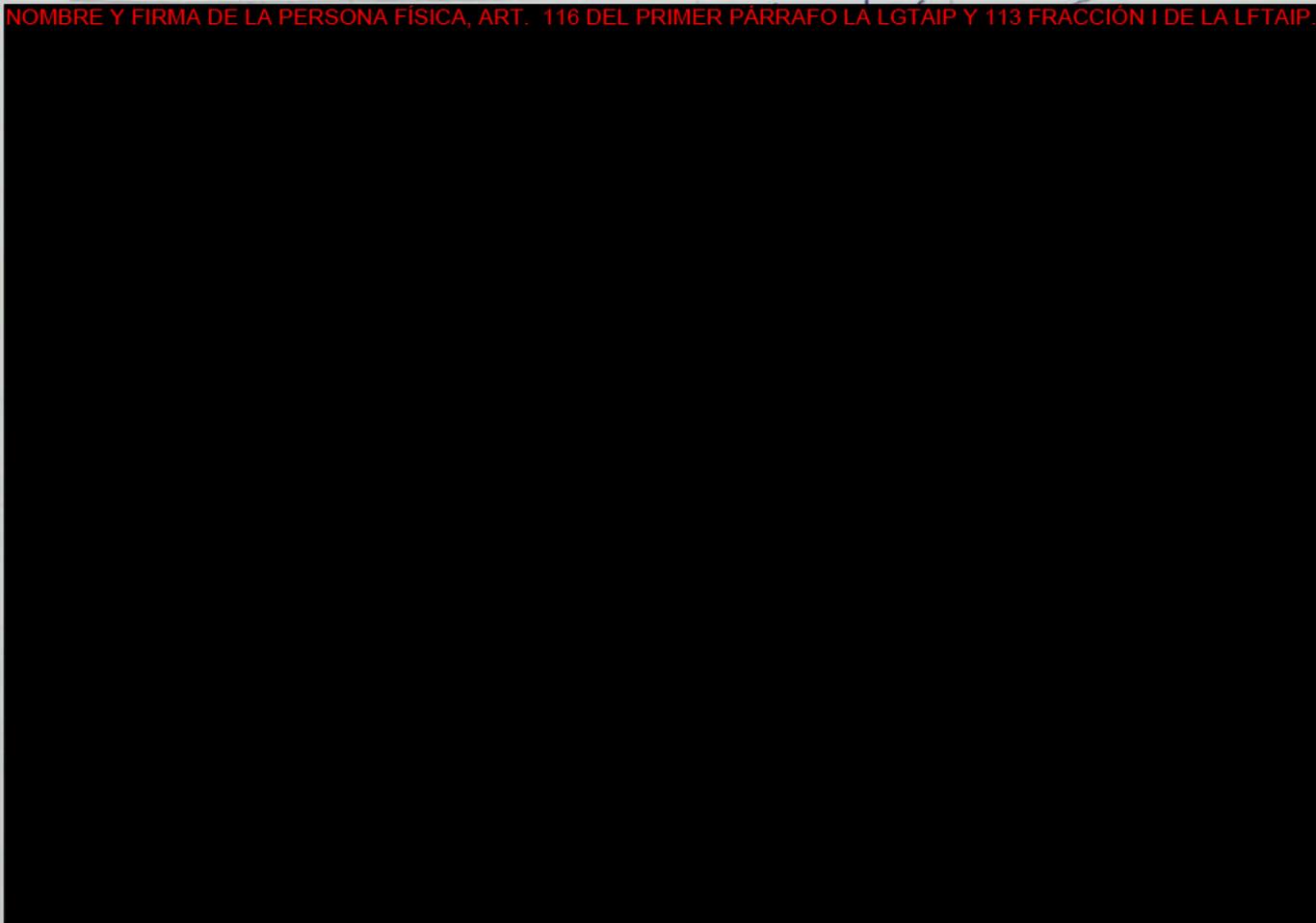
Guadalajara, Jalisco, 24 de febrero 2022.

Asunto: LISTA DE ASISTENCIA

### GRUPO MULTIDISCIPLINARIO DE ANÁLISIS DE RIESGOS

NOMBRE COMPLETO	EMPRESA Y CARGO	ESPECIALIDAD	FIRMA
-----------------	-----------------	--------------	-------

NOMBRE Y FIRMA DE LA PERSONA FÍSICA, ART. 116 DEL PRIMER PÁRRAFO LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.








ch4.com.mx

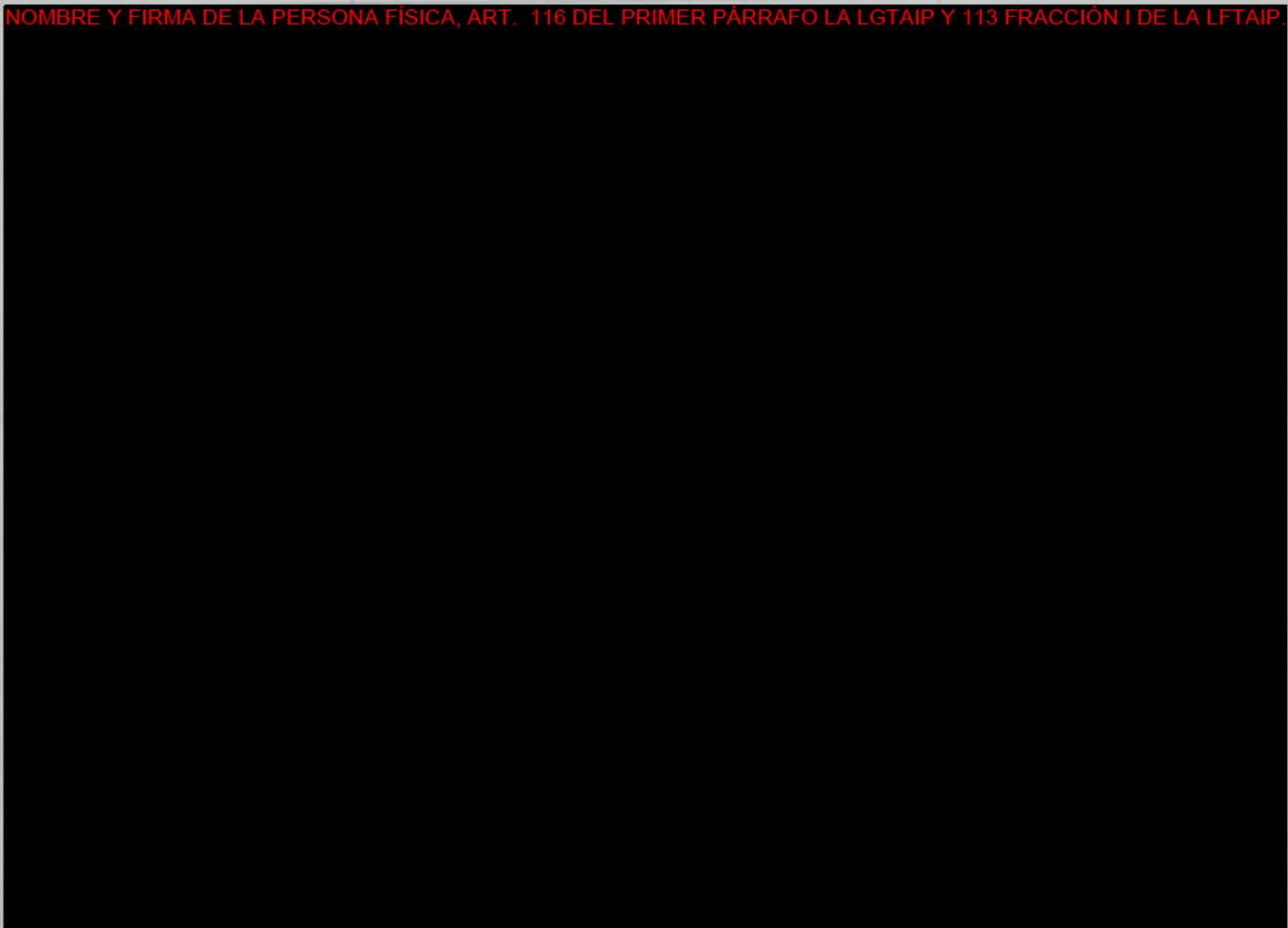
Guadalajara, Jalisco, 25 de febrero 2022.

Asunto: LISTA DE ASISTENCIA

GRUPO MULTIDISCIPLINARIO DE ANÁLISIS DE RIESGOS

NOMBRE COMPLETO	EMPRESA Y CARGO	ESPECIALIDAD	FIRMA
-----------------	-----------------	--------------	-------

NOMBRE Y FIRMA DE LA PERSONA FÍSICA, ART. 116 DEL PRIMER PÁRRAFO LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.




Corporación CH4 S.A de C.V.



La Luna 2495 · Jardines del Bosque · C. P. 44520 · Guadalajara, Jalisco · Mexico

# ANEXO 1.10

Nodos para la identificación y ponderación  
de los riesgos

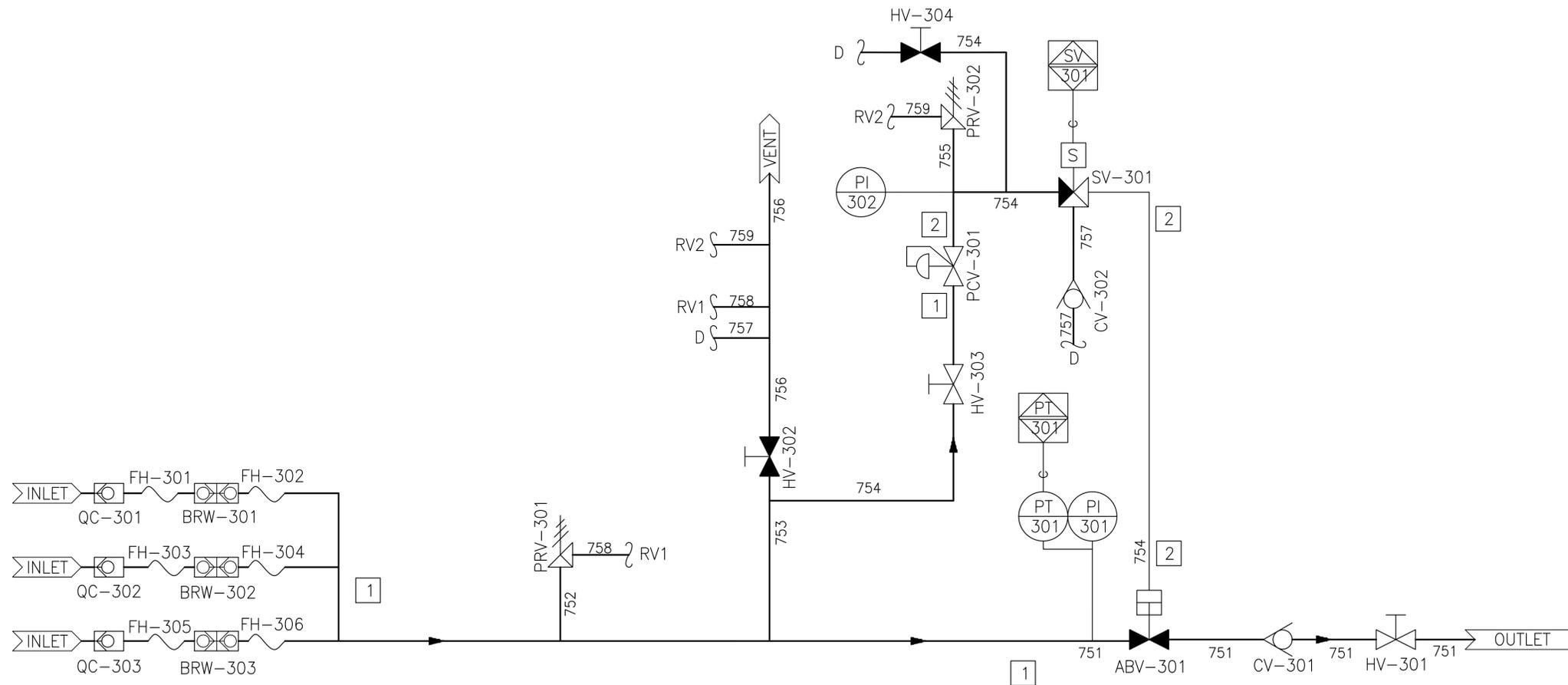
© IMW INDUSTRIES LTD. 2001  
DO NOT USE AS THE BASIS FOR  
MANUFACTURE OR SALE OF  
APPARATUS WITHOUT PERMISSION.

REVISION HISTORY

REV	DATE	BY	CK	DCR	REFERENCE
A	2012/11/13	TAS	DJS	N/A	FIRST RELEASE
B	2013/05/10	KKL	GSL	N/A	ADD BRW-301,302,303; AND FH-302,304,306; UPDATE REFERENCE NUMBER, DELETE DESIGN P-T TABLE AND SET PRESSURE FOR PCV-301.

NOTES

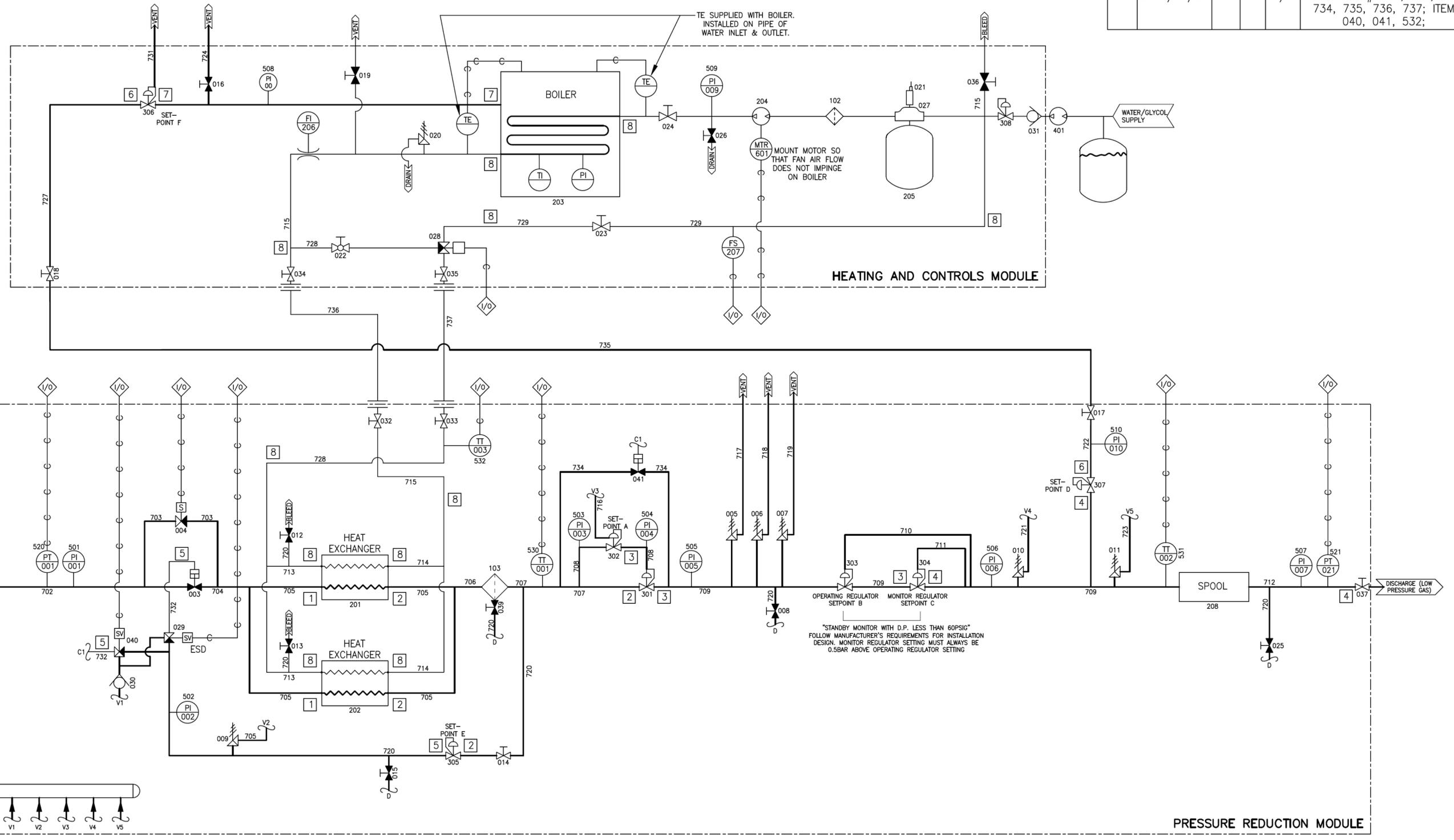
1. SYSTEM CONSTRUCTION SHALL CONFORM TO ASME B31.3 AND NFPA 52
2. PRESSURE TEST TYPE: PNEUMATIC
3. SERVICE FLUID: SWEET DRY NATURAL GAS (PER NFPA 52)



		IMW Industries Ltd. Chilliwack, BC, Canada	
REF.		TITLE <b>DECANTING POST          XHOSE W/ ACT BV</b>	
DR. TAS 2012/11/09	SIZE D	DWG. NO. 700355	REV B
CK. DJS 2012/11/13	SCALE NONE	WEIGHT N/A	SHEET 1/1
AP.			

© IMW INDUSTRIES LTD. 2001  
DO NOT USE AS THE BASIS FOR  
MANUFACTURE OR SALE OF  
APPARATUS WITHOUT PERMISSION.

REVISION HISTORY						
REV	DATE	BY	CK	DCR	REFERENCE	
A	2012/10/23	DJS	GSL	N/A	FIRST RELEASE	
B	2012/11/20	DJS	BJN	N/A	ADDED: REF# 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737; ITEM 040, 041, 532;	



- NOTE(S):
1. WELDING AND NDE PER B31.3 FOR NORMAL FLUID SERVICE. WELDED SPOOLS TO BE HYDRAULICALLY PRESSURE TESTED
  2. APPLICABLE DESIGN CODES: ASME B31.3-2010
  3. THREADED PIPE FITTINGS SHALL COMPLY TO ANSI B16.11 AND PIPE THREADS TO ASME B1.20.1
  4. FLANGE FITTINGS SHALL COMPLY TO ANSI B16.5
  5. ANY OTHER PIPE FITTINGS TO BE RATED PER ASME B31.3 AND CSA B51
  6. SEE P&ID BOM/PARTS LIST FOR LINE SIZES, ZONE PRESSURES, TEST PRESSURES, AND SETPOINTS

IMW Industries Ltd. Chilliwack, BC, Canada		TITLE <b>PRESSURE REDUCTION SYSTEM</b>	
REF.	DR. DJS 2012/10/23	SIZE D	DWG. NO. 700334
CK. GSL 2012/10/24	AP. / /	SCALE N/A	WEIGHT N/A
		SHEET 1/1	

# ANEXO 1.11

Hojas de trabajo HazOp

# HAZOP Estación de Descompresión INDAMEX

**Compania:** CH4

**Area/proceso:** Estacion de Descompresión  
INDAMEX

**Fecha:** 07/03/2022

**Nodo:** 1. De contenedor MAM a poste de descarga, pasando por el sistema de descompresion hasta entrega final de gas natural a cliente y linea de alimentacion a caldera.

**Diagramas:** 700334  
700355

**Producto:** Gas natural

**Desviacion:** 1. Alta presion en el sistema de descompresion de gas.

**LOI:** 150 PSI

**LOS:** 250 PSI

**LSI:**

**LSS:**

Num	Causa	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones
1	Taponamiento del fitro 101.	1. Represonamiento en la linea de entrada y fitro 101. 2. Danos al equipo. 3. Gas natural fuera de especificacion. 4. Posible fuga.	1. Transmisor de presion PT-301. 2. Valvula reductora de presion PRV 301.	1	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1. Dar mantenimiento preventivo al equipo de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. 2. Asegurar la disponibilidad del refaccionamiento para equipos e instrumentos. 3. Se recomienda atender los programas de mantenimiento que indique el fabricante con refacciones originales.
2	Falla en la valvula 003 (cerrada).	1. Represonamiento en la linea de entrada y fitro 101. 2. Danos al equipo. 3. Posible fuga. 4. Posible incendio y/o explosion.	1. Transmisor de presion PT-001. 2. ESD Sistema de paro de emergencia.	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1. Verificar el cumplimiento del programa MIP. 2. Se recomienda atender los programas de mantenimiento que indique el fabricante con refacciones originales.
3	Taponamiento del fitro 103.	1. Represonamiento en la linea y fitro 103. 2. Danos al equipo. 3. Gas natural fuera de especificacion. 4. Posible fuga.	1. Transmisor de presion PT-001. 2. ESD Sistema de paro de emergencia.	1	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1. Dar mantenimiento preventivo al equipo de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. 2. Asegurar la disponibilidad del refaccionamiento para equipos e instrumentos.

3. Se recomienda atender los programas de mantenimiento que indique el fabricante con refacciones originales.



# HAZOP Estacion de Descompresión INDAMEX

**Compania:** CH4

**Area/proceso:** Estación de Descompresión  
INDAMEX

**Fecha:** 07/03/2022

# HAZOP Estación de Descompresión INDAMEX

**Compania:** CH4

**Area/proceso:** Estacion de Descompresión  
INDAMEX

**Fecha:** 07/03/2022

**Nodo:** 1. De contenedor MAM al poste de descarga, pasando por el sistema de descompresión hasta entrega final de gas natural a cliente y línea de alimentación a caldera.

**Diagramas:** 700334  
700355

**Producto:** Gas natural

**Desviacion:** 1. Alta presion en el sistema de descompresion de gas.

**LOI:** 150 PSI

**LOS:** 250 PSI

**LSI:**

**LSS:**

Num	Causa	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones
4	Falla en valvula reguladora de presio 303/304 (cerrado).	1. Represonamiento en la linea. 2. Danos al filtro 103. 3. Posible fuga. 4. Posible incendio.	1. PRV 005/006/007. 2. ESD Sistema de paro de emergencia.	2	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	Se debera seguir y atender el programa de mantenimiento y calibracion de valvulas reductora de presion (PRV) que indique el fabricante.
5	Falla en valvula reguladora de presio 304 (abierta).	1. Represonamiento en la linea de salida 709. 2. Problemas operacionales aguas abajo. 3. Posible fuga.	1. Transmisor de presion PT-021. 2. PRV 010/011. 3. ESD Sistema de paro de emergencia.	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	Se debera seguir y atender el programa de mantenimiento y calibracion de valvulas reductora de presion (PRV) que indique el fabricante.

4. Posible incendio y/o explosion.



# HAZOP Estacion de descompresion Industrias INDAMEX

**Compania:** CH4  
Industrias INDAMEX

**Area/proceso:** Estacion de descompresion

**Fecha:** 07/03/2022

**Nodo:** 1. De contenedor MAM al poste de descarga, pasando por el sistema de descompresión hasta entrega final de gas natural a cliente y línea de alimentación a caldera.

**Diagramas:** 700334  
700355

**Producto:** Gas natural

**Desviacion:** 2. Baja presion en el sistema de descompresion de gas.

**LOI:** 150 PSI

**LOS:** 250 PSI

**LSI:**

**LSS:**

**Num Causa**

**Consecuencias**

**Protecciones**

**F C**

**R Recomendaciones**

6 Sin causa de interes

1 Pers: 1 C Sin recomendaciones.

Com: 1

Amb: 1 Inst:

1



# HAZOP Estacion de descompresion Industrias INDAMEX

**Compania:** CH4  
Industrias INDAMEX

**Area/proceso:** Estacion de descompresion

**Fecha:** 07/03/2022

**Nodo:** 1. De contenedor MAM al poste de descarga, pasando por el sistema de descompresión hasta entrega final de gas natural a cliente y línea de alimentación a caldera.

**Diagramas:** 700334  
700355

**Producto:** Gas natural

**Desviacion:** 3. Alta temperatura en el sistema de descompresion de gas. **LOI:** -40°C

**LOS:** 60°C      **LSI:**      **LSS:**

**Num Causa**

**Consecuencias**

**Protecciones**

**F C**

**R Recomendaciones**

7 Sin causa de interes

1 Pers: 1 C Sin recomendaciones.

Com: 1

Amb: 1 Inst:

1



# HAZOP Estacion de descompresion Industrias INDAMEX

**Compania:** CH4

**Area/proceso:** Estacion de descompresion  
Industrias INDAMEX

**Fecha:** 07/03/2022

**Nodo:** 1. De contenedor MAM a poste de descarga, pasando por el sistema de descompresión hasta entrega final de gas natural a cliente y linea de alimentación a caldera.

**Diagramas:** 700334  
700355

**Producto:** Gas natural

**Desviacion:** 4. Baja temperatura en el sistema de descompresion de gas. **LOI:** -40°C **LOS:** 10°C **LSI:** **LSS:**

Num	Causa	Consecuencias	Protecciones	F	C	R Recomendaciones
8	Falla en el sistema de calentamiento de gas natural.	1. Congelamiento de tuberia y/o accesorios. 2. Dano al intercambiador 3. Danos al filtro 103. 4. Posible fuga.	1. Transmisor de temperatura TT-002. 2. ESD Sistema de paro de emergencia.	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C 1. Cumplir con los programas de mantenimiento a instrumentos de control y de monitoreo. 2. Asegurar la operacion confiable de las alarmas de estado (presion y temperatura).
9	Falla en el calentador (falta de suministro de gas).	1. Congelamiento de tuberia y/o accesorios. 2. Dano al intercambiador. 3. Danos al filtro 103. 4. Posible fuga.	1. Transmisor de temperatuta TT-002. 2. ESD Sistema de paro de emergencia.	2	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C 1. Cumplir con los programas de mantenimiento a instrumentos de control y de monitoreo. 2. Asegurar la operacion confiable de las alarmas de estado (presion y temperatura).



# HAZOP Estacion de descompresion Industrias INDAMEX

**Compania:** CH4

**Area/proceso:** Estacion de descompresión  
INDAMEX

**Fecha:** 07/03/2022

**Nodo:** 1. De contenedor MAM al poste de descarga, pasando por el sistema de descompresión hasta entrega final de gas natural a cliente y línea de alimentación a caldera.

---

**Diagramas:** 700334 700355 **Producto:**Gas natural

---

**Desviacion:** 5. Alto flujo en el sistema de descompresion de gas. **LOI:** **LOS:** **LSI:** **LSS:**

---

Num Causa	Consecuencias	Protecciones		RRecomendaciones
10 Sin causa de interes			1    Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	CSin recomendaciones.



# HAZOP Estacion de descompresion Industrias INDAMEX

**Compania:** CH4

**Area/proceso:** Estacion de descompresion  
Industrias INDAMEX

**Fecha:** 07/03/2022

**Nodo:** 1. De contenedor MAM al poste de descarga, pasando por el sistema de descompresión hasta entrega final de gas natural a cliente y línea de alimentación a caldera.

**Diagramas:** 700334

700355

**Producto:** Gas natural

**Desviacion:** 6. Bajo flujo en el sistema de descompresion de gas.

**LOI:**

**LOS:**

**LSI:**

**LSS:**

**Num Causa**

**Consecuencias**

**Protecciones**

**RRecomendaciones**

11 Sin causa de interes

CSin recomendaciones.

1 Pers: 1  
Com: 1 Amb: 1 Inst: 1



# HAZOP Estacion de descompresion Industrias INDAMEX

**Compania:** CH4

**Area/proceso:** Estacion de descompresión  
INDAMEX

**Fecha:** 07/03/2022

**Nodo:** 1. De contenedor MAM al poste de descarga, pasando por el sistema de descompresión hasta entrega final de gas natural a cliente y línea de alimentación a caldera.

**Diagramas:** 700334  
700355

**Producto:** Gas natural

**Desviacion:** 7. Sin flujo en el sistema de descompresion de gas.

**LOI:**

**LOS:**

**LSI:**

**LSS:**

Num Causa	Consecuencias	Protecciones	FC	R	Recomendaciones
12 Taponamiento del filtro 101.	1. Sin suministro de gas a clientes. 2. Perdids economicas. 3. Aumento de condensado.	1. Transmisor de presion PT- 301.1 2. Valvula reductora de presion PRV 301.	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1. Dar mantenimiento preventivo al equipo de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. 2. Asegurar la disponibilidad del refaccionamiento para equipos e instrumentos. 3. Se recomienda atender los programas de mantenimiento que indique el fabricante con refacciones originales.
13 Taponamiento del filtro 103.	1. Sin suministro de gas a clientes. 2. Perdids economicas. 3. Aumento de condensado.	1. Transmisor de presion PT- 001.3 1. Transmisor de presion PT- 021. 2. ESD Sistema de paro de emergencia.	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1. Dar mantenimiento preventivo al equipo de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. 2. Asegurar la disponibilidad del refaccionamiento para equipos e instrumentos. 3. Se recomienda atender los programas de mantenimiento que indique el fabricante con refacciones originales.
14 Desprendimiento de manguera del poste de descarga por movimiento de MAM.	1. Sin suministro de gas a clientes. 2. Perdids economicas. 3. Posible fuga.	1. Valvulas brakeway. 2. ESD Sistema de paro de emergencia.	3 Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1. Dar capacitacion al personal en procedimientos operativos para trabajos en la estacion de descompresion. 2. Atender los programas de mantenimiento preventivo y predictivo de accesorios (valvulas, mangueras, etc.) para confiabilidad operativa, pruebas de hermeticidad y procedimientos y protocolos en las operaciones.



# HAZOP Estacion de descompresion Industrias INDAMEX

**Compania:** CH4

**Area/proceso:** Estacion de descompresión  
INDAMEX

**Fecha:** 07/03/2022

**Diagramas:** 700334

**Producto:** Mezcla de agua con glicol (50/50)

**Nodo:** 2. Salida de agua con glicol para calentamiento de gas natural.

**Desviacion:** 1. Alta temperatura a la salida del calentador.

**LOI:**

**LOS:**

**LSI:**

**LSS:**

Num	Causa	Consecuencias	Protecciones	F	C	R Recomendaciones
15	Falla del calentador de agua en posicion (ON).	1. Aumento de temperatura del gas natural. 2. Danos en los internos del calentador. 3. Posible generacion de vapor.	1.- Elementos de temperatura TE a la entrada y salida del calentador. 2. ESD Sistema de paro de emergencia.	2	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C 1. Dar cumplimiento a los programas de mantenimiento predictivo y preventivo con las recomendaciones de los fabricantes y/o proveedores para la confiabilidad de los equipos que conforman la instalacion; evidenciando los en los registros correspondientes.
16	Falla en la valvula de control 308 del suministro de agua externa para reposicion.	1. Aumento de temperatura del gas natural. 2. Danos en los internos del calentador. 3. Posible generacion de vapor.	1.- Sistema de inyeccion manual en el tanque 205. 2. Elementos de temperatura TE a la entrada y salida del calentador. 2.- ESD Sistema de paro de emergencia.	2	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C Capacitar al personal en el manual SMI-PRS Presion Reduccion sistema, instalacion operacion y mantenimiento del equipo.



HAZOP Wizard Ver 2.4

D.R. 1998-2014 UNAM, Facultad de Quimica

<b>Compama:</b>	CH4	<b>Area/proceso:</b> Estacion de descompresión INDAMEX			<b>Fecha:</b> 07/03/2022
<b>Nodo:</b>	2.	Salida de agua con glicol para calentamiento de gas natural.			
<b>Diagramas:</b>	700334	<b>Producto:</b> Mezcla de agua con glicol (50/50)			
<b>Desviacion:</b>	2. Baja temperatura a la salida del calentador.		<b>LOI:</b>	<b>LOS:</b>	<b>LSI:</b> <b>LSS:</b>
<b>Num</b>	<b>Causa</b>	<b>Consecuencias</b>	<b>Protecciones</b>	<b>F C</b>	<b>RRecomendaciones</b>
17	Sin suministro de gas natural al calentador.	1. - Sin calentamiento de gas. 2. Problemas operacionales aguas abajo en el sistema de gas natural. 3. Perdidas economicas.	1. ESD Sistema de paro de emrgencia.	2    Pers: 1 Com: 1    Amb: 1 Inst: 1	C 1. Se recomienda seguir los procedimientos y protocolos de cada evento operativo, capacitacion continua al operador.
18	Falla del calentador de agua en posicion apagado	1.- Sin calentamiento de gas. 2. Problemas operacionales (OFF). aguas abajo en el sistema de gas natural. 3. Perdidas economicas.	1.- Elementos de temperatura TE a la entrada y salida del calentador. 2. ESD Sistema de paro de emrgencia.	2    Pers: 1 Com: 1    Amb: 1 Inst: 1	C 1. Dar cumplimiento a los programas de mantenimiento predictivo y preventivo con las recomendaciones de los fabricantes y/o proveedores para la confiabilidad de los equipos que conforman la instalacion; evidenciando los en los registros correspondientes.



---

**Compama:** CH4

**Area/proceso:** Estación de descompresión  
INDAMEX

**Fecha:** 07/03/2022

---

**Nodo:** 2. Salida de agua con glicol para calentamiento de gas natural.

---

**Diagramas:** 700334

**Producto:** Mezcla de agua con glicol (50/50)

---

**Desviacion:** 3. Alta presion a la salida del calentador.

**LOI:**

**LOS:**

**LSI:**

**LSS:**

---

**Num Causa**

**Consecuencias**

**Protecciones**

**F C**

**R Recomendaciones**

---

19 Sin causa de interes

1

Pers: 1  
Com: 1  
Amb: 1  
Inst: 1

C Sin recomendaciones



# HAZOP Estacion de Descompresión INDAMEX

**Compania:** CH4

**Area/proceso:** Estación de descompresión  
INDAMEX

**Fecha:** 07/03/2022

**Nodo:** 2. Salida de agua con glicol para calentamiento de gas natural.

**Compania:** CH4

**Area/proceso:** Estacion de descompresion  
Industrias INDAMEX

**Fecha:** 07/03/2022

**Nodo:** 2. Salida de agua con glicol para calentamiento de gas natural.

**Diagramas:** 700334

**Producto:**Mezcla de agua con glicol (50/50)

**Desviacion:** 4. Baja presion a la salida del calentador.

**LOI:**

**LOS:**

**LSI:**

**LSS:**

**Num Causa**

**Consecuencias**

**Protecciones**

**F C**

**RRecomendaciones**

20 Sin causa de interes.

CSin recomendaciones.

1 Pers: 1  
Com: 1 Amb: 1 Inst: 1



Diagramas: 700334

Producto: Mezcla de agua con glicol (50/50)

Desviacion: 5. Diferente composicion de mezcla agua con glicol.

LOI:

LOS:

LSI:

LSS:

Num	Causa	Consecuencias	Protecciones	FC	RRecomendaciones
21	Diferente porcentaje de la mezcla agua/glicol de la recomendada por el fabricante.	1.- Deterioro en los internos del calentador. 2.- Corrosion en el calentador. 3.- Deficincia en el calentamiento del gas.	1.- Elementos de temperatura TE a la entrada y salida del calentador.	1 Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C 1. Capacitar al personal en el manual del SMI-PRS Presion Reduccion sistema, instalacion operacion y mantenimiento del equipo.



# HAZOP Estacion de Descompresión INDAMEX

**Compania:** CH4

**Area/proceso:** Estación de descompresión  
INDAMEX

**Fecha:** 07/03/2022

**Compama:** CH4

**Area/proceso:** Estacion de descompresion  
Industrias INDAMEX

**Fecha:** 07/03/2022

**Nodo:** 2. Salida de agua con glicol para calentamiento de gas natural.

**Diagramas:** 700334

**Producto:** Mezcla de agua con glicol (50/50)

**Desviacion:** 6. Alto flujo a la entrada del calentador

**LOI:**

**LOS:**

**LSI:**

**LSS:**

**Num Causa**

**Consecuencias**

**Protecciones**

**F C**

**Recomendaciones**

22 Sin causa de interes.

CSin recomendaciones.

1 Pers: 1  
Com: 1 Amb: 1 Inst: 1



Desviacion: 7. Bajo flujo o sin flujo a la entrada del calentador				
	LOI:	LOS:	LSI:	LSS:
Num Causa	Consecuencias	Protecciones	FC	Recomendaciones
23 Falla de la bomba 204.	1. Danos al calentador. 2. Problemas operacionales en el suministro de gas natural. 3. Perdidas economicas. 4.- Sin suministro de gas natural a clientes. 5. Paro de planta.	1. Monitor de flujo FS-207. 2. ESD Sistema de paro de emergencia.	3    Pers: 1 Com: 1    Amb: 1 Inst: 1	C 1. Se recomienda atender los programas de mantenimiento que indique el fabricante con refacciones originales.



# HAZOP Estación de Descompresión INDAMEX

**Compania:** CH4

**Area/proceso:** Estacion de descompresion  
Industrias INDAMEX

**Fecha:** 08/03/2022

**Diagramas:** 700334

**Producto:** Mezcla de agua con glicol (50/50)

**Desviacion:** 1. Alta temperatura a la entrada del calentador.

**LOI:**

**LOS:**

**LSI:**

**LSS:**

Num	Causa	Consecuencias	Protecciones	FC	RRecomendaciones
24	Falla del lazo de control de la valvula 028.	1. Danos al calentador.	Transmisor de tempeatuda TT-003. 2. ESD Sistema de paro de emergencia.	3 Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C 1. Llevar a cabo los programas de mantenimiento preventivo y predictivo de sistemas automaticos de instrumentacion, control y sistemas de seguridad de los procesos.



# HAZOP Estacin de Descompresión INDAMEX

Compania: CH4  
 No. 2. Retorno de agua con glicol a calentador.  
 INDAMEX

Area/proceso: Estacion de Descompresión

Fecha: 08/03/2022

25 Sin causa de interes.

1 Pers: 1 C Sin recomendaciones  
 Com: 1  
 Amb: 1  
 Inst: 1

Diagramas: 700334

Producto: Mezcla de agua con glicol (50/50)

Desviacion: 2. Baja temperatura a la entrada del calentador.

LOI:

LOS:

LSI:

LSS:

Num Causa

Consecuencias

Protecciones

FC

R Recomendaciones



# HAZOP Estacion de Descompresión INDAMEX

**Compania:** CH4  
INDAMEX

**Area/proceso:** Estación de Descompresión

**Fecha:** 08/03/2022

**Nodo:** 3. Retorno de agua con glicol a calentador.

**Diagramas:** 700334

**Producto:** Mezcla de agua con glicol (50/50)

**Desviacion:** 3. Alta presion a la entrada del calentador.

**LOI:**

**LOS:**

**LSI:**

**LSS:**

**Num Causa**

**Consecuencias**

**Protecciones**

1 0

**RRecomendaciones**

26 Sin causa de interes.

CSin recomendaciones.

1 Pers: 1  
Com: 1 Amb: 1 Inst: 1



# HAZOP Estacin de Descompresión INDAMEX

**Compania:** CH4  
INDAMEX

**Area/proceso:** Estacion de Descompresión

**Fecha:** 08/03/2022

**Nodo:** 3. Retorno de agua con glicol a calentador.

**Diagramas:** 700334

**Producto:**Mezcla de agua con glicol (50/50)

**Desviacion:** 4. Baja presión a la entrada del calentador.

**LOI:**

**LOS:**

**LSI:**

**LSS:**

**Num Causa**

**Consecuencias**

**Protecciones**

1 0

**Recomendaciones**

27 Sin causa de interes

CSin recomendaciones.

1 Pers: 1  
Com: 1 Amb: 1 Inst: 1



# HAZOP Estación de Descompresión INDAMEX

**Compania:** CH4

**Area/proceso:** Estacion de Descompresión  
INDAMEX

**Fecha:** 08/03/2022

**Diagramas:** 700334

**Producto:** Mezcla de agua con glicol (50/50)

**Desviacion:** 5. Diferente composicion de mezcla agua con glicol.

**LOI:**

**LOS:**

**LSI:**

**LSS:**

Num	Causa	Consecuencias	Protecciones	FC	RRecomendaciones
28	Diferente porcentaje de la mezcla agua/glicol de la recomendada por el fabricante.	1.- Deterioro en los internos del calentador. 2.- Corrosion en el calentador. 3.- Deficincia en el calentamiento del gas.	1.- Elementos de temperatura TE a la entrada y salida del calentador.	1 Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C 1. Capacitar al personal en el manual del SMI-PRS Presion Reduccion sistema, instalacion operacion y mantenimiento del equipo.



---

**Compama:** CH4

**Area/proceso:** Estación de Descompresión  
Industrias INDAMEX

**Fecha:** 08/03/2022

---

**Nodo:** 3. Retorno de agua con glicol a calentador.

---

**Diagramas:** 700334

**Producto:** Mezcla de agua con glicol (50/50)

---

**Desviacion:** 6. Sin flujo a la entrada del calentador

**LOI:**

**LOS:**

**LSI:**

**LSS:**

---

Num	Causa	Consecuencias	Protecciones	F C	Recomendaciones
29	Falla en el lazo de control de la valvula 028, Sin flujo al calentador.	1. Danos al calentador. 2. Deficiencia en el calentamiento de gas. 3. Problemas operacionales aguas abajo.	1. Monitor de flujo FS-207. 2. ESD Sistema de paro de emergencia.	2 Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C 1. Llevar a cabo los programas de mantenimiento preventivo y predictivo de sistemas automaticos de instrumentacion, control y sistemas de seguridad de los procesos.
	4. Paro de planta.				
	5. Perdidas economicas.				

## HAZOP Estacion de descompresion Industrias INDAMEX



HAZOP Wizard Ver 2.4  
D.R. 1998-2014 UNAM, Facultad de Quimica

# ANEXO 1.12

Hojas de trabajo Qué pasa sí...?

## Hojas de Trabajo de metodología Qué Pasa si...?

Nombre del estudio: Análisis de riesgo para el sector hidrocarburos

Instalación: Estación de Descompresión INDAMEX, Michoacán.

Sistema: 1. Factores internos

Subsistema: 1. Ambiente laboral

Condiciones de Operación / Parámetros:



Qué pasa si...?	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Antes de la Reducción del Riesgo												Recomendaciones Qué pasa sí?	
				Per			Pob			Amb			Inst				
				F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR		Responsabilidad
1 Insatisfacción de personal	1 Incumplimiento de acuerdos	1 Incidentes y Accidentes	Política de trabajo	2	3	C	2	3	C	2	2	C	2	2	C	1. Aplicar el proceso continuo de selección, contratación y adiestramiento del personal para la operación y mantenimiento de la estación de descompresión.	CORPORACION C H 4, S.A. DE C.V.
		2 Daño a equipos e instalación	Estabilidad laboral	2	1	C	2	1	C	2	2	C	2	2	C		
		3 Daños a terceros	Estabilidad laboral	2	1	C	2	3	C	2	2	C	2	2	C		
		4 Daños al medio ambiente	Estabilidad laboral	2	1	C	2	1	C	2	3	C	2	1	C		
		5 Incumplimiento de objetivos	Prestaciones	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C		
		6 Ausentismo	Evaluación de desempeño	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C		
	2 Problemas económicos	1 Incidentes y Accidentes	Salarios justos	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C		
		2 Daño a equipos e instalación	Estabilidad laboral	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C		
		3 Daños a terceros	Estabilidad laboral	3	1	C	3	2	C	3	2	C	3	1	C		
		4 Daños al medio ambiente	Estabilidad laboral	3	1	C	3	1	C	3	3	C	3	1	C		
		5 Incumplimiento de objetivos	Prestaciones	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C		
		6 Ausentismo	Educación financiera	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C		
	3 Problemas personales	1 Incidentes y Accidentes	Respetar horarios de trabajo	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C		
		2 Daño a equipos e instalación	Estabilidad laboral	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C		
		3 Daños a terceros	Estabilidad laboral	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C		
		4 Daños al medio ambiente	Estabilidad laboral	3	1	C	3	1	C	3	3	C	3	1	C		
		5 Incumplimiento de objetivos	Horarios flexibles	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C		
		6 Ausentismo	Prestaciones	4	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C		

## Hojas de Trabajo de metodología Qué Pasa si...?

Nombre del estudio: Análisis de riesgo para el sector hidrocarburos

Instalación: Estación de descompresión INDAMEX, Michoacán.

Sistema: 1. Factores internos

Subsistema: 1. Ambiente laboral (continuación)

Condiciones de Operación / Parámetros:



Qué pasa si...?	Causas	Consecuencias	Salvaguadas	Antes de la Reducción del Riesgo												Recomendaciones Qué pasa sí?	
				Per			Pob			Amb			Inst				
				F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR		Responsabilidad
	4 Falta de equidad	1 Incidentes y Accidentes	Política de trabajo	2	3	C	2	3	C	2	1	C	2	1	C		
		2 Daño a equipos e instalación	Prestaciones	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C		
		3 Daño a terceros	Evaluación de desempeño	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C		
		4 Daños al medio ambiente	1. Programa de capacitación. 2. Línea de mando efectiva.	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C		
		5 Incumplimiento de objetivos	Prestaciones	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C		
		6 Ausentismo	Evaluación de desempeño	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C		
	5 Comunicación no efectiva	1 Incidentes y Accidentes	Línea de mando efectiva	3	3	C	3	3	C	3	2	C	3	2	C		
		2 Daño a equipos e instalación	Funciones y responsabilidades del puesto bien definidas	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C		
		3 Daño a terceros	Funciones y responsabilidades del puesto bien definidas	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C		
		4 Daños al medio ambiente	Funciones y responsabilidades del puesto bien definidas	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C		
		5 Incumplimiento de objetivos	Programa de capacitación	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C		
		6 Ausentismo	Funciones y responsabilidades del puesto bien definidas	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C		

## Hojas de Trabajo de metodología Qué Pasa si...?

Nombre del estudio: Análisis de riesgo para el sector hidrocarburos

Instalación: Estación de descompresión INDAMEX, Michoacán.

Sistema: 1. Factores internos

Subsistema: 1. Ambiente laboral (continuación)

Condiciones de Operación / Parámetros:



Qué pasa si...?	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Antes de la Reducción del Riesgo												Recomendaciones Qué pasa sí?		
				Per			Pob			Amb			Inst				Responsabilidad	
				F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR			
	6 Recursos insuficientes	1 Incidentes y Accidentes	Programación de logísticas de trabajo	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C			
		2 Daño a equipos e instalación	Difusión de procedimientos administrativos	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C			
		3 Daños a terceros	Difusión de procedimientos administrativos	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C			
		4 Daños al medio ambiente	Difusión de procedimientos administrativos	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C			
		5 Incumplimiento de objetivos	Programación adecuada de las solicitudes presupuestales	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C			
2 Estres laboral	1 Incumplimiento de acuerdos	1 Incidentes y Accidentes	Pol tica de trabajo	2	3	C	2	3	C	2	2	C	2	2	C	1. Aplicar el proceso continuo de selección, contratación, capacitación y adiestramiento del personal para la operación y mantenimiento de la estación de descompresión.	CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.	
		2 Daño a equipos e instalación	Estabilidad laboral	2	1	C	2	1	C	2	2	C	2	2	C			
		3 Daños a terceros	Estabilidad laboral	2	1	C	2	3	C	2	2	C	2	2	C			
		4 Daños al medio ambiente	Estabilidad laboral	2	1	C	2	1	C	2	3	C	2	1	C			
		5 Incumplimiento de objetivos	Prestaciones	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C			
		6 Ausentismo	Evaluación de desempeño	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C			
	2 Falta de equidad		1 Incidentes y Accidentes	Pol tica de trabajo	2	3	C	2	3	C	2	1	C	2	1	C		
			2 Daño a equipos e instalación	Estabilidad laboral	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C		
			3 Daños a terceros	Salarios justos	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C		
			4 Daños al medio ambiente	1. Programa de capacitación. 2. Línea de mando efectiva.	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C		
5 Ausentismo			Evaluación de desempeño	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C			

## Hojas de Trabajo de metodología Qué Pasa si...?

Nombre del estudio: Análisis de riesgo para el sector hidrocarburos

Instalación: Estación de descompresión INDAMEX, Michoacán.

Sistema: 1. Factores internos

Subsistema: 1. Ambiente laboral (continuación)

Condiciones de Operación / Parámetros:



Qué pasa si...?	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Antes de la Reducción del Riesgo												Recomendaciones Qué pasa sí?	
				Per			Pob			Amb			Inst				Responsabilidad
				F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR		
3 Problemas económicos	1 Incidentes y Accidentes	Salarios justos	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C			
		Daño a equipos e instalación	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C			
		Daños a terceros	3	1	C	3	2	C	3	2	C	3	1	C			
		Daños al medio ambiente	3	1	C	3	1	C	3	3	C	3	1	C			
		Incumplimiento de objetivos	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C			
		Ausentismo	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C			
	4 Problemas personales	1 Incidentes y Accidentes	Respetar horarios de trabajo	3	2	C	4	2	C	3	1	C	3	1	C		
			Daño a equipos e instalación	3	1	C	4	1	C	3	1	C	3	1	C		
			Daños a terceros	3	1	C	4	1	C	3	1	C	3	1	C		
			Daños al medio ambiente	3	1	C	4	1	C	3	1	C	3	1	C		
			Incumplimiento de objetivos	3	1	C	4	1	C	3	1	C	3	1	C		
			Ausentismo	3	1	C	4	1	C	3	1	C	3	1	C		
	5 Carga excesiva de trabajo	1 Incidentes y Accidentes	Política de trabajo	2	3	C	2	3	C	2	2	C	2	2	C		
			Daño a equipos e instalación	2	2	C	2	2	C	2	2	C	2	2	C		
			Daños a terceros	2	2	C	2	2	C	2	2	C	2	2	C		
			Daños al medio ambiente	2	1	C	2	1	C	2	2	C	2	1	C		
			Incumplimiento de objetivos	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C		
			Ausentismo	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C		



## Hojas de Trabajo de metodología Qué Pasa si...?

Nombre del estudio: Análisis de riesgo para el sector hidrocarburos

Instalación: Estación de descompresión INDAMEX, Michoacán.

Sistema: 1. Factores internos

Subsistema: 1. Ambiente laboral (continuación)

Condiciones de Operación / Parámetros:

Qué pasa si...?	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Antes de la Reducción del Riesgo												Recomendaciones Qué pasa sí?	
				Per			Pob			Amb			Inst				Responsabilidad
				F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR		
	6 Problemas de salud	1 Incidentes y Accidentes	Pol tica de trabajo	4	2	C	4	2	C	4	2	C	4	2	C		
		2 Daño a equipos e instalación	Respetar horarios de trabajo	4	2	C	4	2	C	4	2	C	4	2	C		
		3 Daños a terceros	Horarios flexibles	4	2	C	4	2	C	4	2	C	4	2	C		
		4 Daños al medio ambiente	Horarios flexibles	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4	1	C		
		5 Incumplimiento de objetivos	Evaluación de desempeño	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C		
		6 Ausentismo	Prestaciones	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C		

## Hojas de Trabajo de metodología Qué Pasa si...?

Nombre del estudio: Análisis de riesgo para el sector hidrocarburos

Instalación: Estación de descompresión INDAMEX, Michoacán.

Sistema: 1. Factores internos

Subsistema: 2. Factores ergonómicos

Condiciones de Operación / Parámetros:



Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Antes de la Reducción del Riesgo												Recomendaciones Qué pasa sí?					
				Per			Pob			Amb			Inst				Responsabilidad				
				F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR						
1 Condiciones de seguridad e higiene inadecuadas	1 Iluminación inadecuada	1 Insatisfacción de personal	Atlas de riesgo	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C	2. Dar cumplimiento a las NOM-STPS-025-2008. Condiciones de Iluminación en la estación de descompresión.	CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.				
		2 Enfermedades laborales	Comisión de Seguridad e Higiene	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C						
	2 Ventilación inadecuada	1 Insatisfacción de personal	Atlas de riesgo	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C			3. Dar cumplimiento a las NOM-STPS-017-2008, Equipo de protección personal-selección, uso obligatorio y correcto del EPP en el desarrollo de las actividades.	CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.		
		2 Enfermedades laborales	Comisión de Seguridad e Higiene	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C						
	3 Ruido excesivo	1 Insatisfacción de personal	Atlas de riesgo	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3. Dar cumplimiento a las NOM-STPS-017-2008, Equipo de protección personal-selección, uso obligatorio y correcto del EPP en el desarrollo de las actividades.	CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.				
		2 Enfermedades laborales	Equipo de protección personal	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C						
	4 Falta de equipo de protección personal	1 Insatisfacción de personal	Atlas de riesgo	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C					3. Dar cumplimiento a las NOM-STPS-017-2008, Equipo de protección personal-selección, uso obligatorio y correcto del EPP en el desarrollo de las actividades.	CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.
		2 Lesiones al personal	Comisión de Seguridad e Higiene	4	2	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C						
		3 Enfermedades laborales	Comisión de Seguridad e Higiene	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C						
		4 Deceso de personal	Comisión de Seguridad e Higiene	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C						

## Hojas de Trabajo de metodología Qué Pasa si...?

Nombre del estudio: Análisis de riesgo para el sector hidrocarburos

Instalación: Estación de descompresión INDAMEX, Michoacán.

Sistema: 2. Factores externos

Subsistema: 1. Vandalismo / Sabotaje

Condiciones de Operación / Parámetros:



Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Antes de la Reducción del Riesgo												Recomendaciones Qué pasa sí?	
				Per			Pob			Amb			Inst			Responsabilidad	
				F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR		
1 Robo de equipo y/o material en la estación de descompresión	1 Vandalismo / Sabotaje	1 Paro de operación	1. Programas sociales 2. ESD Sistema de paro de emergencia	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4 Actualizar Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). 5. Capacitar y adiestrar al personal sobre procedimientos operativos protocolos y plan emergencia en eventos de riesgo.	CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.
		2 Lesiones al personal	Protección civil	4	2	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C		
		3 Pérdidas económicas	1. Seguridad de las instalaciones. 2. Plan de Respuesta a las Emergencias.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C		
	2 Inconformidad de población	1 Paro de operación	1. Programas sociales 2. ESD Sistema de paro de emergencia	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	6. Que se lleven a cabo los programas de simulacros en la instalación a fin de que el personal esté debidamente capacitado y tenga conocimiento que acciones tomar al evento. 7. Revisar los programas de simulacros para diferentes eventos y sus acciones.	CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.
		2 Lesiones al personal	Protección civil	4	2	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C		
		3 Lesiones y/o inconformidad de usuarios	Seguridad Pública	4	1	C	4	2	C	4	1	C	4	1	C		
		4 Pérdidas económicas	1. Seguridad Pública. 2. Seguridad de las instalaciones. 3. Plan de Respuesta a las Emergencias.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C		

## Hojas de Trabajo de metodología Qué Pasa si...?

Nombre del estudio: Análisis de riesgo para el sector hidrocarburos

Instalación: Estación de descompresión INDAMEX, Michoacán.

Sistema: 2. Factores externos

Subsistema: 2. Bloqueo

Condiciones de Operación / Parámetros:



Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Antes de la Reducción del Riesgo												Recomendaciones Qué pasa sí?	
				Per			Pob			Amb			Inst				Responsabilidad
				F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR		
1 Bloqueo de la estación de descompresión	1 Inconformidad de población	1 Paro de operación	1. Programas sociales 2. ESD Sistema de paro de emergencia	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4 Actualizar Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). 8. Elaborar y difundir el protocolo de respuesta emergencia con base en los resultados del ARSH.	Protección Civil y CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.
		2 Lesiones al personal	Protección civil	4	2	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C		
		3 Lesiones y/o inconformidad de usuarios	Seguridad Pública	4	1	C	4	2	C	4	1	C	4	1	C		
		4 Pérdidas económicas	1. Seguridad de las instalaciones. 2. Plan de Respuesta a las Emergencias.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C		
	2 Extorsión	1 Paro de operación	1. Programas sociales 2. ESD Sistema de paro de emergencia	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4 Actualizar Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). 8. Elaborar y difundir el protocolo de respuesta emergencia con base en los resultados del ARSH.	Protección Civil y CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.
		2 Lesiones al personal	Protección civil	4	2	C	4	1	C	4	2	C	4	1	C		
		3 Pérdidas económicas	1. Seguridad Pública. 2. Seguridad de las instalaciones. 3. Plan de Respuesta a las Emergencias.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C		

# Hojas de Trabajo de metodología Qué Pasa si...?

Nombre del estudio: Análisis de riesgo para el sector hidrocarburos

Instalación: Estación de descompresión INDAMEX, Michoacán.

Sistema: 2. Factores externos

Subsistema: 3. Colisión de Módulo de Almacenamiento Móvil (MAM)

Condiciones de Operación / Parámetros:



Qué pasa si...?	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Antes de la Reducción del Riesgo												Recomendaciones Qué pasa sí?	
				Per			Pob			Amb			Inst				Responsabilidad
				F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR		
1 Colisión de MAM con línea de alimentación de alta presión o estación de descompresión.	1 Falla mecánica del MAM	1 Daño a la estación de descompresión	Bloqueador de estacionamiento.	4	3	B	4	3	B	4	2	C	4	2	C	9. Dar capacitación al personal en planes de respuesta a emergencia.	CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.
		2 Posibles fugas.	ESD Sistema de paro de emergencia	4	3	B	4	3	B	4	2	C	4	2	C		
		3 Posible incendio y/o explosión	1. ESD Sistema de paro de emergencia 2. Equipo contraincendio	4	3	B	4	3	B	4	2	C	4	2	C		
		4 Pérdidas económicas	1. Bloqueador de estacionamiento 2. ESD Sistema de paro de emergencia 3. Teléfonos de emergencia	4	3	B	4	3	B	4	2	C	4	2	C		
	2 MAM operado por usuario a exceso de velocidad	1 Daño a la estación de descompresión	Bloqueador de estacionamiento.	4	3	B	4	3	B	4	2	C	4	2	C	10. Dar capacitación continúa a conductores para manejo y mantenimiento de MAM.	CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.
		2 Posible fuga.	ESD Sistema de paro de emergencia	4	3	B	4	3	B	4	2	C	4	2	C		
		3 Posible incendio y/o explosión	1. ESD Sistema de paro de emergencia 2. Equipo contraincendio	4	3	B	4	3	B	4	2	C	4	2	C		
		4 Pérdidas económicas	1. Bloqueador de estacionamiento 2. ESD Sistema de paro de emergencia 3. Teléfonos de emergencia	4	3	B	4	3	B	4	2	C	4	2	C		
	3 Usuario de MAM en estado inconveniente (enfermedad, alcoholizado o drogado)	1 Daño a equipos e instalación	Bloqueador de estacionamiento.	4	3	B	4	3	B	4	2	C	4	2	C	10. Dar capacitación continúa a conductores para manejo y mantenimiento de MAM.	CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.
		2 Posibles fugas.	ESD Sistema de paro de emergencia	4	3	B	4	3	B	4	2	C	4	2	C		
		3 Posible incendio	1. ESD Sistema de paro de emergencia 2. Equipo contraincendio	4	3	B	4	3	B	4	2	C	4	2	C		
		4 pérdidas económicas	1. Bloqueador de estacionamiento 2. ESD Sistema de paro de emergencia 3. Teléfonos de emergencia	4	3	B	4	3	B	4	2	C	4	2	C		

## Hojas de Trabajo de metodología Qué Pasa si...?

Nombre del estudio: Análisis de riesgo para el sector hidrocarburos

Instalación: Estación de descompresión INDAMEX, Michoacán.

Sistema: 2. Factores externos

Subsistema: 4. Climáticos

Condiciones de Operación / Parámetros:



Qué pasa si...?	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Antes de la Reducción del Riesgo												Recomendaciones Qué pasa si?		
				Per			Pob			Amb			Inst				Responsabilidad	
				F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR			
1 Vientos fuertes mayor a 80 km/h	Sin causas de interés																	
2 Sismo de magnitud mayor a 6.0	1 Factores geológicos	1 Daños a equipos e instalación	Normas de construcción	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C	4 Actualizar Plan de Respuesta a Emergencias (PRE).	CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.	
		2 Posible fuga	ESD Sistema de paro de emergencia	3	3	C	3	3	C	3	2	C	3	2	C			
		3 Pérdidas económicas	ESD Sistema de paro de emergencia	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	3	C			
3 Inundaciones	1 Factores hidrometeorológicos	1 Daño a equipos e instalación	Normas de construcción	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C	4 Actualizar Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). 5. Capacitar y adiestrar al personal sobre procedimientos operativos protocolos y plan emergencia en eventos de riesgo.	CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.	
		2 Pérdidas económicas	Plan de Respuesta a las Emergencias	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	2	C			
4 Hundimientos	1 Combinación de factores geológicos e hidrometeorológicos	1 Daño a equipos e instalación	ESD Sistema de paro de emergencia	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C	4 Actualizar Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). 5. Capacitar y adiestrar al personal sobre procedimientos operativos protocolos y plan emergencia en eventos de riesgo.	CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.	
		3 Posible fuga	ESD Sistema de paro de emergencia	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C			
		4 Pérdidas económicas	Plan de Respuesta a las Emergencias.	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	2	C			

## Hojas de Trabajo de metodología Qué Pasa si...?

Nombre del estudio: Análisis de riesgo para el sector hidrocarburos

Instalación: Estación de descompresión INDAMEX, Michoacán.

Sistema: 2. Factores externos

Subsistema: 4. Climáticos (continuación)

Condiciones de Operación / Parámetros:



Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Antes de la Reducción del Riesgo												Recomendaciones Qué pasa sí?	
				Per			Pob			Amb			Inst				Responsabilidad
				F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR		
5 Caída de rayo	1 Tormentas eléctricas	1 Daño a equipos e instalación	Sistema de tierra física y para rayos	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	11. Contar con el diseño y selección de la planta de emergencia de energía eléctrica que garantice la operación en una condición emergente por fallo del suministro eléctrico (CFE).	CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.
		2 Posible incendio	1. ESD Sistema de paro de emergencia 2. Equipo contraincendio	2	2	C	2	2	C	2	1	C	2	1	C		
		3 Pérdidas económicas	Plan de Respuesta a las Emergencias	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C		
6 Radiación solar alta	1 Condiciones meteorológicas extremas	1 Posible incendio	Sistemas de mitigación.	2	1	C	2	3	C	2	3	C	2	2	C	5. Capacitar y adiestrar al personal sobre procedimientos operativos protocolos y plan emergencia en eventos de riesgo.	CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.
		2 Daño a equipos e instalación	ESD Sistema de paro de emergencia	2	2	C	2	2	C	2	1	C	2	1	C		
		3 Pérdidas económicas	Plan de Respuesta a las Emergencias	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C		

## Hojas de Trabajo de metodología Qué Pasa si...?

Nombre del estudio: Análisis de riesgo para el sector hidrocarburos

Instalación: Estación de descompresión INDAMEX, Michoacán.

Sistema: 2. Factores externos

Subsistema: 5. Actividades agrícolas

Condiciones de Operación / Parámetros:



Qué pasa sí...?	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Antes de la Reducción del Riesgo												Recomendaciones Qué pasa sí?	
				Per			Pob			Amb			Inst				Responsabilidad
				F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR	F	C	MR		
1 Renovación de sembradíos aledaños al predio de la estación de descompresión	1 Descontrol en quema de sembradíos aledaños a la estación de descompresión	1 Posible incendio	Equipo contraincendio interno y/o externo	3	3	C	3	3	C	3	3	C	3	2	C	4 Actualizar Plan de Respuesta a Emergencias (PRE). 5. Capacitar y adiestrar al personal sobre procedimientos operativos protocolos y plan emergencia en eventos de riesgo.	CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.
		2 Daño a equipos e instalación	ESD Sistema de paro de emergencia	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C		
		3 Pérdidas económicas	Plan de Respuesta a las Emergencias	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	3	C		

# ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN INDAMEX

## ANÁLISIS DE RIESGO

- SECTOR HIDROCARBUROS –  
**Actividades Altamente Riesgosas**

### CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN ENTORNO A LAS INSTALACIONES

CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.



# CAPÍTULO 2

## DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN ENTORNO A LAS INSTALACIONES

### Contenido

<b>2.1 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGO</b> .....	73
<b>2.1.1 Análisis detallado de consecuencias</b> .....	73
2.1.1.1 Modelo de emisión .....	74
2.1.1.2 Modelo de dispersión .....	75
2.1.1.3 Modelo de fuego .....	76
2.1.1.4 Modelo de explosión .....	77
2.1.2 Efectos por radiación térmica .....	78
2.1.3 Efectos por onda expansiva .....	79
<b>2.2 MODELACIÓN DE LOS RADIOS DE AFECTACIÓN</b> .....	80
2.2.1 Condiciones climáticas del sitio de estudio .....	80
2.2.2 Criterios, premisas y consideraciones aplicadas .....	82
2.2.2.1 Normatividad aplicable .....	82
2.2.2.2 Tamaño de fuga .....	83
2.2.2.3 Estabilidades atmosféricas .....	84
2.2.3 Cálculo de inventarios de fuga .....	84
2.2.4 Dirección de la fuga .....	87
2.2.5 Tipo de área de localización de la instalación .....	87
2.2.6 Selección de escenarios .....	87
2.2.7 Escenarios simulados .....	88
2.2.8 Resultados de las simulaciones .....	94
2.2.9 Representación de los radios de afectación en planos .....	95

## Índice de Tablas

<b>Tabla 2.1</b> Recomendaciones derivadas del estudio HazOp y Qué pasa si...? para escenarios de tipo “B” .....	73
<b>Tabla 2.2</b> Efecto por radiación térmica .....	78
<b>Tabla 2.3</b> Efecto estimados debido a la sobrepresión .....	79
<b>Tabla 2.4</b> Condiciones climatológicas de la Estación meteorológica “Zamora” .....	80
<b>Tabla 2.5</b> Datos generales de la Estación “Zamora” .....	81
<b>Tabla 2.6</b> Estabilidad atmosférica de Pasquill .....	82
<b>Tabla 2.7</b> Parámetros para la determinación de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento para el análisis de riesgo .....	82
<b>Tabla 2.8</b> Diámetros equivalentes de fuga (DEF) para simulación de escenarios de riesgo por fuga de gas natural en la Estación de Descompresión .....	83
<b>Tabla 2.9</b> Diámetros equivalentes de fuga DEF .....	84
<b>Tabla 2.10</b> Criterios ambientales para la simulación de escenarios de riesgos de la Estación de Descompresión.....	84
<b>Tabla 2.11</b> Diámetros equivalentes de fuga DEF .....	85
<b>Tabla 2.12</b> Criterio para asignar tiempos de fuga .....	86
<b>Tabla 2.13</b> Direcciones de fuga en el simulador .....	87
<b>Tabla 2.14</b> Criterios de localización de los eventos .....	87
<b>Tabla 2.15</b> Datos del inventario de tasa de descarga.....	93
<b>Tabla 2.16</b> Resumen de los resultados de los radios de afectación por escenario .....	94

## Índice de Figuras

<b>Figura 2.1</b> Ejemplo gráfico de los modelos de emisión y dispersión A. Sustancias pesadas (Diesel etc.) B. Sustancias ligeras (H <sub>2</sub> , etc.) .....	76
<b>Figura 2.2</b> Ejemplo de una explosión de nube de vapor (VCE) .....	77
<b>Figura 2.3</b> Evolución de una BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion).....	78
<b>Figura 2.4</b> Localización de la Estación meteorológica “Zamora” utilizada para la obtención de los datos .....	81

## CAPÍTULO 2

### DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN ENTORNO A LAS INSTALACIONES

#### 2.1 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGO

Los escenarios de riesgo clasificados como altos y/o medios, derivados de la identificación de peligros y jerarquización de escenarios (análisis cualitativo de Riesgo) pertenecen o son generados por actividades no rutinarias, todos ellos se encuentran en función del error humano, debido a ello, la mejor práctica para reducir la frecuencia de ocurrencia de los mismos es aplicar programas continuos de capacitación de personal, certificar que el personal calificado cuente con las habilidades requeridas para las funciones que desempeña y el total cumplimiento con apego en los procedimientos operativos, como se indica en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1** Recomendaciones derivadas del estudio HazOp y Qué pasa si...? para escenarios de tipo "B"

Escenario	Recomendaciones
<b>HazOp</b>	
5	Dar mantenimiento preventivo al equipo de acuerdo con las recomendaciones del fabricante
8	
<b>¿Qué pasa si...?</b>	
2.3.1	Dar capacitación continua a conductores para manejo y mantenimiento de MAM
	Dar capacitación al personal en planes de respuesta a emergencia

Fuente: GRUPO INGENII, S. de R.L. de C.V.

##### 2.1.1 Análisis detallado de consecuencias

Las sustancias peligrosas, son aquellos compuestos químicos, que en cualquier estado provocan daños de manera directa o indirecta.

El propósito del Análisis de Consecuencias (AC) es la evaluación cuantitativa de la evolución espacial y temporal de las variables físicas representativas de los fenómenos peligrosos en los que intervienen sustancias peligrosas, con el claro objetivo de estimar la naturaleza y magnitud del daño, contribuyendo a la identificación de las medidas necesarias para evitar daños al personal, población, medio ambiente y las instalaciones (AIChE/CCPS, 1994).

La evaluación de consecuencias para la Estación de Descompresión se realizó para los escenarios prioritarios, ubicados en la región de riesgo A (Alto) y B (Medio) mostrados en la jerarquización de riesgos, empleando el software de simulación PHAST (Process Hazard Analysis Software Tool) en su versión 6.7.

Por otra parte, los errores humanos, las fallas en los sistemas de seguridad, así como la corrosión y el desgaste en líneas y equipos de proceso, son algunas de las causas de accidentes, que no

siempre son evidentes desde la experiencia operativa. En general, los accidentes son ocasionados por la pérdida de control o la pérdida de contención de materia o energía. Esta pérdida de contención es debida por:

- Fugas de materiales tóxicos o inflamables
- Derrames de líquidos inflamables

Cuando el material es liberado, dependiendo de la composición del material, se genera una nube tóxica, inflamable o explosiva, la cual presenta diversas formas de evolución del accidente, por ejemplo:

- El material liberado forma una nube de vapor tóxica que se disperse sin ninguna consecuencia
- La nube de vapor no confinada puede alcanzar un punto de ignición y provocar un incendio con consecuencias menores
- La radiación térmica provocada por el incendio puede debilitar la estructura de otros recipientes y ocasionar una explosión con consecuencias mayores

Esta nube puede generar pérdidas económicas relacionadas con daños a equipos, estructuras de proceso, salud e integridad del personal, por lo tanto, es muy importante determinar la magnitud de las consecuencias.

La duración del accidente depende en gran medida de los medios disponibles para mitigar el evento, la capacidad del personal de operación y seguridad, que en esos momentos se encuentre disponible para atender la emergencia (Guidelines for Selection Process Safety).

Para determinar la magnitud de las consecuencias de un evento no deseado de forma anticipada, es necesario simular y cuantificar el comportamiento del material liberado a través de modelos teóricos-empíricos. Estos modelos se aplican en el siguiente orden:

- ✓ Modelo de emisión
- ✓ Modelo de dispersión
- ✓ Modelo de fuego
- ✓ Modelo de explosión

### **2.1.1.1 Modelo 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.

Las emisiones accidentales de materiales peligrosos pueden ser instantáneas o continuas, incluyendo flujo en una o dos fases, siendo éstas de tanques de almacenamiento o tuberías, los cuales pueden ser refrigerados, a presión, sobre la tierra, sumergidos, confinados o no confinados.

Algunos de estos escenarios con diferentes mecanismos de emisión pueden ocurrir en tanques presurizados con líquidos refrigerados.

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.

### 2.1.1.2 Modelo de dispersión

Los modelos de dispersión se utilizan para predecir el área afectada en función de tamaño y forma de la nube, la distancia a la cual se alcanza una concentración de interés, como puede ser el límite de inflamabilidad inferior (LII) 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 el personal.

Los modelos de dispersión describen el transporte aéreo de los materiales tóxicos o inflamables desde el sitio del accidente hacia otros puntos de la planta y zonas de asentamientos humanos, evaluando y determinando en qué puntos estas emisiones son nocivas para la salud. Estos modelos están basados en la Ecuación de Difusión Gaussiana de un gas y para su aplicación es necesario establecer una concentración máxima permisible de exposición, lo cual permite estimar el área de evacuación en caso de una contingencia. Los resultados obtenidos en la etapa de emisión son usados durante la dispersión en conjunto con los datos meteorológicos tales como:

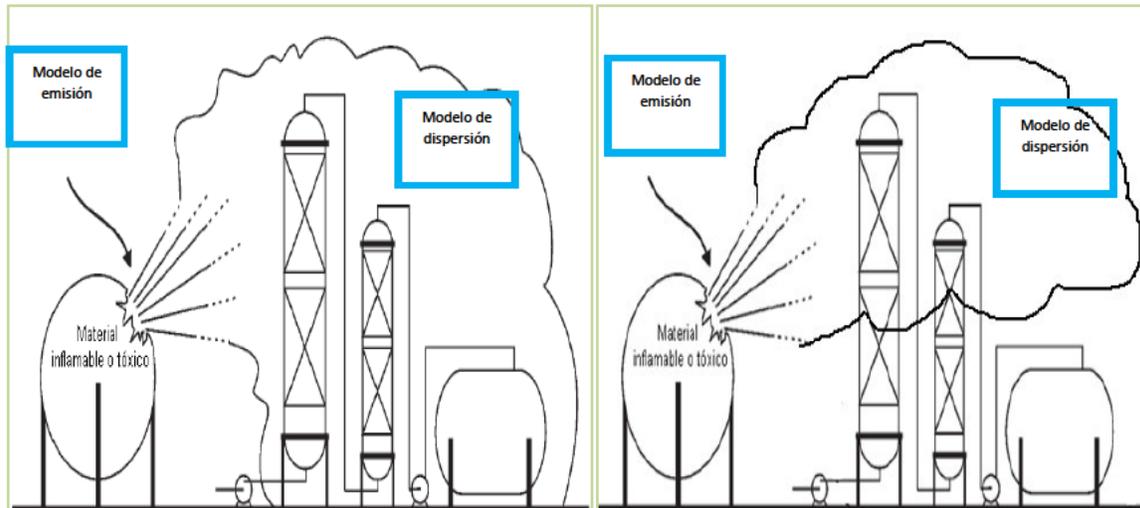
- Estabilidad atmosférica: Se refiere a las condiciones meteorológicas relevantes respecto al nivel de mezclado vertical entre las capas de aire, provocada en gran medida por los efectos de gradientes de temperatura. El modelo relaciona el mezclado vertical del aire al considerar la temperatura, la humedad relativa y la radiación solar en el medio
- Velocidad de viento: Se refiere a la dirección horizontal. Conforme la velocidad del viento se incrementa, la pluma se vuelve más larga y puntiaguda incrementándose al mismo tiempo la dilución de la misma y las sustancias se transportan más rápido corriente abajo
- Condiciones del terreno: Las condiciones del terreno afectan el mezclado mecánico en la superficie y el perfil de la velocidad del viento con la altura. Los árboles y las construcciones incrementan el mezclado, mientras que los lagos y áreas abiertas lo decremantan
- Altura de emisión: La altura de la emisión afecta significativamente la concentración al nivel de piso. Conforme la altura se incrementa, las concentraciones al nivel del piso se reducen ya que la pluma debe dispersarse a una distancia mayor sobre la vertical
- Momentum y flotación del material liberado: el Momentum y flotación inicial del material liberado cambian la altura efectiva de la emisión. Después de que el Momentum y la flotación inicial se han disipado, el mezclado turbulento de la atmósfera será el efecto dominante

Los resultados de la estimación de los modelos de dispersión también se pueden utilizar para:

- Desarrollar planes de emergencia con los alrededores de la comunidad

- Desarrollar modificaciones a la ingeniería para eliminar fuentes de emisión
- Aislar emisiones potenciales e instalar venteos apropiados u otros equipos de remoción de vapores
- Reducir el inventario de materiales peligrosos

En la Figura 2.1 se muestran los modelos antes descritos, modelo de emisión y modelo de dispersión.



**Figura 2.1** Ejemplo gráfico de los modelos de emisión y dispersión A. Sustancias pesadas (Diesel etc.)  
B. Sustancias ligeras (H<sub>2</sub>, etc.)

### 2.1.1.3 Modelo de fuego

Los modelos de fuego son correlaciones empíricas que permiten: estimar los niveles de radiación térmica para una distancia dada y determinar zonas de afectación, proponer medidas de mitigación, modificación de la distribución y localización de la planta, reforzamiento de los cuartos de control.

Algunos de los modelos empleados son:

**Fuego por vaporización súbita (Flash Fire).** Una forma de reacción química del gas LP que escapa es la formación de un evento denominado flash fire. Cuya modelación matemática depende de factores como el volumen de la nube de gas, área que cubre y la emisión de calor producida. El tamaño de la nube depende parcialmente de las condiciones del escape del material y de la dispersión, los efectos de la radiación térmica dependen de la distancia de la flama, su altura, el poder emisor, las condiciones de transmisividad atmosférica y el tamaño de la nube.

**Fuego en un charco o alberca (Pool Fire).** Es una combustión estacionaria con llama de difusión del líquido de un charco de dimensiones conocidas, que se produce en un recinto descubierto. El principal efecto del fuego es un charco o alberca es la radiación térmica. Los efectos térmicos

dependen del tipo de combustible, de la geometría del charco, de la duración de la flama y de la localización del receptor con respecto a la radiación de la flama.

**Fuego en forma de chorro (Jet Fire).** El fuego en forma de chorro resulta de la combustión de un material cuando empieza la liberación de dicho material desde una unidad presurizada.

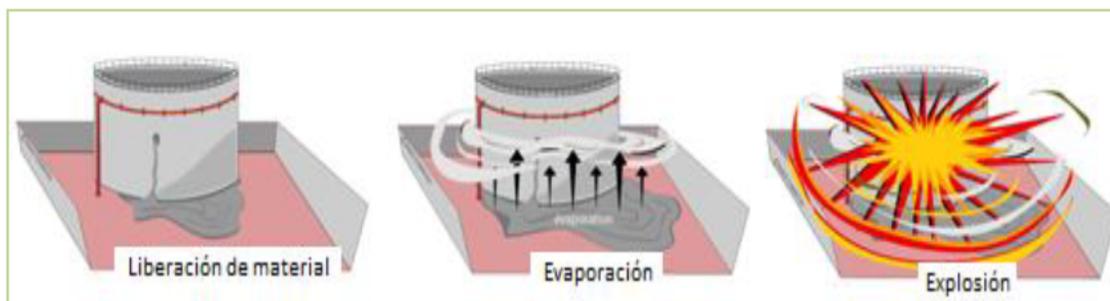
#### 2.1.1.4 Modelo de explosión

Las explosiones de gas son caracterizadas por la rápida combustión, en la cual la alta temperatura de los productos de combustión se expande y afecta a los alrededores.

De este modo, el calor de combustión de una mezcla aire-combustible (energía química) es parcialmente convertido en una expansión (energía mecánica). La energía mecánica es transferida a los alrededores en forma de onda de choque. En la atmósfera, una onda de choque es experimentada como un cambio dinámico de los parámetros de presión, densidad y velocidad de las partículas de un gas. Los modelos de explosión que se usan para determinar radio y zonas de afectación para ciertos niveles de sobrepresión.

#### Explosión de una nube de vapor (Vapor Cloud Explosion VCE)

Si una gran cantidad de material volátil inflamable se libera rápidamente a la atmósfera y si la nube se incendia antes de que se diluya hasta por debajo de su límite inferior de explosividad, entonces ocurre una explosión de nube de vapor VCE, en la Figura 2.2 se muestra un ejemplo de generación de una explosión por nube de vapor.



**Figura 2.2** Ejemplo de una explosión de nube de vapor (VCE)

Cualquier fluido inflamable que se libere en una planta petroquímica tiene la capacidad de generar una nube de vapor inflamable, que si se prende puede producir una explosión por nube de vapor (VCE). Las explosiones de nube de vapor (VCE) causan daños considerables en la industria química y petroquímica. Los niveles de daño generados por sobrepresión llegan a ser tan riesgosos que ocasionan daños e incluso la muerte.

## Explosión de vapores en expansión de un líquido en ebullición (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion BLEVE)

Una BLEVE ocurre debido a cualquier mecanismo que resulte de la falla repentina del contenedor, incluyendo impacto con un objeto, corrosión, defectos de manufactura, sobrecalentamiento interno, etc. La repentina falla del contenedor permite que el líquido sobrecalentado provoque un “flash o vaporización súbita” e incremente su volumen. Esto es suficiente para generar ondas de presión y fragmentos. En el cálculo de la BLEVE se determina la sobrepresión y los fragmentos de materiales inflamables, se predice la intensidad térmica de las bolas de fuego, diámetro y duración. En la Figura 2.3 se muestra la evolución temporal de una BLEVE.

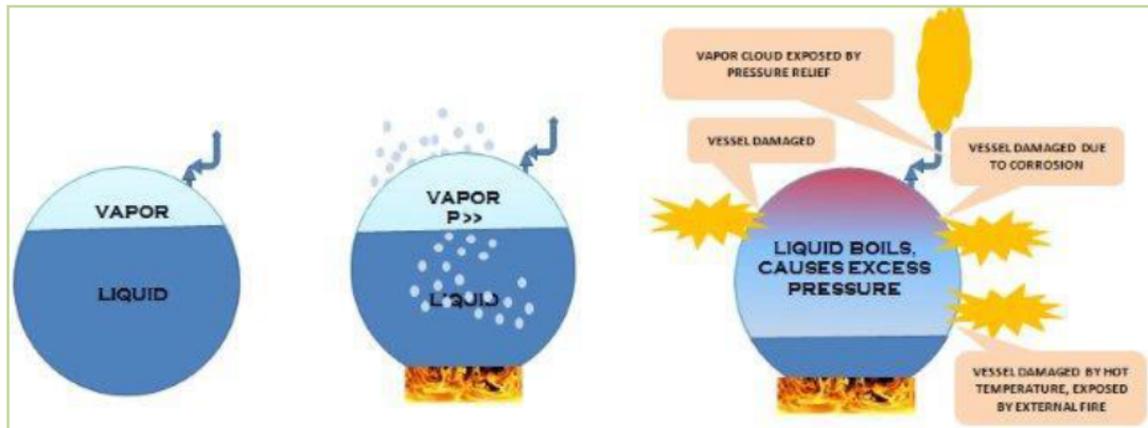


Figura 2.3 Evolución de una BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)

### 2.1.2 Efectos por radiación térmica

Los efectos por fuego son evaluados en función de la radiación térmica a la que está expuesto un individuo o equipo durante un determinado tiempo.

El efecto de la radiación térmica en un individuo se manifiesta en quemaduras de primer, segundo y tercer grado. Por otra parte, la radiación térmica en equipos provoca daños estructurales a una exposición de temperatura en un intervalo de 500 a 600 °C.

En la Tabla 2.2 se muestran valores de los efectos por radiación térmica.

Tabla 2.2 Efecto por radiación térmica

Intensidad de radiación (kW/m <sup>2</sup> )	Efecto observado
1.4	No se presentan molestias, aún durante largos períodos de exposición. Es el flujo térmico equivalente al del sol en verano al medio día
5	El umbral de dolor se alcanza después de 20 segundos de exposición. Asimismo, después de 40 segundos de exposición, son probables las quemaduras de segundo grado

Intensidad de radiación (kW/m <sup>2</sup> )	Efecto observado
9.5	El umbral de dolor una persona, se alcanza luego de 8 segundos de exposición; después de 20 segundos de exposición, se presentan quemaduras de segundo grado
12.5	Energía mínima requerida para que la madera se prenda, por contacto con fuego. Tubería de plástico se funde
25	Energía mínima requerida para provocar la ignición de la madera, por exposición prolongada (es decir, se prende por la exposición a este nivel de radiación. No se requiere de alguna fuente de ignición, por ejemplo, cerillo)
37.5	Suficiente para provocar daños en equipos de proceso

Fuente: Anexo 3 DCO-GDOESSPA-CT-001 Rev. 1 (PEMEX, 2007).

### 2.1.3 Efectos por onda expansiva

Los efectos por explosión predicen los impactos de la onda expansiva y los proyectiles en personas y objetos.

Para producir fatalidades (debido a hemorragias internas) se requieren sobrepresiones > 15 psig, pero se ha observado que los mayores daños son los producidos por proyectiles.

En la Tabla 2.3 se muestran valores de daños y efectos observados por eventos de sobrepresión.

**Tabla 2.3** Efecto estimados debido a la sobrepresión

Presión (Psig)	Efecto observado
0.02	Ruido molesto (137 decibeles de frecuencia 10-15 hertz)
0.03	Ruptura ocasional de grandes ventanales bajo tensión
0.04	Ruido fuerte (143 decibeles), falla de cristales por ondas sónicas
0.1	Ruptura de ventanas pequeñas bajo tensión
0.15	Presión típica para ruptura de cristales
0.3	"Distancia segura" (probabilidad 0.95 sin daño serio más allá de este valor) límite de proyectiles; algún daño a techos de casas; 10 % de ventanas rotas
0.4	Daño estructural de casas
0.5-1.0	Generalmente se estrellan grandes y pequeñas ventanas, daño ocasional a marcos de ventanas
0.7	Daño menor a estructuras de casas
1.0	Láminas de asbesto corrugado, se hacen añicos; daño en paneles de aluminio o acero corrugado y accesorios de sujeción con pandeo, daños en paneles de madera y accesorios de sujeción. Demolición parcial de las casas habitación, quedan inhabitables. Provoca el 1 % de ruptura de tímpanos y el 1 % de heridas seria por proyectiles
2	Colapso parcial de paredes y techos de casas
2-3	Muros de block y concreto, no reforzadas, destruidas
2.3	Límite inferior de daño estructural serio
2.5	50 % de destrucción de casas de ladrillo

Presión (Psig)	Efecto observado
3	Máquinas pesadas (1.5 toneladas) en edificios industriales sufren daños pequeños, estructuras de acero distorsionados y desprendidos de sus cimientos
3-4	Edificios de paneles de acero sin estructuras o de autoformación demolidos; ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo
4	Estructura metálica de edificios distorsionados o arrancadas de sus cimientos; demolición de paneles de acero para edificios sin arco de refuerzo y ruptura de tanques metálicos de almacenamiento
5	Postes de teléfono de madera se rompen; prensa hidráulica (18.2 toneladas) dentro de edificios ligeramente dañada
5-7	Destrucción casi completa de casas
7	Vagones de ferrocarril de carga pesada volcados
7-8	Paneles de ladrillo de 8.12 pulgadas de espesor, no reforzados, ceden por deslizamiento o curvatura
9	Furgones con carga totalmente destruidos
10	Probable destrucción de edificios, maquinaria pesada (7,000 lb) desplazada y muy dañada maquinaria muy pesada (12,000 lb) sobrevive, máxima velocidad de viento de 294 km/h
300	Límite de orilla de cráter

Fuente: Anexo 3 DCO-GDOESSSPA-CT-001 Rev. 1 (PEMEX, 2007).

## 2.2 MODELACIÓN DE LOS RADIOS DE AFECTACIÓN

### 2.2.1 Condiciones climáticas del sitio de estudio

El municipio de Villamar registra variaciones estacionales en el transcurso del año. La temporada con mayor viento corresponde al mes de marzo, con una velocidad promedio de 9.4 km/h. Por el contrario, la temporada que presenta menor actividad eólica corresponde al mes de julio, cuya rapidez del viento data a una velocidad promedio de 7.0 km/h.

En cuanto a radiación solar se refiere, el periodo del año con mayor incidencia comprende los meses de marzo a mayo, destacando el mes de abril por presentar los valores más altos de actividad solar con un promedio de 7.4 kW/h. Por el contrario, el mes con menor actividad solar es diciembre con un promedio de 4.6 kW/h (Global Modeling and Assimilation Office, 2015).

A continuación, se muestran las condiciones climatológicas promedio de los últimos 90 días, mismas que fueron obtenidas a través de la estación meteorológica "Zamora" (Tabla 2.4).

**Tabla 2.4** Condiciones climatológicas de la Estación meteorológica "Zamora"

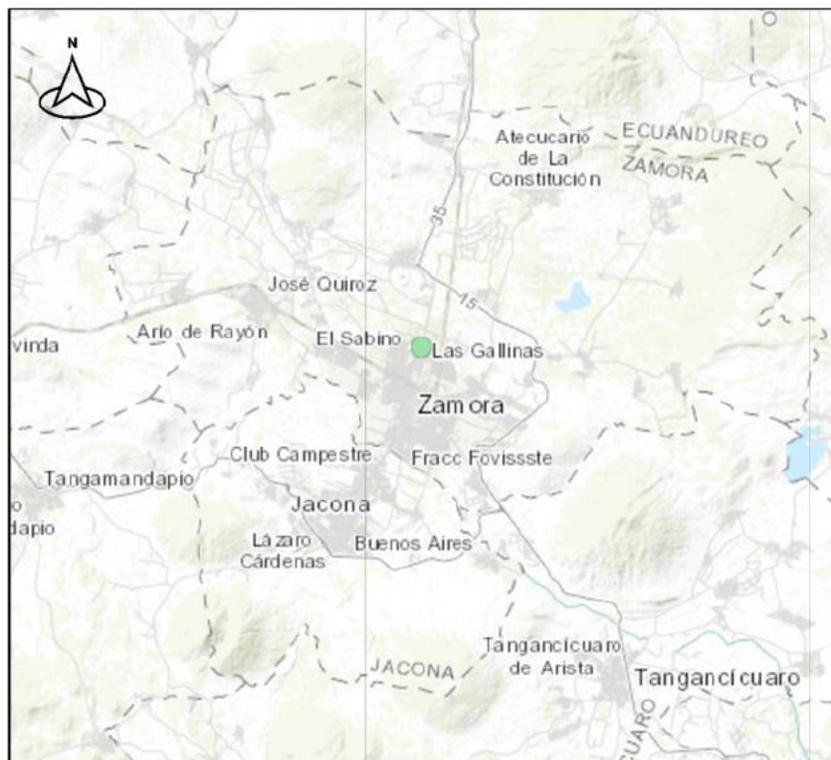
Estación Meteorológica	Dirección del Viento (grados)	Dirección de ráfaga (grados)	Rapidez de viento (km/h)	Rapidez de ráfaga (km/h)	Temperatura del Aire (°C)	Humedad relativa (%)	Presión Atmosférica (hpa)	Radiación Solar (W/m <sup>2</sup> )
Zamora	291.5	340	9.36	17.82	25.1	27	844.8	73.5

Los datos que complementan la Tabla 2.5 fueron adquiridos a través de la estación climatológica la cual se encuentra registrada con los siguientes datos.

**Tabla 2.5** Datos generales de la Estación “Zamora”

Estación Zamora	
<b>Red:</b>	SMN - ESMA
<b>Estado:</b>	Michoacán de Ocampo
<b>Municipio:</b>	Jacona
<b>Latitud:</b>	20.00972
<b>Longitud:</b>	-102.28194
<b>Altitud:</b>	1565 msnm

**Fuente:** Sistema de Información y visualización de Estaciones Automáticas, 2021



**Figura 2.4** Localización de la Estación meteorológica “Zamora” utilizada para la obtención de los datos

La información de condiciones climáticas es necesaria para alimentar los datos en el software PHAST y hacer las simulaciones lo más cercanas a la realidad, recuerden que este proceso es de manera hipotética.

Para poder hacer uso de estos datos se deben considerar datos históricos de los mismos de al menos 10 años, en caso de no contar con esta información se deben hacer las simulaciones con una velocidad de 1.5 m/s y estabilidad ambiental B para el día y F para la noche, por ser

consideradas condiciones ambientales muy desfavorables para la dispersión de nubes tóxicas o inflamables, para la dirección del viento utilizar la dirección promedio (como una media aritmética) del viento en el sitio, con base en registros de los últimos tres años.

Por lo tanto, analizando la información de condiciones climáticas y con ayuda de la Tabla 2.6 se determinó la velocidad de viento promedio del sitio donde se encuentra la Estación de Descompresión, así como la estabilidad Pasquill, la cual se presenta en la sección de criterios, premisas y consideraciones aplicados.

**Tabla 2.6** Estabilidad atmosférica de Pasquill

Velocidad del viento $U_{10}$ (m/s)	Radiación solar			Horas de noche Fracción cubierta de nubes	
	Fuerte	Moderado	Débil	$\geq 1/2$	$\leq 1/2$
< 2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Fuente: "Guía para la elaboración del análisis de riesgo para el sector hidrocarburos".

Para definir y justificar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento del análisis de riesgo a determinar, se consideraron los parámetros que se indican en la Tabla 2.7, para los casos de nube tóxica, incendio y explosión de los escenarios planteados.

**Tabla 2.7** Parámetros para la determinación de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento para el análisis de riesgo

Parámetros	Zona de alto riesgo por daño a equipos	Zona de alto riesgo	Zona de amortiguamiento
<b>Toxicidad (concentración)</b>	--	IDHL (ppm)	TLV (8 h., TWA) o TLV (15 min., STEL) (ppm)
<b>Inflamabilidad (radiación térmica)</b>	Rango de 12.5 kW/m <sup>2</sup> a 37.5 kW/m <sup>2</sup>	5 kW/m <sup>2</sup>	1.4 kW/m <sup>2</sup>
<b>Explosividad (sobrepresión)</b>	Rango de 3 lb/in <sup>2</sup> a 10 lb/in <sup>2</sup>	1 psig (0.07 kg/cm <sup>2</sup> )	0.5 psig (0.035 kg/cm <sup>2</sup> )

Fuente: "Guía para la elaboración del análisis de riesgo para el sector hidrocarburos".

## 2.2.2 Criterios, premisas y consideraciones aplicadas

### 2.2.2.1 Normatividad aplicable

Para desarrollar las simulaciones se utilizará como referencia la siguiente normatividad:

- COMERI 144 “Lineamientos para realizar Análisis de Riesgos de Proceso, Análisis de Riesgos de Ductos y Análisis de Riesgos de Seguridad Física, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios” revisión 2 del 10 de agosto de 2010.
- DG-SASIPA-SI-02741 “Guía para Realizar Análisis de Riesgos” revisión 3 de marzo de 2011.
- 800-16400-DCO-GT-75 “Guía Técnica para Realizar Análisis de Riesgos de Proceso” revisión 1 del 10 de agosto de 2012.
- DCO-GDOESSSPA-CT-001 “Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgos por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos” revisión 1 del 30 de septiembre de 2011.
- NFR-018-PEMEX-2007 “Estudios de Riesgos” revisión 0 del 05 de enero de 2008.
- Guía para la elaboración del análisis de riesgo para el sector hidrocarburos, Julio 2020.

### 2.2.2.2 Tamaño de fuga

Existen diferentes criterios para definir el tamaño de la fuga conforme la Tabla 2.8.

**Tabla 2.8** Diámetros equivalentes de fuga (DEF) para simulación de escenarios de riesgo por fuga de gas natural en la Estación de Descompresión

DEF	Causa	Tipo de caso para ARSH	Referencia / criterio
100% del DN de la línea o tubería	Golpe externo	PC <sup>2</sup>	GUÍA ASEA
0.75” para DN de 6” a 14” 1.25” para DN de 16” a 24” 2.0” para DN mayor a 30” 0.6” para DN > 2” y ≤ 4”	Corrosión, pérdida de material o falla en soldadura	CMP <sup>3</sup>	DCO-GDOESSSPA-CT-001
20% del DN de la línea o tubería	Golpe externo (más probable que la ruptura del 100%)	CA <sup>4</sup>	DCO-GDOESSSPA-CT-001 WTP55
0.5” para cualquier DN	Por corrosión localizada	CA <sup>4</sup>	WTP55
30% del $\emptyset$ para líneas de 2” < DN ≤ 4” 20% del $\emptyset$ para líneas de 6” ≤ DN	Fugas en bridas / sobrepresión	CA <sup>4</sup>	DCO-GDOESSSPA-CT-001

<sup>1</sup>DEF: Diámetro Equivalente de Fuga  
<sup>2</sup>PC: Peor Caso  
<sup>3</sup>CMP: Caso Más Probable  
<sup>4</sup>CA: Caso Alternativo  
 DN: Diámetro Nominal de la línea o tubería

**GUÍA ASEA:** Guía para la elaboración de Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos

**DCO-GDOESSSPA-CT-001:** Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de PEMEX

**WTP55:** Techniques for Assessing Industrial Hazards. World Bank Technical Paper Number 55

Para el caso de este estudio se consideraron con base en a la “Guía para la elaboración del análisis de riesgo para el sector hidrocarburos”, que se muestran en la Tabla 2.9, los diámetros equivalentes de fuga para realizar las simulaciones de la Estación de Descompresión.

**Tabla 2.9** Diámetros equivalentes de fuga DEF

Tipo de escenario	Diámetro equivalente de fuga
Peor caso (PC)	DEF= 100 % del diámetro de la tubería
Caso más probable (CMP)	DEF= 20% del diámetro de la tubería
Caso alterno (CA)	DEF= 20% y 100% del diámetro de la tubería

Fuente: “Guía para la elaboración del análisis de riesgo para el sector hidrocarburos”.

### 2.2.2.3 Estabilidades atmosféricas

De acuerdo con la revisión de los datos históricos del reporte de clima, durante un periodo de un año, se determinó que la velocidad del viento en la región donde se encontrará la Estación de Descompresión de la región es de 2.61 m/s.

Acorde con la revisión de las condiciones climatológicas de la región, para este proyecto en particular, se emplearán las condiciones atmosféricas de la Tabla 2.10, para dar cumplimiento con lo establecido en la “Guía para la elaboración del análisis de riesgo para el sector hidrocarburos” y DCO-GDOESSPA-CT-001 Rev. 1.

**Tabla 2.10** Criterios ambientales para la simulación de escenarios de riesgos de la Estación de Descompresión

Tipo de escenario	Velocidad de viento (m/s)	Estabilidad Pasquill	Temperatura ambiente (°C)	Humedad relativa (%)	Presión atmosférica (Psi)
Peor caso (PC)	1.5*	F	25.1	27	12.25
	2.61**	C			
Caso más probable (CMP)	1.5*	F	25.1	27	12.25
	2.61**	C			
Caso alterno (CA)	1.5*	F	25.1	27	12.25
	2.61**	C			

\* Valor tomado con base de la guía debido a que la velocidad mínima promedio de la región es casi igual al valor que emplea la guía.

\*\* Velocidad de viento promedio en la región.

### 2.2.3 Cálculo de inventarios de fuga

Al determinar el inventario de la sustancia peligrosa que se puede fugar o derramar, en proceso o almacenamiento. En el caso de líneas de proceso y ductos, es la suma del inventario que se fuga hasta el momento en el que se cierran las válvulas de seccionamiento, más el inventario que se

queda atrapado entre estas válvulas. Para ello, se emplea la ecuación que a continuación se presenta.

$$IF = (Fm * t) + \left\{ \left( \frac{\pi * d^2}{4} \right) * D * \rho \right\} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

- IF** = Inventario de fuga (kg)
- Fm** = Flujo másico
- t** = tiempo que transcurre desde que se presenta la fuga, hasta que es aislada cerrando las válvulas de seccionamiento (s)
- d** = diámetro de tubería (m)
- D** = Distancia que existe entre las válvulas de seccionamiento que aíslan la fuga en el ducto (m)
- ρ** = Densidad de la sustancia (kg/m<sup>3</sup>)

De acuerdo con el departamento de transporte (1980) LNG Estándares Federales de Seguridad (*Federal Safety Standards*) especificaron un tiempo que transcurre desde que se presenta la fuga hasta que es aislada de **10 minutos**; otros estudios (*Rijnmond Public Authority*, 1982) han usado **2 minutos** considerando una combinación entre el tiempo de detección de fuga y que un operador capacitado y con instrucciones bien documentadas llevará a cabo la activación de las válvulas remotas de aislamiento (AIChE/CCPS, 2000).

De la ecuación 1, el segundo término de la ecuación se simplifica para los casos en los que no existan válvulas de aislamiento, por lo tanto, la ecuación 1 se reduce a:

$$IF = (Fm * t) \quad \text{Ecuación 2}$$

Para este estudio en particular se tomará como tiempo igual a cero ( $t=0$ ) el momento en que comienza la liberación o descarga de material al ambiente.

La composición del gas natural se considera para el Resto del País, a partir de la Tabla 2.11, conforme con la norma NOM-001-SECRE-2010.

**Tabla 2.11** Diámetros equivalentes de fuga DEF

Propiedad	Unidades	Zona Sur			Resto del país
		Hasta el 31 de diciembre de 2010	Del 1 de enero de 2011 al 31 de diciembre de 2012	A partir del 1 de enero de 2013	
<b>Metano (CH4)-Min.</b>	% vol	NA	NA	83.00	84.00
<b>Oxígeno (O2)-Max.</b>	% vol	0.20	0.20	0.20	0.20
<b>Bióxido de Carbono (CO2)-Max.</b>	% vol	3.00	3.00	3.00	3.00

Propiedad	Unidades	Zona Sur			Resto del país
		Hasta el 31 de diciembre de 2010	Del 1 de enero de 2011 al 31 de diciembre de 2012	A partir del 1 de enero de 2013	
Nitrógeno (N <sub>2</sub> )-Max.	% vol	9.00	8.00	6.00	4.00
Nitrógeno variación máxima diaria	% vol	±1.5	±1.5	±1.5	±1.5
Total de inertes (CO <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> )- Max.	% vol	9.00	8	6.00	4.00
Etano- Max.	% vol	14.00	12	11.00	11.00
Temperatura de rocío de hidrocarburos-Max.	K (°C)	NA	271,15 (-2) <sup>1</sup>	271.15 (-2)	271.15 (-2)
Humedad (H <sub>2</sub> O)-Max.	Mg/m <sup>3</sup>	110.00	110.00	110.00	10.00
Poder calorífico superior-Min.	Mg/m <sup>3</sup>	35.30	36.30	36.80	37.30

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-2010.

Para el Peor caso (PC), casos más probables (CMP) y Casos Alternos (CA) se tomará en el paro por emergencia en la Estación de Descompresión, desde la instalación o caseta de vigilancia, para los escenarios propuestos se considerará un tiempo de fuga de **2 minutos** de acuerdo con la Tabla 2.12, por lo que el inventario de simulación será de 66 m<sup>3</sup>.

**Tabla 2.12** Criterio para asignar tiempos de fuga

Sistemas automáticos	Tiempo de control	Tiempo de fuga (min.)	Fuente
<b>Detección de fuga con sistema automático de bloqueo (totalmente automático)</b>	<b>El tiempo de cierre de válvulas de bloqueo es de 2 minutos</b>	<b>2</b>	
Sistema de bloqueo a control remoto y detección de fuga automático. Detección directa a cuarto de control. El operador validó la señal y el cierre se realiza por un switch en el cuarto de control.	El tiempo de cierre de válvulas de bloqueo es de 10 minutos.	10	Guideline for quantitative risk assessment, Purple book, CPR 18E, 2004, pág. 4.5.
Sistema de bloqueo operado manualmente con detección automática de fuga. El operador valida la señal y realiza el cierre de válvulas de bloqueo de manera local y manual.	El tiempo de cierre de válvulas de bloqueo es de 30 minutos.	30	

Para el caso de la Estación de Descompresión el tiempo de fuga considerado será de 2 minutos.

## 2.2.4 Dirección de la fuga

Para determinar la dirección de la fuga en el escenario planteado, se hará con base en el tipo de sustancia que se esté liberando. Las opciones para emplear se presentan en la Tabla 2.13

**Tabla 2.13** Direcciones de fuga en el simulador

Dirección de la fuga
Horizontal
Ángulo desde la horizontal
Vertical
Incidencia en el suelo

Referencia: Software PHAST

Para los escenarios propuestos se está tomando una dirección horizontal ya que es la más representativa. En los casos de ruptura total no se necesita especificar una dirección.

## 2.2.5 Tipo de área de localización de la instalación

Este factor, en función de los obstáculos (árboles, edificios, densidad de instalaciones industriales), influye en cuanto a la probabilidad de confinamiento de nubes tóxicas o nubes inflamables o explosivas. Los criterios se pueden observar en la Tabla 2.14.

**Tabla 2.14** Criterios de localización de los eventos

Costa adentro	Costa afuera
<b>Área rural: No hay construcciones en el área inmediata y el terreno generalmente es plano y con pocos árboles</b>	<b>Área marítima</b>
Área urbana: Implica muchos obstáculos en el área inmediata, incluidas las construcciones y los árboles	--
Área industrial	--
Otro	--

Como criterio general se toma el de área rural, como se indica en el apartado anterior, ya que la instalación colinda con diferentes áreas de cultivo y la Antigua carretera a Álamo, Veracruz.

## 2.2.6 Selección de escenarios

De acuerdo con lo descrito en la sección titulada como Criterios, premisas y consideraciones aplicadas, en donde se exponen las condiciones bajo las cuales se desarrollarán las simulaciones, dicha información acerca de los escenarios se llenará en los siguientes formatos.

Con base en la revisión de los estudios de análisis de riesgos previos, se listarán los escenarios que se consideren más catastróficos (peor caso "PC"), los que de acuerdo con la experiencia del personal de operación se consideren más probables (caso más probable CMP), algún caso que se haya documentado mediante recopilación de incidentes que demuestre que puede suceder, pero que no corresponde al caso más catastrófico ni al más probable (caso alterno CA).

### **2.2.7 Escenarios simulados**

De los escenarios planteados, la información empleada en PHAST se documentó en los siguientes formatos que a continuación se muestran, para cada tipo de evento.

Posteriormente en la Tabla 2.15, se muestran los datos del inventario de tasa de descarga obtenidos de las simulaciones.

## E-01-PC

FORMATO PARA SIMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGOS																			
Nombre del simulador utilizado	PHAST 6.7																		
Planta o instalación	Estación de descompresión INDAMEX																		
Clave del escenario	<b>E-01-PC</b>	Escenario Qué pasa si..?	<b>Núm. 2.3.1</b>																
ESCENARIO DE RIESGO																			
Nombre del escenario de riesgo	Ruptura en línea de entrada de 1.5" por golpe de MAM.																		
Descripción del escenario de riesgo	Ruptura en línea de entrada de 1.5" a la estación de descompresión, producida por colisión de MAM, con posibles daños a equipos e incendio y/o explosión con riesgo al personal, a la población, medio ambiente.																		
CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y TIPO DE ÁREA DE LOCALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN																			
Temperatura ambiente (°C)	25.1																		
Humedad relativa (%)	27.00																		
Presión atmosférica (psi)	12.25																		
Tipo de área en la que se encuentra la instalación: Rural, Urbana, Industrial, Marítima, Otra (explique)	I																		
CONDICIONES METEOROLÓGICAS AL MOMENTO DE LA FUGA DEL MATERIAL O SUSTANCIA PELIGROSA																			
Velocidad del viento (m/s)	1.5	2.61																	
Estabilidad atmosférica (Pasquill)	F	C																	
MATERIAL O SUSTANCIA PELIGROSA BAJO ESTUDIO																			
Nombre	Gas natural																		
Componente y % de la mezcla	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>% masa</th> <th>Componente</th> <th>% masa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Metano</td> <td>84.00</td> <td>Etano</td> <td>11.00</td> </tr> <tr> <td>Oxígeno</td> <td>0.20</td> <td>Nitrógeno</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Bióxido de carbono</td> <td>0.80</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Componente	% masa	Componente	% masa	Metano	84.00	Etano	11.00	Oxígeno	0.20	Nitrógeno	4	Bióxido de carbono	0.80		
Componente	% masa	Componente	% masa																
Metano	84.00	Etano	11.00																
Oxígeno	0.20	Nitrógeno	4																
Bióxido de carbono	0.80																		
Fase	Gaseosa																		
Inventario (m <sup>3</sup> )	66																		
CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EN EL QUE SE ENCUENTRA EL RECIPIENTE																			
Área del dique (m <sup>2</sup> )	N/A																		

Tipo de superficie sobre el que se encuentra el recipiente: <b>TS</b> =Tierra seca, <b>TH</b> =Tierra húmeda, <b>C</b> =concreto, <b>O</b> =Otra(explique)	<b>C</b>
<b>DATOS DEL RECIPIENTE Y CARACTERÍSTICAS DE LA FUGA</b>	
Tipo de recipiente: <b>V</b> =Vertical, <b>H</b> =Horizontal, <b>E</b> =Esférico, <b>O</b> =Otro ( <b>explique</b> )	N/A
Tipo de evento peor caso ( <b>PC</b> ), caso más probable ( <b>CMP</b> ) y/o caso alternativo ( <b>CA</b> )	<b>PC</b>
Temperatura (°C)	-20
Presión (psi)	3626
Altura hidráulica* (m)	N/A
Diámetro de la tubería (pulgadas)	1.5
Diámetro equivalente de fuga (pulgadas)	N/A
Dirección de la fuga: <b>V</b> =Vertical, <b>H</b> =Horizontal, <b>HA</b> =Hacia abajo, <b>GC</b> =Golpea contra, <b>I</b> =Inclinada	<b>GC</b>
Elevación de la fuga** (m)	1.0
Tiempo de fuga (seg.)	120
Evaluación de posibles pérdidas: Describa la cantidad de personas y equipos que puedan ser afectados, indique el valor de la concentración (ppm), sobre presión (psi), o radiación térmica (kW/m <sup>2</sup> ) con la que serían afectados y la forma en la que se cree pueden ser afectados (valor Probit o efecto esperado de acuerdo a tablas). No omita incluir los sitios de interés declarados anteriormente. Haga referencia a ilustraciones, descripciones anexas y tablas como lo considere apropiado.	Apartado 4 del presente documento, tabla de la "Guía para la elaboración del análisis de riesgo para el sector hidrocarburos"

\*Altura de la sustancia peligrosa dentro del recipiente, a partir del nivel al que se encuentra la fuga.

\*\*Altura a la que se encuentra la fuga, a partir del nivel del piso terminado.

**E-02-CMP**

<b>FORMATO PARA SIMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGOS</b>																			
Nombre del simulador utilizado	PHAST 6.7																		
Planta o instalación	Estación de descompresión INDAMEX																		
Clave del escenario	<b>E-02-CMP</b>	Escenario del HazOp	<b>Núm. 5, 8</b>																
<b>ESCENARIO DE RIESGO</b>																			
Nombre del escenario de riesgo	Fuga de gas natural por taponamiento en filtro.																		
Descripción del escenario de riesgo	Fuga de gas natural en tuberías y/o accesorios por represionamiento en línea de 1.5" debido a taponamiento del filtro, con posibles daños a equipos e incendio y/o explosión con riesgo al personal, a la población y medio ambiente. 20%																		
<b>CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y TIPO DE ÁREA DE LOCALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN</b>																			
Temperatura ambiente (°C)	25.1																		
Humedad relativa (%)	27.00																		
Presión atmosférica (psi)	12.25																		
Tipo de área en la que se encuentra la instalación: Rural, Urbana, Industrial, Marítima, Otra (explique)	I																		
<b>CONDICIONES METEOROLÓGICAS AL MOMENTO DE LA FUGA DEL MATERIAL O SUSTANCIA PELIGROSA</b>																			
Velocidad del viento (m/s)	1.5	2.61																	
Estabilidad atmosférica (Pasquill)	F	C																	
<b>MATERIAL O SUSTANCIA PELIGROSA BAJO ESTUDIO</b>																			
Nombre	Gas natural																		
Componente y % de la mezcla	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>% masa</th> <th>Componente</th> <th>% masa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Metano</td> <td>84.00</td> <td>Etano</td> <td>11.00</td> </tr> <tr> <td>Oxígeno</td> <td>0.20</td> <td>Nitrógeno</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Bióxido de carbono</td> <td>0.80</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Componente	% masa	Componente	% masa	Metano	84.00	Etano	11.00	Oxígeno	0.20	Nitrógeno	4	Bióxido de carbono	0.80		
Componente	% masa	Componente	% masa																
Metano	84.00	Etano	11.00																
Oxígeno	0.20	Nitrógeno	4																
Bióxido de carbono	0.80																		
Fase	Gaseosa																		
Inventario (m <sup>3</sup> )	50																		
<b>CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EN EL QUE SE ENCUENTRA EL RECIPIENTE</b>																			
Área del dique (m <sup>2</sup> )	N/A																		

Tipo de superficie sobre el que se encuentra el recipiente: <b>TS</b> =Tierra seca, <b>TH</b> =Tierra húmeda, <b>C</b> =concreto, <b>O</b> =Otra(explique)	<b>C</b>
<b>DATOS DEL RECIPIENTE Y CARACTERÍSTICAS DE LA FUGA</b>	
Tipo de recipiente: <b>V</b> =Vertical, <b>H</b> =Horizontal, <b>E</b> =Esférico, <b>O</b> =Otro ( <b>explique</b> )	N/A
Tipo de evento peor caso ( <b>PC</b> ), caso más probable ( <b>CMP</b> ) y/o caso alternativo ( <b>CA</b> )	<b>CMP</b>
Temperatura (°C)	2
Presión (psi)	261.1
Altura hidráulica* (m)	N/A
Diámetro de la tubería (pulgadas)	1.5
Diámetro equivalente de fuga (pulgadas)	0.3
Dirección de la fuga: <b>V</b> =Vertical, <b>H</b> =Horizontal, <b>HA</b> =Hacia abajo, <b>GC</b> =Golpea contra, <b>I</b> =Inclinada	<b>H</b>
Elevación de la fuga** (m)	1.0
Tiempo de fuga (seg.)	120
Evaluación de posibles pérdidas: Describa la cantidad de personas y equipos que puedan ser afectados, indique el valor de la concentración (ppm), sobre presión (psi), o radiación térmica (kW/m <sup>2</sup> ) con la que serían afectados y la forma en la que se cree pueden ser afectados (valor Probit o efecto esperado de acuerdo a tablas). No omita incluir los sitios de interés declarados anteriormente. Haga referencia a ilustraciones, descripciones anexas y tablas como lo considere apropiado.	Apartado 4 del presente documento, tabla de la "Guía para la elaboración del análisis de riesgo para el sector hidrocarburos"

\*Altura de la sustancia peligrosa dentro del recipiente, a partir del nivel al que se encuentra la fuga.

\*\*Altura a la que se encuentra la fuga, a partir del nivel del piso terminado.

Tabla 2.15 Datos del inventario de tasa de descarga

Tipo de caso	Identificación de escenarios		Diámetro (in)		Flujo Max. Operación	Presión	Temp.	Duración fuga	Inventario	Tasa de descarga
	Clave	Descripción	Línea / Equipo	Fuga	Nm <sup>3</sup> /hr	Psig	°C	min.	Kg	Kg/s
<b>PC</b>	E-01-PC	Ruptura en línea de entrada de 1.5" a la estación de descompresión, producida por colisión de MAM, con posibles daños a equipos e incendio y/o explosión con riesgo al personal, a la población, medio ambiente.	Línea de entrada	1.5	2000	3626	-20	--	16119.50	--
<b>CMP</b>	E-02-CMP	Fuga de gas natural en tuberías y/o accesorios por represionamiento en línea de 1.5" debido a taponamiento del filtro, con posibles daños a equipos e incendio y/o explosión con riesgo al personal, a la población y medio ambiente.	Filtro Tubería y/o accesorios	1.5	2000	261.1	2	120	3035	0.418

## 2.2.8 Resultados de las simulaciones

En resumen, en la Tabla 2.16 se muestran los resultados obtenidos del reporte del software PHAST, del alcance de los efectos por dispersión tóxica, radiación térmica y sobrepresión de los escenarios simulados.

**Tabla 2.16** Resumen de los resultados de los radios de afectación por escenario

Clave del escenario	Descripción del escenario	Identificación de escenarios		Tipo de fuego	Radiación térmica (kW/m <sup>2</sup> )			Sobrepresión (Psig)		
		IDLH	TLV		1.4	5.0	12.5	0.5	1.0	3.0
<b>E-01-PC</b>	Ruptura en línea de entrada de 1.5" a la Estación de Descompresión, producida por colisión de MAM, con posibles daños a equipos e incendio y/o explosión con riesgo al personal, a la población, medio ambiente.	ND	ND	Jet Fire	943.52	508.65	311.99	510.87	330.58	191.57
<b>E-02-CMP</b>	Fuga de gas natural en tuberías y/o accesorios por represionamiento en línea de 1.5" debido a taponamiento del filtro, con posibles daños a equipos e incendio y/o explosión con riesgo al personal, a la población y medio ambiente.	ND	ND	Jet Fire	13.59	10.61	8.63	17.05	14.29	12.09

Fuente: GRUPO INGENII, S. de R.L. de C.V.

Los resultados mostrados son con una velocidad de viento de 1.5 m/s y estabilidad Pasquill F.

El punto de ignición se consideró como probable a 50 m a partir del punto de fuga para los escenarios E-01-PC.

El punto de ignición se consideró como probable a 10 m a partir del punto de fuga para el escenario E-02-CMP.

Las hojas resumen de cada escenario obtenido del simulador en PHAST, se presentan en el Anexo 2.1.

El Informe Técnico se presenta en el Anexo 2.2.

Los Diagramas de pétalos se presentan en el Anexo 2.3.

### **2.2.9 Representación de los radios de afectación en planos**

En el Anexo 2.3 se muestran los Diagramas de pétalos en donde se representan las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento (radiación térmica y sobrepresión), en donde se pueden identificarlos puntos de interés, así como otras áreas, equipos, ductos o instalaciones.

# ANEXOS

# ANEXO 2.1

## Hojas de resumen de escenarios PHAST

# SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 108,703



Study Folder: Estación de descompresión INDAMEX

Phast 6.7

## Estación de descompresión INDAMEX

### Study

E-01-PC

#### Base Case

CASE Name: Data

Path: \Estación de descompresión INDAMEX\Study\E-01-PC

#### User-Defined Data

##### Material

Material Identifier	Gas natural ED
Material to Track	Gas natural ED
Type of Vessel	Pressurized Gas
Pressure Specification	Pressure specified
Storage Pressure - gauge	3191 psi
Temperature	-20 degC
Volume Inventory	66 m3

##### Scenario

Scenario Type	Catastrophic rupture
Phase to be Released	Vapor
Building Wake Effect	None

##### Location

Elevation	1 m
Use ERPG averaging time	ERPG not selected
Use IDLH averaging time	IDLH not selected
Use STEL averaging time	STEL not selected
Supply a user defined averaging time	Not supplied

##### Bund

Status of Bund	No bund present
[Type of Bund Surface	Concrete]
[Bund Height	0 m]
[Bund Failure Modeling	Bund cannot fail]

##### Indoor/Outdoor

Location of release	Open air release
---------------------	------------------

##### Flammable

Explosion Method	TNT
Jet Fire Method	Cone Model

##### Dispersion

Late Ignition Location	No ignition location
Mass Inventory of material to Disperse	1.612E4 kg
Use Burst Pressure	No - Use release pressure for fireball

##### Fireball Parameters

[Mass Modification Factor	3]
[Calculation method for fireball	DNV Recommended]
[TNO model flame temperature	1727 degC]

# SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 108,703



Study Folder: Estación de descompresión INDAMEX

Phast 6.7

## Toxic Parameters

[Indoor Calculations	Unselected]
[Wind Dependent Exchange Rate	Case Specified]
[Building Exchange Rate	4 /hr]
[Tail Time	1800 s]
[Set averaging time equal to exposure time	Use a fixed averaging time]
[Cut-off fraction of toxic load for exposure time calculation	0.05 fraction]
[Cut-off concentration for exposure time calculations	0 fraction]

## Geometry

Shape	Point
Dimension	2D
System	Absolute
East(1)	0 m
North(1)	0 m

# SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 108,703



Study Folder: Estación de descompresión INDAMEX

Phast 6.7

Path: \Estación de descompresión INDAMEX\Study\E-01-PC

**DISCHARGE DATA for Weather:** Global Weathers\Category 1.5/F

Wind Speed: 1.50 m/s  
Wind Speed at Height (Calculated) 0.46 m/s  
Pasquill Stability: F

**USER-DEFINED QUANTITIES**

Material Gas natural ED  
Scenario Catastrophic rupture  
Inventory 16,119.50 kg  
Fixed Duration n/a s

Stagnation data (data at upstream end for long pipe):

- Pressure 3,203.08 psi  
- Temperature -20.00 degC  
- Fluid State Pressurized gas

**CALCULATED QUANTITIES**

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space only) n/a  
Mass Flowrate n/a kg/s  
Release Duration n/a s

Orifice or pipe exit data (before atmospheric expansion):

- Pressure n/a psi  
- Temperature n/a degC  
- Vena Contracta Velocity (exit velocity for pipe releases) n/a m/s  
- Discharge Coefficient n/a

Final data (after atmospheric expansion):

- Temperature -166.22 degC  
- Liquid Mass Fraction 0.38 fraction  
- Droplet Diameter 0.01 um  
- Expanded Radius n/a m  
- Velocity 500.00 m/s

**DISCHARGE DATA for Weather:** Global Weathers\Category 2.61 C

Wind Speed: 2.61 m/s  
Wind Speed at Height (Calculated) 1.91 m/s  
Pasquill Stability: C

**USER-DEFINED QUANTITIES**

Material Gas natural ED  
Scenario Catastrophic rupture  
Inventory 16,119.50 kg  
Fixed Duration n/a s

Stagnation data (data at upstream end for long pipe):

- Pressure 3,203.08 psi  
- Temperature -20.00 degC  
- Fluid State Pressurized gas

**CALCULATED QUANTITIES**

# SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 108,703



Study Folder: Estación de descompresión INDAMEX

Phast 6.7

---

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space only)	n/a
Mass Flowrate	n/a kg/s
Release Duration	n/a s
Orifice or pipe exit data (before atmospheric expansion):	
- Pressure	n/a psi
- Temperature	n/a degC
- Vena Contracta Velocity (exit velocity for pipe releases)	n/a m/s
- Discharge Coefficient	n/a
Final data (after atmospheric expansion):	
- Temperature	-166.22 degC
- Liquid Mass Fraction	0.38 fraction
- Droplet Diameter	0.01 um
- Expanded Radius	n/a m
- Velocity	500.00 m/s



**Consequence Results**

**Distance to Concentration Results**

**Path:** \Estación de descompresión INDAMEX\Study\E-01-PC

The height for user defined concentrations is the user defined height 0 m  
 All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m  
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm)	Averaging Time		Category 1.5/F	Category 2.61 C
UFL (166614)	18.75	s	25.4531	25.7543
LFL (43734.3)	18.75	s	49.4112	51.9019
LFL Frac (21867.1)	18.75	s	74.1518	79.4819

Concentration(ppm)	Averaging Time		Category 1.5/F	Category 2.61 C	Heights (m) for above distances
UFL (166614)	18.75	s	1	1	
LFL (43734.3)	18.75	s	1	1	
LFL Frac (21867.1)	18.75	s	1	1	

**Fireball Hazard**

**Path:** \Estación de descompresión INDAMEX\Study\E-01-PC

Fireball Flame Status	Category 1.5/F	Category 2.61 C
	Hazard	Hazard

**Radiation Effects: Fireball Ellipse**

**Path:** \Estación de descompresión INDAMEX\Study\E-01-PC

Radiation Level			Category 1.5/F	Category 2.61 C	Distance (m)
1.4	kW/m2		943.521	943.521	
5	kW/m2		508.651	508.651	
12.5	kW/m2		311.999	311.999	
37.5	kW/m2		142.998	142.998	

**Radiation Effects: Fireball Distance**

**Path:** \Estación de descompresión INDAMEX\Study\E-01-PC

Category 1.5/F	Category 2.61 C	Radiation Level (kW/m2)

# SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 108,703



Study Folder: Estación de descompresión INDAMEX

Phast 6.7

## Flash Fire Envelope

Path: \Estación de descompresión INDAMEX\Study\E-01-PC

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Distance (m)	
			Category 1.5/F	Category 2.61 C
Furthest Extent	21867.1	ppm	74.1518	79.4819
Furthest Extent	43734.3	ppm	49.4112	51.9019

			Heights (m) for above distances	
			Category 1.5/F	Category 2.61 C
Furthest Extent	21867.1	ppm	1	1
Furthest Extent	43734.3	ppm	1	1

## Explosion Effects: Early Explosion

Path: \Estación de descompresión INDAMEX\Study\E-01-PC

Early Explosions are assumed to be centered at the release location

Explosion Model Used : TNT

			Category 1.5/F	Category 2.61 C
Supplied Flammable Mass		kg	16119.5	16119.5

			Distance (m) at Overpressure Levels	
			Category 1.5/F	Category 2.61 C
Overpressure	0.5	psi	567.056	567.056
Overpressure	1	psi	345.221	345.221
Overpressure	3	psi	168.328	168.328
Overpressure	10	psi	82.4243	82.4243

			Used Mass (kg) at Overpressure Levels	
			Category 1.5/F	Category 2.61 C
Overpressure	0.5	psi	16119.5	16119.5
Overpressure	1	psi	16119.5	16119.5
Overpressure	3	psi	16119.5	16119.5
Overpressure	10	psi	16119.5	16119.5



**Explosion Effects: Late Ignition**

**Path:** \Estación de descompresión INDAMEX\Study\E-01-PC

Explosion Model Used : TNT  
 Explosion Location Criterion: Cloud Front (LFL Fraction)  
 All distances are measured from the Source  
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Maximum Distance (m) at Overpressure Level	
			Category 1.5/F	Category 2.61 C
Overpressure	0.5	psi	510.87	507.326
Overpressure	1	psi	330.576	328.418
Overpressure	3	psi	191.568	190.699
Overpressure	10	psi	124.424	123.999

			Supplementary Data at 0.5 psi	
			Category 1.5/F	Category 2.61 C
Supplied Flammable Mass		kg	8653.83	8455.71
Used Flammable Mass		kg	8653.83	8455.71
Overpressure Radius		m	460.87	457.326
Distance to:				
- Ignition Source		m	50	50
- Cloud Front/Centre		m	2.90165	3.61039
- Explosion Centre		m	50	50

			Supplementary Data at 1 psi	
			Category 1.5/F	Category 2.61 C
Supplied Flammable Mass		kg	8653.83	8455.71
Used Flammable Mass		kg	8653.83	8455.71
Overpressure Radius		m	280.576	278.418
Distance to:				
- Ignition Source		m	50	50
- Cloud Front/Centre		m	2.90165	3.61039
- Explosion Centre		m	50	50

			Supplementary Data at 3 psi	
			Category 1.5/F	Category 2.61 C
Supplied Flammable Mass		kg	7697.16	7545.75
Used Flammable Mass		kg	7697.16	7545.75
Overpressure Radius		m	131.568	130.699
Distance to:				
- Ignition Source		m	60	60
- Cloud Front/Centre		m	6.5955	7.54225
- Explosion Centre		m	60	60

			Supplementary Data at 10 psi	
			Category 1.5/F	Category 2.61 C
Supplied Flammable Mass		kg	7697.16	7545.75
Used Flammable Mass		kg	7697.16	7545.75
Overpressure Radius		m	64.4241	63.9988
Distance to:				
- Ignition Source		m	60	60
- Cloud Front/Centre		m	6.5955	7.54225

# SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 108,703



Study Folder: Estación de descompresión INDAMEX

Phast 6.7

---

- Explosion Centre	m	60	60
--------------------	---	----	----

## Weather Conditions

Path: \Estación de descompresión INDAMEX\Study\E-01-PC

		Category 1.5/F	Category 2.61 C
Wind Speed	m/s	1.5	2.61
Pasquill Stability		F	C
Surface Roughness Length	in	7.21087	7.21087
Surface Roughness Parameter		0.0999999	0.0999999
Atmospheric Temperature	degC	25.1	25.1
Surface Temperature	degC	9.85	9.85
Relative Humidity	fraction	0.27	0.27

# SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 108,703



Study Folder: Estación de descompresión INDAMEX

Phast 6.7

## Estación de descompresión INDAMEX

### Study

#### E-02-CMP

##### Base Case

CASE Name: Data

Path: \Estación de descompresión INDAMEX\Study\E-02-CMP

#### User-Defined Data

##### Material

Material Identifier	Gas natural ED
Material to Track	Gas natural ED
Type of Vessel	Pressurized Gas
Pressure Specification	Pressure specified
Storage Pressure - gauge	750 psi
Temperature	2 degC
Volume Inventory	66 m3

##### Scenario

Scenario Type	Leak
Phase to be Released	Vapor
Hole Diameter	0.3 in
Building Wake Effect	None

##### Location

Elevation	1 m
Use ERPG averaging time	ERPG not selected
Use IDLH averaging time	IDLH not selected
Use STEL averaging time	STEL not selected
Supply a user defined averaging time	Not supplied

##### Bund

Status of Bund	No bund present
[Type of Bund Surface	Concrete]
[Bund Height	0 m]
[Bund Failure Modeling	Bund cannot fail]

##### Indoor/Outdoor

Location of release	Open air release
Outdoor Release Direction	Horizontal

##### Flammable

Explosion Method	TNT
Jet Fire Method	Cone Model

##### Dispersion

Late Ignition Location	No ignition location
Mass Inventory of material to Disperse	3035 kg

##### Fireball Parameters

[Mass Modification Factor	3]
[Calculation method for fireball	DNV Recommended]

# SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 108,703



Study Folder: Estación de descompresión INDAMEX

Phast 6.7

[TNO model flame temperature 1727 degC]

## Toxic Parameters

[Indoor Calculations	Unselected]
[Wind Dependent Exchange Rate	Case Specified]
[Building Exchange Rate	4 /hr]
[Tail Time	1800 s]
[Set averaging time equal to exposure time	Use a fixed averaging time]
[Cut-off fraction of toxic load for exposure time calculation	0.05 fraction]
[Cut-off concentration for exposure time calculations	0 fraction]

## Geometry

Shape	Point
Dimension	2D
System	Absolute
East(1)	0 m
North(1)	0 m

# SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 108,703



Study Folder: Estación de descompresión INDAMEX

Phast 6.7

**Path:** \Estación de descompresión INDAMEX\Study\E-02-CMP

**DISCHARGE DATA for Weather:** Global Weathers\Category 1.5/F

Wind Speed:	1.50 m/s
Wind Speed at Height (Calculated)	0.46 m/s
Pasquill Stability:	F

### USER-DEFINED QUANTITIES

Material	Gas natural ED
Scenario	Leak
Inventory	3,035.25 kg
Fixed Duration	n/a s

Stagnation data (data at upstream end for long pipe):

- Pressure	762.25 psi
- Temperature	2.00 degC
- Fluid State	Pressurized gas

### CALCULATED QUANTITIES

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space only)	n/a
Mass Flowrate	4.18324E-001 kg/s
Release Duration	120.00 s

Orifice or pipe exit data (before atmospheric expansion):

- Pressure	410.77 psi
- Temperature	-39.47 degC
- Vena Contracta Velocity (exit velocity for pipe releases)	360.69 m/s
- Discharge Coefficient	0.87

Final data (after atmospheric expansion):

- Temperature	-94.01 degC
- Liquid Mass Fraction	0.00 fraction
- Droplet Diameter	0.00 um
- Expanded Radius	0.02 m
- Velocity	500.00 m/s

**DISCHARGE DATA for Weather:** Global Weathers\Category 2.61 C

Wind Speed:	2.61 m/s
Wind Speed at Height (Calculated)	1.91 m/s
Pasquill Stability:	C

### USER-DEFINED QUANTITIES

Material	Gas natural ED
Scenario	Leak
Inventory	3,035.25 kg
Fixed Duration	n/a s

Stagnation data (data at upstream end for long pipe):

- Pressure	762.25 psi
- Temperature	2.00 degC
- Fluid State	Pressurized gas

### CALCULATED QUANTITIES

# SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 108,703



Study Folder: Estación de descompresión INDAMEX

Phast 6.7

---

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space only)	n/a
Mass Flowrate	4.18324E-001 kg/s
Release Duration	120.00 s
Orifice or pipe exit data (before atmospheric expansion):	
- Pressure	410.77 psi
- Temperature	-39.47 degC
- Vena Contracta Velocity (exit velocity for pipe releases)	360.69 m/s
- Discharge Coefficient	0.87
Final data (after atmospheric expansion):	
- Temperature	-94.01 degC
- Liquid Mass Fraction	0.00 fraction
- Droplet Diameter	0.00 um
- Expanded Radius	0.02 m
- Velocity	500.00 m/s



**Consequence Results**

**Distance to Concentration Results**

**Path:** \Estación de descompresión INDAMEX\Study\E-02-CMP

The height for user defined concentrations is the user defined height 0 m  
 All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m  
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm)	Averaging Time		Category 1.5/F	Category 2.61 C
UFL (166614)	18.75	s	1.40992	1.39135
LFL (43734.3)	18.75	s	5.78739	5.42589
LFL Frac (21867.1)	18.75	s	11.2148	9.6506

Concentration(ppm)	Averaging Time		Category 1.5/F	Category 2.61 C	Heights (m) for above distances
UFL (166614)	18.75	s	0.999999	0.999999	
LFL (43734.3)	18.75	s	0.999136	0.999383	
LFL Frac (21867.1)	18.75	s	0.993835	0.996569	

**Jet Fire Hazard**

**Path:** \Estación de descompresión INDAMEX\Study\E-02-CMP

Jet fire method used: Cone model - DNV recommended

Jet Fire Status	Category 1.5/F	Category 2.61 C
Hazard	Hazard	Hazard
Flame Direction	Horizontal	Horizontal

**Radiation Effects: Jet Fire Ellipse**

**Path:** \Estación de descompresión INDAMEX\Study\E-02-CMP

This table gives the distances to the specified radiation levels for each jet fire listed in the above hazard table

Radiation Level			Category 1.5/F	Category 2.61 C	Distance (m)
1.4	kW/m2		13.5905	13.4637	
5	kW/m2		10.6072	10.5986	
12.5	kW/m2		8.63427	8.67385	
37.5	kW/m2		Not Reached	Not Reached	

**Radiation Effects: Jet Fire Distance**

**Path:** \Estación de descompresión INDAMEX\Study\E-02-CMP

Category 1.5/F	Category 2.61 C	Radiation Level (kW/m2)

# SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 108,703



Study Folder: Estación de descompresión INDAMEX

Phast 6.7

## Flash Fire Envelope

**Path:** \Estación de descompresión INDAMEX\Study\E-02-CMP

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Distance (m)	
			Category 1.5/F	Category 2.61 C
Furthest Extent	21867.1	ppm	11.2148	9.6506
Furthest Extent	43734.3	ppm	5.78739	5.42589
			Heights (m) for above distances	
			Category 1.5/F	Category 2.61 C
Furthest Extent	21867.1	ppm	0.993835	0.996569
Furthest Extent	43734.3	ppm	0.999136	0.999383



**Explosion Effects: Late Ignition**

**Path:** \Estación de descompresión INDAMEX\Study\E-02-CMP

Explosion Model Used : TNT  
 Explosion Location Criterion: Cloud Front (LFL Fraction)  
 All distances are measured from the Source  
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Maximum Distance (m) at Overpressure Level
			Category 1.5/F
Overpressure	0.5	psi	17.0531
Overpressure	1	psi	14.2939
Overpressure	3	psi	12.0937
Overpressure	10	psi	11.0252

			Supplementary Data at 0.5 psi
			Category 1.5/F
Supplied Flammable Mass		kg	0.0310185
Used Flammable Mass		kg	0.0310185
Overpressure Radius		m	7.05314
Distance to:			
- Ignition Source		m	10
- Cloud Front/Centre		m	10
- Explosion Centre		m	10

			Supplementary Data at 1 psi
			Category 1.5/F
Supplied Flammable Mass		kg	0.0310185
Used Flammable Mass		kg	0.0310185
Overpressure Radius		m	4.29392
Distance to:			
- Ignition Source		m	10
- Cloud Front/Centre		m	10
- Explosion Centre		m	10

			Supplementary Data at 3 psi
			Category 1.5/F
Supplied Flammable Mass		kg	0.0310185
Used Flammable Mass		kg	0.0310185
Overpressure Radius		m	2.09369
Distance to:			
- Ignition Source		m	10
- Cloud Front/Centre		m	10
- Explosion Centre		m	10

			Supplementary Data at 10 psi
			Category 1.5/F
Supplied Flammable Mass		kg	0.0310185
Used Flammable Mass		kg	0.0310185
Overpressure Radius		m	1.02521
Distance to:			
- Ignition Source		m	10
- Cloud Front/Centre		m	10



# ANEXO 2.2

## Informe Técnico

Datos generales del Regulador

Fecha de Ingreso											
<b>DATOS DE LA EMPRESA CONTRATADA POR EL REGULADOR PARA ELABORAR EL ANÁLISIS DE RIESGO</b>											
Nombre de la Empresa		GRUPO INGENII S. DE R.L. DE C.V.									
Nombre de la persona responsable		GRUPO INGENII, S. DE R.L. DE C.V.				Cargo		LÍDER DEL ESTUDIO			
<b>DATOS GENERALES DEL REGULADOR</b>											
CURR		RFC				CCH140219QX7					
Nombre, razón o denominación social		CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.									
Nombre del Proyecto		ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN INDAMEX									
Objetivo del proyecto		El objetivo de este proyecto es dar cumplimiento a las disposiciones y regulaciones aplicables al proyecto en materia de impacto y riesgo ambiental, por medio de un análisis de riesgo para el sector hidrocarburos conforme con las guías emitidas por la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos									
<b>UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES</b>											
Calle y Número		Carretera Jiquilpan-Zamora S/N				Colonia/Localidad		Emiliano Zapata			
Municipio / Delegación		Vaillamar				Estado		Michoacan			
Código Postal		59554									
<b>DOMICILIO PARA OÍR O RECIBIR NOTIFICACIONES</b>											
Calle y Número		La Luna #2495B				Colonia/Localidad		Jardines del Bosque Centro			
Municipio / Delegación		Guadalajara				Estado		Jalisco			
Código Postal		44520									
Teléfono		333-33-36-33-25		Fax		--		Correo electronico			
Nombre del representante del regulado		Diego Covarrubias Gómez				ocarrera@ch4.com.mx, contacto@grupoingenii.com					
Cargo		Representante Legal									
<b>ACTIVIDAD DEL SECTOR HIDROCARBUROS (artículo 3º., Fracción XI de la Ley de la ASEA)</b>											
a	Reconocimiento y exploración superficial y exploración y extracción de Hidrocarburos	b	Tratamiento, refinación, enajenación, comercialización, transporte y almacenamiento del petróleo	c	Procesamiento, compresión, licuefacción, descompresión y regasificación, así como transporte, almacenamiento y distribución de gas natural.	d	Transporte, almacenamiento y distribución de gas licuado de petróleo	e	Transporte, almacenamiento y distribución de petrolíferos	f	Transporte por ducto y almacenamiento que se encuentra vinculado a ductos de petroquímicos producto del procesamiento de gas natural y de la refinación del petróleo



**Coordenadas geográficas de la Estación de  
descompresión de INDAMEX**

COORDENADAS DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



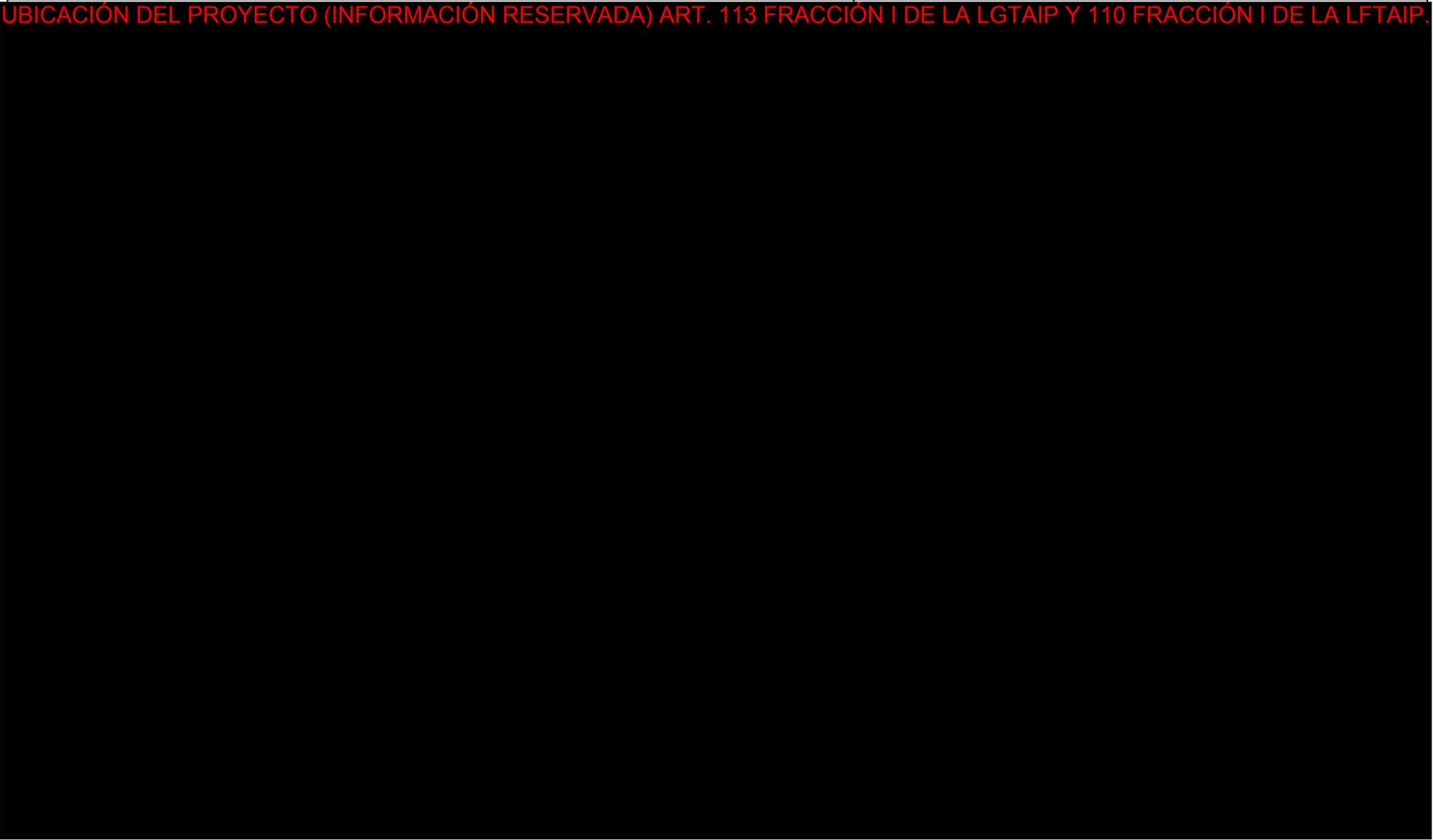
No Evento	Evento	Cantidad hipotética liberada ( kg/s)		Presión	Estado físico	Programa de simulación empleado	Zona de alto riesgo por daños a equipos		Zona de alto riesgo		Zona de amortiguamiento		Punto Modelado
		Tasa de emisión (Kg/s)	Diametro de ruptura (in)	(Psig)			Radiación (kW/m2)	Distancia (m)	Radiación (kW/m2)	Distancia (m)	Radiación (kW/m2)	Distancia (m)	
E-01-PC	Ruptura en línea de entrada de 1.5" a la estación de descompresión, producida por colisión de MAM, con posibles daños a equipos e incendio y/o explosión con riesgo al personal, a la población, medio ambiente.	-	1.5	3626	Gas	PHAST 6.7	12.5	311.99	5	508.65	1.4	943.52	Línea de entrada
E-02-CMP	Fuga de gas natural en tubería y/o accesorios por represionamiento en línea de 1.5" debido a falla en la válvula de regulación de presión, con posibles daños a equipos e incendio y/o explosión con riesgo al personal, a la población y medio ambiente.	0.418	0.3	261.1	Gas	PHAST 6.7	12.5	8.63	5	10.61	1.4	13.59	Filtro Tubería y/o accesorios

No Evento	Evento	Cantidad hipotética liberada (Kg/s, m3 o kg)		Estado físico	Programa de simulación empleado	Zona de alto riesgo por daños a equipos		Zona de alto riesgo		Zona de amortiguamiento		Punto modelado
		Tasa de emisión (kg/s)	Diámetro de ruptura (in)			Presión (lb/in2)	Distancia (m)	Presión (lb/in2)	Distancia (m)	Presión (lb/in2)	Distancia (m)	
E-01-PC	Ruptura en línea de entrada de 1.5" a la estación de descompresión, producida por colisión de MAM, con posibles daños a equipos e incendio y/o explosión con riesgo al personal, a la población, medio ambiente.	--	1.5	Gas	PHAST 6.7	3	191.57	1	330.58	0.5	510.87	Línea de entrada
E-02-CMP	Fuga de gas natural en tubería y/o accesorios por represionamiento en línea de 1.5" debido a falla en la válvula de regulación de presión, con posibles daños a equipos e incendio y/o explosión con riesgo al personal, a la población y medio ambiente.	0.418	0.3	Gas	PHAST 6.7	3	12.09	1	14.29	0.5	17.05	Filtro Tubería y/o accesorios

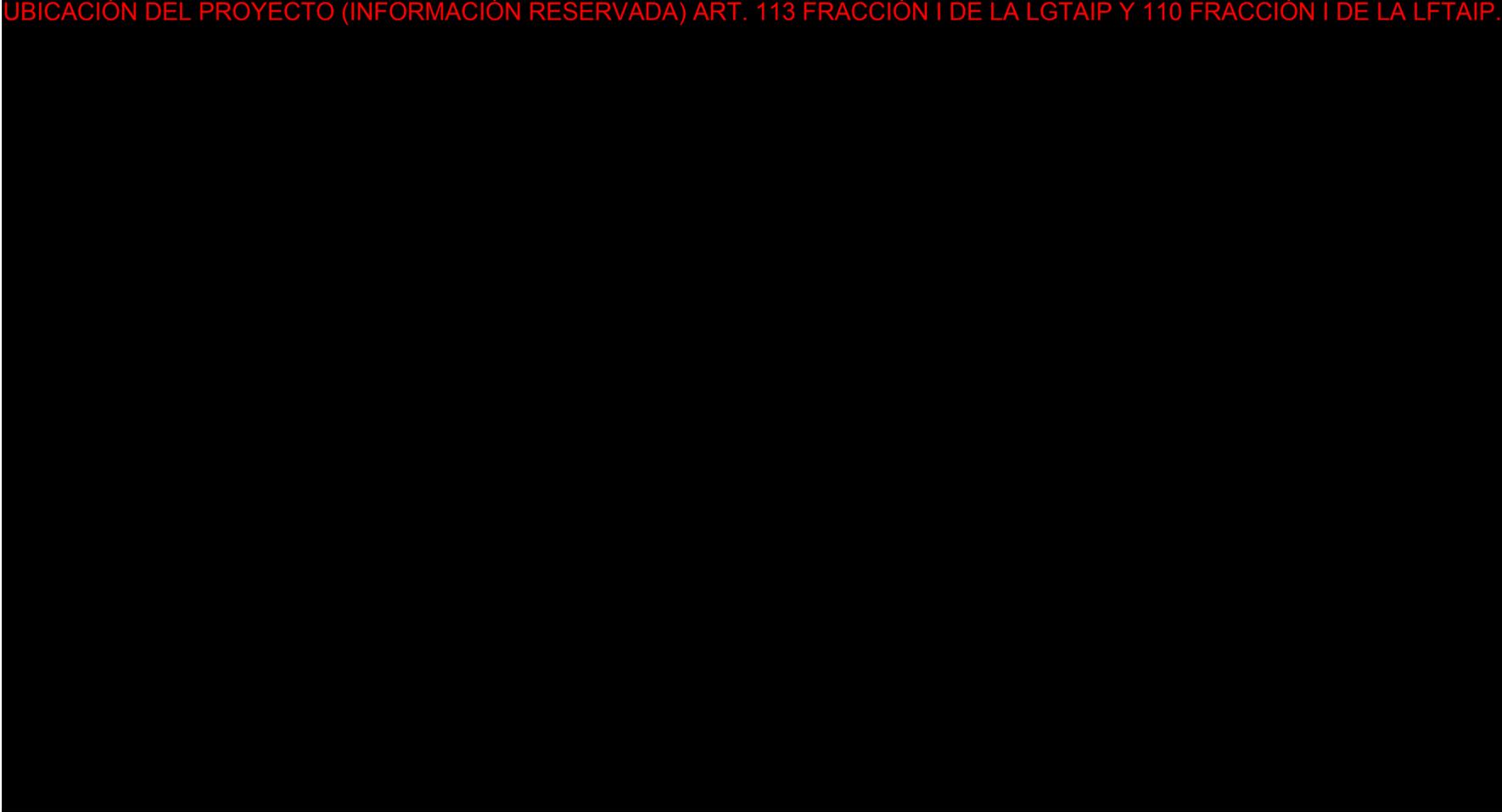
# ANEXO 2.3

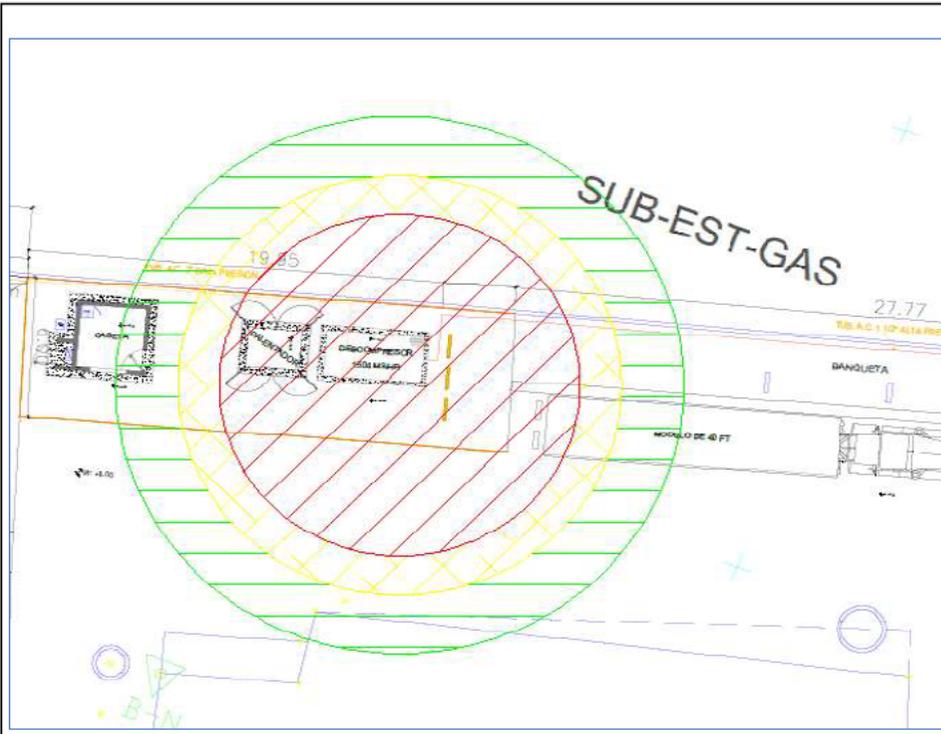
## Diagramas de pétalos

UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.





**CROQUIS DE LOCALIZACIÓN**

Radios potenciales de afectación por radiación térmica por un dardo de fuego (Jet Fire)

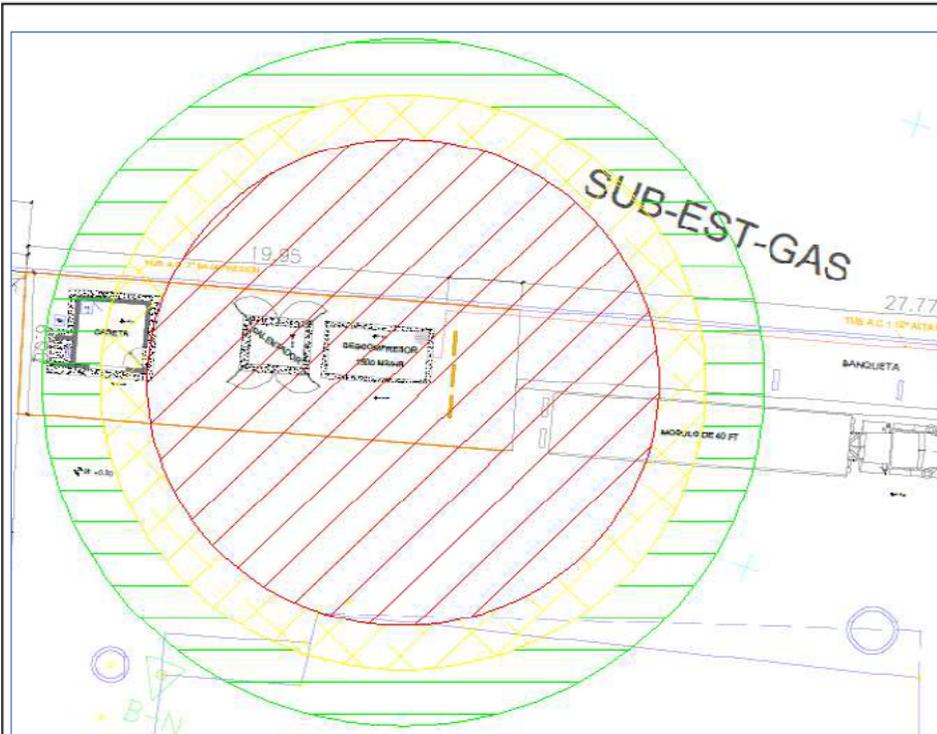
Niveles de Radiación	Distancia en (m)	
12.5 kW/m2	Zona de alto riesgo por daño a equipos	8.63
5 kW/m2	Zona de alto riesgo	10.61
1.4 kW/m2	Zona de amortiguamiento	13.59

Condiciones climáticas: "Estación de descompresión INDAMEX"

Velocidad del viento:	1.5 m/s	E-02-CMP	
		DEF	0.3"

Estabilidad Pasquill: F  
 Se modela un dardo de fuego fuga de gas natural en tubería y/o accesorios por represionamiento en línea de 1.5".

Rev.	Fecha	Nombre	Firma	Clave o número de plano
		GRUPO INGENI, S. DE R.L. DE C.V.		Plano E-02-CMP Radiación



**CROQUIS DE LOCALIZACIÓN**

Radios potenciales de afectación por niveles de sobrepresión (explosión)			
Niveles de sobrepresión		Distancia en (m)	
3	lb/in2	<span style="color:red">■</span> Zona de alto riesgo por daño a equipos	12.09
1	lb/in2	<span style="color:yellow">■</span> Zona de alto riesgo	14.29
0.5	lb/in2	<span style="color:green">■</span> Zona de amortiguamiento	17.05
Condiciones climáticas		"Estación de descompresión INDAMEX"	
Velocidad del viento:	1.5 m/s	E-02-CMP	
		DEF	0.3"
Estabilidad Pasquill:	F	Se modela una explosión por fuga de gas natural en tubería y/o accesorios por represionamiento en línea de 1.5".	

Rev.	Fecha	Nombre	Firma	Clave o número de plano
		GRUPO INGENII, S. DE R.L. DE C.V.		Plano E-02-CMP Sobrepresión

# ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN INDAMEX

## ANÁLISIS DE RIESGO

- SECTOR HIDROCARBUROS –

**Actividades Altamente Riesgosas**

### CAPÍTULO 3

SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS

CORPORACIÓN C H 4, S.A. DE C.V.



# CAPÍTULO 3

## SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS

### Contenido

<b>3.1 ANÁLISIS DE RIESGO</b> .....	98
<b>3.1.1 Reposicionamiento de riesgo</b> .....	98
<b>3.1.2 Análisis de vulnerabilidad</b> .....	99
<b>3.2 DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE RIESGO ADICIONALES PARA ESCENARIOS DE RIESGO NO TOLERABLES Y/O ALARP (AS LOW AS REASONABLY PRACTICABLE, TAN BAJO COMO SEA RAZONABLEMENTE FACTIBLE)</b> .....	102
<b>3.2.1 Nivel integral de seguridad (SIL, por sus siglas en inglés) del proyecto y/o instalación</b> .....	102
<b>3.2.2 Sistemas de seguridad y medidas para administrar los escenarios de riesgo</b> .....	102
<b>3.3 RECOMENDACIONES TÉCNICO - OPERATIVAS</b> .....	102
<b>3.4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	106

### Índice de Tablas

<b>Tabla 3.1</b> Reposicionamiento de eventos.....	98
<b>Tabla 3.2</b> Interacciones de riesgos.....	99
<b>Tabla 3.3</b> Descripción de los posibles receptores del riesgo.....	101
<b>Tabla 3.4</b> Lista de recomendaciones derivadas del estudio de HazOp.....	104
<b>Tabla 3.5</b> Lista de recomendaciones generales del Qué pasa si...? .....	105

# CAPÍTULO 3

## SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS

### 3.1 ANÁLISIS DE RIESGO

#### 3.1.1 Reposicionamiento de riesgo

Durante el desarrollo de las sesiones de trabajo para identificación de riesgos, se realizó la ponderación cualitativa de las desviaciones (peligros) encontrados determinando la Magnitud de Riesgo (MR) de cada desviación. De esta determinación de la MR, se señalaron todos los eventos ponderados como riesgo indeseable en donde se involucran pérdida de contención en líneas y equipos.

Una vez obtenidos los resultados de las simulaciones de estos eventos, se determinó el reposicionamiento, por lo cual quedaron como lo indica la Tabla 3.1

**Tabla 3.1** Reposicionamiento de eventos

No. de escenario	Causa	Consecuencia	Sin protecciones					Salvaguardas	Riesgo						
			F	P e r	P o b	A m b	A l t		R i e s g o	F	P e r	P o b	A m b	A l t	R i e s g o
5	Falla en válvula reguladora de presión 304 (abierta).	1. Represionamiento en la línea de salida 709. 2. Problemas operacionales aguas abajo. 3. Posible fuga. 4. Posible incendio y/o explosión.	3	4	2	3	2	B	1. Transmisor de presión PT-021. 2. PRV 010/011. 3. ESD Sistema de paro de emergencia.	3	1	1	1	1	C
8	Falla en el sistema de calentamiento de gas natural.	1. Congelamiento de tubería y/o accesorios 2. Daño al intercambiador 3. Daños al filtro 103. 4. Posible fuga.	4	3	1	3	3	B	1. Transmisor de temperatura TT-002. 2. ESD Sistema de paro de emergencia.	4	1	1	1	1	C

No. de escenario	Causa	Consecuencia	Sin protecciones					Salvaguardas	Sin protecciones						
			F	P e r	P o b	A l b	I n f		R i e s g o	F	P e r	P o b	A l b t	I n f	R i e s g o
2.3.1	1. Colisión de MAM con línea de alimentación de alta presión o estación de descompresión.	1. Daños a la estación de descompresión. 2. Posibles fuga. 3. Posible incendio y/o explosión. 4. Pérdidas económicas.	4	3	3	2	2	B	1. Bloqueador de estacionamiento. 2. Paro por emergencia en la estación de descompresión. 3. Detectores de gases. 4. Equipo contra incendio. 5. Teléfonos de emergencia.	4	2	2	2	2	C

Fuente: GRUPO INGENII, S. de R.L. de C.V.

### 3.1.2 Análisis de vulnerabilidad

En la Tabla 3.2 se muestran las interacciones de riesgo de los escenarios simulados, en las que se marcan de manera puntual las distancias entre equipos y/o zonas aledañas al evento a simular, así como las salvaguardas que se tienen en específico para estos escenarios hipotéticos.

**Tabla 3.2** Interacciones de riesgos

Clave escenario de Riesgo	Equipo / Sitio de la planta	Sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los sitios o equipos al punto de fuga (m)	Sistemas de seguridad y Medidas preventivas (Identificadas en sesiones de trabajo)
E-01-PC	Línea de entrada	Gas natural	Módulo PRU 1500	35	1. Bloqueador de estacionamiento. 2. Paro por emergencia en la
			Poste de descarga	5	
			Tablero de alarma	45	
			MAM	3 y 8	

Clave escenario de Riesgo	Equipo / Sitio de la planta	Sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los sitios o equipos al punto de fuga (m)	Sistemas de seguridad y Medidas preventivas (Identificadas en sesiones de trabajo)
			Caseta	43	estación de descompresión. 3. Detectores de gases. 4. Equipo contra incendio. 5. Teléfonos de emergencia.
			Calentador	39	
			Oficinas de INDAMEX	120	
			Colonia la piedrita	600	
			Granjas	430	
			Zonas de cultivo	300	
			Casas al suroeste	290	
			Carretera Jiquilpan Zamora	60	
			Zona de lácteos	100	
<b>E-02-CMP</b>	Filtro Tubería y/o accesorios	Gas natural	MAM	3.5 y 8.5	1. Transmisor de presión PT-101. 2. Detector de gas natural. 3. Transmisor de mezclas explosivas 4. Válvula neumática de cierre general por sobrepresión. 5. Paro por emergencia en la Estación de Descompresión.
			Boiler	1.5	
			Poste de descarga	7.5	
			Cabina del MAM	10	
			Tablero de alarma	7	
			Caseta	6	
			Línea interna de alta presión	2.5	
			Barda de INDAMEX	1.5	
			Línea interna de gas	1	

\*El escenario E-02-CMP queda contenido dentro de las instalaciones de INDAMEX.

Análisis: GRUPO INGENII S. de R.L. de C.V.

### 3.1.3 Receptores de riesgo

En la Tabla 3.3 se describen las posibles afectaciones que se esperan al personal, a la población, al medio ambiente y a la instalación, de acuerdo con los resultados de la simulación de escenarios reportados anteriormente y sus Diagramas de pétalos.

Tabla 3.3 Descripción de los posibles receptores del riesgo

Clave escenario de Riesgo	Descripción del escenario de riesgo	Afectaciones	Sistemas de seguridad y Medidas preventivas (Identificadas en sesiones de trabajo)
E-01-PC	Ruptura en línea de entrada de 1.5" a la estación de descompresión, producida por colisión de MAM, con posibles daños a equipos e incendio y/o explosión con riesgo al personal, a la población, medio ambiente	<p><b>Personal:</b> El personal que se encuentre presente en el área en un radio de 508.65 m respecto del origen puede sufrir daños en 1 minuto y en un radio de 311.99 m respecto del origen le puede causar dolor si la exposición es mayor de 20 segundos con quemaduras de segundo grado. En caso de presentarse una explosión en un radio 191.57 m respecto del origen el personal presente puede sufrir graves daños a la salud e integridad física.</p> <p><b>Población:</b> En caso de presentarse una explosión en un radio de 330.58 m respecto del origen los habitantes presentes pueden sufrir graves daños a la salud e integridad física, así como demolición parcial de casas.</p> <p><b>Medio ambiente:</b> El daño ambiental en caso de incendio y/o explosión, será la pérdida de especies nativas; así mismo, se generarían emisiones a la atmósfera producto de la combustión y daño en tierras de cultivo.</p> <p><b>Instalación:</b> Los equipos sufren daños; y se colapsan las estructuras en un radio de 191.57 m por efectos de la explosión. Causaría costos de hasta un día de producción y/o producto. Daño mínimo a los equipos. (&lt;500,000 USD)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bloqueador de estacionamiento</li> <li>2. Paro por emergencia en la estación de descompresión</li> <li>3. Detectores de gases</li> <li>4. Equipo contra incendio</li> <li>5. Teléfonos de emergencia</li> </ol>
E-02-CMP	Fuga de gas natural en tuberías y/o accesorios por represionamiento en línea de 1.5" debido a taponamiento del filtro, con posibles daños a equipos e incendio y/o explosión con riesgo al personal, a la población y medio ambiente.	<p><b>Personal:</b> El personal que se encuentre presente en el área en un radio de 10.61 m respecto del origen puede sufrir daños en 1 minuto y en un radio de 8.63 m respecto del origen le puede causar dolor si la exposición es mayor de 20 segundos con quemaduras de segundo grado. En caso de presentarse una explosión en un radio 12.09 m respecto del origen el personal presente puede sufrir graves daños a la salud e integridad física.</p> <p><b>Población:</b> Debido a que el radio de afectación por una explosión es de 17.05 m, no habría daños a la población ya que esté no rebasa los límites de la instalación.</p> <p><b>Medio ambiente:</b> El daño ambiental, serían la generación de emisiones a la</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Transmisor de presión PT-101.</li> <li>2. Detector de gas natural.</li> <li>3. Transmisor de mezclas explosivas</li> <li>4. Válvula neumática de cierre general por sobrepresión.</li> <li>5. Paro por emergencia en la estación de descompresión.</li> </ol>

Clave escenario de Riesgo	Descripción del escenario de riesgo	Afectaciones	Sistemas de seguridad y Medidas preventivas (Identificadas en sesiones de trabajo)
		atmósfera al norte de la ubicación de la estación de descompresión. <b>Instalación:</b> Los equipos sufren daños; y se colapsan las estructuras en un radio de 8.63 m por efectos de la explosión. Causaría costos de hasta un día de producción y/o producto. Daño mínimo a los equipos. (<500,000 USD)	

Análisis: GRUPO INGENII S. de R.L. de C.V.

### 3.2 DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE RIESGO ADICIONALES PARA ESCENARIOS DE RIESGO NO TOLERABLES Y/O ALARP (AS LOW AS REASONABLY PRACTICABLE, TAN BAJO COMO SEA RAZONABLEMENTE FACTIBLE)

#### 3.2.1 Nivel integral de seguridad (SIL, por sus siglas en inglés) del proyecto y/o instalación

Para este apartado cabe señalar que en referencia al desarrollo del análisis de riesgos del sector hidrocarburos para la Estación de Descompresión se determina lo siguiente:

No se identificaron escenarios que aun con la rejerarquización de riesgos realizada y con base en la aplicación de técnicas tanto cualitativas como cuantitativas, requieran que su magnitud deba ser aun reducida para conseguir niveles de tolerabilidad del riesgo, por lo anterior, no se consideró procedente su desarrollo, siendo este cancelado en el desarrollo de este estudio.

#### 3.2.2 Sistemas de seguridad y medidas para administrar los escenarios de riesgo

Los sistemas de seguridad con los que contará la Estación de Descompresión se muestran en el apartado 1.3 de este documento.

### 3.3 RECOMENDACIONES TÉCNICO - OPERATIVAS

El presente Estudio de Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH), se ha elaborado conforme con la Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos de la ASEA, en donde se desarrolló el análisis preliminar de riesgo, análisis cualitativo de riesgo, análisis cuantitativo de riesgo y análisis de consecuencias. De lo anterior, se hace mención que el Análisis Preliminar de Riesgo consistió en realizar una revisión general del proyecto “**Estación de Descompresión INDAMEX**”, acompañado de un histórico de accidentes (haciendo el señalamiento que actualmente no se cuenta con mucha información en México de escenarios de estaciones de descompresión) y de la información de ingeniería de diseño de los sistemas involucrados con el manejo de Gas Natural como son: Diagramas de tubería e instrumentación (DTI's), paro por emergencia, manuales de operación y postes de descarga, Plot plan de la instalación, diseño de MAM y postes de descarga.

El análisis cualitativo fue realizado por un grupo multidisciplinario de trabajo para la identificación de peligros mediante las metodologías HazOp y ¿Qué pasa si..? (What If...?), siendo en este caso y tomando como referencia dicha información, la identificación de 29 escenarios de riesgos que son: 2 tipo B, 17 tipo C y 10 sin causa de interés, mismos que se indican en el apartado reposicionamiento de escenario de riesgo, para el caso de la metodología Qué pasa si...?, se identificaron 123 escenarios de riesgo que son: 12 tipo B, 111 tipo C y uno sin causa de interés.

Mediante la aplicación de ambas metodologías, se identificaron escenarios de riesgo, destacando las siguientes consecuencias:

- Posible incendio y/o explosión.
- Posibles fugas de gas natural
- Daños a la instalación
- Pérdidas económicas

De la evaluación de consecuencia se encontraron eventos que podrían causar daños severos a las instalaciones de la estación de descompresión como son los escenarios 5, 8 y 2.3.1.

Derivado del análisis de consecuencias mediante software PHAST, se simularon 2 escenarios de interés peor caso, caso más probable y caso alternativo, los cuales se encuentran representados en los Diagramas de pétalos de los escenarios de riesgo (Anexo 2.3). Los radios de afectación dan la pauta para realizar el análisis de vulnerabilidad, describiendo los riesgos a continuación:

**Peor caso (E-01-PC):** Ruptura en línea de entrada de 1.5" a la Estación de Descompresión, producida por colisión de MAM, con posibles daños a equipos e incendio y/o explosión con riesgo al personal, a la población, medio ambiente.

**Personal:** El personal que se encuentre presente en el área en un radio de 508.65 m respecto del origen puede sufrir daños en 1 minuto y en un radio de 311.99 m respecto del origen le puede causar dolor si la exposición es mayor de 20 segundos con quemaduras de segundo grado.

En caso de presentarse una explosión en un radio 191.57 m respecto del origen el personal presente puede sufrir graves daños a la salud e integridad física.

**Población:** En caso de presentarse una explosión en un radio de 330.58 m con respecto al origen, los habitantes presentes pueden sufrir graves daños a la salud e integridad física, así como demolición parcial de casas.

**Medio ambiente:** El daño ambiental en caso de incendio y/o explosión, será la pérdida de especies nativas; asimismo, se generarían emisiones a la atmósfera producto de la combustión y daño en tierras de cultivo.

Instalación: Los equipos sufren daños; y se colapsan las estructuras en un radio de 191.57 m por efectos de la explosión. Causaría costos de hasta un día de producción y/o producto. Daño mínimo a los equipos. (<500,000 USD)

**Caso más probable (E-02-CMP):** Fuga de gas natural en tuberías y/o accesorios por represionamiento en línea de 1.5" debido a taponamiento del filtro, con posibles daños a equipos e incendio y/o explosión con riesgo al personal, a la población y medio ambiente.

Personal: El personal que se encuentre presente en el área en un radio de 10.61 m respecto del origen puede sufrir daños en un minuto y en un radio de 8.63 m con respecto al origen, le puede causar dolor si la exposición es mayor de 20 segundos con quemaduras de segundo grado.

En caso de presentarse una explosión en un radio 12.09 m respecto del origen el personal presente puede sufrir graves daños a la salud e integridad física.

Población: Debido a que el radio de afectación por una explosión es de 17.05 m, no habría daños a la población ya que esté no rebasa los límites de la instalación.

Medio ambiente: El daño ambiental, serían la generación de emisiones a la atmósfera al norte de la ubicación de la estación de descompresión.

Instalación: Los equipos sufren daños; y se colapsan las estructuras en un radio de 8.63 m por efectos de la explosión. Causaría costos de hasta un día de producción y/o producto. Daño mínimo a los equipos. (<500,000 USD)

Asimismo, se generaron recomendaciones resultantes del análisis de riesgos de procesos, las cuales se presentan en las Tablas 3.4 y 3.5, para ser aplicadas antes y durante la operación de la Estación de Descompresión.

**Tabla 3.4** Lista de recomendaciones derivadas del estudio de HazOp

Escenario	Recomendaciones
1	Verificar el cumplimiento del programa MIP
2, 4, 13, 14, 16	Dar mantenimiento preventivo al equipo de acuerdo con las recomendaciones del fabricante
3, 5, 6	Se deberá seguir y atender el programa de mantenimiento y calibración de válvulas reductora de presión que indique el fabricante
8, 9, 10	Cumplir con los programas de mantenimiento a instrumentos de control y de monitoreo Asegurar la operación confiable de las alarmas de estado (presión y temperatura)
15, 31	Dar capacitación al personal en procedimientos operativos para trabajos en la estación de descompresión, EPO
17, 22, 30	Capacitar al personal en el manual del dispositivo de regulación de presión de gas

Escenario	Recomendaciones
14	Atender los programas de mantenimiento preventivo y predictivo de accesorios (válvulas, mangueras, etc.) para confiabilidad operativa, pruebas de hermeticidad y procedimientos y protocolos en las operaciones
15, 18, 21, 28	Dar cumplimiento a los programas de mantenimiento predictivo y preventivo con las recomendaciones de los fabricantes y/o proveedores para la confiabilidad de los equipos que conforman la instalación; evidenciando los en los registros correspondientes
24, 29	Llevar a cabo los programas de mantenimiento preventivo y predictivo de sistemas automáticos de instrumentación, control y sistemas de seguridad de los procesos

Fuente: GRUPO INGENII, S. de R.L. de C.V.

NOTA: MIP (Mantenimiento e inspección preventivos); EPO (Entrenamiento en procedimientos operativos)

**Tabla 3.5** Lista de recomendaciones generales del Qué pasa si...?

Escenario	Recomendaciones
1.1.1 1.1.2	1. Aplicar el proceso continuo de selección, contratación, capacitación y adiestramiento del personal para la operación y mantenimiento de la Estación de Descompresión
1.2.1	2. Dar cumplimiento a las NOM-STPS-025-2008. Condiciones de Iluminación en la estación de descompresión
2.1.1 2.2.1 2.3.1 2.3.3 2.5.1	3. Dar cumplimiento a las NOM-STPS-017-2008, Equipo de protección personal-selección, uso obligatorio y correcto del EPP en el desarrollo de las actividades
2.1.1 2.3.3 2.4.5 2.5.1	4. Actualizar el Plan de Respuesta a Emergencias (PRE)
2.1.1	5. Capacitar y adiestrar al personal sobre procedimientos operativos protocolos y plan emergencia en eventos de riesgo
2.1.1	6. Que se lleven a cabo los programas de simulacros en la instalación a fin de que el personal esté debidamente capacitado y tenga conocimiento que acciones tomar al evento
2.1.1	7. Revisar los programas de simulacros para diferentes eventos y sus acciones
2.2.1	8. Elaborar y difundir el protocolo de respuesta emergencia con base en los resultados del ARSH
2.3.1	9. Dar capacitación al personal en planes de respuesta a emergencia Escenario de riesgo tipo "B"
2.3.1	10. Dar capacitación continua a conductores para manejo y mantenimiento de MAM. Escenario de riesgo tipo "B"

Escenario	Recomendaciones
2.4.5	11. Contar con el diseño y selección de la planta de emergencia de generación de energía eléctrica que garantice la operación en una condición emergente por fallo del suministro eléctrico (CFE)

Fuente: GRUPO INGENII, S. de R.L. de C.V.

Otras recomendaciones generales son:

- Utilizar señales y/o leyendas que indiquen el riesgo de fluidos peligrosos (tóxico, inflamable, explosivo, irritante, corrosivo, reactivo, alta temperatura, baja temperatura, alta presión).
- Capacitar al personal en operaciones de seguridad y mantenimiento incluyendo, pero sin ser limitado a válvulas, extinguidores, diagnóstico del sistema de monitoreo, detección de fugas, sistema de alarmas, y paros en caso de emergencias.
- Contar con los procedimientos de seguridad para las actividades de mantenimiento a las instalaciones eléctricas, con lo dispuesto en la norma oficial mexicana NOM-029-STPS-2011.

### 3.4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AICHE/CCPS (1994). Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires, and BLEVEs, New York, American Institute of Chemical Engineers.

AICHE/CCPS (2000). Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, Second Edition, New York, American Institute of Chemical Engineers.

CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (1995). *Carta Edafológica de México* [.shp]. 1:1,000.000. México: CONABIO.

CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2022). EncicloVida. Especies de Aves en el municipio de Villamar, Michoacán.

CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2022). EncicloVida. Especies de Plantas en el municipio de Villamar, Michoacán.

CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2022). EncicloVida. Especies de Mamíferos en el municipio de Villamar, Michoacán.

CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2022). EncicloVida. Especies de Reptiles en el municipio de Villamar, Michoacán.

CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2022). EncicloVida. Especies de Anfibios en el municipio de Villamar, Michoacán.

- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2022). EncicloVida. Especies de Aves en el municipio de Villamar, Michoacán.
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (1998). *Carta de Subcuencas Hidrológicas formato .shp* [.shp]. 1:1,000.000. México: CONABIO.
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua (2021). Monitor de Sequía de México (MSM). Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico> (marzo 2022).
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua (2020). Actualización de disponibilidad media anual de agua en el acuífero Ciénega Chapala (1607), Estado de Michoacán. Recuperado de: [https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos\\_Acuiferos\\_18/michoacan/DR\\_1607.pdf](https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/michoacan/DR_1607.pdf) (marzo 2022).
- García, E. (2004). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (5.a ed.). ISBN-UNAM, México, D.F.
- García E. & Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (1998). *Conjunto de datos climáticos de México* [.shp]. 1:1,000.000. México: CONABIO.
- Gómez O. (2013). Evaluación de Impacto Ambiental (3o ed; 1o imp ed.). Mundi-Prensa.
- Lugo Hubp, J., & Córdova, C. (1992). Regionalización geomorfológica de la República Mexicana. *Investigaciones Geográficas*, 1(25). <https://doi.org/10.14350/rig.59012>
- INEGI, Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). (2016). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Michoacán de Ocampo, Villamar. México: INAFED.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021). *Carta de Uso de Suelo y Vegetación serie VII .shp* [.shp]. 1:250,000. México: INEGI.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2014). Carta Topográfica clave F13B18 Atotonilco el Alto [.shp]. 1:50,000. México: INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2001) Conjunto de datos Fisiográficos, serie I [.shp]. 1:1:1,000,000. México: INEGI.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2014). Guía para la interpretación de cartografía Edafología, escala 1:250,000, Serie III. México: INEGI.
- Municipio de Villamar (2018). Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Villamar. Michoacán, México.

- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (2014). Base referencial mundial del recurso suelo 2014. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Actualización 2015. Roma, Italia.
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2002). Guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental, Industrial del Petróleo. Modalidad: Particular. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121008/Guia\\_MIA-Particular\\_Petrolero.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121008/Guia_MIA-Particular_Petrolero.pdf).
- SGM, Servicio Geológico Mexicano (2005). Conjunto de datos geológicos de la República Mexicana [.shp]. 1:50,000. México.
- SGM, Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (2010). Normales climatológicas para el periodo 1951-2010, Estación Emiliano Zapata, municipio de Villamar. México, D.F.
- EMAS, Sistema de Información y visualización de Estaciones Automáticas (2022). Datos climatológicos de la estación Zamora ubicada en el estado de Michoacán. México: SMN.
- SINA, Sistema Nacional de Información del Agua (2019). Situación de los Recursos Hídricos. Recuperado 02 de febrero de 2022, de <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/situacion-de-los-recursos-hidricos>
- Zapata, N. (2010). Modelación Matemática del Acuífero Ciénega de Chapala, Estado de Michoacán [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.