Contenido

I. ***Descripción del proyecto y/o instalación*** ***4***

I.1 Proyecto y/o Instalación **20**

II. ***Descripción detallada del proceso*** ***22***

III. ***Descripción del Entorno*** ***33***

IV. ***Análisis Preliminar de Riesgos*** ***39***

V. ***Identificación, evaluación y análisis de riesgos*** ***56***

V.1 Análisis cualitativo de riesgo **58**
V.1.1. Identificación de peligros y evaluación de riesgos 58
V.1.2. Jerarquización de escenarios de riesgo 62

V.2 Análisis Cuantitativo de Riesgo **66**
V.1.1. Análisis Detallado de Frecuencias 66
V.1.2. Análisis Detallado de Consecuencias 66
V.1.3. Representación en planos de los resultados de la Simulación de consecuencia (radios potenciales de afectación) 70

V.3 Análisis de Riesgo **70**
V.1.4. Reposicionamiento de Escenarios de Riesgo 70
V.1.5. Análisis de Vulnerabilidad 70

V.4. Determinación de Medidas de reducción de Riesgo adicionales para Escenarios de Riesgo no tolerables y/o ALARP **76**

VI. ***Sistemas de Seguridad y Medidas para administrar los escenarios de riesgo*** ***76***

VII. ***Conclusiones y Recomendaciones*** ***85***

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación del Proyecto (Municipal) 4
Figura 2 Ubicación del proyecto (Sitio) 5
Figura 3 Módulos de la Estación de Descompresión 13
Figura 4 Ubicación de Extintores 18
Figura 5 Parte frontal y trasera del área de descompresión (regulación) 23
Figura 6 Cabezal de Descarga 24
Figura 7 Filtro 24
Figura 8 Módulo de Calentamiento 24
Figura 9 Módulo de segunda etapa de regulación de presión 25
Figura 10 Módulo de Medición 26
Figura 11 Módulo de control 26
Figura 8 Diagrama del Sistema de seguridad de la RCU y de la EDGN 29
Figura 9 Rombo de identificación de riesgos de la NFPA-704 33
Figura 10 Vista lateral del equipo de descompresión 33
Figura 11 Colindancias 34

Figura 12 Ubicación del proyecto (detalle) 35
Figura 13. Gráfica de dirección de viento, febrero 2019. 37
Figura 14 Emergencias ambientales reportadas a la PROFEPA 42
Figura 15 Sustancias involucradas en emergencias 43
Figura 16 Emergencias ambientales reportadas a la PROFEPA (Período 2000-2014) Número, Localización y Tipo de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA 44
Figura 17 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 – 2014) Número, Ubicación y Medio de Transporte de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA. 45
Figura 18 Análisis estadístico de los daños a la población ocasionados por las emergencias ambientales 46
Figura 19 Emergencias notificadas en 2017: Total de emergencias 652 46
Figura 20 Emergencias notificadas en 2017 47
Figura 21 Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) del área de regulación 57
Figura 22 Dispositivos de seguridad en la estación 77

Índice de Tablas

Tabla 1 Características de la estación de descompresión 6
Tabla 2 Factor de diseño por clase de localización 15
Tabla 3 Eficiencia de la junta longitudinal 16
Tabla 4 Factor por Temperatura 16
Tabla 5 Características de equipos principales 21
Tabla 6 Balance de Materia 27
Tabla 7 Equipos y accesorios 30
Tabla 8 Distancias entre las áreas de las Terminales 31
Tabla 9 Ubicación del proyecto y Estación de Descompresión 34
Tabla 10 Principales zonas colindantes del proyecto 36
Tabla 11. Estación climatológica cercana al sitio del proyecto. 38
Tabla 12. Valores promedio medidos en la estación meteorológica 14017 en el periodo de 1981-2010. 38
Tabla 13 Ejemplo de la lista de verificación 40
Tabla 14 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA 42
Tabla 15 Eventos ocurridos en México 49
Tabla 16 Distribución típica de las causas de fallas 1985-1999 51
Tabla 17 Resultados índices del sistema 52
Tabla 18 Resultados índices con reducción 52
Tabla 19 Probabilidad de ocurrencia 59
Tabla 20 Ejemplo Hoja de Trabajo HazOp 60
Tabla 21 Resultados finales HazOp 60
Tabla 22 Jerarquización de riesgos en el Nodo 1 (Entrada a estación de descompresión previo a regulación). 63
Tabla 23 Jerarquización de riesgos en el Nodo 2 (Tubería de la estación de descompresión posterior a primera etapa de regulación) 63
Tabla 24 Jerarquización de riesgos en el Nodo 3 (Salida de la estación de descompresión posterior a regulación y previo a conexión con infraestructura de usuario). 64
Tabla 25 Jerarquización de riesgos totales por nodo 64
Tabla 26 Tasa de Descarga 67
Tabla 27 Interacciones 71

Tabla 28 Resultados por nodo. 71
Tabla 29 Medidas de prevención y mitigación.....73
Tabla 30 Recomendaciones Técnico-Operativas.....78

I. Descripción del proyecto y/o instalación

El proyecto consiste en el diseño, construcción (instalación), puesta en marcha, operación y mantenimiento de una estación de descompresión de gas natural (EDGN) para suministrar directamente a equipos de consumo que se encuentran en una nave industrial perteneciente al usuario, en el municipio de Tepetitlán de Morelos, estado de Jalisco.

La EDGN se sujetará en todas sus etapas a las especificaciones y lineamientos establecidos aplicables en la NOM-010-ASEA-2016, Gas Natural Comprimido (GNC). Requisitos mínimos de seguridad para Terminales de Carga y Terminales de Descarga de Módulos de almacenamiento transportables y Estaciones de Suministro de vehículos automotores.

La Estación se conectará para obtener su suministro de un tráiler adaptado para el manejo del combustible. La descompresión se compondrá de siete módulos: cabezal de descarga, filtración, calentamiento, primera regulación, segunda regulación, medición y control.

La EDGN será instalada en los terrenos del usuario, al Sur de la empresa, y paralelo de forma Oeste al camino "Arroyo las hormigas", la estación estará rodeado en su mayoría de lotes baldíos y al Norte, de la infraestructura del usuario Procesadora de Aves Tepa, S.A. de C.V. (PATE), la descompresora se encontrará en la comunidad de San José Gracia, municipio Tepatitlán de Morelos, en el Estado de Jalisco, tal como puede apreciarse en las figuras siguientes.

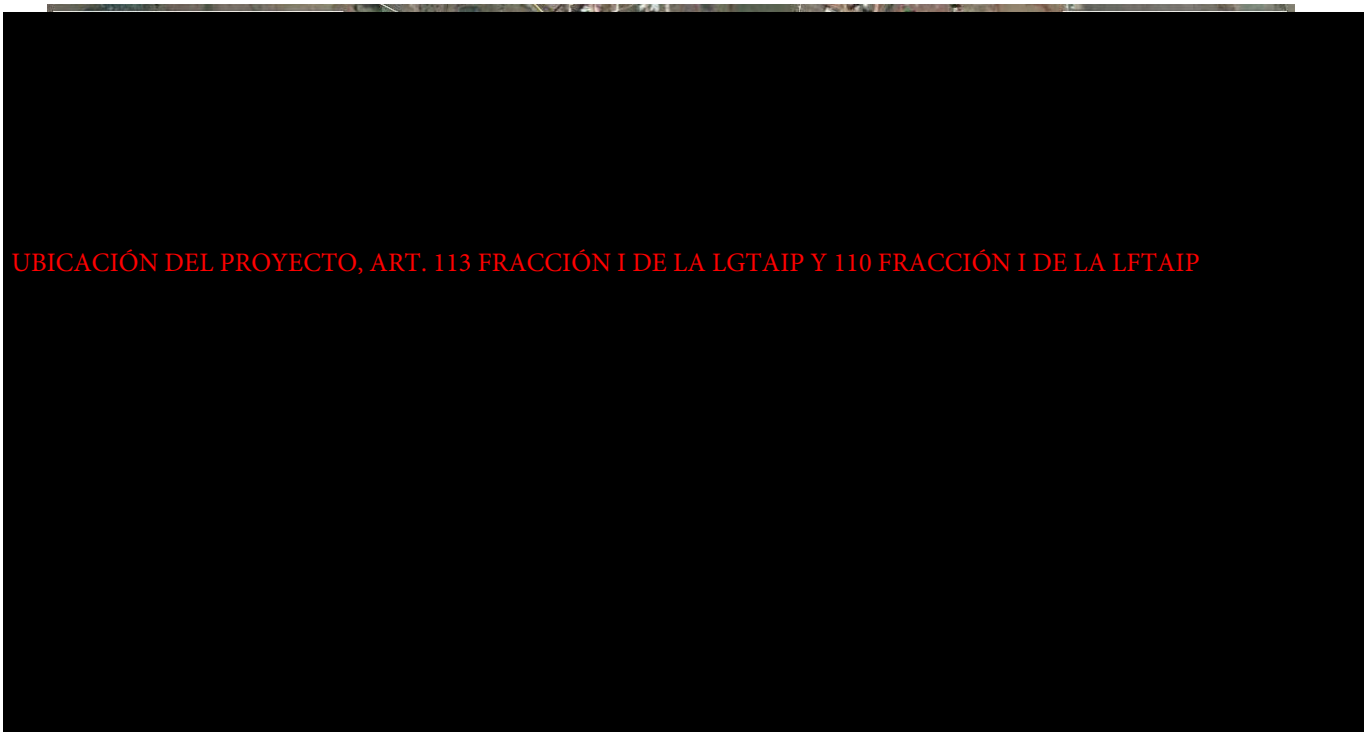


Figura 1 Ubicación del Proyecto (Municipal)

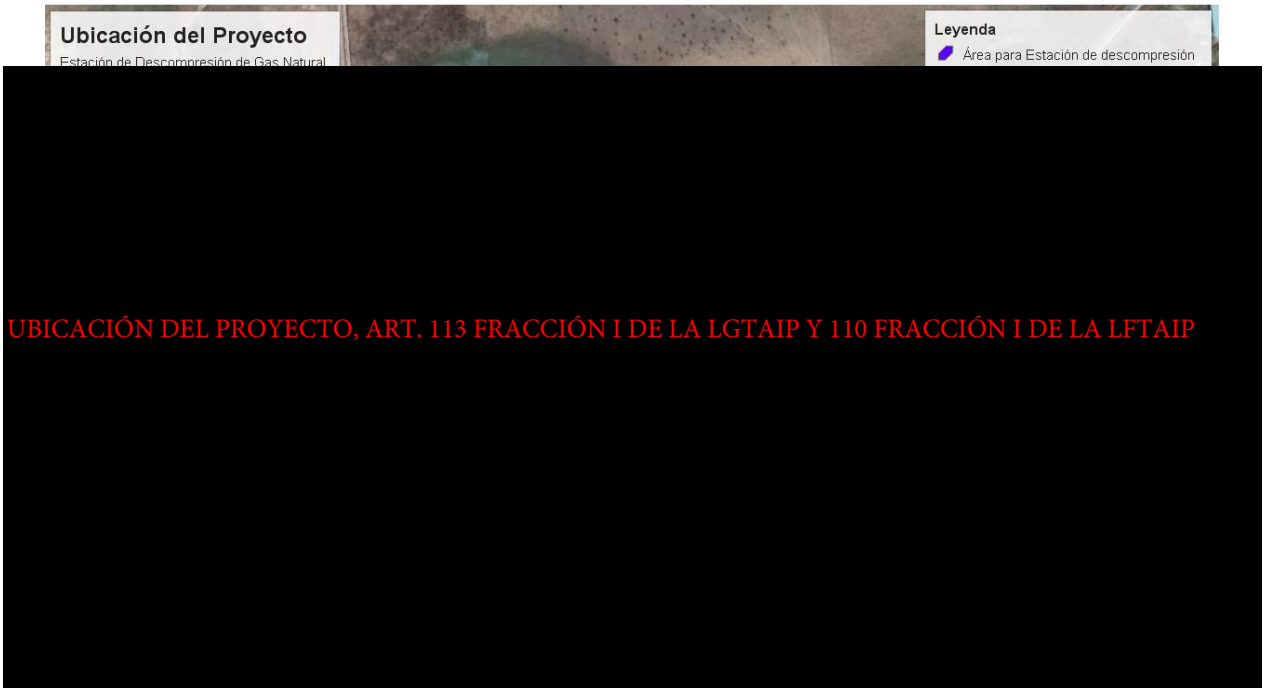


Figura 2 Ubicación del proyecto (Sitio)

La construcción e instalación de la Estación de Descompresión, junto con todas sus obras y sus componentes está contemplado en un período de 105 días, y la operación se plantea que inicie en el mes de marzo 2019. Se puede consultar el Cronograma de Obra en el Anexo 4.2. El programa de obra de la operación se encuentra en el Anexo 4.3.

La Descompresora será una obra temporal, sin embargo, la operación está garantizada por al menos 10 años, al término de este período, en caso de que no haya renovación de contrato para seguir con el servicio, se llevará a cabo el desmantelamiento de la estación, el cual se dará de forma muy rápida ya que todos los módulos se encuentran dentro de una cabina, sumado a que solo se debe desconectar de sus fuentes de suministro y servicios, se desmonta y se carga para su transporte, este paso se llevará en un máximo de 5 días. El cronograma de desmantelamiento se puede consultar en el Anexo 4.4.

Fundamentación Legal

A pesar de que será una obra temporal y con un flujo no tan alto, se cuenta con alta presión dentro de su proceso de la estación de descompresión, por lo que, de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y el Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto y Riesgo Ambiental, y considerando las buenas prácticas de la empresa Neomexicana de GNC, S.A.P.I. de C.V. se presenta el siguiente estudio de riesgo ambiental para la actividad a realizar.

Fundamento legal para la presentación del estudio de riesgo ambiental: debido a que se maneja gas natural (en su composición mayormente metano, considerada como actividad altamente riesgosa a aquella que lo maneje: "ACUERDO por el que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los

Artículos 5o. Fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 Fracción XXXII y 37 Fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, listado de actividades altamente riesgosas") y debido a que se realiza la actividad de descompresión (Artículo 5 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental) la cual requiere autorización de la Secretaría en Materia de Impacto Ambiental. Estos criterios cumplen con lo dispuesto en el artículo 30 y 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, donde se requiere la presentación de un Estudio de Riesgo bajo las condiciones mencionadas (sustancia y actividad) motivo por el cual se elabora el documento presente.

De acuerdo con que el proyecto corresponde al sector de Hidrocarburos, la competencia para la revisión y en todo caso aprobación corresponde a la Agencia de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA).

Bases de diseño

El objetivo principal de la EDGN es recibir el GNC que se transporta en un tráiler a una presión de 250 bar, reducir la presión a una útil para el usuario final (4 -10 bar) y cuantificar el volumen de gas suministrado para fines de facturación. Se estima un consumo diario de 638 m^3/hr equivalente a un consumo anual de 5.6 $x10^6$ m^3 (equivalente a 3,979 toneladas* por año). El equipo de descompresión cuenta con un medidor tipo turbina integrado el cual cumple la función de una estación de medición.

Los parámetros de diseño de la EDGN son los siguientes:

- ✓ NOTA: En apartados donde sea ocupado el flujo o presión de salida se ocuparán los valores drásticos, 1,438 m^3/hr para flujo y 6.8 bar para presión. En la memoria descriptiva del Anexo 4.5 plantea una presión después de la primera etapa de 85 y 90 bar, por lo que se manejará la más alta para el estudio.
- ✓ A pesar de existir un valor de 10 bar no se ocupa ya que la válvula de alivio se abrirá a 10 bar, por eso se utiliza la de 6.8.

Tabla 1 Características de la estación de descompresión

Flujo	
Diseño (m^3/h)	**Operación (m^3/h)**
1500	638

		Operación
Entrada	**Presión [bar]**	15 a 250
	Temperatura [°C]	40 a 25
Salida	**Presión [bar]**	4 a 6.8
	Temperatura [°C]	20 a 25

Debido a la alta presión del GNC y la posterior descompresión, es necesario instalar un sistema de calentamiento para precalentar el gas natural para mitigar el efecto de

* A 15 °C y 1.01325 bar

enfriamiento producido por la expansión del gas natural (Joules Thomson). La estación utiliza dos intercambiadores de calor antes de cada etapa de regulación de presión, un calentador de agua, cuatro bombas centrifugas de velocidad variable (2 en operación y 2 en stand-by) que recirculan el fluido caliente a través de los intercambiadores con el objetivo de calentar el gas natural antes de cada etapa de regulación para evitar el efecto de congelamiento. De igual forma, la estación cuenta con un sistema de filtración, así como elementos de comunicación y control que permiten la operación segura de la misma, más adelante se describirán los puntos y elementos que la conforman.

La conexión entre el contenedor móvil y el equipo de descompresión se realizará por medio de mangueras flexibles para gas natural comprimido de 1 pulgada de diámetro nominal (25.4 mm). Por su parte, la conexión entre el equipo de descompresión al punto de transferencia de custodia (red interna del usuario final) se realizará conectando una manguera flexible para gas natural comprimido de 3 pulgadas de diámetro nominal (76.2 mm).

- **Gas de empaque**

Considerando:

1. Un tráiler con capacidad de transporte que puede suministrar a este punto tendrá la siguiente especificación

- Capacidad de transporte 13,360 m^3, traducido en 10,020 kg de gas natural a 3,625 psig.

2. La tubería de la estación de descompresión se compone de lo siguiente:

- Tubería de acero inoxidable 316L de 1" de diámetro x 2 metros de longitud aproximadamente a 3,625 psig.
- Tubería de acero inoxidable 316L de 1" de diámetro x 1 metro de longitud aproximadamente a 1,305 psig.
- Tubería de acero al carbón cédula 40 de 4" de diámetro x 2 metro de longitud aproximadamente a 100 psig.

*** NOTA:** La longitud es aproximada ya que no se tiene la construcción de la estación de descompresión de forma final, por lo que las dimensiones son referencia de planos y áreas reflejadas. La longitud de la manguera y accesorios ya va incluida en estas longitudes.

El tráiler como gas de empaque maneja 10,020 kg, por lo que solo queda el cálculo del gas de empaque de la tubería, accesorios e instrumentos que van en la estación de descompresión, y tomando los datos anteriores tenemos los siguientes resultados:

PROYECTO	**Estación de Descompresión Jalisco**		
Longitud del Gasoducto	6.56	pie	2 m
Diámetro Externo del gasoducto	1.315	pulg	Acero inoxidable
Espesor del gasoducto	0.133	pulg	
Presión de operación	3,625.00	psig	
Volumen de gas de empaque	9.75	pie^3	

Longitud del Gasoducto	3.28	pie	1 m
Diámetro Externo del gasoducto	1.315	pulg	Acero al carbón
Espesor del gasoducto	0.133	pulg	
Presión de operación	1,305	psig	
Volumen de gas de empaque	1.77	pie^3	
Longitud del Gasoducto	6.56	pie	2 m
Diámetro Externo del gasoducto	4.500	pulg	Acero al carbón
Espesor del gasoducto	0.237	pulg	
Presión de operación	100.0	psig	
Volumen de gas de empaque	4.53	pie^3	
EMPAQUE	16.04	pie^3	0.45 m^3
	0.45	m^3	
Densidad del aire	0.0764	lb/pie3	
Gravedad específica gas natural	0.62		
	0.76	lb	
	0.35	kg	Densidad aire 60°C

Como se puede observar, el gas de empaque que tendrá la estación de descompresión es una cantidad prácticamente nula (0.35 kg), y esto es debido al tamaño de esta.

El gas total de empaque de todo el sistema sería el siguiente:

$$Gas\ total\ de\ empaque = Gas\ de\ empaque\ tráiler + Gas\ de\ empaque\ descompresora$$

$$Gas\ total\ de\ empaque = 10{,}020\ kg + 0.34\ kg = \mathbf{10{,}020.35\ kg}$$

- **Gas de Consumo Diario:**

El usuario tendrá un consumo diario de 1,438 m^3/hr, por lo que esto se traduce a lo siguiente:

Considerando la densidad dentro del tráiler (10,020 kg / 13,360 m^3 = 0.75 kg/m^3):
*Se considera de esta forma ya que a pesar de tener presiones diferentes en el tráiler y en la salida a usuario, en la medición se tiene corrige la lectura por presión y temperatura.

$$\rho_{gas\ natural} = \frac{masa}{volumen} = \frac{kg}{m^3}$$

$$Consumo\ diario\ de\ gas\ natural\ en\ kg = 0.75\ \frac{kg}{m^3} * 1{,}438 \frac{m^3}{hr} = \mathbf{1{,}078.5\ \frac{kg}{hr}}$$

Preparación y Construcción

La etapa de preparación del sitio involucra el acondicionamiento del terreno debe ser nivelado y el retiro de estructuras metálicas que se encuentran instaladas en la superficie a ocupar, esto como primera instancia y de ser necesario.

La etapa de construcción comprende la obra civil, la obra eléctrica y la instalación del equipo de descompresión.

El área donde se instalará el equipo de descompresión de GN es un terreno ya impacto, el cual deberá ser mejorado y limpiado de escombros para la construcción de losas. La construcción comprende el tendido de tres planchas de concreto, la instalación de la estación misma donde todos los módulos se encontrarán en un recinto; así como la obra eléctrica correspondiente.

No se considera necesaria la remoción de ningún individuo arbóreo o arbustivo. Tampoco será requerido el consumo de agua en esta actividad.

a) Obra civil

El alcance de la obra civil es acondicionar el área para la ubicación de equipos para la instalación de aprovechamiento de gas natural, lo cual comprende: trabajos preliminares, tres áreas de concreto (concreto para semirremolques, equipo de descompresión y tránsito liviano), topellantas, instalación de malla ciclónica y entrada para semirremolques.

- **Trabajos preliminares**
  - Excavación en caja a máquina de 30 a 40 cm de terreno para mejoramiento del mismo, solo en área de losas por proyecto.
  - Relleno con material inerte, compactado por medio mecánicos al 95 % Proctor, adicionamiento de agua y cal.
  - Trazo y nivelación de terreno, estableciendo ejes de referencia y bancos de nivel.

- **Losa Pies Semirremolques**
  - Especificación de piso para soporte de semirremolques
  - Cemento armado
  - Peso de los semirremolques hasta 60 toneladas
  - El piso debe soportar la carga puntual del levante o patas del semirremolque
  - Para más información ver plano de obra civil y eléctrica del Anexo 1.5

- **Losa de equipo de descompresión**
  - Especificación de piso para los equipos de descompresión
    Concreto armado para resistir cargas de 5,000 Kg
  - La base debe sobresalir 10 cm sobre el nivel de la losa peatonal tránsito liviano.
  - El contorno de la losa debe ser pintado de color amarillo tráfico, ver plano de obra civil y eléctrica del Anexo 1.5

- **Losa Peatonal de Tránsito Liviano**
  - Especificación de piso para uso peatonal de tránsito liviano.
    Concreto ligero

- **Topellantas**
  - Especificación del concreto armado para las topellantas.
    Preparado para el impacto de las llantas
  - Los topellantas deben ser pintados de color amarillo con negro
  - Se debe dejar una barra de tierra física detrás de los topellantas para aterrizar los contenedores
  - Se deben pintar rayas amarillas de 10cm de ancho por 11 metros de largo para cajoneras de los contenedores

- **Malla Ciclónica**
  - Detalle de la construcción de la cerca de malla:
    Barra plana de hierro de 1 ½" x Ɵ5/16"
    Pilares de tubería de hierro redondo con pintura negro mate
    Altura mínima de 2 m
    Malla metálica hecha de alambre de acero galvanizado y torcido helicoidalmente.
  - Se debe dejar disparo del sistema de tierra para aterrizar la malla ciclónica

- **Muro cortafuegos 4TRF**
  - Diseño y construcción de muro cortafuegos 4TRF (resistente al fuego por 4 horas):
    Muro de 21.20 metros lineales aprox.
    La altura del muro deberá ser de 4.5 metros

- **Entrada de semirremolques**
  - Colocación de cadena de plástico con soporte de 3"de diámetro para postes acero carbono a una altura de 1.50 mts rellenos de concreto

b) Obra eléctrica

La obra eléctrica incluye la red de sistema de tierras, tubería eléctrica enterrada, instalación de centro de carga e instalación de iluminación para intemperie con lámparas autodirigibles, como se detalla a continuación:

- **Red de sistema de tierras**
  - Deberá realizarse de conformidad con lo dispuesto en la NOM-001-SEDE-2012
  - En el plano Obra civil y eléctrica que se encuentra en el Anexo 1.5, se indican los equipos a aterrizar.
  - Hacer mediciones de resistencia de suelo (resistividad del medio – OHM) factor de seguridad +2.0
  - Sistema de tierras único de malla cerrada con protección de sobretensión unido por soldaduras CADWELL
  - Factor de Utilización de 0.85
  - Todas las cercas perimetrales, equipos y puertas metálicas deben ser puestos a tierra.
  - Debe ser dejado disparos para hacer la conexión con la malla en todo su perímetro.

- Se debe dejar una barra de tierra en la parte posterior de los topellantas para aterrizar los contenedores.
- En caso de dudas, utilizar carga estática de baja tensión – 4.0 ohm

- **Tubería eléctrica enterrada**
  - La tubería eléctrica enterrada será desde el centro de carga a descompresora
  - Se instalará desde el centro de carga a descompresora
  - Incluye cable desde centro de carga a descompresora.
  - La longitud aproximada de la tubería enterrada es de 12 metros.
  - La longitud del cable es de 16 metros.
  - El conduit eléctrico debe ser conforme a las especificaciones de la norma NOM-001-SEDE-2012, artículo 501-10, inciso A).
  - El diámetro del Conduit enterrado no debe ser menor a 1" de diámetro, para la interconexión de la descompresora y centro de carga.
  - El Conduit metálico debe ser de acero galvanizado pared gruesa roscado NPT a prueba de explosión.
  - El material de las conexiones acero galvanizado roscado NPT de acuerdo a ASME B 1.20.1
  - Tubería Conduit enterrada a una profundidad mínima de 600 mm del nivel del suelo
  - El cable desde el centro de carga a descompresora debe ser aprobados como adecuados para lugares húmedos.
  - Se debe instalar sello a la salida de centro de carga. Sello EYS, a prueba de explosión de 1" NPT.
  - El sello debe cumplir con lo estipulado en la NOM-001-SEDE-2012, en el artículo 501-15 inciso A.

- **Centro de carga**
  - Se debe instalar un centro de carga que cuente con un espacio para alojar un medio de desconexión principal y una sección para derivados.
  - El CENTRO DE CARGA contará con los siguientes circuitos derivados:

    ▪ Alimentación de 220 V, 60 Hz, 5 KW para tablero de control.
    ▪ Alimentación de para el sistema de iluminación con foto celda para encendido automático.
    ▪ Alimentación de127V para hidroneumático.
    ▪ Para más información ver plano de obra civil y eléctrica del Anexo 1.5

  - Estos circuitos deberán estar separados y cada uno contar con protección termomagnética individual (pastilla, tres en total), para protección contra sobrecarga y cortocircuito.
  - El gabinete debe ser para uso resistente al clima (NEMA Tipo 3).
  - Dentro del centro de carga debe llegar un punto de suministro eléctrico, el cual debe tener una potencia de 5 KW con tensión de operación de 220V trifásico a 60 Hz y debe contar con:
    ▪ 3 fases de 127 V
    ● Voltaje de Línea a Línea de 220v

- Voltaje de Línea a Neutro de 127v
  - 1 tierra
  - 1 neutro
- El centro de carga debe de contar con un interruptor principal trifásico con protección termomagnética para el punto de suministro eléctrico, antes descrito.

- **Iluminación para intemperie**
  - Sistema de alumbrado a base de luminarias tipo proyector aditivos metálicos.
  - Interconexión de tubería Conduit y cableado desde el centro de carga las luminarias montadas en el poste.

- **Iluminación a prueba de explosión**
  - Sistema de alumbrado a base de luminarias tipo proyector aditivos metálicos.
  - Interconexión de tubería Conduit y cableado desde el centro de carga las luminarias montadas en el poste.
  - La tubería Conduit, accesorios y luminarias deben cumplir con las especificaciones de la NOM-001-SEDE-2012 artículo 501.
  - Se deberá entregar un estudio de lúmenes para el área de la descompresora.

- **Unidad Verificadora**
  - Se debe contratar unidad verificadora para dictaminar la instalación eléctrica, la cual debe ser proporcionada y pagada por la contratista.

c) Instalación del equipo de descompresión en siete módulos

La instalación de la estación de descomprensión comprende la colocación del equipo y la fijación de este, la estación está conformada por siete módulos: cabezal de descarga, filtración, calentamiento, primera regulación, segunda regulación, medición y control.

La siguiente figura muestra un esquema de que conforman la descompresión, en los siguientes puntos se mostrará la descripción de estos módulos y sus componentes:

ALIMENTACIÓN DE GAS NATURAL COMPRIMIDO (TRAILERS)

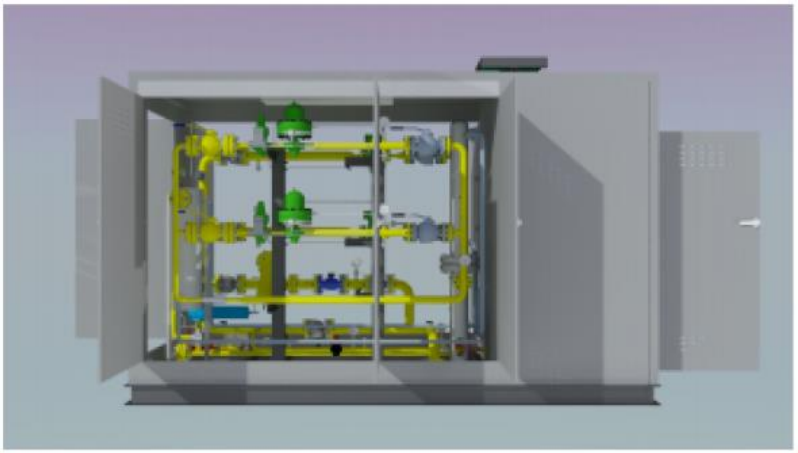


Figura 3 Módulos de la Estación de Descompresión

Proyecto Mecánico

La construcción de la tubería de la estación de descompresión será en acero inoxidable y acero al carbón, cumpliendo con los lineamientos de la norma ASEA-010-ASEA-2016 "Gas Natural Comprimido".

La conexión de entrada con la estación de descompresión será en manguera flexible de 1"; una vez dentro de la estación la tubería será en acero inoxidable de 1" desde su entrada y hasta terminar la unidad de regulación, una vez saliendo de ésta área, la tubería será de acero al carbón de 4" de diámetro incluyendo la estación de medición

Por lo que a continuación se presentan los cálculos para tubería de 1" Acero inoxidable y 4" Acero al carbón Ced. 40 Gr. X42:

d) Cálculo del Diámetro de la Tubería

El consumo mensual será Qsmensual = 1,035,360 m^3

El gas a la entrada de la estación de descompresión en el área de regulación se consideró a una presión de operación de 255.0 kg/cm^2 manométricos. El gas posterior a regulación (cambio de diámetro y material) se consideró a una presión de 6.95 kg/cm^2 (máxima presión en esta etapa).

EL CONSUMO A LAS CONDICIONES REALES ESTÁ DADO POR:

$$Q = \frac{QsPo}{P_1}$$

- Para tubing de 1" Acero inoxidable (desde entrada hasta regulación)

DONDE:

P = Presión barométrica en la zona San José Gracia, Jalisco = 0.9646 *Kg/cm²*
Qs = Consumo estándar
P_0 = Presión a condiciones estándar del gas = 1 ATM = 1.033 *kg/cm²*
P_1 = Presión absoluta real del gas a las condiciones de entrada unidad de regulación
P_1 = 255.0 *kg/cm²* + 0.9646 *kg/cm²*= 255.96 *kg/cm²*

$$Q = \frac{1{,}438\frac{m3}{hr} * 1.033\frac{kg}{cm2}}{255.96\frac{kg}{cm2}} = 5.80\frac{m3}{hr}$$

- Para tubería de 4" Acero al carbón Ced. 40 (posterior a regulación/incluye estación de medición)

DONDE:

P = Presión barométrica en la zona San José Gracia, Jalisco = 0.9646 *Kg/cm²*
Qs = Consumo estándar
P_0 = Presión a condiciones estándar del gas = 1 ATM = 1.033 *kg/cm²*
P_1 = Presión absoluta real del gas a las condiciones de salida de la unidad de regulación
P_1 = 6.95 *kg/cm²* + 0.9646 *kg/cm²*= 7.91 *kg/cm²*

$$Q = \frac{1{,}438\,\frac{m3}{hr} * 1.033\,\frac{kg}{cm2}}{7.91\,\frac{kg}{cm2}} = 187.79\,\frac{m3}{hr}$$

Se tomará como base para una primera estimación de cálculo la velocidad recomendada por applied process design for Chemical & Petrochemical Plants Vol. 1 de Ernest E. Ludwig donde dice que la velocidad media del rango recomendado para gas natural en tuberías es:

$$v = 1{,}200\ m/min$$

El área transversal del tubo se calcula como sigue:

$$A = \frac{Q}{v}$$

- Para tubing de 1" Acero inoxidable

Q = 5.80 *m³/hr* = 0.0966 *m³/min*
A = área transversal
v = velocidad

$$A = \frac{0.0966\ m3/min}{1{,}200\ m/min} = 0.00008055\ m2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.00008055\ m2}{\pi}} = 0.01012m = 10.12\ mm$$

Por lo tanto, el diámetro seleccionado de 25.4 mm (1") para tubería de acero inoxidable es correcto.

- Para tubería de 4" de acero al carbón Ced. 40

Q = 187.79 *m³/hr* = 3.12 *m³/min*
A = área transversal
v = velocidad

$$A = \frac{3.12\ m3/min}{1{,}200\ m/min} = 0.002608\ m2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.002608\ m2}{\pi}} = 0.05762\ m = 57.62\ mm$$

Por lo tanto, el diámetro seleccionado de 101.6 mm (4") para tubería de acero al carbón Ced. 40 es correcto.

Cálculo del Espesor (tomado de la NOM-007-ASEA-2016 que menciona este cálculo, para tubería de acero al carbón que manejan gas natural)
Para tubería de Acero al carbón 4" Ced. 40

Aplicación de la fórmula de Barlow para espesores de tuberías de transporte y distribución de gas.

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

DONDE:

t = Espesor del tubo en (*m)*
P = Presión interna de diseño (*kg/cm²*)
S = Resistencia de fluencia mínima especificada (*kg/cm², kPa*) = 2,952.89 *kg/cm²*
E = Eficiencia de la junta longitudinal
T = Factor de reducción por temperatura
La presión manométrica a la entrada del módulo de medición es de 6.8 bar (6.95 *kg/cm²)*, la presión absoluta es de 7.91 *kg/cm²*.

Tabla 2 Factor de diseño por clase de localización

Clase de Localización	1	2	3	4	5
Ruta general	0.77	0.77	0.67	0.55	0.45
Cruces e invasiones paralelas. Caminos secundarios	0.77	0.77	0.67	0.55	0.45
Cruces e invasiones paralelas. Caminos principales, vías de ferrocarril, canales, ríos y lagos	0.67	0.67	0.67	0.55	0.45
Trampas de diablos	0.67	0.67	0.67	0.55	0.45
Ducto principal en estaciones y terminales	0.67	0.67	0.67	0.55	0.45
Construcciones especiales, como ensambles fabricados y Ducto en puentes	0.67	0.67	0.67	0.55	0.45

De acuerdo con la NOM-007-ASEA-2016 las clases se definen de la siguiente forma:

a) **Clase de localización 1.** Lugares expuestos a la actividad humana poco frecuente sin presencia humana permanente. Esta Clase de Localización refleja áreas de difícil acceso, como los desiertos y regiones de la tundra;
b) **Clase de localización 2**. El Área unitaria que cuenta con diez o menos construcciones ocupadas por personas y/o lugares con una densidad de población inferior a 50 habitantes por kilómetro cuadrado. Esta Clase de Localización refleja áreas como tierras baldías, tierras de pastoreo, tierras agrícolas y otras zonas escasamente pobladas;
c) **Clase de Localización 3.** El Área unitaria con más de diez y hasta cuarenta y cinco construcciones ocupadas por personas y/o lugares con una densidad de población de 50 personas o más, pero menos de 250 personas por kilómetro cuadrado, con múltiples viviendas, con hoteles o edificios de oficinas donde no más de 50 personas pueden reunirse regularmente y con industrias dispersas. Esta Clase de Localización refleja áreas donde la densidad de población es intermedia entre la Clase de Localización 2 y la Clase de Localización 4, tales como las zonas marginales ubicadas alrededor de las ciudades y pueblos, ranchos y fincas;
d) **Clase de Localización 4**. El Área unitaria que cuenta con cuarenta y seis construcciones o más ocupadas por personas y/o lugares con una densidad

poblacional de 250 personas o más por kilómetro cuadrado, excepto donde prevalezca una Clase de Localización 5. Esta Clase de Localización refleja zonas donde existan desarrollos urbanos, zonas residenciales, zonas industriales y otras áreas pobladas que no estén incluidas en la Clase de Localización 5;

e) Clase de localización 5. Cuando además de las condiciones presentadas en una Clase de Localización 4, prevalece alguna de las características siguientes:

I. Construcciones de cuatro o más niveles incluyendo la planta baja;

II. Vías de comunicación con tránsito intenso o masivo, e

III. Instalaciones subterráneas de servicios prioritarios o estratégicas para la zona urbana.

Tabla 3 Eficiencia de la junta longitudinal

Especificación	Clase de Ducto	Factor de junta longitudinal (E)
ASTM A53	Sin costura Soldado por resistencia eléctrica Soldado a tope en horno: Soldadura continua	1.00 1.00 0.60
ASTM A106	Sin costura	1.00
ASTM A135	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
ASTM A139	Soldado por fusión eléctrica	0.80
ASTM A211	Ducto de acero soldado en espiral	0.80
ASTM A333	Sin costura Soldado por resistencia eléctrica	1.00 1.00
ASTM A381	Soldado con doble arco sumergido	1.00
ASTM A671	Soldadura por fusión eléctrica Clases 13, 23, 33, 43 y 53 Clases 12, 22, 32, 42 y 52	 0.80 1.00
ASTM A672	Soldadura por fusión eléctrica Clases 13, 23, 33, 43 y 53 Clases 12, 22, 32, 42 y 52	 0.80 1.00
ISO 3183/API 5L	Sin costura Soldado por resistencia eléctrica Soldado por "flasheo" eléctrico Soldado con arco sumergido Soldado a tope en horno	1.00 1.00 1.00 1.00 0.60
Otra especificación o especificación desconocida	Ducto con diámetro nominal igual o mayor de 101.6 mm (4")	0.80
Otra especificación o especificación desconocida	Ductos con diámetro nominal menor de 101.6 mm (4")	0.60

Tabla 4 Factor por Temperatura

Temperatura del gas K (°C)	T
394.26 o menor (121.11 °C)	1.000
* 422.03 (148.88 °C)	0.967
* 449.81 (176.66 °C)	0.933
* 477.59 (204.44 °C)	0.900
* 505.37 (232.22 °C)	0.867

Sustituyendo para tubo de 4" tenemos:

$$t = \frac{7.91\frac{Kg}{cm2} * 0.1143m}{2 * 2{,}952.89\frac{Kg}{cm2} * 0.67 * 1 * 1} = 0.0002284m$$

Si se deja como margen para corrosión 1/8" (0.003175 *m*)

$t_{requerida}$= 0.0002284+ 0.003175 = 0.003403 *m*

por lo tanto, el espesor seleccionado de 0.0060198 *m (0.237")* para tubo de 4" cedula 40 es correcto.

Ahora se calculará la presión máxima que resistirá el tubo considerando que:

t_{real}=espesor del tubo cédula 40 seleccionado menos 1/8" por corrosión futura

$$P = \frac{2StFET}{D} = \frac{2 * 2{,}952.89\frac{Kg}{cm2} * (0.0060198 - 0.003175)m * 0.67 * 1 * 1}{0.1143\,m} = 98.48\,Kg/cm2$$

Por lo tanto el tubo seleccionado en cédula 40 de 4" nominales resistirá una presión de 98.48 *kg/cm*^{2}, la presión de trabajo manométrica será de 6.95 *kg/cm*^{2}, por lo tanto queda aprobada la selección del tubo.

Proyecto Sistema Contra Incendios

En la descompresora se tendrán dos extintores tipo PQS para tuberías e instrumentación y un extintor tipo CO_2 para el área del gabinete de control, con el fin de combatir cualquier eventualidad. Dichos extintores se colocarán en un área de fácil acceso, regularmente a la entrada de la estación. La capacidad de los extintores PQS será de 12 Kg cada uno y el extintor de CO_2 será de 6.0 Kg y contarán con instrucciones impresas en el tanque, así como su especificación. A continuación, se muestra un plano sobre la propuesta de localización de estos:

Figura 4 Ubicación de Extintores

Normatividad y Buenas Prácticas

Para el desarrollo de este proyecto, desde el diseño, hasta la obra, operación y mantenimiento se mantendrá un estricto apego a la normatividad nacional, internacional y buenas prácticas:

Normas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS)

NORMA OFICIAL MEXICANA	Título
NOM-002-STPS-2010	Condiciones de Seguridad. Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
NOM-017-STPS-2008	Selección y uso del equipo de protección personal, en los centros de trabajo.
NOM-020-STPS-2011	Recipientes Sujetos a Presión
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías
NOM-100-STPS-1994	Extintores.

Normas de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

NORMA OFICIAL MEXICANA	Título
NOM-052-SEMARNAT-2005	Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

NORMA OFICIAL MEXICANA	Título
NOM-081-SEMARNAT-1994	Establece límites máximos permisibles emisión de ruido de fuentes fijas y método de medición.
NOM-129-SEMARNAT-2006	Que establece las especificaciones de Protección Ambiental para la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono de redes de distribución de gas natural que se presentan en áreas urbanas, suburbanas e industriales, de equipamiento urbano o de servicios.

Normas de la Comisión Reguladora de Energía (CRE)

NORMA OFICIAL MEXICANA	Título
NOM-001-SECRE-2010	Especificaciones del Gas Natural

Normas de la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA)

NORMA OFICIAL MEXICANA	Título
NOM-010-ASEA-2016	Gas Natural Comprimido
NOM-007-ASEA-2016	Transporte de Gas Natural

Normas del Instituto Americano del Petróleo (API)

NORMA	Título
API-STD-1104	Estándar para la soldadura de ductos y sus instalaciones.
API-5L	Tubo de línea
API-6D	Válvulas de acero, bridadas o soldables

Normas de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME/ANSI)

NORMA	Título
ASME/ANSI B.31.8	Sistema de tubería para transporte y distribución gas
ASME-B-16.5	Bridas para tubo de acero y accesorios bridados
ASME-B-16.9	Accesorios de fábrica de acero forjado para soldar a tope
ASME-B-16.11	Accesorios de acero forjado de embatir y soldar y roscados
ASME-B-16.20	Ranuras y empaquetaduras de anillo p/ bridas de acero
ASME-B-18.2.2	Tuercas cuadradas y hexagonales
ASME/ANSI-B.16.9	Accesorios para soldadura a tope fabricado de acero forjado

Normas de la Sociedad Americana de Materiales y Pruebas (ASTM)

NORMA	Título
ASTM-A-105	Forja de acero al carbón, para componentes de tuberías
ASTM-A-194	Tuercas para espárragos, de acero de aleación para servicio de alta presión y alta temperatura
ASTM-A-193	Material para atornillado en aleaciones y acero al carbón para servicio de alta temperatura.
ADS AS, 178	Especificación de electrodos para soldadura de arco

Normas de la Secretaría de Energía (SENER)

NORMA OFICIAL MEXICANA	Título
NOM-001-SEDE-2012	Instalaciones Eléctricas (utilización)

Otros Estándares y especificaciones de Referencia

Estándar	Especificación
Code of Federal Regulations, Título 49, Parte 192 del U.S. Department of Transportation	"Estándares Federales mínimos de seguridad: Transportación de gas natural y otros gases por gasoducto"

Especificaciones Generales de PEMEX

NORMA	Título
07.3.13	Requisitos mínimos de seguridad para el diseño, construcción, operación, mantenimiento e inspección de tuberías de transporte.
NSPM AVII-30	Instalación eléctrica a prueba de explosión.
3.255.01	Gabinete y caja de interruptores.
NSPM C1.1 y C1.2	Válvulas de alivio de presión.
NSPM A1-1	Inspecciones y mantenimiento a extintores.

I.1 Proyecto y/o Instalación

Equipos de Proceso Principales y Auxiliares

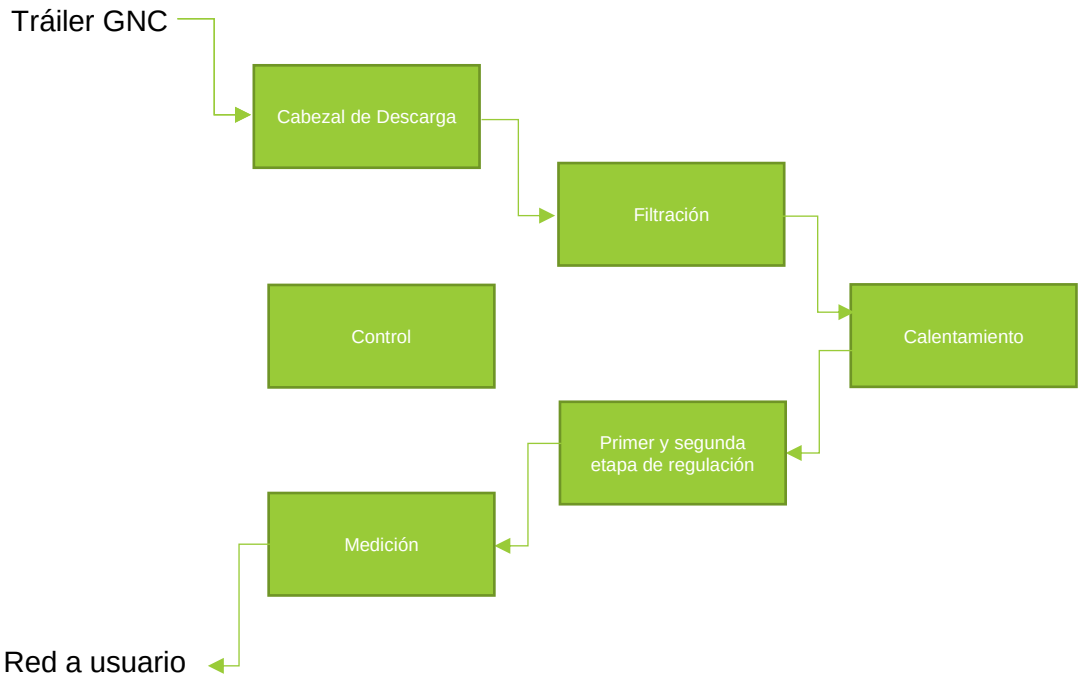
La estación de descompresión es un solo equipo de proceso, sin embargo, para este proyecto en particular se conformará por dos módulos principales y sus componentes, los cuales a continuación se clasifican:

Descripción	TAG	Año Fab.	Presión de Prueba Hidrostática Kg/cm²	Código de Diseño	Presión Kg/cm²			Temperaturas °C			Ubicación
					Mín.	Normal	Máx.	Mín.	Normal	Máx.	
Cabezal de Descarga	001	Últimos 2 años (equipo por enviar)	Tubería y Accesorios: 1.5 veces la presión de diseño = 400	NOM-010-ASEA-2016 API 6D 6F	230	255	300	0	21	55	En el lado Sur del terreno del usuario, en las coordenadas: 20°40'27.20" N 102°34'59.68" O
Filtración	002	Últimos 2 años (equipo por enviar)	Tubería y Accesorios: 1.5 veces la presión de diseño = 400	NOM-010-ASEA-2016 ANSI	230	255	300	0	21	55	En el lado Sur del terreno del usuario, en las coordenadas: 20°40'27.20" N 102°34'59.68" O
Calentamiento	003	Últimos 2 años (equipo por enviar)	Tubería y Accesorios: 1.5 veces la presión de diseño = 400	NOM-010-ASEA-2016 ANSI	230	255	300	0	21	55	En el lado Sur del terreno del usuario, en las coordenadas: 20°40'27.20" N 102°34'59.68" O
Primera regulación	004	Últimos 2 años (equipo por enviar)	Tubería y Accesorios: 1.5 veces la presión de diseño = 400	NOM-010-ASEA-2016 ASME B31.1, 31.3	230	Entrada: 255 Salida: 91.77	300	0	21	55	En el lado Sur del terreno del usuario, en las coordenadas: 20°40'27.20" N 102°34'59.68" O
Segunda regulación	005	Últimos 2 años (equipo por enviar)	Tubería y Accesorios: 1.5 veces la presión de diseño = 140	NOM-010-ASEA-2016 ASME B31.1, 31.3	---	Entrada: 91.77 Salida: 6.95	96.87	0	21	30	En el lado Sur del terreno del usuario, en las coordenadas: 20°40'27.20" N 102°34'59.68" O
Medición	006	Últimos 2 años (equipo por enviar)	Tubería y Accesorios: 1.5 veces la presión de diseño = 15	NOM-010-ASEA-2016 AGA 7	4.07	6.95	10.19	0	21	30	En el lado Sur del terreno del usuario, en las coordenadas: 20°40'27.20" N 102°34'59.68" O
Control	007	Últimos 2 años (equipo por enviar)	No se somete a presión	NOM-010-ASEA-2016	---	---	---	---	---	---	En el lado Sur del terreno del usuario, en las coordenadas: 20°40'27.20" N 102°34'59.68" O

Tabla 5 Características de equipos principales

En el plano de localización y diagrama de flujo se podrán observar los datos reflejados en esta tabla, dichos planos se encuentran en el Anexo 1.2 y 1.3 del estudio.

En el siguiente diagrama de bloques podemos verificar la secuencia que sigue el gas natural:



II. Descripción detallada del proceso

Filosofía de Operación de la Estación de descompresión de gas natural

El objetivo del proyecto es diseñar, construir, instalar y operar una estación de descompresión, la cual servirá para llevar el gas natural a los procesos de Procesadora de Aves Tepa, S.A. de C.V. (PATE), en el municipio de Tepetitlán de Morelos, Estado de Jalisco.

El sistema iniciará en la conexión con un tráiler de Gas Natural Comprimido se conectará a través de una manguera flexible de 1" a la Estación de Descompresión de Gas Natural, donde como se ha anunciado anteriormente, ésta estará conformada por siete módulos: dichos módulos se encargarán de acondicionar el gas natural para las condiciones operativas del usuario, en primera instancia encontramos el cabezal de alimentación el cual es simplemente la conexión entre el tráiler y la descompresora, dotado de válvulas para su control, posterior a esto se localiza la filtración el cual retiene las partículas de cualquier sólido o líquido que pueda traer el combustible, enseguida localizamos las etapas más importantes, calentamiento, regulación y medición, en el primero se lleva cabo el control de temperatura con el fin de evitar el congelamiento de las líneas, a la salida de este se lleva a cabo la disminución de presión en la regulación y a la salida de las dos etapas del último proceso mencionado es donde se realizará la medición para la facturación respectiva al cliente, por último se tiene el módulo de control el cual interviene en todas las etapas controlando las variables de la estación. Al pasar por estas etapas, el gas se alimentará a una red de distribución del usuario.

Descripción de los módulos y elementos de la Estación de Descompresión

Para la configuración del arreglo mecánico, es una de línea simple de filtración con bypass, doble línea de regulación con bypass en dos etapas y línea simple de medición con bypass. Ambas líneas con capacidad de manejar el 100% del caudal.

Figura 5 Parte frontal y trasera del área de descompresión (regulación)

Módulo de Cabezal de Descarga Automática

El cabezal de descarga automática consta de dos líneas independientes, cada una equipada con mangueras especiales para GNC, dos válvulas bolas accionadas manualmente, dos válvulas solenoides de alta presión, dos válvulas check sin retorno y transmisores e indicadores de presión. Cuando un tráiler con GNC llega a la estación de descompresión, una presión normal entre 230 - 250 Bar (la presión inicial depende de diferentes factores, como la temperatura ambiental).

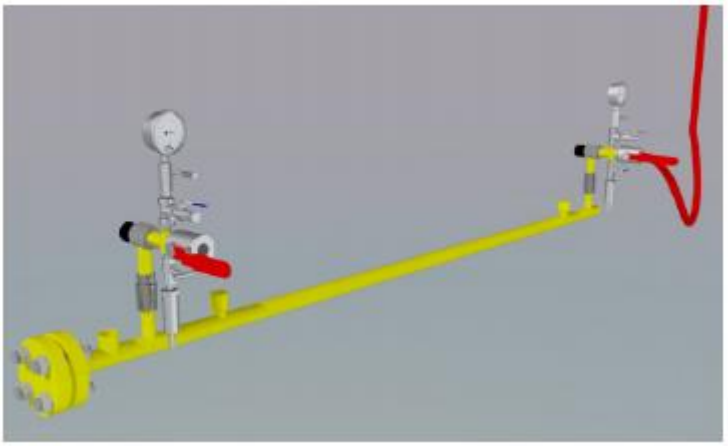


Figura 6 Cabezal de Descarga

Módulo de Filtración

En el módulo de filtración existe 1 filtro para partículas sólidas ubicado en la entrada de la estación y otro más se unirá para gotas líquidas en la salida (tipo coalescente). Ambos están equipados con indicadores de presión diferencial cuando alcance una cierta presión diferencial para indicarle al operador de la estación de descompresión que es necesario un reemplazo del elemento filtrante.

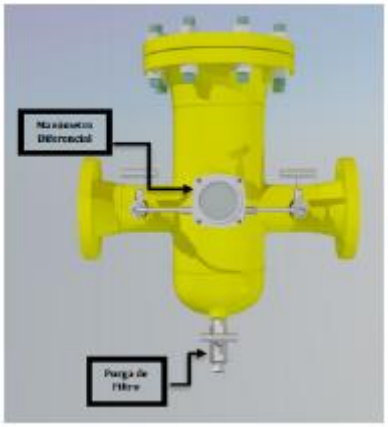


Figura 7 Filtro

Módulo de Calentamiento

El módulo de calentamiento de llama indirecta consiste en dos intercambiadores de calor antes de cada etapa de regulación de presión, un calentador de agua, cuatro bombas centrifugas de velocidad variable (2 en operación y 2 en stand- by) que recirculan el fluido caliente a través de los intercambiadores con el objetivo de calentar el gas natural antes de cada etapa de regulación para evitar el efecto de congelamiento.

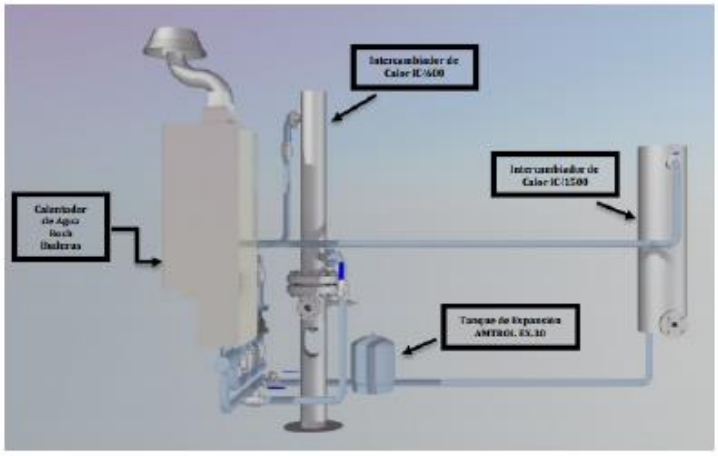


Figura 8 Módulo de Calentamiento

Módulo de Regulación de Presión Primera Etapa

El módulo de regulación de la primera etapa consiste en dos elementos principales:

- TA992SH Regulador de alta presión de gas
- TA992SSV Válvula de cierre de seguridad por alta y baja presión del gas

Los dispositivos TA992 están diseñados para funcionar con una presión de entrada hasta 300 bar y una presión de salida en el rango de 1 a 90 bar. Son adecuados para aplicaciones de gas filtrado seco. Los reguladores de presión TA992--SH son del tipo de acción directa, equipados con un cabezal estático cargado a presión como contrapeso de fuerza al diafragma. El obturador está completamente equilibrado para una mayor precisión y capacidad de ajuste. La válvula TA992--SSV es una válvula de cierre de seguridad equipado con un dispositivo de detección de presión que se puede usar para la detección de exceso de presión y/o de baja presión en el sistema.

Módulo de Segunda Etapa de Regulación de Presión

La segunda etapa de regulación consta de un regulador de presión de tipo pilotado, Marca Tormene Modelo TA 956 DFO+SSV con válvula de seguridad integrada con corte por alta y baja presión, conexiones bridadas de 1" ANSI 600.

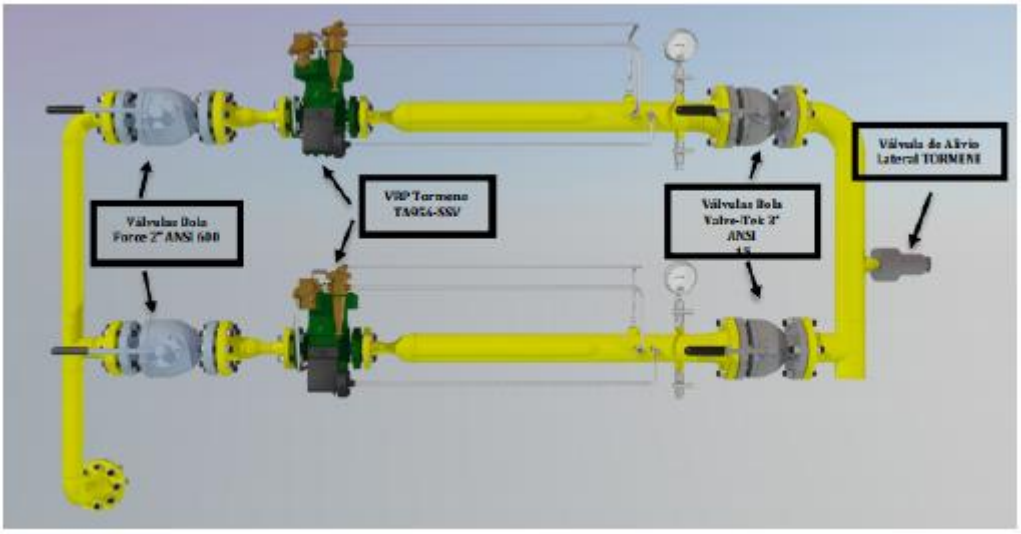


Figura 9 Módulo de segunda etapa de regulación de presión

Módulo de Medición

Seguido de la segunda etapa de regulación, se encuentra el tren de medición, el cual está compuesto por una línea de medición independiente equipada con un medidor tipo turbina marca Flow Meter Group (FMG) FMT- Lx DN80 G160 3" ANSI 150. El medidor estará seccionado con válvulas tipo bola de paso completo, norma de diseño API 6D, 6F; Conexiones bridadas de 3" ANSI 150, cuerpo de acero al carbón.

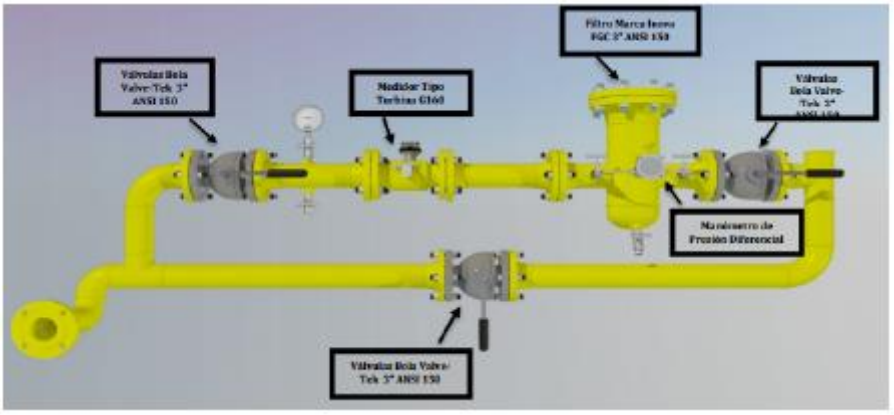


Figura 10 Módulo de Medición

Módulo de Control

El sistema de control de la estación por medio de una Unidad Terminal Remota (UTR) permite realizar el control y seguimiento de la seguridad de la estación, y de los parámetros básicos de proceso, así mismo permiten ajustar local y remotamente los parámetros de trabajo a las necesidades del usuario. El sistema de control es local y remoto ya que cuenta con un modem celular GPRS que permite enlazar la estación a un sistema SCADA no solo para monitorear variables sino también para modificar parámetros operativos de la misma, realizar paros remotos, entre otros.

Figura 11 Módulo de control

Condiciones de Operación

A pesar de que ya se ha mencionado las condiciones de operación y de diseño que se trabajarán, a continuación, se describe un resumen de las condiciones normales desde la entrada hasta la salida del proceso:

La estación de Descompresión Gas Natural se conectará inicialmente con un tráiler a una presión de 250 bar (3,625 psig); al pasar la primera etapa de regulación la presión será de 90 bar (1,305 psig) y para la segunda etapa de regulación, la presión se abatirá hasta llegar a un valor deseado máximo de 6.8 bar (100 psig) y esta será la misma presión a la salida del área de regulación y de la misma estación de descompresión (incluyendo medición), al igual que la que se entregue a la red del usuario final.

Sustancias Involucradas en el Proceso

A lo largo de la descompresión, la única sustancia con la cual se trabajará será gas natural, sin embargo, también existe un medio de calentamiento el cual es agua la cual no es considerada como sustancia riesgosa, en el Anexo 3.1, se agrega la hoja de seguridad del gas natural.

Reacciones Principales y Secundarias

El sistema solo tiene como objetivo la transferencia de combustible, acondicionando las condiciones operacionales para su manejo, lo único que puede cambiar es su volumen debido a la presión, sin embargo, no existen reacciones a lo largo del proceso.

Balance de Materia

En lo que respecta al balance de materia y energía, este puede verificarse a continuación y las condiciones en el Diagrama de Flujo **DFP-EDPATE** en el Anexo 1.2.

Tabla 6 Balance de Materia

No	Descripción de Corriente	Estado Físico	Flujo m3/hr / MPCSD	Presión Psig / Kg/cm²	Temperatura °C / F
A	Desde el tráiler hasta la entrada a la estación de descompresión	Gas	1,438 / 1,218	3,625 / 255	21.00 / 69.8
1	Del punto anterior a la salida del primer regulador	Gas	1,438 / 1,218	1,305 / 91.77	21.00 / 69.8
2	Del punto anterior a la salida del segundo regulador y entrada a medición	Gas	1,438 / 1,218	100 / 6.95	21.00 / 69.8

En lo que respecta a las temperaturas y presiones que se manejarán a lo largo del sistema estas pueden verificarse en las bases de diseño de este documento y/o en el Diagrama de Flujo DFP-EDPATE en el Anexo 1.2.

El gas fluirá a través a lo largo de la estación de descompresión, donde se regulará la presión hasta obtener la necesaria para atender las necesidades operativas y de suministro al usuario final.

Características del Régimen Operativo de la Instalación (continuo o por lotes)

El régimen operativo de la "Estación de Descompresión de Gas Natural" se considera continuo a lo largo de todo su recorrido, sin embargo, el área operativa a la que lleva el suministro puede tener variaciones a este respecto dependiendo de la Filosofía Operacional del usuario.

Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI´s) con base en la ingeniería de detalle y con la simbología correspondiente

Para este caso y debido a el tipo de instalación se cuenta con el DTI de la instalación más robusta, es decir, del área de regulación, sin embargo como planos de apoyo y consulta también se cuenta con el plano general y de localización, los cuales en conjunto con el Diagrama de Flujo DFP-EDPATE servirán para verificar las condiciones y especificaciones de material respectivas, estos planos se encontrarán en el Anexo 1 (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6 y 1.7).

Sistemas de Seguridad y Salvaguardas de la Estación de Descompresión

Especificación de Válvulas y Sistema de Seguridad

El sistema de seguridad de la Estación de Descompresión de gas natural, cuenta con los siguientes elementos principales:

- 2 - Válvulas solenoides en la entrada de gas
- 2 - Reguladores de presión primera etapa
- 2 - Válvulas de corte por alta presión primera etapa
- 2 - Válvulas de corte por baja presión primera etapa
- 2 - Regulador de presión segunda etapa
- 2 - Válvulas de corte por alta presión segunda etapa
- 2 - Válvulas de corte por baja presión segunda etapa
- 3 - Válvulas de seguridad o alivio de descarga lateral
- 2 - Transmisores de nivel de explosividad (LEL) Infrarrojos.
- 3 - Botoneras de paro por emergencia

Filosofía de operación de la seguridad de la descompresora

La descarga de los contenedores es conectada a la descompresora por medio de mangueras flexibles. La entrada de gas de la descompresora cuenta con válvulas solenoides (SV-01/02) las cuales cortan el flujo de los contenedores si son activadas las botoneras de paro por emergencia y/o los transmisores que detectan alta concentración de gas.

Posteriormente se cuenta con una válvula de alivio PSV 01, con una presión ajustable a 275 bar, con el objetivo de proteger el sistema de una sobrepresión.

La primera etapa de regulación cuenta con línea redundante. Cada línea de regulación consta de una válvula reguladora (V R-01/02) y dos válvulas de corte (una por alta presión y una por baja presión ANV) , esta válvula estará precediendo a los reguladores de presión, contará con doble actuador neumático (equipada con indicador de estado operativo de la válvula y botón de seguridad de cierre rápido).

En la salida de la primer etapa de regulación se encuentra ubicada la valvula de alivio PSV-02, con una presión de ajuste de 110 bar. Para proteger el sistema en caso de sobrepresiones en la línea.

La primera etapa de regulación cuenta con línea redundante. Cada línea de regulación consta de una válvula reguladora (V R-03/04) y dos válvulas de corte (una por alta presión y una por baja presión ANV) , esta válvula estará precediendo a los reguladores de presión, contará con doble actuador neumático (equipada con indicador de estado operativo de la válvula y botón de seguridad de cierre rápido).

En la salida de la segunda etapa de regulación se encuentra ubicada la valvula de alivio PSV-03, con una presión de ajuste de 10 bar. Para proteger el sistema en caso de sobrepresiones en la línea.

Posteriormente se conecta la salida de la RCU a la red interna de gas natural del cliente.

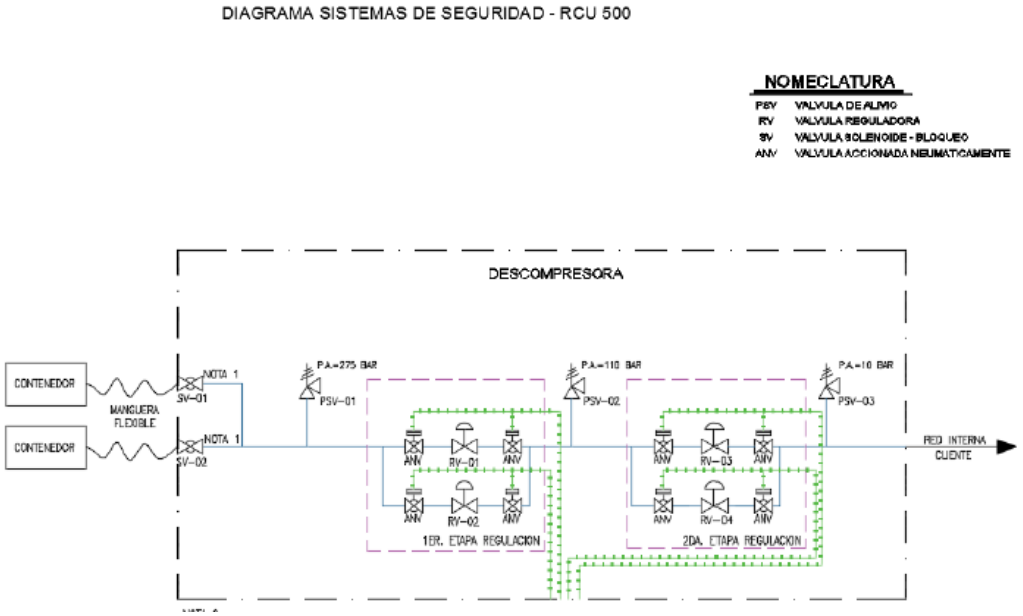


Figura 12 Diagrama del Sistema de seguridad de la RCU y de la EDGN

Accesorios y aditamentos:

Los tubos, válvulas, bridas y conexiones roscadas (en la parte de tubing de acero inoxidable) serán de especificación conocida, cumplirán con los estándares y especificaciones de composición, fabricación y calidad enumeradas en la tabla de estándares aplicables.

Válvulas

Todo el sistema de válvulas utilizadas en el sistema de descompresión será fabricado cumpliendo con la **NOM-010-ASEA-2016 y las mejores prácticas nacionales e internacionales**.

Lista de Materiales

A continuación, se lista las válvulas y accesorios que conforman la estación de descompresión y que contribuyen para una operación segura:

Tabla 7 Equipos y accesorios

Descripción	Cantidad
Válvula de Bola de paso completo de 1"	2
Válvula de Bola de paso completo de 2"	4
Válvula de Bola de paso completo de 4"	5
Regulador de Presión 1" ANSI 1500	2
Válvula de corte por alta 1"	2
Filtro para partículas sólidas	1
Bypass para filtro de primera etapa	2
Filtro coalescedor	1
Regulador de Presión 1" ANSI 600	2
Válvula de seguridad	3
Medidor tipo turbina	1
Transmisor de presión	3
Transmisor de temperatura	3
Bomba de agua	4
Intercambiador de calor	2

Salvaguardas Principales de la Estación:

- Se cuenta con dispositivos de seguridad para evitar cualquier sobrepresión en la salida de la estación de descompresión y medición. Como una adicional la descompresora cuenta con botones instalados de cierre de emergencia localizados: uno en el panel de control de la estación, y dos más a los costados de la estación. Los botones de cierre cortan el flujo de gas inmediatamente.
- En la entrada de la descompresora se cuenta con válvulas solenoides (SV) que bloquearan la entrada de gas a la descompresora cuando se accione las botoneras de paro por emergencia y/o por alta concentración de gas
- En las etapas de regulación se cuenta con protecciones redundantes lo que significa que si ocurre una sobrepresión en primer lugar se abrirá la válvula de alivio de presión (PSV), después se disparará el corte por sobrepresión o baja presión (ANV) sólo en la línea donde presente el problema. La segunda etapa de regulación también está equipada con válvulas de corte y válvula de alivio de presión.
- Adicionalmente se cuenta con una válvula de alivio a la entrada de la estación con el objetivo de proteger el sistema de una sobrepresión en caso de incendio o incremento de presión por una temperatura excesivamente alta del gas.

Adicional a estas salvaguardas, de acuerdo a la misma normatividad, la localización de la estación de descompresión debe cumplir con los lineamientos siguientes:

Tabla 8 Distancias entre las áreas de las Terminales

DESDE HASTA	DISTANCIA EN METROS				
	ALMACENAMIENTO	ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN	ÁREA DE CARGA O DESCARGA	LÍMITE DE LA TERMINAL DE DESCARGA	SISTEMA DE COMPRESIÓN
Lugares de concentración pública.	100	100	100	-	100
Oficina o almacén.	15	10	15	-	10
Fuentes de ignición.	20	20	20	-	20
Caminos internos.	3	3	3	-	3
Límite de propiedad en donde existan viviendas.	50	50	50	50	50

Fuente: NOM-010-ASEA-2016

Inspección y conexión de equipos

Una vez instalado el equipo de descompresión, se procederá a conectarlo y realizar pruebas de funcionamiento. Previo al inicio de operaciones se realizarán inspecciones de seguridad, higiene, protección civil y protección ambiental, a fin de determinar si existe alguna condición que pudiera poner en riesgo a los trabajadores, infraestructura o medio ambiente.

Pruebas de Verificación

A continuación, se especifica las pruebas de verificación generales del sistema, sin embargo, este apartado se complementa con la información establecida en este Estudio de Riesgo Ambiental que se reporta en posteriores puntos, así como en puntos ya mencionados, donde se especifican las medidas, equipos y dispositivos de seguridad, y las medidas preventivas o programas de contingencias que se aplicarán, durante la operación normal del proyecto.

Cada parte de la estación que se vuelva inseguro será reemplazado, reparado y/o retirado de servicio. Las fugas deberán ser reparadas de inmediato, o bien reemplazar el módulo dañado.

La EDGN contará con una inspección rutinaria y continua por parte del personal de mantenimiento a cargo. El fin de los trabajos de inspección, es el de comprobar que se mantienen las condiciones originales del proyecto y de las instalaciones. Para ello se elaborarán reportes de inspección visual de las instalaciones, el cual involucra verificar la correcta operación de los sistemas y dispositivos de seguridad, así como de la instalación eléctrica y conexiones.

Programa de mantenimiento

Para garantizar el buen funcionamiento de la EDGN y todo lo que la conforma, durante la operación de esta se contempla realizar mantenimiento a válvulas, reguladores y equipo

en general, llevando un registro de las fallas detectadas señalando su localización, causas y tipo de reparación efectuada.

Todas las reparaciones se realizarán según el procedimiento aprobado, empleando exclusivamente personal calificado para este tipo de trabajo. En todos los casos se seguirán las técnicas de reparación establecidas y aprobadas por la empresa, mismas que deberán estar apegadas a los procedimientos de reparación marcados en las normas nacionales e internacionales. Adicionalmente, se informará al personal y autoridades de atención a emergencias con toda oportunidad si se detecta una fuga o daño en las instalaciones que pudieran poner en riesgo la salud, infraestructura y/o al ambiente

Como parte de las actividades del programa de mantenimiento se realizarán al menos las actividades marcadas en el Anexo 4.6.1, en dicho programa se reflejan revisiones desde semanales hasta anuales, indicando las actividades a verificar y la calificación que se obtiene durante la ejecución del programa.

De igual forma, se mantendrá en óptimas condiciones la protección anticorrosiva de las instalaciones superficiales y la tubería de acero al carbón, corrigiendo cualquier daño mediante el uso de pintura anticorrosiva.

Se realizarán trabajos de limpieza en cercas perimetrales y puertas de acceso, de tal manera que el acceso a las instalaciones siempre esté en óptimas condiciones, sin embargo, este será mínimo ya que la estación se encuentra en terrenos del usuario que ya ha sido limpiado previamente.

Con el fin de permitir la correcta operación del sistema de la EDGN, se establecerán planes y programas que cubrirán los aspectos de operación, inspección, mantenimiento y reparación de la estación como se han hecho mención algunos de ellos, estos programas se realizan contemplando lo requerido en la **NOM-010-ASEA-2016**.

Sistema de Aislamiento

Los tubos de acero negros, conexiones, accesorios y componentes de la instalación; se deben proteger contra la corrosión con recubrimientos adecuados al medio. Dicho recubrimiento debe cumplir con los requisitos de las normas aplicables, entre otros, los siguientes:

a) Adherencia con las superficies metálicas y entre las capas intermedias;
b) Resistencia al agrietamiento;
c) Resistencia mecánica para soportar daños propios de su aplicación, y
d) Resistividad eléctrica alta.

Señalamientos

Se contempla la colocación de señalamientos en el perímetro de la EDGN y avisos de tipo informativo, restrictivo y preventivo durante todas las etapas del proyecto, con el fin de garantizar que el equipo e infraestructura en general no sea dañado debido a carencias de información al público en general. Se colocará también, el teléfono de emergencia del promovente, para que den aviso en el caso de presentarse una situación que ponga en peligro la integridad de las personas y de sus bienes.

Se colocarán letreros de no fumar, así como el rombo de identificación de riesgos de la NFPA-704 para el gas natural, mientras se homologa la comunicación de riesgos de acuerdo con el Sistema Globalmente Armonizado (SGA) establecido en la NOM-018-STPS-2015, se utilizarán tanto el rombo de clasificación de riesgos como la nomenclatura del SGA (Figuras 9 y 10).

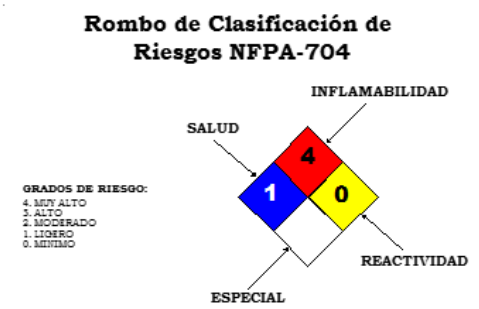


Figura 13 Rombo de identificación de riesgos de la NFPA-704

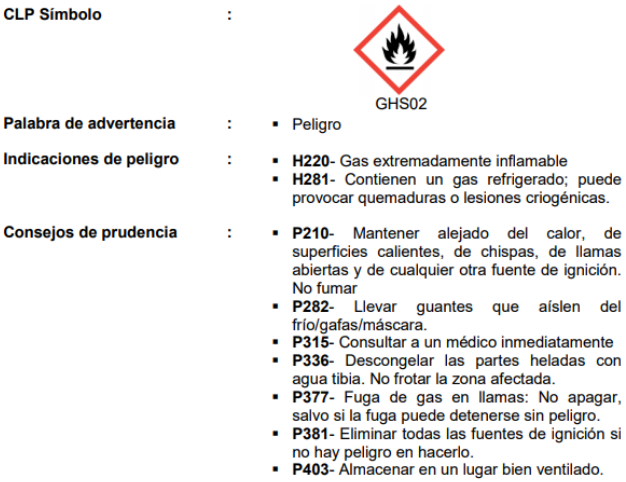


Figura 14 Vista lateral del equipo de descompresión

lll. Descripción del Entorno

La EDGN estará ubicada dentro de los terrenos del usuario final, con el fin de suministrar a los equipos del mismo que demanden el combustible, en el municipio de Tepetitlán de Morelos, Estado de Jalisco. El área donde se instalará la Estación se encuentra al Sur de la empresa, y tiene 308 m^2 aproximadamente de superficie en donde se instalará la estación de descompresión y la infraestructura para su suministro, en la Tabla 9 se muestran las coordenadas de dicha área. Por su parte, la Figura 11 muestra los puntos considerados en la Tabla 9.

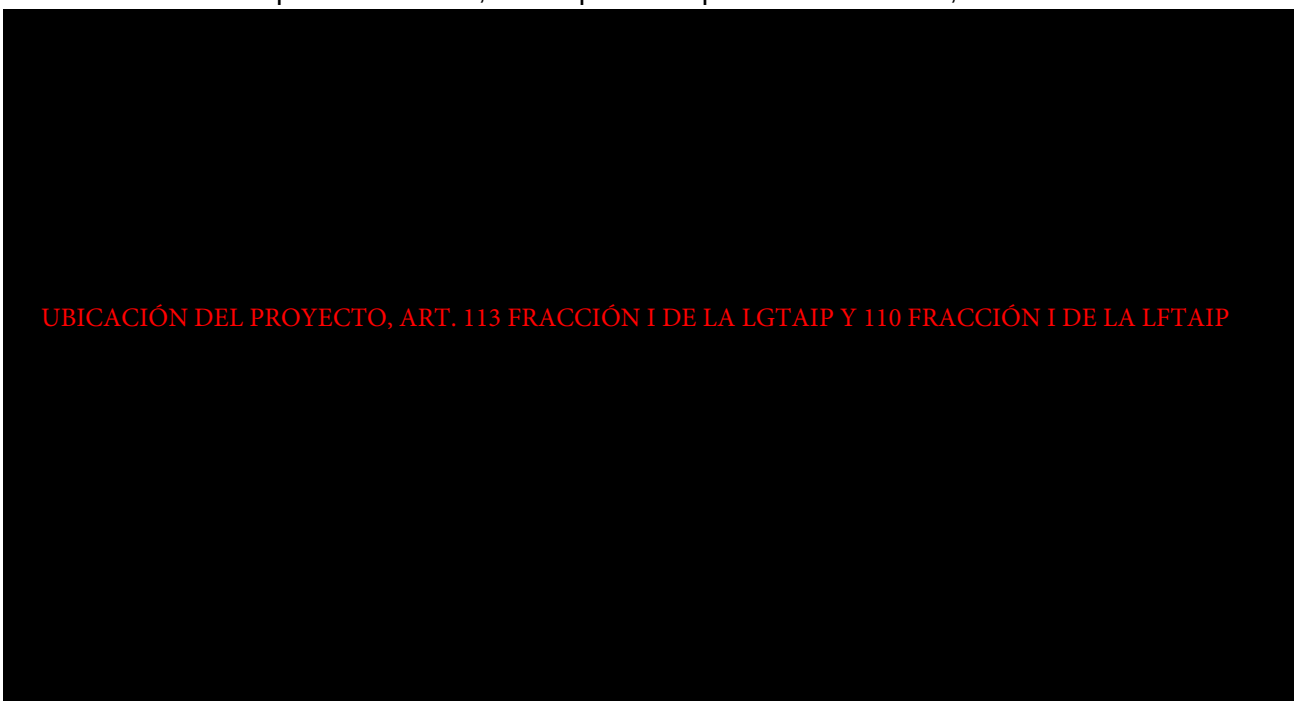


Figura 15 Colindancias

Tabla 9 Ubicación del proyecto y Estación de Descompresión

Punto	Coordenadas geográficas		Coordenadas UTM (13 Q)		Área Descompresión	Área predio
	Longitud	Latitud	X	Y	[m^2]	[m^2]
Estación de Descompresión						
Unidad de Regulación						
A					9.32	308
B						
C						
D						
Centro						

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

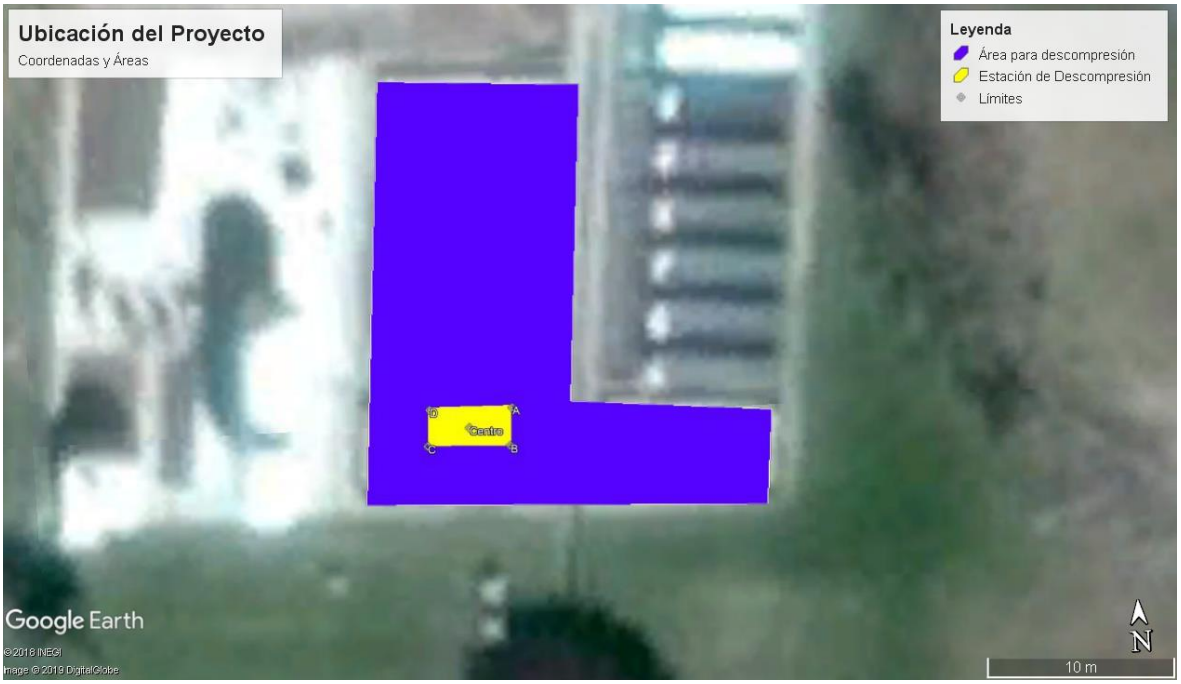


Figura 16 Ubicación del proyecto (detalle)

En el plano general y de localización del Anexo 1.3 se podrá observar la información antes referida.

El proyecto se realizará desde la conexión con manguera flexible con un tráiler y hasta la salida de la estación de descompresión, dentro del terreno mencionado, el proyecto se encuentra en el municipio de Tepetitlán de Morelos, Jalisco, por lo cual se analizaron las colindancias de la estación, esto de la siguiente manera:

- Hacia la zona Sur del proyecto, se localiza en primera instancia infraestructura tipo nave industrial, el resto de terreno en esta dirección son lotes baldíos y algunos campos de cultivo.
- Hacia el Oeste de la estación, prácticamente se constituye de terrenos baldíos, con muy poca vegetación y después de cientos de metros pocos terrenos de cultivo.
- Hacia el Este, en paralelo a la descompresora se encuentra vegetación dentro de los terrenos del usuario, y al salir de los predios de PATE, encontramos terrenos baldíos y un camino de acceso (Arroyo las hormigas), al cruce de éste último, se encuentra el límite oeste de la zona urbana del municipio Tepetitlán de Morelos, la cuál es un área considerable conformada por asentamientos habitacionales y comerciales.
- Hacia el Norte, al igual que en dirección Oeste, la estación colinda con terrenos baldíos y algunas zonas arbustivas de poca área.

En resumen, la estación de descompresión se encuentra rodeada y colindando en su mayoría con lotes baldíos, esto debido a que el usuario se encuentra en la zona alejada de industria y urbanidad, por otra parte, solo al Este del proyecto se localiza la zona urbana del municipio.

Debido a que solo se trata de una estación de descompresión y el área donde se instala es menor, por lo que tiene muy pocas colindancias significativas, hablando de aspectos ambientales y/o sociales, en la tabla siguiente se muestra esto:

Tabla 10 Principales zonas colindantes del proyecto

Nombre de la Instalación	Zona de interés colindante	Descripción	Distancia respecto a la instalación (m)
Estación de Descompresión de Gas Natural	Naves Industriales	Al sur se localizan algunas naves industriales pertenecientes a un solo usuario.	40 metros
	Zona Urbana San José Gracia	Se localiza al Este, y esta conformado por asentamientos urbanos, comerciales, escuelas, etc.	868 metros
	Caminos de Acceso a la Zona	Son caminos que llegan a la zona provenientes del municipio.	267 metros distancia más cercana 370 metros distancia más lejana..

Resumen Ambiental

El estado de Jalisco cuenta con un Ordenamiento Ecológico Territorial Estatal, el cual divide al estado en Unidades de Gestión Ambiental (UGA), el sitio del proyecto se ubica en la UGA Ag3_146ª, la cual tiene una política de aprovechamiento. Sin embargo, dada la superficie y el tipo de proyecto, no se consideró adecuado delimitar el Sistema Ambiental (SA) a la UGA estatal al ser demasiado extensa comparada con la superficie que ocupará el proyecto.

Por lo anterior, se decidió delimitar un Sistema Ambiental basado en factores como el uso de suelo y vegetación, caminos y carreteras, los límites de la UGA y la ubicación de la comunidad urbana más cercana. Al norte, el sistema limita al norte con la carretera Moctezuma, que conecta a la localidad de San José de Gracia (hasta los límites de la misma comunidad); al este el límite del SA continúa en los límites de la comunidad de San José de Gracia y siguiendo la carretera de Arroyo las hormigas (Carretera 326) hasta encontrarse con la calle Cristóbal Colón, siguiéndola por aproximadamente 300 m en dirección sur; al sur, el Sistema continúa por un camino de terracería hasta encontrar el límite de la UGA Ag_3_146_A del ordenamiento ecológico estatal y al oeste sigue la frontera entre las UGAs 146 y 162 en dirección norte hasta encontrarse con la carretera Moctezuma.

El Sistema Ambiental se ubica en la subprovincia fisiográfica "Altos de Jalisco" la cual forma parte de la provincia fisiográfica "Eje Neovolcánico". Las características geomorfológicas de la zona corresponden a lomerío de basalto. No existen formaciones rocosas identificadas en la zona, únicamente se identifica la entidad de "suelo", al respecto el tipo de suelo presente es Luvisol férrico.

El clima de la zona es C(w1)(w) "Templado subhúmedo". Respecto a la hidrología, el SA forma parte de la región hidrológica 12 Lerma-Santiago, ubicado en la cuenca hidrológica R. Santiago Guadalajara y la subcuenca R. Zula. De acuerdo con la información más reciente presentada por la CONAGUA, no existen cuerpos y/o corrientes de agua que pudieran ser modificados por el desarrollo del proyecto.

Para poder determinar el comportamiento de viento en la zona, se buscó inicialmente información en la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) a través de sus diferentes Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) y Estaciones Sinópticas Meteorológicas (ESIMEs) sin embargo, dada la distancia a la que se encuentran del proyecto (la estación más cercana se sitúa a 84.3 km), los datos que proporcionan no se consideran significativos. Similarmente, se realizó la búsqueda de la información a través de las estaciones agrometeorológicas operadas por el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), encontrándose las estaciones de San Francisco, Los Fresnos, El Nacimiento y El Camichin como las más cercanas, sin embargo, los datos más recientes proporcionados por las estaciones corresponden al año 2008 y por tanto no fueron considerados para el presente análisis.

Debido a lo anterior, y al no existir estaciones estatales que pudiesen proporcionar la información necesaria, se consideró como lo más viable el uso de los datos proporcionados a través de la página de internet https://www.meteored.mx, la cual proporciona los datos más básicos sobre climatología. De este modo, en el Anexo IV (de la MIA) se conjuntan los datos obtenidos de dicha referencia, resultando en la siguiente gráfica la cual señala que la dirección predominante del viento es hacia el Suroeste (con más de 42% de incidencia), seguido del Oeste (20%).

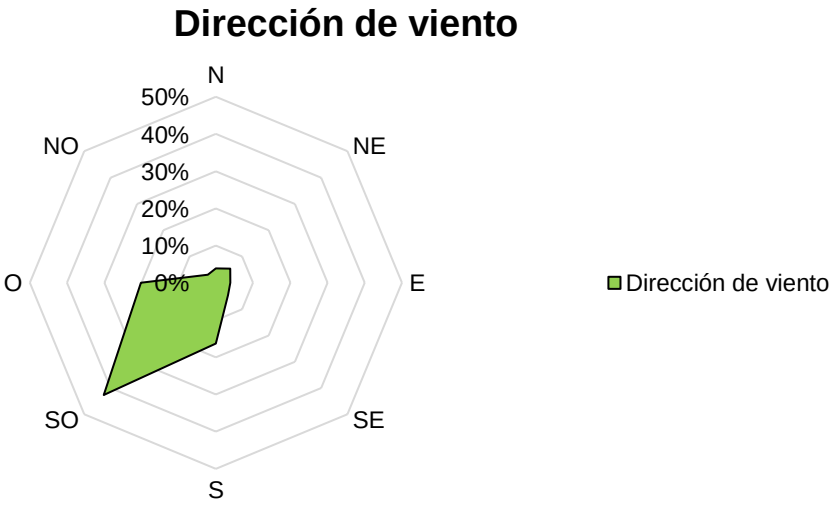


Figura 17. Gráfica de dirección de viento, febrero 2019.

De acuerdo con la información disponible, se presenta para la siguiente estación climatológica† los valores de temperatura, precipitación, número de días con lluvia y niebla para un periodo de tiempo definido, ésta fue seleccionadas por ser la más cercana al sitio del proyecto.

Tabla 11. Estación climatológica cercana al sitio del proyecto.

ID	Nombre de estación	Periodo	Latitud	Longitud	Altura	Distancia del proyecto
14017	Atotonilco el Alto	1981-2010	20°33'00" N	102°30'30" O	1,600 msnm	15.82 km

Tabla 12. Valores promedio medidos en la estación meteorológica 14017 en el periodo de 1981-2010.

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima normal (ºC)	24.9	27.3	29.7	31.9	32.8	30.7	28.2	28.2	28.0	27.8	26.9	25.0	28.5
Temperatura media normal (ºC)	15.5	17.2	19.0	21.2	22.8	22.8	21.3	21.2	20.9	19.5	17.6	15.7	19.6
Temperatura mínima normal (ºC)	6.1	7.1	8.3	10.6	12.8	14.9	14.4	14.3	13.9	11.2	8.2	6.3	10.7
Precipitación normal (mm)	23.0	12.2	3.6	3.8	34.7	155.3	211.5	197.0	151.3	47.1	13.9	4.5	857.9
Evaporación total	111.7	129.5	173.2	192.3	206.1	163.6	139.8	128.8	117.3	116.6	111.0	98.8	1,688.7
Número de días con lluvia	2.4	1.1	0.8	1.0	3.7	14.0	17.6	17.1	12.8	4.6	1.3	0.8	77.2
Número de días con niebla	0.2	0.0	0.1	0.0	0.2	1.4	4.0	5.4	3.6	3.4	1.2	0.3	19.8
Número de días con granizo	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
Número de días con tormenta eléctrica	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	1.2	1.3	0.5	0.4	0.3	0.0	0.0	4.0

El municipio de Tepatitlán de Morelos se encuentra en la zona sísmica B/C; éstas son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% e la aceleración del suelo. Así mismo, no existen fallas y/o fracturas geológicas en sus límites, encontrándose la falla más cercana a una distancia de 7.9 Km al noroeste de la ubicación del proyecto y la fractura más cercana a 3.2 Km al sureste.

El municipio tiene como predominante el uso de suelo Agrícola de temporal, con una cobertura máxima de 68.3% del territorio municipal. De acuerdo con la revisión bibliográfica de flora y fauna reportadas para el municipio de Tepatitlán de Morelos, no se encontraron especies de plantas, aves, mamíferos o reptiles dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Respecto a la vegetación que se puede encontrar en la zona del proyecto, corresponde a los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo, se observan individuos de la familia Poaceae, Fabaceae y Asteraceae. La fauna encontrada en la zona es característica de zonas urbanas y de áreas agrícolas, como Cathartes aura, Quiscalus mexicanus, Passer domesticus, Columba livia y Thomomys umbrinus.

† Datos obtenidos directamente de la página de internet https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica.

IV. Análisis Preliminar de Riesgos

Para esta fase se llevará a cabo una identificación de posibles riesgos a partir de los siguientes métodos:

- Una lista de verificación bajo la NOM-010-ASEA 2016: *Requisitos mínimos de seguridad para terminales de carga y terminales de descarga de módulos de almacenamiento transportable y Estaciones de suministro de vehículos automotores*, con el fin de que se verifique el cumplimiento en todas las etapas del proyecto, de tal manera que se identificarán los puntos que puedan generar un riesgo.

  Esta metodología tiene como objetivo identificar los requerimientos de diseño, administrativos, operacionales, de mantenimiento y legales necesarios para la ejecución del presente proyecto. Esta lista de verificación se conforma de cuatro columnas, donde se especifica la actividad verificada (numeral de la norma), si aplica o no y algunas observaciones al respecto.

  Derivado de lo anterior, se obtuvo un listado con las actividades y medidas necesarias establecidas en la norma que son de aplicación para el proyecto. Dicha tabla se puede consultar de forma completa en el Anexo 4.9.1

- Antecendentes de Accidentes e Incidentes de Proyectos e Instalaciones Similares: El análisis histórico de accidentes es un método del tipo cualitativo, el cual consiste en estudiar algunas estadísticas de accidentes importantes registrados en el pasado en sistemas similares o con productos idénticos o de la misma naturaleza. Se basa en informaciones de procedencia diversa:
  - Bibliografía especializada (publicaciones periódicas y libros de consulta).
  - Bancos de datos de accidentes informatizados (tal es el caso de la información proporcionada por la Dirección General de Protección Civil, el Centro Nacional de Prevención de Desastres y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente).
  - Registro de accidentes de la propia empresa, de asociaciones empresariales o de las autoridades competentes.
  - Informes o peritajes realizados normalmente sobre los accidentes más importantes

- Como adicional se llevará a cabo la metodología cuantitativa, en especifico el índice Mond, con el fin de conocer el riesgo de la Estación de Descompresión como un solo nodo o una sola unidad de proceso. Es un índice de riesgo se basa en la asignación de penalizaciones y/o bonificaciones a diferentes áreas e instalaciones de un proyecto, las penalizaciones son asignadas en función de las sustancias presentes y las condiciones de proceso, las bonificaciones toman en cuenta las medidas de seguridad que pueden mitigar o prevenir efectos adversos a la operación de la instalación.

  La aplicación del método es iterativa, por cuanto en primer lugar se divide la instalación objeto de estudio en unidades de proceso, se describen los materiales determinantes en el riesgo y se evalúa el peor caso; una vez obtenido el resultado,

se corrige con la modificación de los índices más determinantes (si ello es razonable) y por último se modifican los valores obtenidos mediante la aplicación de unos factores correctores que tienen en consideración aquellos aspectos que minimizan el riesgo. A todos estos valores se les asigna un valor numérico de acuerdo con lo señalado por la metodología y posteriormente se calcula el Factor de Riesgo Global, el cual señala el riesgo integral que representa el proyecto, tanto con los índices del sistema planteados sin ninguna medida de prevención y/o seguridad como del sistema al considerar los índices de reducción.

A continuación se realizan las metodologías anteriormente mencionadas:

Lista de Verificación

Se ha mencionado que la lista de verificación para este análisis de riesgo preliminar se realizará en base a la NOM-010-ASEA-2016, con el fin de verificar aspectos desde el diseño de la misma, en el Anexo 4.9.1 se podrá encontrar el archivo completo de la lista de verificación:

Tabla 13 Ejemplo de la lista de verificación

NOMBRE DEL DOCUMENTO	**Lista de Verificación**	**PROYECTO:**	**ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN DE GAS NATURAL EN TEPETITLÁN DE MORELOS, JALISCO**
NORMA Oficial Mexicana NOM-010-ASEA-2016 GAS NATURAL COMPRIMIDO			
UBICACIÓN:	ESTADO DE JALISCO	**VERIFICO**	ING. KARLA AQUINO CRESPO

ACTIVIDAD VERIFICADA	**SI**	**NO**	**OBSERVACIONES**
5. Diseño			
Análisis de Riesgo. La Terminal y Estación de GNC deben contar con un Análisis de Riesgo, elaborado por una persona moral con reconocimiento nacional o internacional, de conformidad con la regulación que para tal fin emita la Agencia y las DISPOSICIONES administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos para la conformación, implementación y autorización de los Sistemas de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente aplicables a las actividades del Sector Hidrocarburos que se indican, o las DISPOSICIONES administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos para la conformación, implementación y autorización de los Sistemas de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente aplicables a las actividades de Expendio al Público de Gas Natural, Distribución y Expendio al Público de Gas Licuado de Petróleo y de Petrolíferos. .	**X**		
8. Cierre y Desmantelamiento	**X**		

Antecedentes de Accidentes e Incidentes

El ámbito de aplicación de esta metodología observa una utilidad, principalmente, para el establecimiento de posibles riesgos en un sistema como el que manejamos en el proyecto; además, sirve para hacer una aproximación cuantitativa de la frecuencia de determinados tipos de accidentes, en caso de disponerse de una base estadística suficientemente representativa.

La principal ventaja en el uso de esta metodología de análisis de riesgo ambiental es que el establecimiento de una hipótesis de accidentes se basa en casos reales. De esa forma,

a continuación, se procede al planteamiento y desarrollo del análisis histórico de accidentes, tomando como marco de referencia los siniestros acontecidos tanto internacional como nacionalmente, conforme los siguientes puntos:

Cabe mencionar que no hay una base de datos o noticias sobre accidentes y/o incidentes en alguna estación de descompresión, la tecnología es relativamente nueva en el mercado nacional, por lo que este punto se ataca en percances o eventos que se hayan registrado con la sustancia: Gas Natural.

Marco General.

Las actividades petroleras como el transporte o manejo de sustancias como el gas natural, en todo proceso industrial que esta intervenga tiene cierto margen de riesgo que puede estar vinculado a manifestaciones de eventos no deseados como incendios o explosiones (derivados de fugas e ignición) y otros factores como los siguientes:

a) Inadecuado control de calidad de los componentes mecánicos del sistema de operación tales como bridas, empaques en válvulas y en los puntos de inicio y final.
b) La frecuencia, continuidad y características de los programas de verificación y mantenimiento preventivo y correctivo.
c) La eficiencia y rapidez de respuesta para el control de emergencias, de acuerdo con los planes de Seguridad Industrial y Protección Ambiental.

En lo referente al control de calidad de los componentes mecánicos del sistema de operación, esto representa para el proyecto en estudio un abatimiento del nivel de riesgo muy importante, debido a que la mayor parte de los materiales manejados en la industria de hidrocarburos, han demostrado cumplir con los estándares de calidad más importantes establecidos por la Internacional Standard Organization (ISO), lo que generalmente resulta en nulas fallas en materiales y equipos de operación.

Debido a que Neomexicana operará este sistema, estará atento a realizar con frecuencia, y continuidad los programas de verificación y mantenimiento preventivo y correctivo, así como una oportuna y eficaz atención y respuesta para el control de emergencias a partir de la implementación de programas de Seguridad Industrial y Protección Ambiental y/o con la adopción de estándares de calidad cada vez más exigentes; sin embargo, pudieran persistir problemas, aunque en pequeña proporción, lo que provoca que existan factores extrínsecos a las labores y actividades de operación que pudieran derivar en problemas de accidentes.

A pesar de que la industria petrolera tiene un registro de accidentes inferior al de otras actividades industriales, ésta es considerada de alto riesgo. Para el caso de México, los accidentes con gas natural han ocurrido en su mayoría en gasoductos, dichos eventos pusieron de manifiesto el alto grado de consecuencias derivadas de las manifestaciones del riesgo implícito que lleva la operación y manejo de sistemas que contienen el combustible mencionado.

Estadística General de Accidentes:

Conforme datos publicados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en su página electrónica de internet (www.profepa.gob.mx), el análisis estatal y anual de accidentes en la República Mexicana, para el período 2000 - 2014, presenta la siguiente estadística:

Tabla 14 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA

Estado	Año															Total		Acumulado
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Eventos	%	(%)
Veracruz	143	83	73	94	118	85	63	65	44	46	45	57	90	76	123	1205	15.88	15.88
Tabasco	98	93	92	60	65	63	46	59	26	29	9	12	20	24	95	791	10.42	26.30
Tamaulipas	10	33	30	41	44	32	44	44	58	36	23	22	34	42	63	556	7.33	33.62
Guanajuato	31	34	6	14	6	9	11	16	24	26	25	14	33	53	237	539	7.10	40.72
Campeche	39	41	41	48	116	38	5	10	2	4	2	6	6	5	12	375	4.94	45.67
México	25	19	19	21	8	23	15	11	14	12	21	17	35	51	59	350	4.61	50.28
Oaxaca	18	19	17	19	18	23	29	22	24	19	16	21	30	21	29	325	4.28	54.56
Puebla	12	16	20	30	11	19	8	7	7	22	20	28	25	23	62	310	4.08	58.64
Nuevo Leon	18	21	25	4	7	5	16	9	14	20	25	24	30	28	35	281	3.70	62.35
Sonora	13	15	4	6	13	15	10	18	12	4	9	20	55	29	37	260	3.43	65.77
Chiapas	21	21	32	20	13	21	13	18	14	12	8	4	13	3	9	222	2.92	68.70
Jalisco	19	8	5	8	2	13	11	11	7	11	18	13	30	24	38	218	2.87	71.57
Hidalgo	22	20	13	8	8	11	8	7	9	9	8	16	17	22	32	210	2.77	74.33
Distrito Federal	14	3	4	7	16	19	11	9	6	12	9	13	15	34	34	206	2.71	77.05
Chihuahua	4	8	3	0	1	6	13	13	12	8	10	20	24	29	35	186	2.45	79.50
Coahuila	25	19	12	9	7	6	7	5	6	14	8	18	15	10	10	171	2.25	81.75
Baja California	7	10	10	2	2	4	5	11	2	6	7	20	23	23	17	149	1.96	83.72
Michoacán	11	14	13	11	7	3	7	6	6	6	12	9	15	10	13	143	1.88	85.60
San Luis Potosí	11	16	17	13	2	17	2	8	7	7	5	9	8	8	9	139	1.83	87.43
Querétaro	9	3	5	6	6	1	6	9	7	11	10	11	13	10	27	134	1.77	89.20
Sinaloa	6	5	9	3	2	2	2	5	4	3	4	13	16	21	34	129	1.70	90.90
Zacatecas	2	4	3	3	1	8	4	10	5	9	15	11	15	13	22	125	1.65	92.54
Yucatán	3	5	2	7	7	2	4	5	6	7	4	8	13	8	8	89	1.17	93.72
Durango	5	10	4	3	5	9	1	9	4	0	3	4	8	5	8	78	1.03	94.74
Morelos	8	1	1	2	5	1	4	4	5	7	4	5	4	8	6	65	0.86	95.60
Tlaxcala	6	7	1	0	1	6	4	4	1	2	1	8	7	6	10	64	0.84	96.44
Guerrero	2	3	0	5	4	2	2	1	6	7	3	8	3	5	6	57	0.75	97.19
Baja California Sur	0	5	0	3	0	0	0	1	6	4	7	8	6	6	4	50	0.66	97.85
Aguascalientes	4	5	3	1	1	1	1	0	3	8	3	2	2	2	7	43	0.57	98.42
Colima	2	0	2	2	4	4	4	2	4	5	1	0	3	2	8	43	0.57	98.99
Nayarit	5	3	1	4	0	4	3	3	2	0	0	3	5	3	5	41	0.54	99.53
Quintana Roo	3	0	3	0	2	3	3	3	3	2	4	2	5	2	1	36	0.47	100.00
Total	596	544	470	454	502	455	362	405	350	368	339	426	618	606	1095	7590	100.00	
Eventos / Día	1.63	1.49	1.29	1.24	1.38	1.25	0.99	1.11	0.96	1.01	0.93	1.17	1.69	1.66	3.00	1.39		

Puede observarse que el Estado de Jalisco, se encuentra registrado en la 12ª posición con respecto a la incidencia de accidentes y los años con más eventos (30 – 38) fueron desde 2012 a 2014.

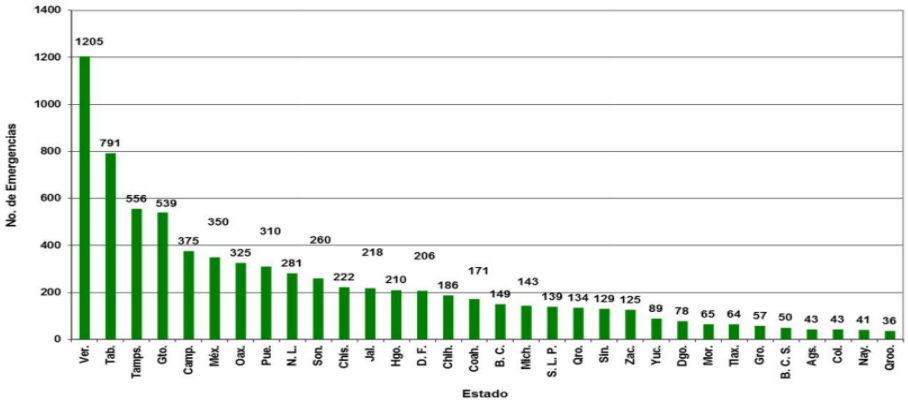
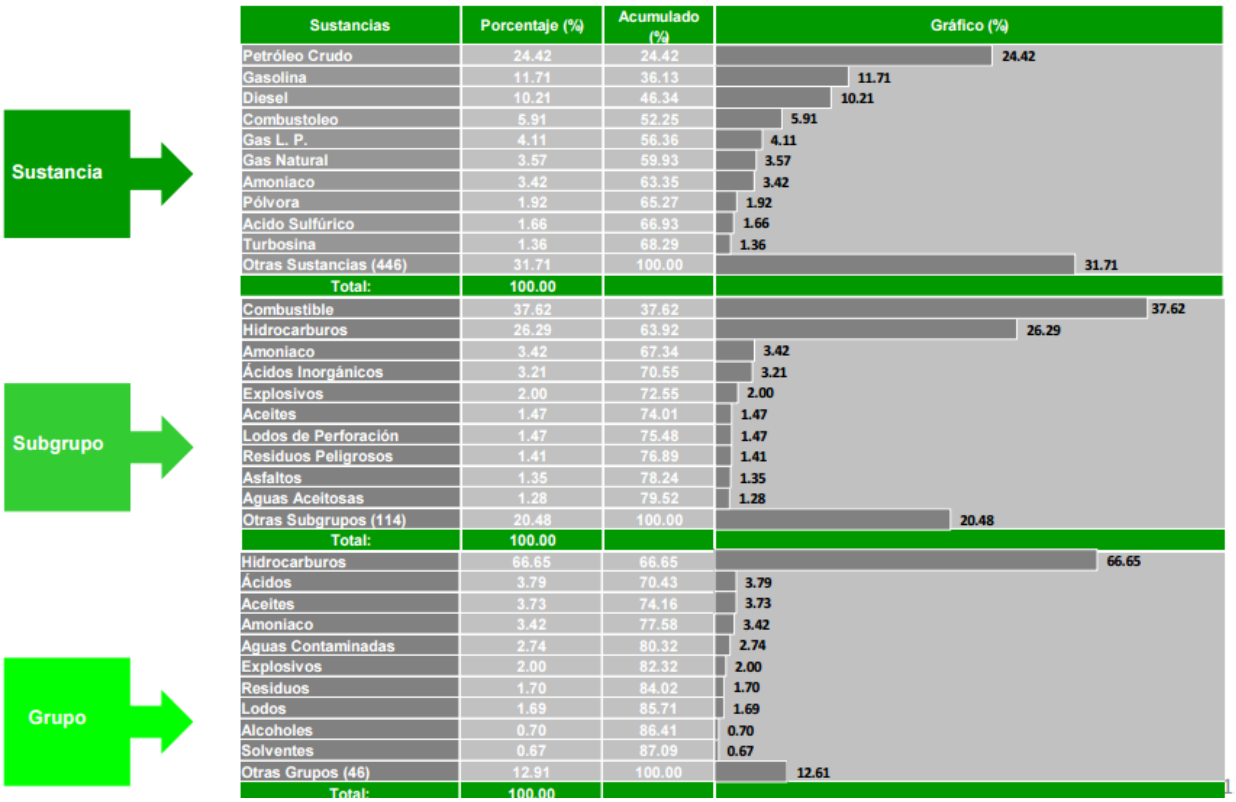


Figura 18 Emergencias ambientales reportadas a la PROFEPA

De los accidentes reportados, en el período 1998 – 2009, la PROFEPA establece que las principales sustancias involucradas, son:

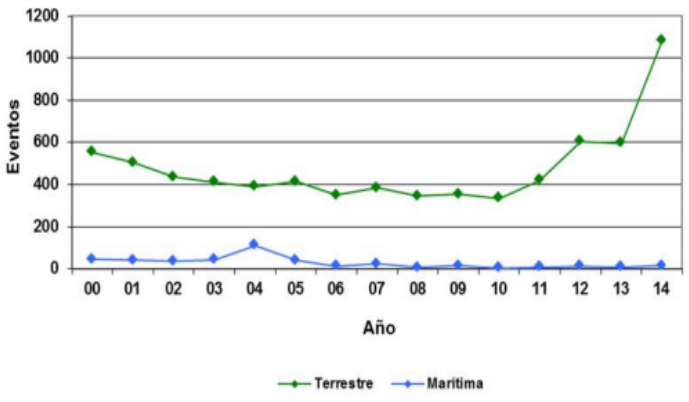


Sustancias	Porcentaje (%)	Acumulado (%)	Gráfico (%)
Petróleo Crudo	24.42	24.42	24.42
Gasolina	11.71	36.13	11.71
Diesel	10.21	46.34	10.21
Combustoleo	5.91	52.25	5.91
Gas L. P.	4.11	56.36	4.11
Gas Natural	3.57	59.93	3.57
Amoniaco	3.42	63.35	3.42
Pólvora	1.92	65.27	1.92
Acido Sulfúrico	1.66	66.93	1.66
Turbosina	1.36	68.29	1.36
Otras Sustancias (446)	31.71	100.00	31.71
Total:	100.00		
Combustible	37.62	37.62	37.62
Hidrocarburos	26.29	63.92	26.29
Amoniaco	3.42	67.34	3.42
Ácidos Inorgánicos	3.21	70.55	3.21
Explosivos	2.00	72.55	2.00
Aceites	1.47	74.01	1.47
Lodos de Perforación	1.47	75.48	1.47
Residuos Peligrosos	1.41	76.89	1.41
Asfaltos	1.35	78.24	1.35
Aguas Aceitosas	1.28	79.52	1.28
Otras Subgrupos (114)	20.48	100.00	20.48
Total:	100.00		
Hidrocarburos	66.65	66.65	66.65
Ácidos	3.79	70.43	3.79
Aceites	3.73	74.16	3.73
Amoniaco	3.42	77.58	3.42
Aguas Contaminadas	2.74	80.32	2.74
Explosivos	2.00	82.32	2.00
Residuos	1.70	84.02	1.70
Lodos	1.69	85.71	1.69
Alcoholes	0.70	86.41	0.70
Solventes	0.67	87.09	0.67
Otras Grupos (46)	12.91	100.00	12.61
Total:	100.00		

Figura 19 Sustancias involucradas en emergencias

A este respecto, se puede apreciar que el Gas Natural se encuentra situado como una de las sustancias reportadas con menor frecuencia en los accidentes analizados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Esta sustancia se relaciona con un 3.57 % de los accidentes ocurridos en la República Mexicana (para el período 1998 - 2009).
Por otra parte, para el período señalado entre 2000 y 2014, los accidentes reportados en el país se han presentado mayoritariamente en actividades de transporte, conforme se establece enseguida:

Año	Número de Eventos	Localización			
		Terrestre		Marítima	
		No.	%	No.	%
2000	596	552	92.6	44	7.4
2001	544	503	92.5	41	7.5
2002	470	435	92.6	35	7.4
2003	454	411	90.5	43	9.5
2004	502	390	77.7	112	22.3
2005	455	414	91.0	41	9.0
2006	362	349	96.4	13	3.6
2007	405	383	94.6	22	5.4
2008	350	344	98.3	6	1.7
2009	368	354	96.2	14	3.8
2010	339	335	98.8	4	1.2
2011	426	419	98.4	7	1.6
2012	618	605	97.9	13	2.1
2013	606	597		9	
2014	1095	1080	98.6	15	1.4
Total:	7590	7171	94.5	419	5.5



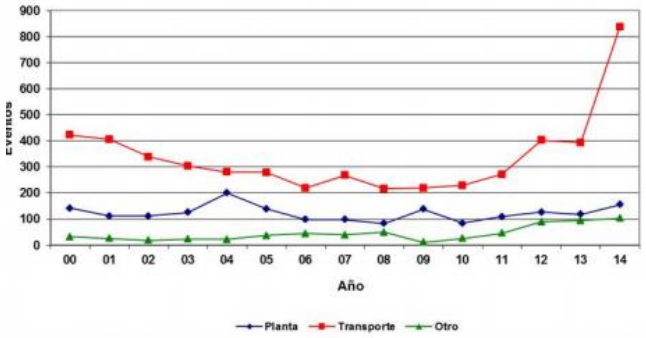
Año	Número de Eventos	Tipo									
		Fuga		Derrame		Explosión		Incendio		Otro	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
2000	596	46	7.7	483	81.0	26	4.6	35	5.9	6	1.0
2001	544	50	9.2	455	83.6	14	2.5	21	3.9	4	0.7
2002	470	22	4.7	403	85.7	15	2.6	27	5.7	3	0.6
2003	454	22	4.8	385	84.8	18	3.2	21	4.6	8	1.8
2004	502	29	5.8	445	88.6	10	1.8	18	3.6	0	0.0
2005	455	51	11.2	338	74.3	28	4.9	38	8.4	0	0.0
2006	362	51	14.1	251	69.3	31	5.5	29	8.0	0	0.0
2007	405	54	13.3	292	72.1	25	4.4	34	8.4	0	0.0
2008	350	54	15.4	249	71.1	16	2.8	30	8.6	1	0.3
2009	368	67	18.2	245	66.6	22	3.9	34	9.2	0	0.0
2010	339	44	13.0	228	67.3	33	5.8	34	10.0	0	0.0
2011	426	65	15.3	273	64.1	50	8.8	36	8.5	2	0.5
2012	618	87	14.1	408	66.0	66	11.6	51	8.3	6	1.0
2013	606	102	16.8	384	63.4	70	12.3	44	7.3	6	1.0
2014	1095	139	12.7	819	74.8	51	9.0	83	7.6	3	0.3
Total:	7590	883	11.6	5658	74.5	475	6.3	535	7.0	39	0.5

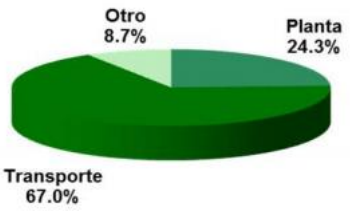
Figura 20 Emergencias ambientales reportadas a la PROFEPA (Período 2000-2014) Número, Localización y Tipo de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA

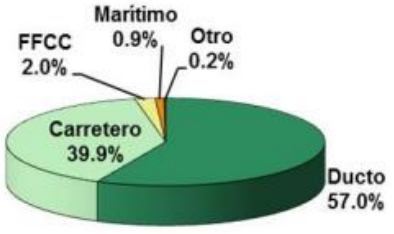
Observando los datos anteriores, se verifica una amplia preponderancia de accidentes relacionados con el transporte de sustancias peligrosas por medio de ductos, aunque se debe señalar que no necesariamente son por falta de medidas precautorias del responsable de este medio, puesto que es sabido que los ductos son sujetos a allanamientos para el robo de combustibles ó dañados por causa de obras que no respetan los distanciamientos y condiciones de seguridad establecidos por la normatividad correspondiente.

Otro aspecto relacionado con la estadística de accidentes en México tiene referencia a la localización de los siniestros y el tipo de estos, conforme se muestra a continuación:

Año	Número de Eventos	Ubicación					
		Planta		Transporte		Otro	
		No.	%	No.	%	No.	%
2000	596	142	23.8	422	70.8	32	5.4
2001	544	112	20.6	406	74.6	26	4.8
2002	470	112	23.8	339	72.1	19	4.0
2003	454	126	27.8	304	67.0	24	5.3
2004	502	200	39.8	280	55.8	22	4.4
2005	455	139	30.5	279	61.3	37	8.1
2006	362	98	27.1	219	60.5	45	12.4
2007	405	98	24.2	268	66.2	39	9.6
2008	350	83	23.7	217	62.0	50	14.3
2009	368	138	37.5	219	59.5	11	3.0
2010	339	84	24.8	229	67.6	26	7.7
2011	426	109	25.6	271	63.6	46	10.8
2012	618	127	20.6	402	65.0	89	14.4
2013	606	118	19.5	394	65.0	94	15.5
2014	1095	155	14.2	837	76.4	103	9.4
Total:	7590	1841	24.3	5086	67.0	663	8.7







Año	Número de Eventos	Ubicación					
		Planta		Transporte		Otro	
		No.	%	No.	%	No.	%
2000	596	142	23.8	422	70.8	32	5.4
2001	544	112	20.6	406	74.6	26	4.8
2002	470	112	23.8	339	72.1	19	4.0
2003	454	126	27.8	304	67.0	24	5.3
2004	502	200	39.8	280	55.8	22	4.4
2005	455	139	30.5	279	61.3	37	8.1
2006	362	98	27.1	219	60.5	45	12.4
2007	405	98	24.2	268	66.2	39	9.6
2008	350	83	23.7	217	62.0	50	14.3
2009	368	138	37.5	219	59.5	11	3.0
2010	339	84	24.8	229	67.6	26	7.7
2011	426	109	25.6	271	63.6	46	10.8
2012	618	127	20.6	402	65.0	89	14.4
2013	606	118	19.5	394	65.0	94	15.5
2014	1095	155	14.2	837	76.4	103	9.4
Total:	7590	1841	24.3	5086	67.0	663	8.7

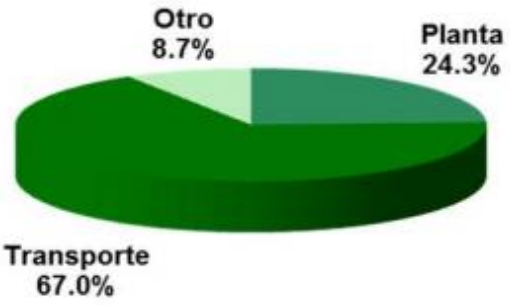


Figura 21 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 – 2014) Número, Ubicación y Medio de Transporte de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA.

De la información anterior, se desprende que la localización de accidentes en la República Mexicana se presenta en número superior en forma terrestre; sin embargo, esto no quiere decir que sean los que mayor daño provoquen al ambiente, dado que gran parte de los siniestros acontecidos en al medio marítimo han tenido consecuencias catastróficas sobre los recursos bióticos, principalmente en los marinos, por tratarse de sistemas muy frágiles. Así también, se puede apreciar que el mayor número de eventos analizados por la PROFEPA en el período 2000 – 2014, se vincula con fugas o derrames, lo cual tiene relación directa con el tipo de sustancias principales ligadas con accidentes, mencionadas anteriormente, destacando el petróleo, la gasolina, el diesel, el combustóleo, el amoniaco y el Gas L.P.

Alcance de los daños causados

Anteriormente, en el reporte de accidentes relacionados con el manejo de sustancias químicas en la República Mexicana, se establecieron de forma particular los daños provocados por cada uno de los accidentes registrados. De manera complementaria, a continuación, se establece una relación general entre el número de emergencia y personas afectadas en accidentes ocurridos en el país, durante el período 1993 – 2009:

AÑO	NO. DE EMERGENCIAS	AFECTADOS	AFECTADOS/ EMERGENCIA	EMERGENCIAS POR DIA	AFECTADOS POR DIA
1993	157	1,653	10.53	0.43	4.53
1994	416	667	1.60	1.14	1.83
1995	547	13.044	23.85	1.50	35.74
1996	587	18.190	30.99	1.61	49.84
1997	632	10,323	16.33	1.73	28.28
1998	538	7,792	14.48	1.47	21.35
1999	469	12,772	27.23	1.28	34.99
2000	470	16,390	34.87	1.29	44.90
2001	565	7,151	12.66	1.55	19.59
2002	470	13,881	29.53	1.29	38.03
2003	457	13,807	30.21	1.25	37.83
2004	503	23,197	46.12	1.38	63.55
2005	456	26,682	65.09	1.25	81.32
2006	362	4,932	13.62	0.99	13.51
2007	403	32,923	81.69	1.10	90.20
2008	349	11,141	31.92	0.96	30.52
2009	370	9,035	24.42	1.01	24.75
TOTAL	7998	241,785			
PROM.	470.47	14,222.65	30.23	1.29	38.97

Figura 22 Análisis estadístico de los daños a la población ocasionados por las emergencias ambientales

Atención y Seguimiento de Emergencias Ambientales Año 2017

La PROFEPA cuenta con el Centro de Orientación para la Atención a Emergencias Ambientales (COATEA). En el año 2017 se recibieron 652 notificaciones sobre la ocurrencia de emergencias ambientales, de las cuales 258 fueron provocadas por derrames de hidrocarburos y otras sustancias químicas, 124 por explosiones, 106 por fugas, 152 por incendios en las instalaciones y 12 por otras causas. Del total de las emergencias ambientales notificadas, se instauraron los procedimientos administrativos correspondientes en los sitios con afectación mayor a un metro cúbico para verificar la restauración de las áreas afectadas y evitar impactos ambientales adversos, en los casos competencia de la Procuraduría.

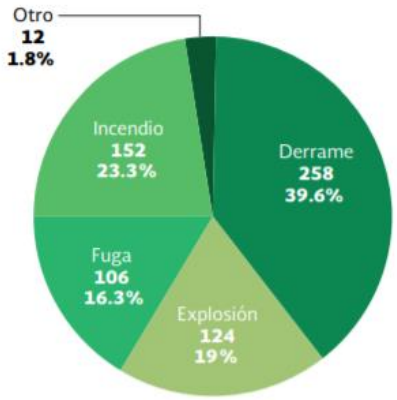


Figura 23 Emergencias notificadas en 2017: Total de emergencias 652

Del total de emergencias, la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA) atendió 262 casos y la PROFEPA 390.

Figura 24 Emergencias notificadas en 2017

La información relacionada con la ocurrencia y seguimiento de emergencias ambientales asociadas con el manejo de sustancias químicas se ha registrado desde la creación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en 1992. Con estas acciones de inspección y vigilancia la institución busca minimizar los riesgos a la población y al ambiente ocasionados por las sustancias químicas liberadas durante la ocurrencia de emergencias.

Identificación de las Causas de los Accidentes

Errores humanos.

Los errores humanos se originan por un sin número de causas y que no son necesariamente atribuibles a los operadores, ya que la organización o bien las condiciones del centro de trabajo, influyen en gran medida.

El error humano incluye actitudes o prácticas incorrectas (inseguras) que originan como consecuencia que una persona no logre el objetivo o propósito deseado, esto es, por omisiones, acciones equivocadas o insuficiencia en los requerimientos de ejecución.

El origen de los errores humanos presenta diversas vertientes, destacando:

- Administración inadecuada.
- Distracción o fatiga.
- Falta de concentración o de memoria.
- Negligencia.
- Fallas personales por falta de o entrenamiento inadecuado.
- Secuencia indebida en la operación por deficiencias en el entrenamiento (incluye la falta de evaluación de operarios).
- Interrupción de operaciones en un momento no pertinente, por capacitación deficiente o negligencia.
- Condiciones ambientales relacionadas con la empresa.

De hecho, durante el análisis de los accidentes ocurridos en las diferentes instalaciones, el ambiente de trabajo es, probablemente, el factor que más contribuye a la causa de errores humanos, debido a que si los señalamientos o la presentación de información no resultan claros y evidentes, el acceso a los dispositivos de seguridad es complicado, o si las áreas operativas son reducidas, demasiado calientes o frías, o no existe una disposición ordenada, es muy alta la probabilidad de que los operadores cometan faltas.

Otro factor que es motivo de causa de accidentes por error humano, se refiere a los hábitos de trabajo inadecuados, incluyéndose deficientes prácticas de trabajo para llevar a cabo la producción, suministro o trasiego de combustibles, manejo de vehículos utilitarios (implicando el provocar rotura de tuberías y daño a instrumentos que manejan sustancias químicas peligrosas, por impacto con vehículos), realización de actividades de mantenimiento (reparaciones improvisadas o mal realizadas) y aplicación de medidas de control y protección de riesgos (instalación y ubicación deficiente de equipos y dispositivos contra incendio).

En cuanto a la administración, una situación de riesgo se induce por acostumbrar operaciones sin tener recordatorios, mediante capacitación o campañas de seguridad continuas, referentes a las condiciones de riesgo específicas en el centro de trabajo.

Fallo de equipos

Algunas de las fallas más frecuentes, ligadas con la generación de accidentes, son:

- Operación de equipos e instalaciones obsoletas y en malas condiciones.
- Falta de inspección y de mantenimiento de equipos y accesorios, con lo que pueden presentar fracturas u orificios originados por corrosión en elementos metálicos. A este respecto, se incluyen las fallas o accidentes mecánicos producidos en equipos de proceso por desgaste o mala operación, lo cual puede debilitar las instalaciones de ocasionando eventos de riesgo.
- Instalación inadecuada de válvulas y demás accesorios de seguridad en los sistemas operativos, referentes a procedimientos y selección de materiales deficientes.
- Defectuosa calidad en la manufactura de válvulas y accesorios de calidad.
- Fugas y derrames ocasionados por deficientes prácticas de mantenimiento (falta de procedimientos, instrumentos y personal calificado).
- Rotura de tuberías e instrumentos que manejen sustancias químicas peligrosas, por impacto con vehículos utilitarios o de proveedores.
- Fugas y explosiones provocadas por incendios en áreas contiguas.
- Explosión por sobrepresión en recipientes de almacenamiento, rebasándose su presión de diseño y la de la prueba hidrostática, conjuntándose con la falta de disparo de la respectiva válvula de alivio.
- Reparaciones improvisadas o mal realizadas.

Fallo de diseño o de proceso

En este rubro, los factores que más inciden en la generación de accidentes son:

- Incumplimiento a la normatividad referente al diseño y construcción de instalaciones (incluye sistemas hidráulicos, eléctricos, sanitarios, de combustibles y de manejo de insumos).
- Falta de implementación de sistemas de seguridad y de apoyo de las áreas operativas.
- Falta de instrumentación o mal estado de la existente, para medición de condiciones de operación o de detección de condiciones inseguras o de riesgo.
- Falta de sistemas de alarma o de comunicación que ayuden a que se controle oportunamente cualquier riesgo inminente.
- Instalaciones eléctricas no pertinentes para ambientes explosivos, en su caso.
- Consideraciones inadecuadas de la capacidad necesarias para la operación de los equipos de proceso.

Algunos de los eventos ocurridos en México referentes al gas natural (específicamente transporte por ducto y plantas, ya que es la actividad con mayor afluencia de dicho combustible) se resumen en la tabla siguiente:

Tabla 15 Eventos ocurridos en México

Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia (s) Involucrada (s)	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención
1978	Tabasco, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas y daños ecológicos	Evento histórico (No se cuenta con la información)
1992	Tabasco, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas, daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
1984	Tabasco, México	Área de válvulas y ducto	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga en accesorio	Pérdidas humanas, daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
1998	Tabasco, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas y daños ecológicos	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2013	Veracruz, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas, daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2005	Tabasco, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas, daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2005	Veracruz, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas, daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2007	Guanajuato, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2011	Puebla, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Emisión de material	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta

Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia (s) Involucrada (s)	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención
							con la información)
2012	Tamaulipas, México	Planta de Gas	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2013	Estado de México, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2013	Oklahoma	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2013	Texas	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2013	Missouri	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2014	Nuevo León, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2015	Nuevo León, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Ruptura de tubería	Ruptura por máquina	Pérdidas humanas, daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2015	CDMX, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga		Evento histórico (No se cuenta con la información)
2016	CDMX, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga		Evento histórico (No se cuenta con la información)

Fuente: Elaboración propia.

Históricamente, las tuberías son una de las formas más seguras para transportar hidrocarburos, incluyendo al gas natural. Sin embargo, la posibilidad de fuego o explosión existe aun cuando esto sea un evento extremadamente raro para cualquier tubería.

La Oficina para la Seguridad de las Tuberías (Office of Pipeline Safety) (OPS) del Departamento de Transporte de los Estados Unidos de Norteamérica (Department of Transport) (DOT), mantiene una de las bases de datos de incidentes en tuberías con gas natural más extensas.

Esta base de datos provee una visión de las causas y consecuencias de fallas en tuberías y accesorios.

El análisis de la base de datos revela que las causas de falla pueden ser ampliamente clasificadas en diferentes categorías:

- Defectos de construcción y/o materiales;
- Corrosión (interna y/o externa);
- Daño por fuerzas naturales (temblores, rayos, fuego, etc.);
- Fallas humanas durante la operación (falta de supervisión, mantenimiento o falta de capacitación).
- Daño por excavaciones por terceras partes;
- Fuerzas externas desconocidas;
- Otras.

La estación de descompresión es un sistema nuevo que utilizará mejores materiales y avances tecnológicos para su construcción y operación. Por tanto, la probabilidad de falla debería ser mucho menor que la estadística promedio. Aun cuando se presenten fugas accidentales de gas natural, no siempre se presenta fuego ni ocurre una explosión. Dichas categorías fueron compiladas a partir de datos de fallas en infraestructura para la transmisión de gas natural de información obtenida de la OPS. La tabla muestra la probabilidad relativa de diferentes causas respecto a todas las causas identificadas en el Reporte GRI del año 2001.

Tabla 16 Distribución típica de las causas de fallas 1985-1999

Causas de Falla	Porcentaje
Defectos de construcción y/o materiales	24.0
Corrosión	21.0
Daño por fuerzas naturales	9.0
Daño por excavaciones por terceras partes	30.0
Fuerzas externas desconocidas	1.0
Desconocidas/Otras	16.0
Total	**100%**

Nota: Se excluyen incidentes asociados con tuberías, estaciones de compresión y estaciones de regulación/medición.
Fuente: PRCI report, PR-218-9801, March 2001

Como se muestra en la tabla anterior, los defectos de construcción y/o materiales y corrosión son las causas más frecuentes de fallas en infraestructura de gas, representando el 45% de las fallas.

Descripción y valoración de las medidas aplicadas y, si es posible, de las estudiadas para evitar la repetición del accidente.

En referencia al reporte de accidentes relacionados con el manejo de sustancias químicas en la República Mexicana, la medida coincidente aplicada por los respectivos involucrados

en eventos de derrames fue la aplicación de bloqueo al flujo de la sustancia y limpieza de la zona afectada. En algunos casos fue posible la recuperación del producto.
De cualquier forma, todos los reportes de accidentes incurridos en instalaciones, al ser del conocimiento por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, requieren de una reevaluación de sus Estudios de Riesgo Ambiental, así como sus correspondientes Programas para la Prevención de Accidentes.

Particularmente para el proyecto de estudio, es necesario indicar que, entre las medidas establecidas para evitar la repetición de algunos accidentes registrados en la estadística nacional, se encuentra antes que todo, el hecho de que la ingeniería de la estación de descompresión para Gas Natural fue diseñada y será construida en estricto apego de las Normas Oficiales Mexicanas y Normas Internacionales que apliquen. Bajo esta consideración, se determina que la estación cumplirá con los requisitos mínimos técnicos y de seguridad que se deben observar en el territorio nacional para esta clase de instalaciones.

En cuanto a la ejecución de actividades de descompresión, se seguirá un conjunto de procedimientos operativos previamente establecidos, encaminados a la prevención de accidentes y promoción de un desarrollo seguro de las labores.

Adicionalmente, se debe señalar que las condiciones de Construcción y operación de la estación de descompresión de gas natural, se sujetará a una evaluación del cumplimiento estricto con respecto a las especificaciones marcadas en la normatividad técnica vigente.

Índice de Mond

Toda la descripción de la metodología se encuentra en el Anexo 4.7. Los resultados de la aplicación de esta metodología se encuentran en el Anexo 4.9.2.

Resultado de lo anterior, se obtiene el índice Global de Riesgo (R) para los dos casos, las siguientes tablas resumen los resultados tabulados obtenidos a partir de cada sección de estudio, los cuales se estructuraron a partir de los reportes del "Índice de Mond" correspondientes.

Tabla 17 Resultados índices del sistema

Índice	Inicial	Valor	Categoría
Índice DOW Equivalente	***D***	175.58	Muy Extremo
Índice de Riesgo de Incendio	***F***	0.7768	Ligero
Índice de Riesgo de Explosión Interna	***E***	4.1	Alto
Índice de Riesgo de Explosión Aérea	***A***	3.97	Ligero
Índice Global de Riesgo	***R***	***428.42***	***Moderado***

Tabla 18 Resultados índices con reducción

Índice con Reducción	Inicial	Valor	Categoría
Índice DOW Equivalente Reducido	D_R	96.78	Alto
Índice de Riesgo de Incendio Reducido	F_R	0.32215	Ligero
Índice de Riesgo de Explosión Interna Reducido	E_R	2.1	Bajo
Índice de Riesgo de Explosión Aérea Reducido	A_R	0.02	Ligero

Índice Global de Riesgo Reducido	R_R	***26.53***	***Bajo***

Conclusión de análisis preliminar
Al término del análisis preliminar de riesgos se puede observar que los principales riesgos son los siguientes por cada metodología ocupada:

- Lista de Verificación: A pesar de que es una lista basada en la norma, donde se evalúa que aplica y que no, y con que se cumple, nos da un vistazo en aspectos donde se debe tener extrema precaución y que no se deben de omitir:
  * En el diseño de la estación
  * Capacitación de personal
  * Procedimientos y supervisión
  * Materiales adecuados y probados

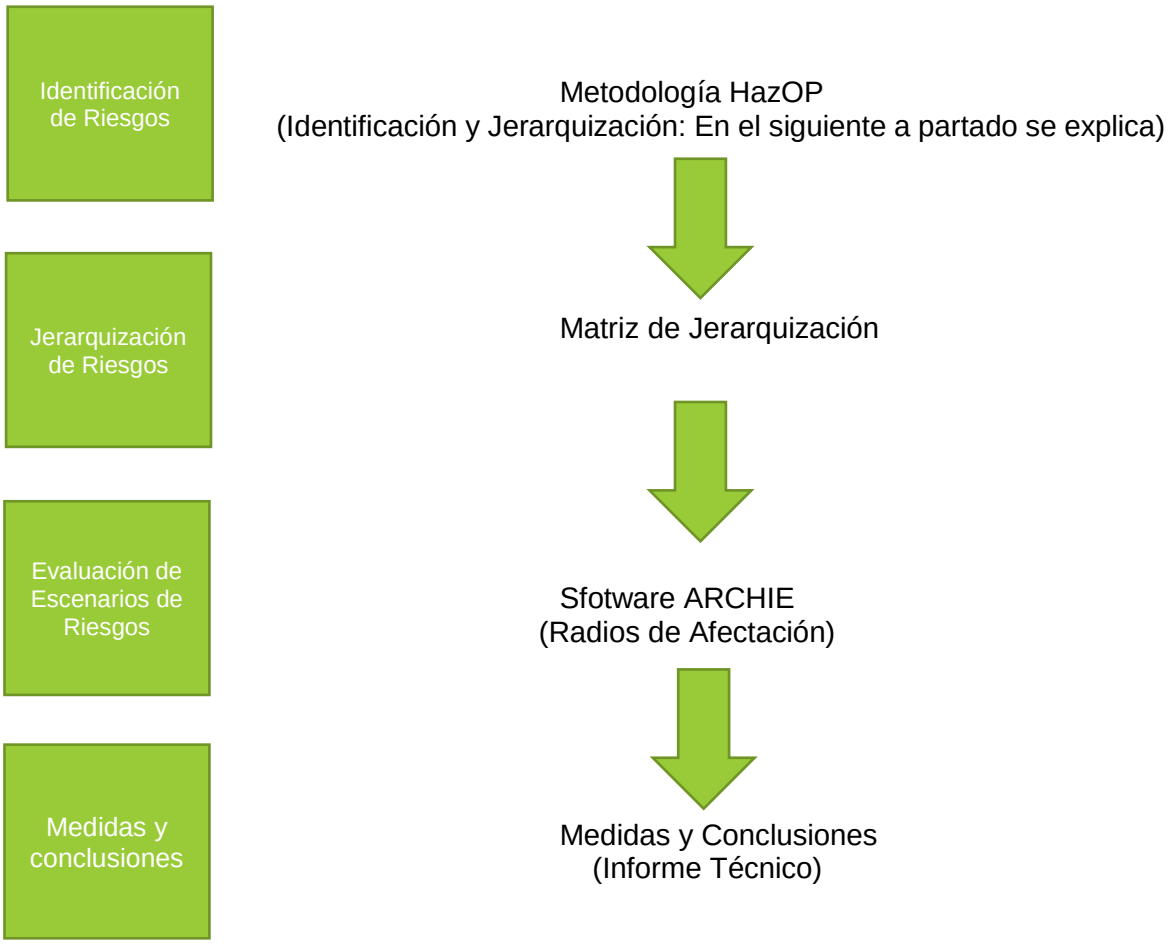
- Antecedes de Accidentes e Incidentes: Se tuvo análisis que rodeaba al gas natural más no a las estaciones de descompresión debido a la practicamente nula información de esta tecnología, y se tuvieron puntos que aplican a la estación, donde resaltan los principales riesgos:
  * Factor humano: Capacitación, errores, negligencias, descuidos, y maniobras.
  * Equipos: Inadecuados, mala calidad, mala instalación de los componentes, rotura de tuberías, mala selección en el diseño, supervisión y mantenimiento.
  * Diseño: Diseño equivoco, condiciones que rebasan las de diseño, falta de instrumentación o accesorios necesarios, falta de sistemas de seguridad, instalaciones que no son a prueba de explosión.

- Índice Mond: De esta metodología solo se obtuvo un riesgo cuantitativo general de la instalación, considerandolá como una sola instalación, el cual es categorizado como Bajo, debido a todas las bonificaciones que se dieron gracias a la salvaguardas del sistema.

Las primeras dos metodologías arrojan parámetros identificados como focos de atención donde se pueden generar riesgos, se deben evaluar con más detalle y con métodos más robustos, con el fin de tener una identificación más puntual, jerarquizarlos y evaluarlos, con el fin de proponer las medidas adecuadas para tener el mínimo riesgo de la estación de descompresión.

Siguientes metodologías

Tomando como base el análisis de riesgo preliminar se sugiere la utilización de las siguientes metodologías que se mencionan en el diagrama siguiente:



Justificación de la metodología seleccionada

El número de metodologías para identificar y jerarquizar los riesgos ambientales se ha ido diversificando conforme la tecnología, generación y accesibilidad de información han ido mejorando, es por ello por lo que el primer aspecto a resolver es la elección del enfoque y método adecuados con base a las características particulares del proyecto y a la información base disponible.

En términos generales, los métodos existentes‡ varían en nivel de complejidad y requieren de distintos tipos de datos, experiencia y herramientas tecnológicas; por lo tanto, producen diferentes niveles de precisión y certidumbre, sin embargo, en general dependen en buena parte de la experiencia del grupo de expertos quien realiza el estudio.

Con base en lo anterior, se consideró como mejor opción el uso de metodologías tales como la lista de verificación, HAZOP, Matriz de jerarquización e Índice de Mond para la identificación, descripción y jerarquización de riesgos, ya que permiten un procedimiento lógico, objetivo y presentan la información de manera clara y concisa, lo que permite describir los riesgos de acuerdo con las particularidades del proyecto. Mediante el uso de estas metodologías, es posible apreciar la afectación de cada riesgo, así como determinar las acciones más relevantes para cada uno de ellos.

Criterios considerados para la evaluación de los Factores de Riesgo.

Para la evaluación de riesgo se consideraron las siguientes actividades dentro del proceso:

- Conexión con tráiler
- Estación de descompresión (unidad de regulación y estación de medición)
- Conexión con infraestructura de usuario

Las variables de proceso que se aplicaron fueron:

- Flujo
- Mantenimiento
- Sistemas de Seguridad
- Administración
- Presión
- Temperatura
- Nivel.

‡ Por mencionar algunos: *Métodos ad hoc*, útiles cuando existen limitantes con respecto al tiempo e información, por lo que la evaluación depende casi en su totalidad en la opinión de los expertos. Los *Checklists y matrices* son adecuadas para organizar y presentar información; los *Métodos de Evaluación Rápida* son útiles para evaluar los impactos en sitios donde los cambios en los ecosistemas son acelerados; entre otros.

V. Identificación, evaluación y análisis de riesgos

Para este punto se seguirá el siguiente proceso:

1. Se determinarán los nodos a evaluar de la estación de descompresión
2. Se identificarán los riesgos de cada nodo con la metodología HazOp, dentro de la hoja de trabajo, viene una sección para evaluar cada riesgo de forma cualitativa y cuantitativa (abarcando dos metodologías en una sola hoja), lo cual nos da un preliminar sobre la jerarquización del riesgo
3. Se jerarquizarán las causas que generán de forma constante un riesgo y cual sería la consecuencia de esta causa por nodo, la conclusión de esta metodología nos dará la cantidad de riesgos por nodos que son tolerables y en caso de existir "no tolerables" se dará seguimiento acorde a la guía de la ASEA.
4. Una vez que se tienen los riesgos y las causas más probables, se construyen los eventos, los cuales se evaluarán y modelarán en el software especializado.

Definición de Nodos de la Estación de Descompresión

NOTA: Es importante resaltar que la estación de descompresión podría ser como tal un solo nodo, sin embargo, ya que el presente estudio pertenece a un solo equipo se buscará realizar la clasificación de nodos de acuerdo a los cambios de flujos, condiciones de operación, entrada o salida de la descompresora, más no por instrumentos o equipos ya que muchos de ellos sólo realizan acciones como medir, filtrar o dar paso al combustible, sin alterarlo de alguna forma ni aunarle o reducirle algún riesgo.

Como se ha mencionado, la EDGN podría ser un solo nodo parte de un proceso, sin embargo, debido a que el estudio esta orientado a este equipo en especifico, los nodos se dividirán en donde se den cambios de presión y se marcarán principalmente por los reguladores como se muestra a continuación:

- ✓ Nodo 1: Desde la conexión del tráiler hasta la entrada al primer regulador.
- ✓ Nodo 2: De la salida del primer regulador a la entrada al segundo regulador
- ✓ Nodo 3: De la salida del segundo regulador a la salida al usuario (pasando por la medición)

Cada nodo abarca las válvulas, tubería, mangueras y equipos que se encuentran en ese tramo. No se hacen nodos por equipos como filtro, medidor, válvulas, etc, ya que en estos descritos, el gas solo fluye y su función es cortar el suministro del mismo, medirlo o filtrar las impurezas, más no hay un cambio en las condiciones de operación de dicho combustible, por otro lado los reguladores es donde se hace un cambio en la presión y que es la variable principal en este tipo de sistemas.

En el Anexo 1.2 se muestra un diagrama de flujo DFP-EDPATE y en el DTI de los reguladores que se muestra a continuación se puede ver la división de Nodos:

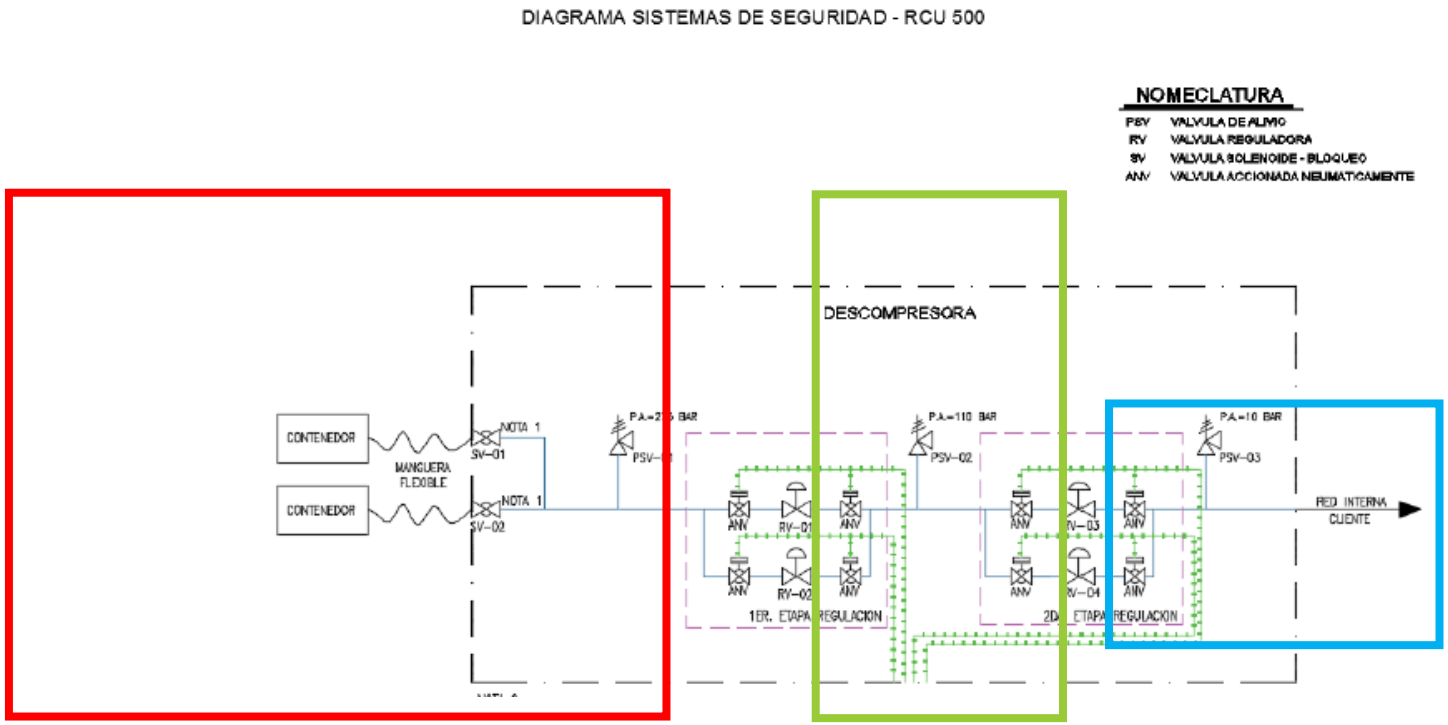


Figura 25 Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) del área de regulación

El nodo 1 cabe mencionar que viene desde la conexión con el tráiler y se identifica con el recuadro rojo.

El nodo 2 es el marcado con el recuadro verde.

El nodo 3 es el recuadro azul y también es importante mencionar que incluye el área de medición y accesorios.

V.1 Análisis cualitativo de riesgo

V.1.1. Identificación de peligros y evaluación de riesgos

Metodología HazOp

Esta técnica de análisis de riesgo cuestiona cada una de las partes críticas del proceso para descubrir desviaciones probables en éste, que pueden originar riesgos al personal, al proceso o a las instalaciones, a través del análisis sistemático de las causas y consecuencias de las desviaciones mediante "palabras guía".

Para la hoja de trabajo propuesta, se propone que sea cualitativa y cuantitativa con el fin de cumplir con los requisitos de la guía, de forma cualitativa se verifican los posibles riesgos que afronta cada nodo de la estación, donde se observa desde la desviación, causa y consecuencias; en la parte cuantitativa se podrá verificar la frecuencia, exposición, consecuencia y magnitud de cada posible riesgo identificado, con esta hoja de trabajo del HazOp no solo se podrá identificar los riesgos, si no también jerarquizar.

De esa forma, a continuación, se muestra el desarrollo de las citadas metodologías, aplicada a la sustancia de interés:

Para su aplicación, se partió de considerar a todo el proyecto como un sistema; el cual se dividió en los nodos mencionados anteriormente, que fueron analizadas independientemente con la finalidad de detectar las posibles desviaciones que se pudieran presentar; así como sus causas, efectos y alcance; en función de las características de operación, del equipo involucrado, de los posibles factores externos y fenómenos naturales que pudieran influir en la desviación de su funcionamiento o condiciones normales.

Las "Desviaciones" son cambios que se presentan al propósito y puestas al descubierto por la aplicación sistemática de palabras claves (que pasa sí se reduce, sí se aumenta, sí se para, sí se arranca, sí se rompe, sí se descompone, etc.).

Las "Causas" son los motivos por los que se pueden presentar las desviaciones, cuando se demuestra que una desviación tiene una causa real, se considera como una desviación significativa.

Las "Consecuencias" son los resultados que se obtendrían en caso de que se presentaran las desviaciones.

Posteriormente, en función de la cantidad de material peligroso manejado y como consecuencia del alcance de las consecuencias, de cada parte del sistema, se procedió a calificar la magnitud de las consecuencias de las posibles desviaciones de cada parte del sistema, la cual se da con el producto de la Probabilidad (P) por la Exposición (E) por las Consecuencias (C) y se expresa de la siguiente manera:

$$\mathbf{MR = P \times E \times C}$$

También se calificó cada parte del sistema en cuanto a la probabilidad de ocurrencia de sus desviaciones, y por consiguiente de sus consecuencias, de acuerdo a los antecedentes de riesgo registrados y de la facilidad con que podrían ocurrir. Mediante los siguientes valores:

Tabla 19 Probabilidad de ocurrencia

	CALIFICACIÓN
PROBABILIDAD DE RIESGO	
Virtualmente imposible (que prácticamente no ocurre)	**0.1**
Poco probable, pero posible (que puede ocurrir)	**3.0**
Muy probable (que puede ocurrir frecuentemente)	**6.0**
Altamente probable (que sí ocurre)	**10.0**
FRECUENCIA DE EXPOSICIÓN	
Exposición mínima	**0.1**
Raro (unas pocas veces al año)	**1.0**
Ocasional (semanalmente)	**3.0**
Continuo (frecuente, diario)	**10.0**
DESCRIPCIÓN DE LAS CONSECUENCIAS	
No graves (sin lesión alguna, casi nada de daño material)	**0.5**
Apenas graves (lesiones tratadas con primeros auxilios)	**1.0**
Seria (lesión incapacitante y daños materiales por un monto de 365 días de salario mínimo para el D.F.)	**7.0**
Desastre (de una a cinco defunciones y daños materiales por un monto de hasta 30 veces el salario mínimo anual para el D.F.)	**40**
Catástrofe (más de cinco defunciones y daños materiales por un monto mayor de 30 veces el salario mínimo anual para el D.F.)	**100**

Para esta metodología se consideraron los elementos identificados por los cuales se generan riesgos en los Antecedentes e Incidentes del análisis preliminar.

Resultado de la aplicación de dicha metodología se obtuvo una matriz con 11 columnas, correspondientes a la palabra guía/parámetro de ingeniería y proceso, desviación probable, causas posibles de desviación, consecuencia de la desviación, alcance de las consecuencias, valore de probabilidad, exposición, consecuencias y magnitud y finalmente la acción recomendada. La siguiente tabla ejemplifica la matriz resultante, la cual puede ser consultada de forma completa en el Anexo 4.10.1.

Tabla 20 Ejemplo Hoja de Trabajo HazOp

PALABRA GUÍA / PARÁMETRO DE ING. Y PROCESO	DESVIACIÓN PROBABLE	CAUSAS POSIBLES DE DESVIACIÓN	CONSECUENCIAS DE LA DESVIACIÓN	ALCANCE DE LAS CONSECUENCIAS	PROBA-BILIDAD	EXPO-SICION	CONSE-CUENCIAS	MAGNITUD	ACCIÓN RECOMENDADA
NODO 1. ENTRADA A ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN PREVIO A REGULACIÓN									
NO / MANTENIMIENTO	1.1.- No se tiene un procedimiento ordenado de mantenimiento de tuberías y accesorios en la conexión y entrada a estación.	- Falta de revisión de sucesos que dañan en instalación.	- Baja probabilidad de fugas. - Probabilidad de dardos de fuego o formación de nubes	-Daño a instalación (principalmente), daño a personal, daño atmosfera. Posible daño al exterior de la planta.	3.0	3.0	1.0	9.0	Para esto es necesario programar y revisar el cumplimiento de mantenimiento correspondiente.
NO	1.2.- No se cuenta con un programa de revisión (fugas, corrosión, debilitamiento).	- Detección fuera de tiempo de corrosión y fractura en líneas de combustible.	- Fractura de material debido a debilitamiento. - Probabilidad de dardos de fuego o formación de nubes debido a posibles fugas.	Daño a personal, instalación, daño a la atmosfera. Posible daño al exterior de la planta.	3.0	1.0	7.0	2.1	Programar, supervisar y realizar el mantenimiento de tuberías, así como estar en constante supervisión de su estado.
	1.3.- No se cuenta con válvulas de corte de flujo a intervalos y en sitios estratégicos, para aislar para reparación de líneas.	- No se puede dar mantenimiento, y retraso del mismo, en la instalación	-Fractura de líneas por falta de reparación. - Fugas. -Probabilidad de dardos de fuego o formación de nubes	Daños a instalación. Posible daño a personal y atmosfera. Posible daño al exterior de la planta.	0.1	1.0	1.0	0.1	Es necesario realizar revisiones plasmando a su vez en una bitácora dicha revisión como evidencia.
	1.4.- Cuando se detecta una fuga, se soluciona únicamente ese problema, sin mayor inspección.	- Existencia de daño a línea o accesorio en conexión sin su detección oportuna.	-Fractura de material, por corrosión en algún otro punto -Probabilidad de dardos de fuego o formación de nubes, por fugas en algún otro punto	Daño de instalación, y personal. Daño a la atmosfera. Posible daño al exterior de la planta.	3.0	1.0	1.0	3.0	Realizar la inspección correspondiente.
NO / FLUJO	1.5 Ausencia de flujo de gas natural	- Fallo de válvula de corte en la estación. O mala conexión	-Falta de combustible al usuario	Paro de equipos que necesiten el combustible. Muy posible paro de planta.	3.0	1.0	0.5	1.5	Apegarse a los manuales de procedimiento de los equipos y accesorios para una operación adecuada.
	1.6.- Fuga de gas en línea de llegada a estación	- Riesgo de formación de nubes y acumulamiento de gas	- Probabilidad de dardos de fuego o formación de nubes.	Daños a personal, daños a caseta, muy probable al exterior. Daño al ambiente.	3.0	0.1	7.0	2.1	
				SUBTOTAL 2.1	***15.1***	***6.1***	***23.5***	***17.8***	

Posteriormente, de la matriz anterior se identificaron **los casos o posibles fallos (eventos) más críticos** en cada uno de los tres nodos propuestos en el sistema y se jerarquizarán con la matriz de jerarquización más adelante mostrada.

Como resultado de lo anterior se obtuvo la siguiente tabla de resumen de resultados de la aplicación de la metodología HAZOP, donde se muestran los tres nodos de importancia (y con los cuales se trabajará todo el estudio) y su magnitud y probabilidad, tanto por nodo como por evento principal.

Tabla 21 Resultados finales HazOp

Número/Nombre de nodo	**Total por nodo**	
	Magnitud	**Probabilidad**
1. Entrada a estación de descompresión previo a regulación	**83.5**	**18.6**
Evento por nodo 1	**Por evento**	
	Magnitud	**Probabilidad**
1.1.- No se tiene un procedimiento ordenado de mantenimiento de tuberías y accesorios en la conexión y entrada a estación.	9.0	3.0
1.2.- No se cuenta con un programa de revisión (fugas, corrosión, debilitamiento).	21.0	3.0
1.3.- No se cuenta con válvulas de corte de flujo a intervalos y en sitios estratégicos, para aislar para reparación de líneas.	0.1	0.1
1.7.- El montaje de líneas y accesorios es deficiente.	0.3	0.1
1.8.- Las temperaturas y presiones de operación exceden las de diseño de tuberías y accesorios.	2.1	0.1
1.10.- Falta de señalamiento e identificación de la estación de descompresión	0.3	0.1

Número/Nombre de nodo	**Total por nodo**	
	Magnitud	**Probabilidad**
2. Tubería de la estación de descompresión posterior a primer regulador	**78.6**	**21.5**
Evento por nodo 2	**Por evento**	
	Magnitud	**Probabilidad**
2.1.- Deterioro de líneas y accesorios de regulación (válvulas) de gas.	21.0	3.0
2.2.- Fuga de gas en tubería	21.0	3.0
2.3.- Congelamiento de línea de gas natural	1.5	3.0
2.7.- Falta de supervisión de buen estado de reguladores y válvulas de seguridad	3.0	3.0
2.8.- Falta de sistemas de corte de flujo rápido	2.1	0.1
2.9.- Falta de mecanismo de filtro antes del cabezal de regulación	0.15	0.1
Número/Nombre de nodo	**Total por nodo**	
	Magnitud	**Probabilidad**
3. Tubería a la salida de la descompresora	**57.6**	**15.4**
Evento por nodo 2	**Por evento**	
	Magnitud	**Magnitud**
3.4.- Cuando se detecta una fuga, se soluciona únicamente ese problema, sin mayor inspección.	21.0	3.0
3.5 Falla en intercambiadores de calor	3.0	3.0
3.6.- Falla en etapa de regulación	3.0	3.0
3.9.- Falta de válvula de seccionamiento a la salida de la descompresora	2.1	0.1

También se puede observar que después de identificar y jerarquizar los nodos con esta metodología, los posibles fallos que más riesgos atraen son los siguientes:

- Fuga de gas natural
- Fracturas de material
- Ausencia de flujo
- No mantenimiento
- No supervisión ni procedimientos
- Condiciones de operación excedidas
- No existe capacitación
- No existen sistemas ni atención a emergencias

Estos fallos se meterán a la matriz de jerarquización, con el fin de verificar por nodo cual es la consecuencia de cada uno y poder planetar escenarios de riesgo a modelar y evaluar.

También se pueden observar con esta metodología el nivel de Riesgo de Cada Nodo: Tolerable, No Tolerable y/o ALARP (Tan Bajo como sea Razonablemente Posible).

V.1.2. Jerarquización de escenarios de riesgo

Matriz de jerarquización

Para realizar una jerarquización más visual de los riesgos involucrados en la Estación de Descompresión de Gas Natural, se llevó a cabo la metodología de evaluación por una Matriz de Jerarquización. Mediante los puntos de riesgo establecidos con la metodología anterior, se condensó la información de cómo podrían suceder los riesgos en una matriz de jerarquización, la cual permite identificar los posibles escenarios a modelar.

Para la ejecución de esta metodología se clasifica el riesgo, la severidad y la ocurrencia de cada posible fallo, posteriormente éstos valores son interpolados y se determina el riego total de cada evento por nodo, éstos pueden clasificarse como riesgos altos, medio o bajo (no tolerables, ALARP, tolerables (con revisión/sin revisión de forma correspondiente). Para aplicar esta metodología se consideraron los siguientes fallos por nodo (resultantes del análisis HAZOP ya mencionados):

- Fuga de gas natural
- Fracturas de material
- Ausencia de flujo
- No mantenimiento
- No supervisión ni procedimientos
- Condiciones de operación excedidas
- No existe capacitación
- No existen sistemas ni atención a emergencias

Resultado de esta metodología se obtuvieron las siguientes tres matrices de jerarquización, una para cada nodo de interés. Los cuadros marcados en rojo corresponden a riesgos "Altos", los naranjas a "Medio" y amarillos/verdes (Con revisión/sin revisión) a "Bajo". El procedimiento de estas matrices se puede consultar en el Anexo 4.7, donde se muestra desde su introducción y desarrollo, los resultados se muestran a continuación:

*Es importante mencionar que se consideraron las salvaguardas y criterios de mantenimiento, que se mencionaron con anterioridad con los que cuenta la estación de descompresión, con el fin de que la frecuencia sea lo más aproximado a la realidad, sin embargo, para la severidad no se consideran esperando el escenario más crítico y obtener los máximos daños posibles.

*Los receptores de riesgo de estos nodos se podrán verificar en el informe técnico que se muestra en el Punto VIII.3 contenido en el Resumen Ejecutivo de este estudio, y que son derivados a partir de los radios de afectación por nodo.

Tabla 22 Jerarquización de riesgos en el Nodo 1 (Entrada a estación de descompresión previo a regulación).

Frecuencia	Severidad			
	Catastrófico	Crítico	Marginal	Insignificante
Frecuente				
Probable				
Ocasional			No Supervisión ni procedimientos	
Remoto		Fuga de Gas Natural Fractura de Material No existen sistemas ni atención a emergencias No Mantenimiento	No existe capacitación	Ausencia de Gas Natural
Improbable		Condiciones de Operación Excedidas		

Tabla 23 Jerarquización de riesgos en el Nodo 2 (Tubería de la estación de descompresión posterior a primera etapa de regulación).

Frecuencia	Severidad			
	Catastrófico	Crítico	Marginal	Insignificante
Frecuente				
Probable				
Ocasional				
Remoto		Fuga de Gas Natural Fractura de Material No existen sistemas ni atención a emergencias	No supervisión ni procedimientos No existe capacitación	Ausencia de Gas Natural
Improbable		Condiciones de Operación Excedidas	No Mantenimiento	

Tabla 24 Jerarquización de riesgos en el Nodo 3 (Salida de la estación de descompresión posterior a regulación y previo a conexión con infraestructura de usuario).

Frecuencia	Severidad			
	Catastrófico	Crítico	Marginal	Insignificante
Frecuente				
Probable				
Ocasional			No supervisión ni procedimientos	
Remoto		Fuga de Gas Natural Fractura de material	No existen sistemas de atención a emergencias	Ausencia de Gas Natural No existe capacitación
Improbable		Condiciones de Operación Excedidas	No mantenimiento	

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los resultados anteriores.

Tabla 25 Jerarquización de riesgos totales por nodo

Nodo	Nivel de Riesgo			
	No Tolerable	ALARP	Tolerable	Tolerable
1	0	0	7	1
2	0	0	7	1
3	0	0	6	2

Como se puede observar los riesgos caen en regiones de frecuencia y severidad similares en los 3 nodos, ya que como se mencionó anteriormente, la estación de descompresión se podría considerar como un solo nodo, y otros factores que influyen en esto, son las salvaguardas, filosofía de seguridad y operacional, así como los programas de mantenimiento que se tienen, estos hacen que la frecuencia disminuya de forma drástica, a pesar de tener una severidad crítica.

En conclusión, el nodo 1 es el que presenta mayores riesgos, esto debido a la severidad aunada a las condiciones donde se maneja la más alta presión. El nodo 2 presenta un comportamiento similar al nodo 1, sin embargo, su severidad y frecuencia es menor debido a que es una línea con menor presión y es un tramo pequeño en cuestión de accesorios, equipos y tubería. En el nodo 3 localizamos el menor riesgo incluso mayor número de riesgos tolerables con revisión ya que la presión es muy manejable para el operador.

Un punto a resaltar es que los riesgos asociados a Fuga de Gas Natural, Fracturas de material, y condiciones de operación excedidas, generan la severidad más crítica en los tres nodos, y esto debido a que son riesgos que podrían provocar nubes de gas y dardos de fuego sin importar la presión en la que se encuentre, lo cual podría provocar daños al sistema y alguna herida a personal, sin embargo, lo siguiente apoya a disminuir la frecuencia como ya se comentó:

Sobre las condiciones de operación excedidas a pesar de tener una severidad crítica, se tiene el control desde el diseño de la estación (validado internamente), por lo que no se contempla presentar una modelación con esta causa debido a su improbabilidad de que suceda un riesgo por esta situación.

La fractura o daño al sistema, disminuye su frecuencia gracias a los programas que la empresa a desarrollado, así como la supervisión que se tendrá. Sumado a esto, las salvaguardas apoyadas en los accesorios, principalmente válvulas de corte apoyan a disminuir de igual forma la frecuencia y en consecuencia el riesgo.

Por otra parte, todas las fallas anteriores que se ingresaron a la matriz, si ocurrieran como consecuencia se tendría una fractura de material o una mala instalación de los equipos, estas consecuencias a su vez darían pie a una fuga de gas natural.

Por lo que, la fractura o mala instalación se pueden dar en la tubería o algún accesorio de la descompresora, y debido a ***esto los escenarios que se construirán son modelar fugas de combustible por orificios generados en accesorios o en algún tramo de tubería.***

NOTA: El tamaño de los orificios que se proponen en los escenarios, van en función del tamaño de las conexiones que se tienen (1" en acero inoxidable y 4" en acero al carbón), por lo que se tendrán tamaños en ¼" y ½" respectivamente.

Con todo lo anterior, es decir, considerando los resultados de la metodología HAZOP y la Matriz de jerarquización, como se mencionó se puede concluir que; *posterior al punto de conexión con el tráiler (previo a regulación en estación de descompresión), el proceso tiene una mayor magnitud de riesgo debido a la infraestructura que lo conforma, así como a sus condiciones de operación. Así mismo, se determinó que la salida de la descompresora es donde se localiza el menor nivel de riesgo, ya que las condiciones operativas son menos drásticas, aunque los riesgos son más frecuentes de presentarse.*

Así, los escenarios de riesgo a simular se han propuesto realizar en los puntos clave a lo largo del sistema (cambios de presión), realizando énfasis en el área de mayor riesgo conforme con los resultados de la metodología HAZOP y la Matriz de jerarquización, y proponiendo fugas de gas natural por fracturas de material o mala instalación en tuberías o accesorios, quedando de la siguiente manera:

- **NODO 1A**: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A ¼" DE DIÁMETRO, EN UNA JUNTA, BRIDA O TUBERÍA EN MAL ESTADO A LA ENTRADA DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN PREVIO A REGULACIÓN (3,625 PSIG), UBICADA DENTRO DEL PREDIO PROPIEDAD DEL USUARIO, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO PARA QUE LA VÁLVULA DE CORTE SE CIERRE Y QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS DONDE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE NEOMEXICANA Y EL USUARIO, CIERRE LAS DEMÁS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

- **NODO 1B**: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UNA RUPTURA TOTAL DE TUBERÍA, ESTO A LA ENTRADA DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN PREVIO A REGULACIÓN (3,625 PSIG), UBICADA DENTRO DEL PREDIO PROPIEDAD DEL USUARIO, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **4 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO PARA QUE LA VÁLVULA DE CORTE SE CIERRE Y QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS DONDE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE NEOMEXICANA Y EL USUARIO, CIERRE LAS DEMÁS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

- **NODO 2A**: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A ¼" DE DIÁMETRO EN UNA JUNTA, BRIDA O TUBERÍA EN MAL ESTADO, ESTO AL TÉRMINO DE LA PRIMERA ETAPA DE REGULACIÓN (1,305 PSIG) DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN, UBICADA DENTRO DEL PREDIO PROPIEDAD DEL USUARIO, DURANTE UN TIEMPO

PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO PARA QUE LA VÁLVULA DE CORTE SE CIERRE Y QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS DONDE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE NEOMEXICANA Y EL USUARIO, CIERRE LAS DEMÁS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

- **NODO 2B**: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UNA RUPTURA TOTAL DE LA TUBERÍA, ESTO AL TÉRMINO DE LA PRIMERA ETAPA DE REGULACIÓN (1,305 PSIG) DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN, UBICADA DENTRO DEL PREDIO PROPIEDAD DEL USUARIO, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **4 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO PARA QUE LA VÁLVULA DE CORTE SE CIERRE Y QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS DONDE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE NEOMEXICANA Y EL USUARIO, CIERRE LAS DEMÁS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

- **NODO 3**: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A ½" DE DIÁMETRO, EN UNA JUNTA, BRIDA O TUBERÍA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN, A LA SALIDA DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN (100 PSIG), UBICADA DENTRO DEL PREDIO PROPIEDAD DEL USUARIO, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO PARA QUE LA VÁLVULA DE CORTE SE CIERRE Y QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS DONDE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE NEOMEXICANA Y EL USUARIO, CIERRE LAS DEMÁS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

Las memorias de cálculo de estos nodos se podrán verificar en los Anexos 4.11.1, 4.11.2, 4.11.3, 4.11.4 y 4.11.5

V.2 Análisis Cuantitativo de Riesgo

V.1.1. Análisis Detallado de Frecuencias

Debido a que no se presentaron riesgos en las regiones de "no tolerables" o "ALARP", no se lleva acabo un ánalisis detallado de frecuencias.

V.1.2. Análisis Detallado de Consecuencias

A pesar de no contar con escenarios de riesgo que se hayan identificado con un nivel "no tolerable" o "ALARP", es importante conocer en caso de fuga los radios de afectación y consencuencias de esta en cada uno de los escenarios propuestos anteriormente.

Las memorias de las simulaciones se podrán verificar en los anexos 4.11.1, 4.11.2, 4.11.3, 4.11.4 y 4.11.5 de este estudio de riesgo, donde se mencionan todos los datos, aspectos técnicos y factores considerados para cada escenario de riesgo. Como se mencionó anteriormente se ocupará gas natural como única sustancia en el proceso (en el Anexo 3.1 se puede consultar su Hoja de Seguridad y Datos).

Acorde a dichas memorias podemos obtener lo siguiente:

Tabla 26 Tasa de Descarga

Nodo	Escenario	Diámetro	Flujo (lb/min)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Duración de fuga (min)	Tasa de Desarga
1A	Fuga previo a regulación	0.25"	136.06	3,625	21	10	136.06
1B	Fuga previo a regulación	1"	1,534	3,625	21	4	1,534
2A	Posterior a primera etapa de regulación	0.25"	47.55	1,305	21	10	47.55
2B	Posterior a primera etapa de regulación	1"	537.1	1,305	21	4	537.1
3	Salida de regulación	0.5"	12.91	87.02	21	10	12.91

Radios de Afectación

La emisión de contaminantes a la atmósfera y el importante manejo de sustancias peligrosas debido a las actividades industriales, son actualmente un aspecto de gran atención ambiental, salud y seguridad. Por lo que la siguiente etapa del análisis de riesgo ambiental es determinar cuáles serían las consecuencias de los posibles eventos no deseados, para ello se utilizó un programa electrónico de simulación a manera de poder cuantificar sus efectos.

El aspecto de manejo, transporte, compresión o descompresión de sustancias peligrosas es de importancia debido a los efectos que se pueden presentar en caso de accidente; de particular interés es el referente a la liberación en la atmósfera de un gas o vapor tóxicos provenientes de una fuga. Al respecto, el factor crítico a considerar es la posible exposición de la población a concentraciones que puedan afectar severamente su salud o incluso provocar su muerte.

Una situación parecida a la anterior es la relativa a la liberación masiva e instantánea de un gas tóxico el cual forma una nube o "puff' que es transportada por el viento. Aquí es importante poder prevenir la exposición de la población a niveles peligrosos o letales. En este proyecto, el manejo de gas natural implica riesgos de fuga y deflagración entre otros. En este caso, es importante estimar los radios de afectación y la magnitud de los daños potenciales por la ocurrencia de un evento explosivo, considerando el personal expuesto y las características de las instalaciones y procesos existentes.

La falla se puede detectar por medio de la diferencia entre presiones y cantidades el suministro y el consumo de gas natural, o por un tercero que notifique la fuga. Es importante señalar que las simulaciones que se presentan fueron realizadas observando las condiciones climatológicas y meteorológicas extremas del sistema ambiental Anexo 4.11, así como las propiedades específicas de la sustancia estudiada. La importancia de esta

observación radica en el hecho de que, en caso de presentarse alguno de los eventos definidos, no significa que se presentará el comportamiento que se determinó con la simulación, ya que las condiciones pueden ser completamente diferentes y pueden generar situaciones de menor riesgo.

Juegan un papel importante entre los criterios a observar en la evaluación de riesgo ambiental, el establecimiento de parámetros de medición mediante los cuales se fijan valores tope que permitan salvaguardar la salud de quienes se encuentran en los alrededores de instalaciones de alto riesgo, así como proteger sus bienes.

En lo relativo a la afectación por riesgo de actividades en las cuales se utilizan sustancias con características explosivas, el caso del proyecto en comento para la determinación de la **zona de alto riesgo**, se establece como parámetro de afectación las ondas de sobrepresión de 0.070 Kg/cm² (1 PSIG), tomando como zona de afectación, el área de un círculo con un radio que considera la distancia desde el punto donde se puede formar la nube explosiva y cuyo extremo representa la distancia a la cual se tiene una onda con valor equivalente a dicha sobrepresión.

Para el establecimiento de la **zona de amortiguamiento**, se establece como parámetro de afectación 0.035 Kg/cm² (0.5 PSIG), tomando como zona de afectación, el área de un círculo con un radio que considera la distancia desde donde se encuentra el punto de formación de la nube explosiva y cuyo extremo representa la distancia a la cual se tiene la citada onda de sobrepresión.

Debido a que la hoja de datos de seguridad de Pemex del gas natural no reporta valores de TLV y de IDLH, no se corrió el modelo de evaluación del riesgo de dispersión de vapores tóxicos.

Simulación de Eventos de Riesgo

Es relevante señalar el hecho de que los eventos modelados a continuación, se refieren a los posibles escenarios que mayores consecuencias pueden tener en la operación de la estación de descompresión.

La simulación o modelación de estos eventos se ha realizado con los modelos matemáticos del paquete ARCHIE (**Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation**), el cual está integrado por tres modelos:

- Evaluación del riesgo de chorros de flama o dardos de fuego.
- Evaluación del riesgo de fuego por nube o pluma de vapor.
- Evaluación del riesgo de explosión de nubes de vapor (no confinadas).

Los tres modelos de dispersión son del tipo Gaussiano y permiten obtener estimaciones de concentraciones en el aire, considerando condiciones de emisión y estabilidad atmosférica particulares. Este paquete de simulación debe considerarse primariamente como herramienta de evaluación preliminar para el análisis detallado de posibles situaciones de dispersión de un contaminante a través del cual se pueden simular o representar condiciones específicas de un emisor y su entorno.

Consideraciones primarias

Es muy importante mencionar los siguientes aspectos considerados en la determinación del evento de riesgo:

- El modelo que se utilizará para simular este escenario es el de una nube de explosiva de vapor sin confinar, mencionado anteriormente. El efecto de explosividad que se puede producir por la ignición de una nube de vapor inflamable sin confinar es una de las **menos frecuentes,** pero con consecuencias más severas.
- Es importante mencionar que, en la mayoría de los programas de simulación, es común expresar la energía liberada de la sustancia explosiva relacionada a una carga equivalente de TNT, así como también se emplean los datos disponibles de sobrepresión producidas en explosiones por TNT.

En los anexos 4.11.1, 4.11.2, 4.11.3, 4.11.4 y 4.11.5 se pueden verificar los correspondientes a las modelaciones realizadas para este proyecto en las memorias de cada Nodo, y en el punto posterior, se mostrarán los radios de afectación de igual forma de cada Nodo.

Para evaluar la magnitud de las consecuencias o daños que ocasionarían accidentes o eventos relacionados con la liberación o emisión de **gas natural**, se realizó utilizando el programa de simulación conocido como:

Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation (ARCHIE, ver.1.00).
Federal Emergency Management Agency, U.S.A.
U.S. Department of Transportation
U.S. Environmental Protection Agency
Microsoft Corp. 1982-1986

Este programa fue desarrollado por el Gobierno Federal de los Estados Unidos a través de la Administración de Programas Especiales e Investigación de la Oficina de Transporte de Materiales Peligrosos de su Departamento de Transportación. Considerando los criterios del Instituto Americano de Ingenieros Químicos de U.S.A., AICHE y del Banco Mundial.

Este simulador de riesgo es aceptado por la Ocupacional Safety and Health Administration (OSHA) y la United States Environmental Protection Agency (USEPA).

Mediante este paquete se asignan parámetros que caracterizan al evento y se efectúa la modelación de consecuencias considerando dispersión atmosférica, inflamabilidad y toxicidad en su descarga hacia la atmósfera.

El fundamento matemático y científico del citado simulador, así como las instrucciones para su utilización están contenidos en el Software correspondiente.

Adicionalmente se recurrió a la aplicación de ecuaciones utilizadas para estimación de los parámetros de riesgo, ecuaciones citadas en la publicación "Control de Riesgo de Accidentes Mayores" editado por la Organización Internacional del Trabajo OIT, basadas

a su vez en datos del Banco Mundial, así mismo también citadas en diversos textos y artículos técnicos de análisis de riesgo.
Para las condiciones ambientales, se consideraron las peores condiciones posibles, es decir el caso de una fuga que no es detectada y atendida a tiempo, se consideró con dos **estabilidades atmosféricas tipo B y tipo F**, siendo F la más crítica, es decir, estable, de noche, con nubosidad poco densa y sin capa de inversión durante por lo menos 10 minutos.

V.1.3. Representación en planos de los resultados de la Simulación de consecuencia (radios potenciales de afectación)

En el Anexo 4.12 se muestran los radios de afectación derivados de los escenarios propuestos en las memorias correspondientes, en dichas imágenes se muestran las zonas de alto riesgo y amortiguamiento.

NOTA:

1. Las interacciones se podrán consultar en el siguiente punto "Análisis de Vulnerabilidad"
2. Debido a las distancias y tamaño de la instalación es suficiente la impresión de hoja tamaño carta.
3. El nombre y firma del responsable de elaboración se mencionan de los radios.

V.3 Análisis de Riesgo

V.1.4. Reposicionamiento de Escenarios de Riesgo

Debido a que no se presentaron riesgos en las regiones de "no tolerables" o "ALARP", no se lleva acabo un reposicionamiento de escenarios de riesgo, y se procede a un análisis de vulnerabilidad.

V.1.5. Análisis de Vulnerabilidad

Los accidentes en tuberías de conducción de hidrocarburos se distribuyen aproximadamente de la siguiente manera: 41% corrosión, falla de material 25%, golpes de maquinaria 13%, toma clandestina 4.5%, fisura en soldaduras 3%, otras causas 13.5%.

Si bien el riesgo existirá siempre, su cuantificación es una parte esencial para su mejor administración y prevención, por lo que se debe contar con herramientas adecuadas para evaluarlo de la mejor manera posible.

Los análisis de consecuencias y riesgos consisten en generar situaciones de riesgo o los denominados posibles escenarios de riesgo. En la simulación de los peores escenarios no se consideró intencionalmente ninguna de las medidas de seguridad con que se cuenta (sistemas de control y mecanismos o procedimientos de respuesta) (solo para la frecuencia fueron considerados) con el fin de visualizar el grado de afectación que tendría lugar en cada uno de los eventos máximos catastróficos considerados durante la modelación.

De acuerdo con la información levanta en sitio, la estación de descompresión no tendrá interacción con otras áreas, equipos o instalaciones, solo tendrá interacción con los aspectos ya identificados en la descripción del proyecto:

Tabla 27 Interacciones

NODO	DESCRIPCIÓN	INTERACCIÓN	MEDIDA PREVENTIVA
1	Estación de Descompresión	*Naves industriales paralelas a la estación de descompresión * Zona urbana de San José Gracia *Caminos de acceso	*Respetar programas de mantenimiento y supervisión de equipos, accesorios y líneas *Contar con plan de atención a emergencias *Atender los requerimientos de seguridad de la zona industrial.

* Estas interacciones no se dan en algún lugar techado o confinado, por lo que el gas natural en caso de fuga no encontraría ambiente explosivo, y en consecuencia no presenta efecto domino.
* Es importante mencionar que el gas natural debido a sus características tiende a elevarse y dispersarse, por lo que posterior a salir de la descompresora, no formaría alguna nube explosiva a nivel de equipos o sitio.

A continuación, acorde a los radios de afectación obtenidos se muestran las interacciones que se tiene con el medio ambiente, social e infraestructura:

Tabla 28 Resultados por nodo.

		Nodos				
		1A	1B	2A	2B	3
Dardos de fuego	Distancias	Amortiguamiento: 41.75 m Riesgo: 21.03 m	Amortiguamiento: 166.72 m Riesgo: 83.51 m	Amortiguamiento: 25.90 m Riesgo: 13.10 m	Amortiguamiento: 102.92 m Riesgo: 51.46 m	Amortiguamiento: 16.15 m Riesgo: 8.22 m
	Efectos	Suelo (Modificación de las características del suelo) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Infraestructura (estación de descompresión y edificaciones del usuario)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Paisaje (Alteración de la calidad escénica) Flora (Arbustos y zonas verde) Infraestructura (patios de la empresa y edificaciones y, descompresora)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Infraestructura (misma esta de descompresión y límites de algunas edificaciones del usuario)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Infraestructura (estación de descompresión y edificaciones del usuario)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Infraestructura (misma esta de descompresión)

Nube de Gas inflamable	Distancias	Distancia de Riesgo: 69.18 m Ancho máximo de Riesgo: 62.17 m	Distancia de Riesgo: 241.70 m Ancho máximo de Riesgo: 193.54 m	Distancia de Riesgo: 39.31 m Ancho máximo de Riesgo: 35.35 m	Distancia de Riesgo: 144.94 m Ancho máximo de Riesgo: 130.32 m	Distancia de Riesgo: 19.50 m Ancho máximo de Riesgo: 17.67 m
	Efectos (Debido a que los radios del sistema ambiental son menores, se incluyen sus interacciones aquí)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Salud (Posible alcance a trabajadores de la empresa) Infraestructura (posible contaminación en algunas edificaciones)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (alteración en calidad escénica) Salud (Alcance a trabajadores de la estación, de la empresa) Fauna (Alteración de hábitat) Infraestructura (posible contaminación en algunas edificaciones y caminos de acceso)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Salud (Posible alcance a trabajadores de la estación) Paisaje (Alteración en la calidad escénica)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Salud (Posible alcance a trabajadores de la empresa) Infraestructura (posible contaminación en algunas edificaciones)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración de la calidad escénica)
Nube de vapor	Distancias	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 45.72 m	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 155.75 m	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 27.12 m	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 92.56 m	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 13.71 m
	Efectos	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Infraestructura (descompresora y límites de edificaciones usuario)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (alteración en calidad escénica) Salud (Alcance a trabajadores de la empresa) Fauna (Alteración de hábitat) Infraestructura (descompresora y edificaciones usuario)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Infraestructura (descompresora)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (alteración en calidad escénica) Salud (Posible alcance a trabajadores de la empresa) Fauna (Alteración de hábitat) Infraestructura (descompresora y edificaciones usuario)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos)

Medidas Preventivas

Las medidas preventivas que se describen a continuación fueron propuestas con base a los riesgos que podrían tener una mayor probabilidad obtenidos del HazOp y la matriz de jerarquización, de igual forma se consideraron los posibles radios de afectación que fueron calculados con el programa ARCHIE. Estas medidas también se mencionaran más adelante.

Tabla 29 Medidas de prevención y mitigación

<table>
<tr><th colspan="6">RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN / MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS DE ACUERDO CON IMPACTO GENERADO</th></tr>
<tr><th rowspan="2">Riesgo Identificado</th><th rowspan="2">Causas o Fallos</th><th colspan="2">Medidas de prevención y Recomendación Sugerida</th><th colspan="2">Medidas de Mitigación</th></tr>
<tr><th>No.</th><th>Descripción</th><th colspan="2">Descripción</th></tr>
<tr><td rowspan="11">Fuga de Gas Natural</td><td rowspan="5">Fracturas en tubería.</td><td>FG.1</td><td>Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de corrosión o debilitamiento de tubería.</td><td rowspan="11">En este apartado cuando se presenta un impacto, es al generarse una fuga de gas natural, la misma puede ocasionar:

*Dardos de fuego
*Nubes inflamables y nubes de vapor

NOTA: En el caso de nubes inflamables y nubes de vapor (cabe mencionar que debido a que la estación tendrá ventilación, no existirá riesgo de explosión o incendio por confinamiento)</td><td colspan="2"><u>Dardos de Fuego</u></td></tr>
<tr><td>FG.2</td><td>Contar con válvulas de seccionamiento que aíslen el sistema.</td><td><u>Afectación</u></td><td><u>Medida</u></td></tr>
<tr><td>FG.3</td><td>Contar con detectores de gas natural e índice de zona explosiva</td><td>Suelo y/o vegetación</td><td>Se propone la remediación del cual resulte impactado, dejando el sitio en condiciones originales.</td></tr>
<tr><td>FG.4</td><td>Al momento de presentarse una fuga, cerrar válvulas que se encuentren corriente arriba y debajo de la fuga, con el fin de aislar el tramo o instrumento dañado.</td><td>Personal o Población</td><td>Se brindarán los primeros auxilios y en caso de requerir una mayor atención, trasladar a la clínica más cercana al punto.</td></tr>
<tr><td>FG.5</td><td>Informar a los involucrados que puedan dar solución al evento.</td><td>Infraestructura</td><td>Se propone reparar el daño y las consecuencias que traiga el mismo.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Fracturas en accesorios o instrumentación.</td><td>FG.6</td><td>Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de unión de accesorios o instrumentos.</td><td colspan="2"><u>Nubes Inflamables</u></td></tr>
<tr><td>FG.7</td><td>Se siguen recomendaciones FG.2, FG.3 y FG.5</td><td><u>Afectación</u></td><td><u>Medida</u></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Operación inadecuada de la estación.</td><td>FG.8</td><td>Contar con un programa de pruebas de hermeticidad y recertificación de materiales acorde con recomendaciones de fabricante y normatividad.</td><td rowspan="2">Personal o Población</td><td>Se propone, contar con un procedimiento y adestramiento adecuado de personal para controlar la situación, mantener la zona sin personas o alguien ajeno, y alejarse de lugares confinados cercanos, detectando la nube a partir de un detector portátil de gas natural.</td></tr>
<tr><td>FG.9</td><td>Capacitación adecuada del personal a operar la estación.</td><td>Se atenderán con primeros auxilios a las personas</td></tr>
</table>

RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN / MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS DE ACUERDO CON IMPACTO GENERADO						
Riesgo Identificado	**Causas o Fallos**	**Medidas de prevención y Recomendación Sugerida**		**Medidas de Mitigación**		
		No.	**Descripción**	**Descripción**		
		FG.10	Realizar bitácoras para reportar el mantenimiento, fallas y reparaciones a la estación.			involucradas, verificando que la persona no se encuentre en un estado anormal. Asimismo ofrecer oxígeno a la gente que sienta dificultad para respirar.
Fracturas de material	Operación inadecuada de la estación	**FM.1**	Capacitación adecuada del personal a operar la estación.	**NOTA:** En caso de presentarse fracturas de material, se generaría una fuga de gas natural, por lo que las medidas de mitigación serían las mencionadas en el punto anterior. En este apartado cuando se presenta un impacto, es al generarse una fuga de gas natural, la misma puede ocasionar: *Dardos de fuego *Nubes inflamables y nubes de vapor **NOTA:** En el caso de nubes inflamables y nubes de vapor (cabe mencionar que debido a que la estación tendrá ventilación, no existirá riesgo de explosión o incendio por confinamiento)	*Dardos de Fuego*	
					Afectación	*Medida*
	Falta de mantenimiento	**FM.2**	Contar con programas de operación y mantenimiento de la estación		Suelo y/o vegetación	Se propone la remediación del cual resulte impactado, dejando el sitio en condiciones originales.
		FM.13	En caso de presentarse alguna fractura, aislar el tramo dañado, y reemplazar bajo procedimiento autorizado. Se debe contar con un stock de tubería e instrumentos.		Personal o Población	Se brindarán los primeros auxilios y en caso de requerir una mayor atención, trasladar a la clínica más cercana al punto.
		FM.14	Calibrar y certificar los materiales acordes con proveedor y normas.		Infraestructura	Se propone reparar el daño y las consecuencias que traiga el mismo.
	Falta de supervisión	**FM.15**	Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de corrosión o debilitamiento de tubería..		*Nubes Inflamables*	
					Afectación	*Medida*
		FM.16	Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de unión de accesorios o instrumentos		Personal o Población	Se propone, contar con un procedimiento y adestramiento adecuado de personal para controlar la situación, mantener la zona sin personas o alguien ajeno, y alejarse de lugares confinados cercanos, detectando la nube a partir de un detector portátil de gas natural.
	Falta de procedimientos	**FM.17**	Contar con un programa de supervisión y procedimientos definidos que puedan consultar los operadores para evitar el riesgo			
		FM.18	Verificar que se cuente con dictámenes de diseño y certificado de materiales y accesorios (e instrumentos).			
		FM.19	Reportar en una bitácora el estado de los materiales.			Se atenderán con primeros auxilios a las personas

RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN / MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS DE ACUERDO CON IMPACTO GENERADO						
Riesgo Identificado	**Causas o Fallos**	**Medidas de prevención y Recomendación Sugerida**		**Medidas de Mitigación**		
		No.	**Descripción**	**Descripción**		
		FM.20	Actualizar los procedimientos cada que haya cambio de condiciones de operación, de equipo, de filosofía operacional o en base a normatividad.			involucradas, verificando que la persona no se encuentre en un estado anormal. Asimismo ofrecer oxígeno a la gente que sienta dificultad para respirar.

V.4. Determinación de Medidas de reducción de Riesgo adicionales para Escenarios de Riesgo no tolerables y/o ALARP

En la identificación y jerarquización de riesgos, haciendo el uso de mtedologías y considerando, para la frecuencia, las salvaguardas, procedimientos y programas que se tenían, los riesgos presentados para cada nodo están en la región de tolerables con revisión y tolerables sin revisión, por lo que este punto no se desarrolla

VI. Sistemas de Seguridad y Medidas para administrar los escenarios de riesgo

Descripción de los equipos, medidas y dispositivos de seguridad

La reducción de riesgos comienza con el diseño de la estación de descompresión. Como mínimo, deberán observarse estrictamente todos los códigos, las reglamentaciones y las leyes mexicanas. Durante el proceso del diseño se toman en cuenta varios factores, entre los cuales se destacan los siguientes:

- Especificaciones para la tubería, tales como la de Resistencia a la Cedencia (SMYS), capacidad de conducción y la de Máxima Presión de Operación (MAOP), inclinación, espesor de las paredes, resistencia a la fractura, recubrimiento, soldabilidad, fatiga y vida útil
- Sobrepresión y control de la velocidad del gas
- Especificaciones de los reguladores
- Espaciamiento entre válvulas
- Procedimientos e inspecciones de calidad
- Especificaciones de sistemas de seguridad
- Medios de calentamiento

Como dispositivos de seguridad, se deben contar al menos con extintores PQS y de CO2, así como detectores de gas natural fijos, cono de viento, señalización (a la entrada y a un costado de la estación) y apartarrayos (sistema de tierras), la ubicación es propuesta como se ve en la siguiente imagen:

Figura 26 Dispositivos de seguridad en la estación

Es importante mencionar los establecido por la normatividad nacional y la **NOM-010-ASEA-2016**, por lo que la estación deberá apegarse a lo siguiente:

Componentes

- Las mangueras deben contar con un dispositivo de ruptura que se separa cuando la manguera es jalada accidentalmente con una fuerza que excede el valor especificado a efecto de suspender el flujo de gas natural y proteger contra daños a la estación.
- Para el seccionamiento o corte de flujo de gas natural en un sistema, se deben utilizar válvulas para gas natural de cierre rápido, que soporten la presión de diseño.
- Se deben usar válvulas para gas natural del tipo cierre rápido de un cuarto de vuelta donde se tenga una línea de desvío o puenteo que soporten la presión de diseño, de igual forma deben localizarse en lugares de fácil e inmediato acceso que permitan su operación en casos de emergencia.
- Cuando se instalen manómetros, éstos deben ir precedidos de una válvula de bloqueo.
- Las bridas y accesorios bridados que se instalen deben satisfacer los requisitos mínimos de temperatura y presión de diseño de la estación de descompresión.
- Contar con los componentes, dispositivos y accesorios necesarios para controlar la fuga de gas que pueda presentarse en caso de que la manguera se reviente por la presión o se rompa.
- Contar con un sistema de calentamiento con el fin de evitar el congelamiento de líneas y daño a instrumentos.
- Mantener venteos y paros de emergencias ante cualquier emergencia de acuerdo a condiciones de operación o ruptura.

Protección Contra Corrosión

- Los tubos de acero negros, conexiones, accesorios y componentes de la instalación; se deben proteger contra la corrosión con recubrimientos adecuados al medio. Dicho recubrimiento debe cumplir mínimo con los siguientes requisitos:

  a) Adherencia con las superficies metálicas y entre las capas intermedias;
  b) Resistencia al agrietamiento;
  c) Resistencia mecánica para soportar daños propios de su aplicación, y
  d) Resistividad eléctrica alta.

Recomendaciones Técnico-Operativas

El manejo adecuado y seguro del gas natural es posible, siempre y cuando se conozcan sus peligros y las diferentes formas en que estos pueden presentarse; esto no quiere decir que no existe riesgo alguno; sí existen, por lo que siempre se tendrán al alcance de todas las personas involucradas en la operación de la unidad de descompresión, así como las medidas preventivas para su rápido control, por si llegase a ocurrir algún evento inesperado.

Las recomendaciones técnico-operativas que se detallan a continuación buscar minimizar o prevenir algún riesgo asociado con el manejo de la estación de descompresión de gas natural durante todas las etapas del proyecto.

La principal recomendación es mantener estandarizados todos los procedimientos que nos ayuden a mantener una calidad en todos los proyectos, iniciando en el diseño del proyecto, considerando todas las medidas de seguridad recomendadas por normas nacionales e internacionales y las establecidas por el promovente como parte de sus propios procedimientos, bases de diseño, y buenas prácticas.

Estas recomendaciones aplicarán para todos los nodos por lo ya comentado sobre que la estación de descompresión podría ser considerado como un solo nodo, y la única diferencia de nodo a nodo es el cambio de presión.

Tabla 30 Recomendaciones Técnico-Operativas

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
Etapa de Construcción				
1	Establecer un procedimiento de control de calidad de los equipos a instalar por el responsable de la obra, en él se deberá incluir el número de lote, composición química, propiedades mecánicas, espesores, etc.	**XI. Integridad mecánica y aseguramiento de la calidad.**	Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
2	Diseñar y aplicar un procedimiento de soldadura y uno similar para la calificación de los soldadores, de acuerdo con las características de la tubería, accesorios y a los estándares nacionales e internacionales vigentes.	**IX. Mejores prácticas y estándares.**	Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería
3	Aplicar pinturas o alguna protección mecánica para tuberías y equipos que lo requieran.	**IX. Mejores prácticas y estándares.**	Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería
4	Supervisar el proceso de losas e instalación de estación de descompresión se haga de la manera adecuada, contemplando los espacios necesarios para maniobras.	**X. Control de actividades y procesos.** **XIV. Monitoreo, verificación y evaluación.**	Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería
5	El personal debe ser dotado de equipo de protección personal tales como cascos, zapatos de seguridad, lentes de seguridad, arneses y guantes.	**II. Identificación de peligros y análisis de riesgos.** **XII. Seguridad de contratistas.**	Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería
6	Mantener un botiquín en obra para accidentes menores y se asegurará la vacunación antitetánica del personal.	**II. Identificación de peligros y análisis de riesgos.** **XII. Seguridad de contratistas.**	Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería
7	Supervisar por medio de una unidad verificadora y documentar las pruebas que se realicen a la estación de descompresión en campo en todas sus fases.	**XIV. Monitoreo, verificación y evaluación.**	Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería
8	Se recomienda que la estación de descompresión y los equipos a ocupar para su instalación, sean utilizando materiales incombustibles, con el fin de evitar el riesgo de incendio.	**XI. Integridad mecánica y aseguramiento de la calidad.**	Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
			autorizaciones federales y locales.	
9	Se integrará una cuadrilla de limpieza en el entorno del área del proyecto para mantenerlo limpio.	**X. Control de actividades y procesos.**	Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería
10	Supervisar la correcta implementación del sistema de detección de fugas (equipos, procedimientos, etc), de tal manera que se minimice el tiempo de respuesta para evitar daño.	**XIV. Monitoreo, verificación y evaluación.**	Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería
Etapa de Operación y Mantenimiento				
11	Contar con un Plan de Atención a Emergencias que se implemente durante la ejecución de los trabajos.	**XIII. Preparación y Respuesta a Emergencia,**	Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
12	No exceder las condiciones de diseño, principalmente la presión en cada etapa de la estación de descompresión (3,625 psig a la entrada, 250 psig después de primera etapa de regulación y 58.01 psig después de la segunda etapa de regulación) establecida para evitar fracturas en las líneas que conduzcan a situaciones de peligro al ambiente o a las instalaciones.	**IX. Mejores prácticas y estándares.** **X. Control de actividades y procesos.**	Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
13	Elaborar un Manual de Operación y mantenimiento el cual debe estar en un lugar de acceso inmediato, donde se describa el funcionamiento de la estación de descompresión, así como sus componentes (números de serie, marca y modelo, hoja técnica) y se deberá actualizar en caso de algún cambio de equipo, de condiciones o de filosofía operacional. El manual debe contener la puesta en marcha, operación y paro. Los riesgos identificados se deberán de mencionar en algún apartado. De igual forma se debe garantizar su cumplimiento.	**X. Control de actividades y procesos.**	Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
	Realizar una bitácora de accidentes y/o fugas, en caso de que se presenten en la	**X. Control de actividades y**	Al inicio de operación y acorde a las fechas	Gerente de Operaciones y

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
14	estación, para aplicar posteriormente un programa específico que ataque o evite eventos y consecuencias no deseadas.	**procesos.** **XVI. Investigación de incidentes y accidentes.**	programadas de mantenimiento.	Gerente de Ingeniería
15	Mantener un monitoreo continuo, inspección y limpieza de la unidad de descompresión y sus componentes. Realizar una supervisión a mayor detalle de los equipos críticos (reguladores y medidores), verificando su correcta operación y condiciones.	**X. Control de actividades y procesos.** **XIV. Monitoreo, verificación y evaluación.**	Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
16	Verificar la temperatura de los intercambiadores de calor y del medio de calentamiento con el fin de evitar congelamiento en las líneas.	**IX. Mejores prácticas y estándares.** **X. Control de actividades y procesos.**	Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
17	Realizar capacitaciones continuas al personal para la operación de la estación de acuerdo a procedimientos establecidos, asimismo que el operador pueda actuar ante una emergencia en la estación, con el fin de minimizar al mínimo los riesgos o impactos que se puedan presentar.	**VI. Competencia, Capacitación y Entrenamiento.**	Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
18	Mantener en buen estado los señalamientos, fáciles de leer y visualizar, en caso de que resulte dañado alguno se deberá reemplazarse a la brevedad posible.	**II. Identificación de peligros y análisis de riesgos.** **X. Control de actividades y procesos.**	Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
19	Presentar un plan de contingencias ambientales que pueda implementarse durante la ejecución de los trabajos.	**II. Identificación de peligros y análisis de riesgos.** **X. Control de actividades y procesos.**	Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
	No se permite fumar, tener flamas abiertas o cualquier otra fuente de ignición. Se deben usar linternas que sean a prueba de	**II. Identificación de peligros y análisis de**	Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de	Gerente de Operaciones y Gerente de

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
20	explosión;	**riesgos.** **X. Control de actividades y procesos.**	mantenimiento.	Ingeniería
21	En caso de requerirse corte, éste se debe hacer con equipo mecánico, se debe asegurar que no exista una mezcla explosiva en el área de trabajo utilizando el equipo de detección adecuado;	**II. Identificación de peligros y análisis de riesgos.** **X. Control de actividades y procesos.**	Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
22	Las válvulas de seccionamiento o de alivio de presión deben estar verificadas asegurando un funcionamiento óptimo, observando que sus puntos de ajuste de apertura o cierre sean los establecidos por diseño, que no se tenga un impedimento en su accionar, que no sufran de debilitamiento, y que se encuentre su reporte de fallas o mantenimientos realizados en una bitácora.	**XI. Integridad mecánica y aseguramiento de la calidad.**	Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
23	Se debe verificar que las conexiones con las unidades de suministro no se encuentran en condiciones de fuga (daño por corte, raspaduras, o anormales en su flexibilidad).	**II. Identificación de peligros y análisis de riesgos.** **X. Control de actividades y procesos.**	Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
24	Antes de proceder a soldar o cortar la tubería se debe cerrar todas las válvulas de suministro, purgar la línea y ventilar el área de trabajo	**II. Identificación de peligros y análisis de riesgos.** **X. Control de actividades y procesos.**	Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
25	En caso de que alguno de los equipos, o conexiones requiera ser reemplazada se deberá verificar especificación del elemento que reemplazará, la cual deberá cumplir con marca, modelo o similar establecido.	**XI. Integridad mecánica y aseguramiento de la calidad.**	Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
	Se deberá tener un manual de seguridad, donde se tengan las medidas que los	**II. Identificación de peligros y**	Al inicio de operación y acorde a las fechas	Gerente de Operaciones y

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
26	fabricantes dan por cada equipo o infraestructura, las medidas de prevención determinadas a partir de los riesgos identificados; deberá estar ligado al plan de atención a emergencias y ser congruente con el PPA, y los tiempos adecuados para la capacitación y recalificación de la misma impartida a trabajadores, así como los calendarios para pláticas a población, trabajadores y simulacros realizados.	**análisis de riesgos.** **X. Control de actividades y procesos.**	programadas de mantenimiento.	Gerente de Ingeniería
Seguridad				
27	Actualización de los planos de la estación y sus componentes	**X. Control de actividades y procesos.**	Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene
28	Evidencias de la capacitación de los trabajadores para la operación y mantenimiento de la Estación de Descompresión de gas natural, así como para la atención a emergencias.	**VI. Competencia, Capacitación y Entrenamiento.**	Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene
29	Programa de mantenimiento preventivo al sistema, con base a recomendaciones de fabricante, filosofía operacional y normatividad.	**IX. Mejores prácticas y estándares.** **X. Control de actividades y procesos.**	Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene
30	Procedimientos para la detección oportuna de fugas apoyándose en los detectores y módulo de control.	**II. Identificación de peligros y análisis de riesgos.** **X. Control de actividades y procesos.**	Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene
Comunicación y Social				
31	Será necesario establecer cursos intensivos de capacitación, entrenamiento de personal y elaboración de simulacros.	**VI. Competencia, Capacitación y Entrenamiento.**	Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones
32	Generar las alianzas necesarias con las autoridades locales de atención a emergencias, con las empresas vecinas y localidades cercanas.	**XIII. Preparación y Respuesta a Emergencia,**	Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
33	Cumplir cabalmente con un Programa de Prevención de Accidentes (PPA), en el que se considere Educación Pública, Capacitación Interna y Externa, Simulacros, comunicación con autoridades, etc. Los riesgos en general pueden reducirse aún más mejorando continuamente el mantenimiento, inspección y auditorias de seguridad y ambiental tanto internas y externas, lo que es recomendable incluir en los procedimientos normales de la empresa.	**X. Control de actividades y procesos.**	Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones
34	Los riesgos de fugas por algún agente externo, se podrían reducir y hasta eliminar si se concientiza a la gente que transite cerca de las instalaciones, sobre los peligros que implica la realización de trabajos en forma irresponsable. Para ello es necesario informar a estas personas mediante pláticas, señalamientos y boletines, sobre qué hacer en caso de que se presente un accidente y cómo actuar con prontitud de acuerdo al Plan de Emergencia.	**II. Identificación de peligros y análisis de riesgos.** **VI. Competencia, Capacitación y Entrenamiento.**	Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones
35	Informar a la comunidad, a las autoridades municipales, estatales y federales sobre los horarios de operación y los riesgos del sistema, así como la coordinación de acciones de emergencia ante un siniestro.	**VII. Comunicación, Participación y Consulta.**	Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones
36	Implantar rigurosamente los planes y programas de capacitación, seguridad, inspección, controles de operación, vigilancia, etc., de tal forma que se garantice un involucramiento total de los recursos humanos, al esquema de seguridad.	**VI. Competencia, Capacitación y Entrenamiento.** **X. Control de actividades y procesos.**	Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones
37	Contar con un número de atención a emergencias, en un tarjetón protegido por la humedad, el cual deberá colocarse en lugares estratégicos y que se difunda perfectamente bien entre las autoridades locales y estatales.	**II. Identificación de peligros y análisis de riesgos.**	Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones
38	Realizar un Programa para la Prevención de Accidentes, de acuerdo con las guías de la ASEA, SEMARNAT y la CRE.	**X. Control de actividades y procesos.**	Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones

El Regulado debe obtener de forma anual, un Dictamen de Operación y Mantenimiento por una Unidad de Verificación, en el que conste el cumplimiento de los requisitos establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana para esta etapa.

El Dictamen al que se refiere el párrafo anterior, debe ser entregado a la Agencia, en los primeros tres meses de cada año, una vez cumplido el primer año de operaciones

VII. Conclusiones y Recomendaciones

- En la ejecución del proyecto se utilizarán equipos modernos y se contará con las medidas necesarias para aminorar los riesgos que implica su operación.
- Se observa que el diseño actual considera la aplicación de la normatividad y prácticas recomendadas apropiadas como corresponde a este tipo de instalaciones industriales y sus riesgos asociados.
- Para el caso del diseño de detalle y la construcción se ha previsto el cumplimiento de la normatividad y especificaciones más estrictas, mismas que son las requeridas por la industria de hidrocarburos a nivel internacional y que se le ha dado relevancia a la seguridad y a las previsiones ambientales enfocadas al cuidado de la salud y seguridad de los trabajadores y de la comunidad, así como el cuidado del ambiente.
- De acuerdo con la información técnica del proyecto, se puede observar que se han cubierto adecuadamente los aspectos de la seguridad a través de la integridad mecánica de los equipos y sistemas y que las instalaciones contarán con los medios adecuados para el cuidado del ambiente.
- Se advierten también las previsiones apropiadas para evitar y controlar las posibles alteraciones a las condiciones normales de operación que pudieran originar riesgos por fuga de Gas Natural.
- Se realizó una metodología de la siguiente forma:
  - Análisis preliminar de riesgos a través de metodologías cualitativas y estadísticas
  - Análisis de riesgo: identificación, jerarquización y evaluación
  - Se determinaron las regiones de los riesgos y se procedió a determinar su viabilidad del proyecto y vulnerabilidad hacia los factores que lo rodean.
- Con el fin de verificar la frecuencia de los riesgos se tomaron las salvaguardas y programas que se tendrán en la estación de descompresión.
- Se realizaron recomendaciones para cada etapa del proyecto.
- Acorde con los resultados del estudio es factible mencionar que el área verificada con la revisión de las políticas, sistemas, características del diseño y compromisos de seguridad involucrados, el nivel de riesgo de la instalación es tolerable y sus consecuencias no afectarían a la población aledaña ni a sus bienes alrededor de la instalación.

Lo anterior se puede resumir en que **el proyecto tiene un nivel de riesgo tolerable y el control y atención de estos se verá centralizado dentro de los límites del área destinada a esta obra**.